



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-USVT-001-13

Informe

## **EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL**

### **Intersección Piedades de Santa Ana**

Preparado por:

**Unidad de Seguridad Vial y Transporte**

San José, Costa Rica  
Marzo, 2013

Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> LM-PI-USVT-001-13		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL: Intersección Piedades de Santa Ana		<b>4. Fecha del Informe</b> Marzo, 2013
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b>		
<b>9. Resumen</b> La intersección Piedades de Santa Ana se ubica en la Ruta Nacional No. 22 cerca del peaje de Ciudad Colón de la Ruta Nacional No. 27. La intersección Piedades de Santa Ana es una intersección a nivel, posee cuatro accesos regulados por señales de "Alto y Ceda", más al este (a una distancia de 21 metros) se ubica una intersección una intersección en "T", también regulada por señales de "Alto y Ceda" que lleva al caserío de Canjel de Santa Ana. Esta condición da como resultado que en sitio converjan 69 puntos de conflicto vehiculares (puntos posibles de colisión o atropello a peatones) como consecuencia de la operación combinada de ambas intersecciones. El funcionamiento de la intersección Piedades de Santa Ana es impactado por la ausencia de infraestructura vial con condiciones de geometría suficiente para acomodar todo tipo de vehículos (especialmente vehículos pesados articulados) para la ejecución de la maniobra de retorno hacia San José. Es necesario que la Administración (MOPT-CNC-Conavi) valore la posibilidad de modificar las condiciones de funcionamiento de la intersección de forma que reduzcan los puntos de conflicto existentes y se mejore su geometría para acomodar vehículos pesados, además de colocar facilidades para peatones y ciclistas.		
<b>10. Palabras clave:</b> Seguridad vial, Ruta Nacional 27, Intersecciones.	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 35
<b>13. Preparado por:</b> Ing. Erick Acosta Hernández Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 19 / marzo / 2013		
<b>14. Revisado por:</b> Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Externo LanammeUCR  Fecha: 19 / marzo / 2013	<b>Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA</b> Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 19 / marzo / 2013	<b>15. Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Loría Salazar, MSc, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 19 / marzo / 2013

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1	OBJETIVO DEL INFORME .....	4
1.2	ALCANCE DEL INFORME.....	4
1.3	ANTECEDENTES.....	5
1.4	METODOLOGÍA .....	5
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1	USUARIOS VULNERABLES .....	6
2.2	ACERAS .....	7
2.3	SEÑALAMIENTO VIAL .....	8
2.4	SEMÁFOROS PEATONALES.....	9
2.5	BAHÍAS DE AUTOBUSES .....	9
2.6	TRÁFICO CALMADO .....	11
2.7	INTERSECCIONES.....	14
2.8	INTERSECCIONES AL MISMO NIVEL.....	14
2.9	VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES AL MISMO NIVEL.....	15
2.10	INTERSECCIONES REGULADAS POR SEMÁFOROS.....	16
2.11	ROTONDAS.....	17
2.12	ILUMINACIÓN EN ROTONDAS .....	18
2.13	VISIBILIDAD EN ROTONDAS .....	19
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL</b> .....	<b>20</b>
3.1	CONDICIONES DEL ENTORNO .....	20
3.2	SOBRE LAS CONDICIONES DE FUNCIONALES DE LA INTERSECCIÓN “PIEDES DE SANTA ANA” PARA PEATONES Y CONDUCTORES.....	23
3.3	SOBRE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DISPONIBLE PARA LA MANIOBRA DE RETORNO EN SENTIDO SAN JOSÉ-CALDERA, ENTRE EL KILÓMETRO 11+300 (INTERCAMBIO SANTA ANA Y EL KILÓMETRO 17+000 (PEAJE DE LA REFORMA) DE LA RUTA NACIONAL NO. 27, Y SU EFECTO EN LA INTERSECCIÓN PIEDES DE SANTA ANA. ....	27
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>32</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXO</b> .....	<b>35</b>

# INFORME DE EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL

## Evaluación de Seguridad Vial en la Intersección Pozos de Santa Ana

### 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de una evaluación de seguridad vial es identificar vulnerabilidades o riesgos potenciales inherentes a la seguridad vial de todos los usuarios de un tramo de carretera existente, asociados a la condición actual de la infraestructura vial, con el fin de establecer un diagnóstico de su condición de riesgo potencial para los usuarios.

Las evaluaciones de seguridad vial también son una herramienta que ayuda a asegurar que los aspectos de seguridad vial estén considerados en todas las etapas de un proyecto vial.

Para el caso de carreteras en servicio, se realizan evaluaciones de seguridad vial de la vía en operación, de modo que se brinde a la Administración insumos para la mejora continua de la seguridad vial en las carreteras.

En las evaluaciones de seguridad vial que ejecuta el LanammeUCR, se comparan las prácticas que se realizan en Costa Rica con respecto a las mejores prácticas internacionales en el tema de seguridad vial y a la normativa existente, con el propósito de emitir recomendaciones para mejorar la Ingeniería de Transporte en Costa Rica en torno a la seguridad vial.

#### 1.1 Objetivo del informe

El objetivo general de este informe es evaluar las condiciones de seguridad vial existentes en la intersección de Piedades de Santa Ana.

#### 1.2 Alcance del informe

El informe se estudia las condiciones de funcionamiento de la intersección Piedades de Santa Ana de acuerdo a su geometría actual, su capacidad para acomodar vehículos pesados y su interacción con usuarios vulnerables (peatones y ciclistas).

Informe LM-PI- USVT-001-13	Fecha de emisión: 19 marzo de 2013	Página 4 de 35
----------------------------	------------------------------------	----------------

### 1.3 Antecedentes

El informe surge como respuesta a la solicitud planteada, ante el Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Coordinador General del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), por parte del comité de vecinos de Santa Ana, Puriscal y Mora.

La solicitud indica la necesidad de evaluar las condiciones de seguridad vial en la intersección Piedades, por la ocurrencia de accidentes entre vehículos y peatones.

Como parte de la información aportada junto con la solicitud se incluyen dos imágenes electrónicas de los planos de modificación del cruce; en las imágenes se pueden observar dos propuestas de modificación a la intersección (llamada en Intercambio Ciudad Colón), en una de ellas se observa una intersección a nivel tipo Rotonda y en la segunda se nota una tipo intersección a nivel en "cruz". En ambos casos no hay concordancia con la realidad observada en campo. En el anexo se adjuntan ambas imágenes.

### 1.4 Metodología

Las actividades realizadas consistieron en aplicar las metodologías de evaluación de seguridad vial en la intersección "Piedades de Santa Ana". Se visitó el sitio donde se ubica la intersección con el fin de evaluar las condiciones de riesgo de accidente y revisar las características de funcionamiento de la intersección y su entorno, así como el uso del suelo. Se hizo un inventario de las señales colocadas y se identificaron los tramos donde la velocidad es restringida.

## 2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se desarrollan los temas que dan fundamento a las observaciones planteadas en el apartado de Resultados de la Evaluación de Seguridad Vial. Los conceptos enunciados obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería y de la seguridad vial recopilados a partir de la investigación realizada en estos campos en el mundo y al criterio técnico del equipo evaluador.

## 2.1 Usuarios vulnerables

Los peatones y ciclistas son los usuarios más vulnerables del sistema de transporte. Aproximadamente el 39% de las personas que mueren en la Región de las Américas por accidentes de tránsito corresponde a usuarios vulnerables (peatones, ciclistas o motociclistas) (OPS, 2009).

En el caso particular de los peatones, su comportamiento está determinado por sus características socioeconómicas, las particularidades del viaje (ubicación del origen o destino, longitud de la caminata, horario) y las peculiaridades de la zona: flujos y velocidad del tráfico vehicular, existencia y diseño de facilidades peatonales, presencia de otros peatones, entorno urbano, características del flujo vehicular, entre otros (Sun., 2010; Tiwari et al., 2007; Chu et al., 2002; Chagas y Lindau, 2009; Baltés y Chu, 2002).

Los accidentes de peatones se dan precisamente porque los peatones están utilizando un espacio que fue diseñado para vehículos automotores (FHWA, 2006). Es fundamental entender las características de los peatones, respondiendo a las siguientes preguntas: ¿por qué y adónde caminan los peatones?, ¿qué tipo de diseños de elementos generan un ambiente peatonal más seguro?, ¿cuáles tipos de comportamientos tienen los peatones y qué decisiones toman?, ¿dentro del flujo de peatones hay niños, adultos mayores y/o personas con impedimentos físicos? Además, se debe conocer la conectividad de las vías, el diseño del sitio, la composición y velocidad del flujo vehicular, y el uso del suelo; los cuales son los elementos que más impactan la seguridad del peatón.

Es necesario que se provean facilidades para el tránsito de los peatones y para el cruce de las calles, de modo que se brinde seguridad y comodidad a estos usuarios. El diseño de los cruces para peatones debe considerar las sendas naturales de caminata, de lo contrario estas facilidades, probablemente serán ignoradas por las personas (Jiménez, 2010).

Las facilidades peatonales son parte del conjunto de medidas que se toman en cuenta durante el diseño de una vía. Su uso se intensifica en zonas urbanas donde la densidad peatonal es importante y se deben procurar opciones seguras y confortables para los usuarios. En áreas rurales su uso es menos extensivo debido a un menor volumen de

usuarios, lo que en general aumenta el riesgo de accidentes, debido a mayores velocidades de operación vehicular (caso de autopistas), y por la ausencia de iluminación durante la noche (AASHTO, 2004).

En áreas urbanas las facilidades peatonales, incluyen aceras, puentes peatonales, bulevares (cuando se dan volúmenes de altos de peatones), semáforos peatonales, iluminación y demarcación exclusiva para ellos. Su desarrollo se da porque en estas zonas se concentran las actividades económicas y residenciales que promueven el desarrollo de esta infraestructura para evitar los conflictos peatón-automotor. Las zonas de paso peatonal son indispensables en las zonas de flujo peatonal considerable, puesto que mejoran las condiciones de uso y además regulan la interacción peatón-vehículo.

Cuando se proveen facilidades peatonales en zonas rurales, al lado de carreteras de alta velocidad, es importante promover que los peatones utilicen dichas obras. Se pueden utilizar contramedidas que incentiven el uso de aceras (cuando existen) y de los puentes peatonales. En el caso de los puentes es importante brindar al peatón la sensación de seguridad al separarlo del flujo automotor por medio de aceras o barreras.

A continuación se describe una serie de medidas utilizadas para mejorar la seguridad vial de los peatones. En el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA, 2001), se detallan las recomendaciones sobre el tipo de cruce recomendable según el volumen de peatones y la cantidad de vehículos.

## 2.2 Aceras

Las aceras y pasos peatonales proveen movilidad, seguridad y accesibilidad a los peatones. Reducen la incidencia de atropellos, separan el flujo de peatones de la corriente vehicular (ITE, 1998).

Se recomienda que las aceras se construyan a ambos lados de la vía, en zonas residenciales y en vías donde el flujo peatonal sea considerable. El uso del suelo, así como las características de la carretera y la densidad de viviendas, deben considerarse para determinar si deben construirse aceras (ITE, 1998).

En Centroamérica, se recomienda construir aceras en las calles y en las carreteras que carezcan de espaldón (SIECA, 2001). El ancho de las aceras puede variar entre 1m y 2m, según el tipo de carretera.

Respecto a la protección de usuarios vulnerables en los puentes, en el “Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales” (SIECA, 2001), en el Capítulo No 8, se establece:

“...En los puentes deben proveerse aceras protegidas por barreras resistentes al impacto vehicular para la circulación de peatones y para la circulación de estos en combinación con ciclistas, toda vez que sea posible separar en forma segura ambos movimientos. Se recomienda que la acera peatonal en los puentes esté a no menos de 1,5m de la barrera mencionada...”

### 2.3 Señalamiento vial

La forma de regular el uso del espacio vial por parte de los peatones y ciclistas es a través de algunas señales y regulaciones específicas. Específicamente, en el caso de señales verticales, existen las señales del tipo R-7-12, R-7-13, R-7-14, R-7-15, (SIECA, 2000). También se utiliza la serie de señales R-11-1 a R-11-18, para regular la circulación de peatones y ciclistas en los cruces peatonales.

Para prevenir a los conductores sobre la presencia de peatones y ciclistas en la vía, el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000) contempla las señales P-9-1 a P9-10, además de señales específicas para las rutas de bicicletas. El uso de señales que advierten de la presencia de ciclistas o peatones, disminuye los atropellos entre un 20% y un 30% (TAC, 2004).

Respecto al señalamiento horizontal, se establece el uso de líneas de pasos peatonales donde puedan presentarse conflictos entre los movimientos de vehículos y peatones. Se utiliza el tipo “Cebra” cuando hay un alto volumen de peatones o donde no es fácil identificar

la presencia del cruce. Se ha demostrado que el hecho de demarcar un paso peatonal, provoca una disminución entre 10% y 50% de los atropellos (TAC, 2004).

Autores como Holland y Hill (2007), señalan que los elementos de seguridad hacen que se perciba un menor riesgo que el real. Es un comportamiento conocido que los peatones experimentan un falso sentimiento de seguridad cuando están "protegidos" por señalización, como también, que las personas cruzan con más cuidado cuando no existen facilidades peatonales (Ekman, 1996). De acuerdo con lo anterior, además de proveer facilidades peatonales, debe hacerse una campaña de educación vial para mejorar el comportamiento de los usuarios.

#### **2.4 Semáforos peatonales**

El uso de semáforos permite la interrupción del flujo vehicular donde no existen brechas suficientemente largas para que los peatones puedan cruzar la calle de forma segura. Los requisitos para establecer un semáforo se detallan en la sección 4.3 del Manual Centroamericano de Dispositivos para el Control del Tránsito (SIECA, 2000). En la sección 4.4 se detallan los requerimientos para semáforos para pasos peatonales.

El uso de semáforos peatonales activados reduce entre un 10% y un 70% de los atropellos (TAC, 2004). La ubicación de los mismos debe hacerse en sitios con suficiente visibilidad, de modo que no provoque "choques por detrás" de los vehículos que deben detenerse en el semáforo. Además, el diseño del ciclo debe ser eficiente, de modo que no incentive el cruce de los peatones a mitad de cuadra (Sun et al., 2010).

#### **2.5 Bahías de autobuses**

La localización de las bahías de autobús debe hacerse de modo que interfiera en lo menos posible el funcionamiento vial (SIECA, 2001), por lo que para el caso de intersecciones y puntos donde se concentra movimiento de peatones, es necesario realizar un estudio para determinar la ubicación de la bahía, considerando las características de la intersección y de los movimientos que se producen.

Informe LM-PI- USVT-001-13	Fecha de emisión: 19 marzo de 2013	Página 9 de 35
----------------------------	------------------------------------	----------------

Las bahías de autobús se deben construir separadas de la calzada, en concordancia con la seguridad vial de los usuarios de la vía y del bus, debe proveer protección a los usuarios mientras esperan el bus. Deben contar con carriles de aceleración y deceleración, rampas para el acomodo de los buses y el acceso fácil de los pasajeros, aceras de suficiente ancho para la demanda de pasajeros, casetas para protección de la intemperie y demás accesorios como bancas, gradas, pasamanos y facilidades para personas con discapacidad (SIECA, 2001).

En la Figura N° 1. Esquema de una bahía de autobuses sin separador., se presenta el detalle de una bahía para autobús cuando no existe un separador entre la calzada y la bahía. Se debe utilizar la relación 3 a 1 en la longitud de entrada y 5 a 1 en la longitud de salida. Las dimensiones típicas para las bahías dependen de la cantidad de autobuses que se deban resguardar en la bahía (SIECA, 2001).

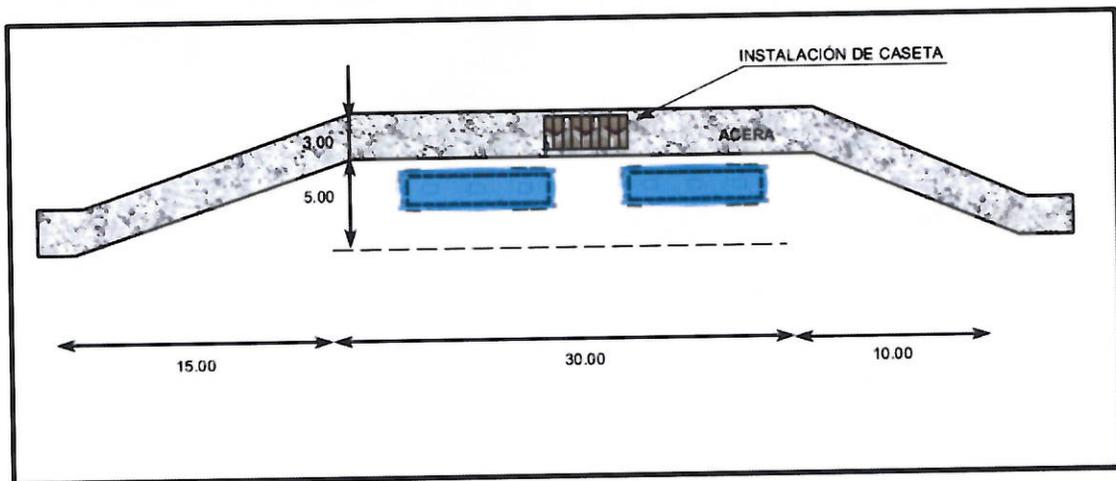


Figura N° 1. Esquema de una bahía de autobuses sin separador.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA, 2001).

Mesoamérica tiene un rezago en políticas nacionales que apoyen la inversión en transporte público (OPS, 2009). Es necesario que se inviertan recursos en este tema, dado que muchos de los viajes en las carreteras de la Región se realizan en transporte público y debe proveerse seguridad vial a sus usuarios.

En la Fotografía N° 1 y Figura N° 1 se muestran dos ejemplos de paradas de autobuses que se han adecuado para personas discapacitadas y, en general, para comodidad y seguridad de todos los usuarios; incluyendo los accesos hacia desarrollos aledaños (continuidad a través de aceras, pasos peatonales, etc.) La presencia de obstáculos y desniveles limita a las personas con problemas de movilidad, no pudiendo hacer uso, en muchos casos, del servicio de transporte público, el cual debe ser accesible para toda la población (LanammeUCR, 2009).



Fotografía N° 1.  
Accesibilidad hacia parada de autobús.  
Fuente: [www.bususers.org](http://www.bususers.org)

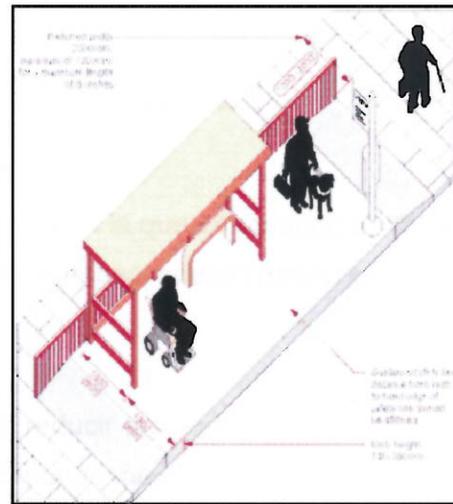


Figura N° 1. Esquema y dimensiones de parada de autobús.  
Fuente: [www.dft.gov.uk](http://www.dft.gov.uk)

Además de las facilidades para el tránsito de los usuarios, las bahías de bus deben contar con la iluminación, de modo que se contribuya con la seguridad ciudadana.

## 2.6 Tráfico calmado

La probabilidad de muerte de un peatón, está relacionada con la velocidad a la que se produce el atropello (Rosén, 2009). Tal como se indica en la Figura No. 2 hay una probabilidad mayor de 80% de que ocurra una fatalidad si el atropello se produce a una velocidad de 60km/h.

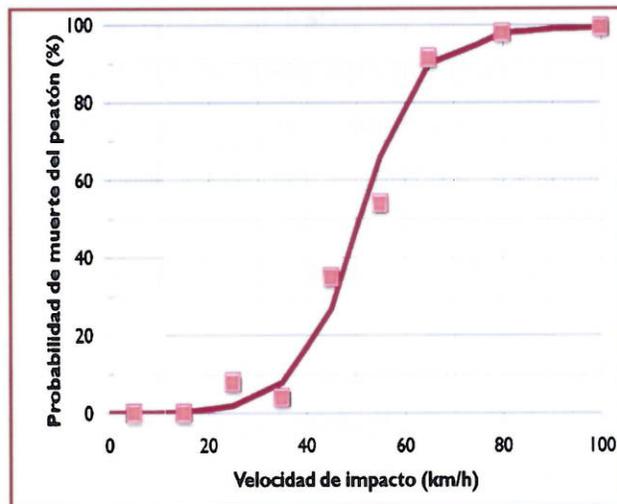


Figura N° 2.

Probabilidad de muerte en función de la velocidad a la que se produce un atropello.

Fuente: Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed (Rosén et al., 2009).

Una reducción en la velocidad de 1,6km/h puede reducir los accidentes en un promedio de 5%, mientras que un aumento en la velocidad puede aumentar los accidentes en 19% (CONASET, 2010).

Las principales ventajas de la reducción de velocidad en áreas residenciales o con gran actividad peatonal son: aumento en la visual lateral de los conductores, disminución de la probabilidad de fallecer en caso de atropello y aumento en la probabilidad de frenar a tiempo.

Para justificar la implementación de medidas para reducir la velocidad (medidas de “tráfico calmado”), se debe recolectar información de la cantidad de accidentes, la cantidad y tipo de usuarios que fallecieron en accidentes provocados por la velocidad, edad y género de las víctimas, tipo de carretera, volumen vehicular, velocidad de operación, límites de velocidad, entre otros (Global Road Safety Partnership, 2008).

Las propuestas de “tráfico calmado” incluyen modificaciones verticales u horizontales de la superficie y trazado de la vía?, uso de elementos que inciden en la percepción del conductor y medidas de gestión de tránsito.

Dentro de las medidas para calmar el tráfico de deflexiones verticales se incluyen los reductores de velocidad tipo lomo, tachuelones o trepidadores (SIECA, 2000). El diseño de dichos elementos debe garantizar que su construcción no constituya un peligro y que no produzca deterioro de los vehículos. En el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000) se detallan los requisitos para la instalación, así como el diseño de los distintos reductores de velocidad.

Las medidas para calmar el tráfico de deflexiones horizontales se refieren a estrechamientos o restricciones al ancho de la calzada, mini-rotondas, entre otras. Los estrechamientos disminuyen entre un 30% y un 50% los atropellos (TAC, 2004). Se ha demostrado que convertir en rotonda una intersección de prioridad de dos vías de doble sentido reduce los accidentes y las demoras. Los accidentes con muertos disminuyen en 45% y con lesionados en 35% (CONASET, 2010).

Respecto a los elementos que inciden en la percepción, existen los umbrales, las demarcaciones alertadoras, cambios de textura y colores. Los “umbrales” consisten en la instalación de señales verticales acompañadas de cambio de color en el pavimento y se pueden utilizar cuando exista exceso de velocidad al ingresar a una zona urbana o travesías en vías de zonas rurales (CONASET, 2010). En la Fotografía N° 2 se muestra un ejemplo de este tipo de dispositivos.



Fotografía N° 2.

Umbral utilizado para reducir velocidad.

Fuente: Medidas de Tráfico Calmado (CONASET, 2010).

Las medidas de gestión de tránsito se refieren a modificación de prioridades en las intersecciones, sentido de las calles y uso de mini-rotondas en zonas urbanas.

## 2.7 Intersecciones

Una intersección es el área donde dos o más carreteras se intersecan, ya sea uniéndose o simplemente entrecruzándose. A las vías que llegan o salen de la intersección se les conoce como ramales o accesos. Los elementos que unen las ramas de una intersección se les identifica como enlaces y si estos unen vías a diferente nivel, se les denomina rampas (SIECA, 2001).

Según el orden de importancia y la complejidad del diseño geométrico, las intersecciones se clasifican en:

- Intersecciones al mismo nivel
- Intersecciones reguladas por semáforos
- Rotondas o intersecciones giratorias
- Intersecciones a distinto nivel e intercambios

## 2.8 Intersecciones al mismo nivel

Las intersecciones a nivel son las más comunes, se deben utilizar en aquellos casos donde no se justifique otro tipo de intersección y donde los recorridos no tengan un carácter de tránsito a larga distancia. Su uso no debe generar un efecto sorpresa en los usuarios de la red de carreteras.

Se debe diseñar correctamente la señalización de la intersección, de modo que sea legible y comprendida por los usuarios. Se recomienda el uso de materiales especiales en la superficie de rodamiento, que demarquen el espacio de cruce, sea de día o de noche.

Informe LM-PI- USVT-001-13	Fecha de emisión: 19 marzo de 2013	Página 14 de 35
----------------------------	------------------------------------	-----------------

Las intersecciones a nivel se vuelven peligrosas cuando el volumen de tráfico y su distribución sobre la carretera principal dificultan el acceso a los vehículos sobre la vía secundaria, forzando a estos últimos a utilizar intervalos críticos, más reducidos para entrar en la intersección.

Cuando la intensidad del tránsito es superior a los 5.000 vehículos/día es deseable utilizar islas para canalizar el tránsito sobre la vía secundaria y la creación de una vía especial para los giros a la izquierda sobre la principal.

El uso de una intersección a nivel se recomienda para la cantidad y velocidad de los vehículos que se resume en el Cuadro N° 1. **Cuadro N° 1. Intersecciones convencionales e intersecciones canalizadas.**

Cuadro N° 1. Intersecciones convencionales e intersecciones canalizadas.

Flujo vehicular	Velocidad de operación
Vía secundaria: entre 250 y 300 vehículos/h Vía principal: inferior a 900 vehículos/h	No son aconsejables en vías de tránsito rápido.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA, 2001).

## 2.9 Visibilidad en intersecciones al mismo nivel

Cuando un conductor se acerca a una intersección tiene tres opciones, acelerar, reducir la velocidad y detenerse. La relación espacio-tiempo-velocidad determinará el triángulo de visibilidad libre de obstrucciones.

En el diseño de la intersección se debe contemplar la suficiente distancia de visibilidad hacia ambos sentidos, cuando el vehículo se encuentre detenido para cruzar la intersección. Además, se debe considerar muy bien el diseño de distancias seguras de visibilidad en los accesos, para los vehículos que circulan por la intersección.

Para información técnica específica, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA, 2001), en su capítulo V, contiene información relacionada.

## 2.10 Intersecciones reguladas por semáforos

Las intersecciones reguladas por semáforo son utilizadas principalmente en zonas urbanas. En estas áreas son congruentes con el entorno y son más respetadas.

Se recomienda el uso de semáforos cuando la visibilidad es insuficiente o existen problemas de peligro para peatones, por dificultades de comprensión de la intersección. No se aconseja la utilización de semáforos intermitentes nocturnos en carreteras.

El uso de semáforos en una intersección se recomienda para la cantidad y velocidad de los vehículos que se resume en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2. Intersecciones reguladas con semáforo.

Flujo vehicular	Velocidad de operación
<p>Afluencia peatonal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior a 100 peatones por hora, con un tránsito de 100 vehículos/h.</li> <li>• 250 peatones por hora para un tránsito de 600 vehículos/h.</li> </ul> <p>Fuente importante de peatones: Escuelas, hospitales, centros comerciales, otros.</p> <p>Umbrales de tránsito en las vías que confluyen: Mínimo 350 vehículos/h en cada vía.</p>	<p>Deben evitarse velocidades elevadas de sincronización (más de 60km/h).</p>

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA, 2001).

Informe LM-PI- USVT-001-13	Fecha de emisión: 19 marzo de 2013	Página 16 de 35
----------------------------	------------------------------------	-----------------

## 2.11 Rotondas

Las intersecciones giratorias son una solución económica para problemas de congestión con volúmenes intermedios, constituyen una solución de bajo costo relativo en cuanto a construcción y mantenimiento, siempre que se cuente con el derecho de vía apropiado.

Las rotondas requieren de grandes dimensiones cuando los caminos que se intersecan son de alta velocidad, ya que las zonas de entrecruzamiento tienen que ser de mayor longitud, o bien cuando la intersección tiene más de cuatro ramales. Cuando se contempla el paso de vehículos pesados, se debe de considerar el diseño adecuado de los radios de giro.

Las rotondas funcionan eficientemente en períodos fuera de la "hora pico", para regular intersecciones de cuatro o más accesos, con flujos vehiculares equilibrados en sus accesos.

Se recomienda también no utilizar rotondas cuando se trata de rutas de recorridos extensos, donde los usuarios no esperan este tipo de intersección. Además, se recomienda su colocación cuando exista una sucesión de pasos a desnivel preestablecidos.

El desempeño de una rotonda es mejor en sitios con escaso tránsito peatonal, ya que los peatones no encuentran confort al cruzar, como en otro tipo de intersección.

Estudios han demostrado que el uso de rotondas en intersecciones a un mismo nivel, disminuye la tasa de accidentes. En la Figura N° 3 se hace una comparación de puntos de conflicto entre una intersección convencional a nivel y una rotonda.

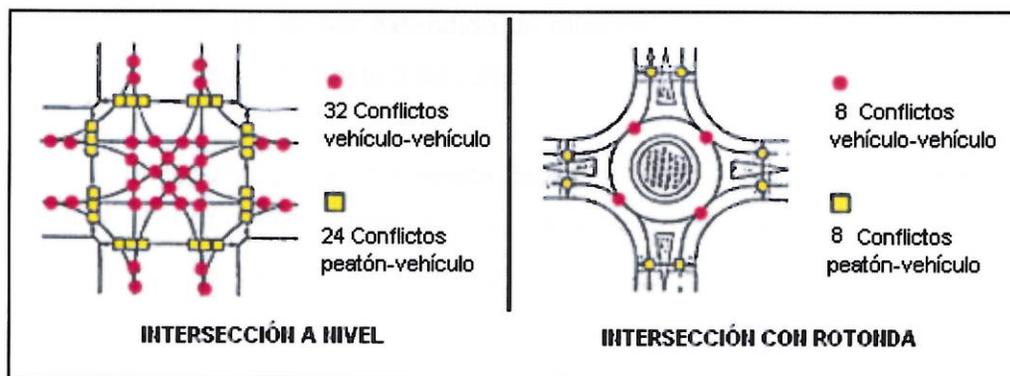


Figura N° 3. Cantidad de puntos de conflicto entre vehículos o vehículo/peatón.

Fuente: Roundabouts: an informational guide (FHWA, 2000).

El uso de una rotonda se recomienda para la cantidad y velocidad de los vehículos que se resume en el Cuadro N° 3.

**Cuadro N° 1. Intersecciones convencionales e intersecciones canalizadas.**

Cuadro N° 3. Intersecciones convencionales e intersecciones canalizadas.

Flujo vehicular	Velocidad de operación
En la intersección: 60.000 v/día o En la "hora pico": 6.000 v/hora	Velocidades de operación bajas.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA, 2001).

A manera de ejemplo sobre el diseño geométrico de las rotondas, para mantener 60km/h como velocidad de proyecto, se necesita proveer un radio mínimo de 113m para la isleta central de la rotonda.

**2.12 Iluminación en rotondas**

En condiciones generales la iluminación de la rotonda debe tener de 1, 2 ó 3 veces el nivel de iluminación del acceso mejor iluminado en lux. Su uniformidad debe ser en relación 3:1 ó

mejor. La iluminación debe de ser extendida un mínimo de 120m a lo largo de cada acceso que conecte a la rotonda según el tipo de ruta.

Se recomienda la iluminación de la rotonda desde el borde externo del camino, pues esto también ayuda a producir contraste positivo para peatones (AASHTO, 2005). Si existen pasos peatonales a nivel, estos deben de ser correctamente iluminados, con el fin de permitir que los peatones sean reconocidos por los vehículos. Generalmente los postes de iluminación se colocan entre 3m y 9m antes del paso peatonal para lograr un contraste positivo.

### **2.13 Visibilidad en rotondas**

Se debe proveer la visibilidad suficiente para la distancia de parada en los accesos de las rotondas, de modo que el conductor reduzca su velocidad y se prepare para ingresar a la rotonda. Además, se debe tener distancia de visibilidad a la izquierda de cada acceso, para que el conductor pueda determinar el momento correcto de entrar a la rotonda.

Es necesario garantizar la visibilidad para que los usuarios puedan ver sobre los objetos situados en la rotonda y las señales verticales de tránsito. Debe existir también visibilidad adecuada para los vehículos que circulan dentro de la rotonda, de modo que puedan observar claramente el ancho de la vía delante de ellos, según el tamaño de la rotonda.

Si se incluyen pasos peatonales a nivel, se debe proveer una distancia de parada con visibilidad para que los conductores puedan distinguir el cruce peatonal. Igual situación para los vehículos que se aproximan a la rotonda desde los accesos.

### 3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de seguridad vial de la intersección Piedades de Santa Ana ubicada en la Ruta Nacional No. 22 cerca del peaje de Ciudad Colón de la Ruta Nacional No. 27. Esta ruta sirve de acceso al Cantón de Mora, Puriscal, y parte del Cantón de Santa Ana. En la Fotografía N° 3, se muestra la ubicación de la intersección y otros detalles importantes de localización.



**Fotografía N° 3** Vista aérea de la intersección Piedades de Santa Ana y el Peaje a Ciudad Colón. Recuperado de Google Earth.

#### 3.1 Condiciones del entorno

La intersección de Piedades de Santa Ana se ubica al inicio de la Ruta Nacional No. 22, inmediatamente después del peaje de la Carretera Prospero Fernández, Ruta Nacional No. 27.

La intersección está compuesta por cuatro accesos, ver Fotografía N° 4 y Fotografía N° 5. Vista general de los accesos Brasil y Canjel de la intersección "Piedades de Santa Ana". los accesos secundarios están controlados por señales de "Alto y Ceda". En sus accesos

Informe LM-PI- USVT-001-13	Fecha de emisión: 19 marzo de 2013	Página 20 de 35
----------------------------	------------------------------------	-----------------

principales existen tres carriles, dos para los movimientos directos y uno exclusivo para los giros izquierdos. Los accesos secundarios están conformados por carriles compartidos donde se permiten todos los movimientos vehiculares.



**Fotografía N° 4.** Vista general de la intersección "Piedades de Santa Ana".  
Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Fotografía N° 5.** Vista general de los accesos Brasil y Canjel de la intersección "Piedades de Santa Ana".  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

El entorno de la intersección, ver Fotografía N° 6, es mixto (urbano y residencial), el Plan Regulador Urbano del cantón de Santa Ana, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 74 del 19 de abril de 1991, muestra que la intersección se ubica en una "Zona de Control Especial (ZCE)", según lo definido en el texto del Artículo 8 del Plan citado:

*"Artículo 8. Zona de Control Especial (ZCE); Esta zona tiene como propósito fomentar el desarrollo artesanal y comercial entre los distritos del cantón, de Pozos, Piedades y Brasil con el centro de la comunidad de Santa Ana, conformando un desarrollo lineal y buscando una mejor utilización del terreno sobre las vías principales.*

*1-Usos Permitidos: Vivienda, servicios públicos gubernamentales, actividades, culturales, comerciales y artesanales (en cuyo caso el personal no sobrepase los cinco empleados[...])"*

Lo regulado por el Artículo 8, citado anteriormente, es consecuente con lo observado en el sitio: varios caseríos y actividades económicas de diversos tipos en sus alrededores que generan la presencia de flujos peatonales en diferentes direcciones. La intersección en estudio también comunica con zonas de residenciales de media y baja densidad, además de zonas industriales.

A una distancia de 21 metros se ubica una intersección en forma de "T", donde en su acceso secundario la demarcación vial existente solo permite la maniobra de giro derecho (hacia Ciudad Colón). Esta intersección sirve de acceso a los habitantes de barrio Canjel que se ubica frente a la Ruta Nacional No. 27, y al que se accede por medio de un paso a desnivel construido sobre esa Ruta. A la intersección mencionada también converge una rampa de salida de la Ruta Nacional No. 27.



Fotografía N° 6. Vista aérea del entorno de la intersección "Piedades de Santa Ana"  
Fuente: Google Earth, 2013.

En las cercanías de ambas intersecciones se ubican dos paradas de autobús, una por cada sentido de circulación, sin bahía de autobuses. Las facilidades peatonales, como las aceras no se encuentran presentes en toda la intersección y no tienen conexión con otras facilidades existentes en la zona.

Un estudio de velocidad de punto realizado en la intersección arrojó como resultado que la velocidad del percentil 85 para la vía principal es de 60 km/h (desviación estándar de 8,2 km/h), la velocidad máxima indicada en los carteles de señalización es de 40 km/h.

### **3.2 Sobre las condiciones de funcionales de la intersección "Piedades de Santa Ana" para peatones y conductores.**

La intersección Piedades de Santa Ana es una intersección a nivel, posee cuatro accesos regulados por señales de "Alto y Ceda", más al este (a una distancia de 21 metros) se ubica una intersección una intersección en "T", también regulada por señales de "Alto y Ceda" que lleva al caserío de Canjel de Santa Ana. Esta condición da como resultado que en sitio

converjan 69 puntos de conflicto vehiculares (puntos posibles de colisión o atropello a peatones) como consecuencia de la operación combinada de ambas intersecciones.

En la Figura No. 5, se muestra de forma esquemática los puntos posibles de conflicto que pueden existir en una intersección de tres y cuatro accesos, los cuales se definen en función de las posibles trayectorias de los vehículos y peatones que transitan por la intersección.

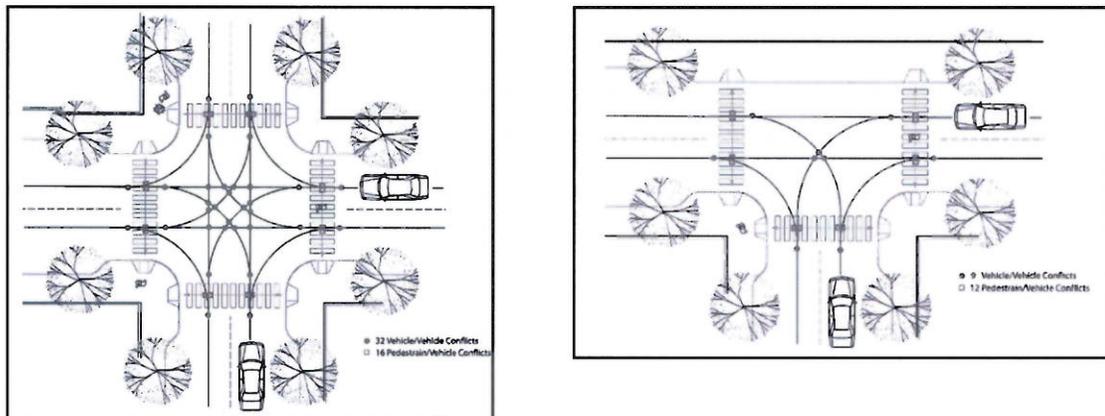


Figura N° 2. Puntos de conflicto en intersecciones de cuatro y tres accesos. Fuente: ITE, 2010.

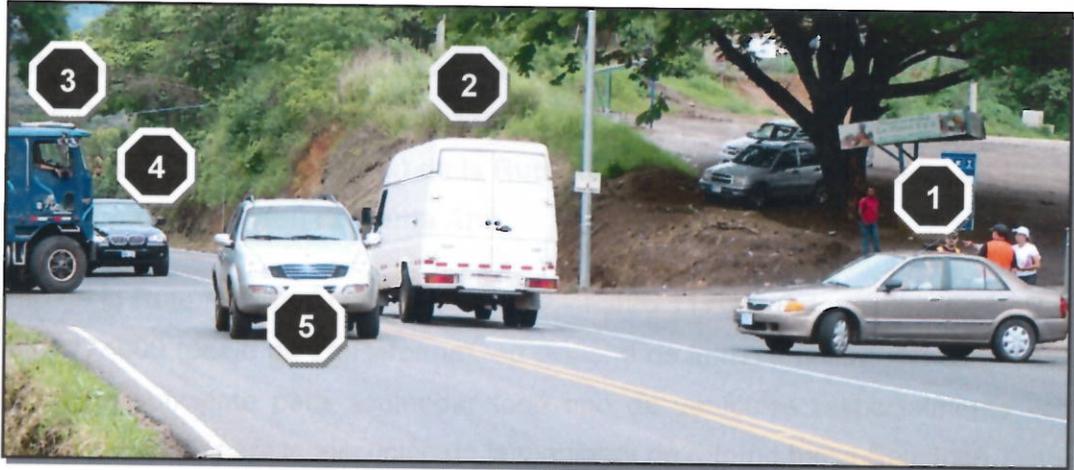
La proximidad entre ambas intersecciones afecta las condiciones de operación de la vía y las condiciones de seguridad vial para los peatones y ciclistas por efecto del riesgo potencial de accidente que representa la cantidad de movimientos que pueden ocurrir de forma simultánea. La demarcación vial existente en sitio, no permite la ejecución de algunos movimientos, sin embargo estos son realizados indistintamente por los usuarios.

Los criterios de diseños internacionales recomiendan una separación mínima entre 60 y 120 metros entre intersecciones sucesivas, una separación menor puede ocasionar maniobras de cruce errantes y confusas por parte de los usuarios. Los movimientos de giro izquierdo de cada intersección pueden superponerse (ocurrir de forma simultánea) causando interferencia en la vía principal o el bloqueo de la intersección, dando como consecuencia un incremento en el riesgo potencial de colisión en la vía principal durante los periodos de congestión. (ITE, 2008).

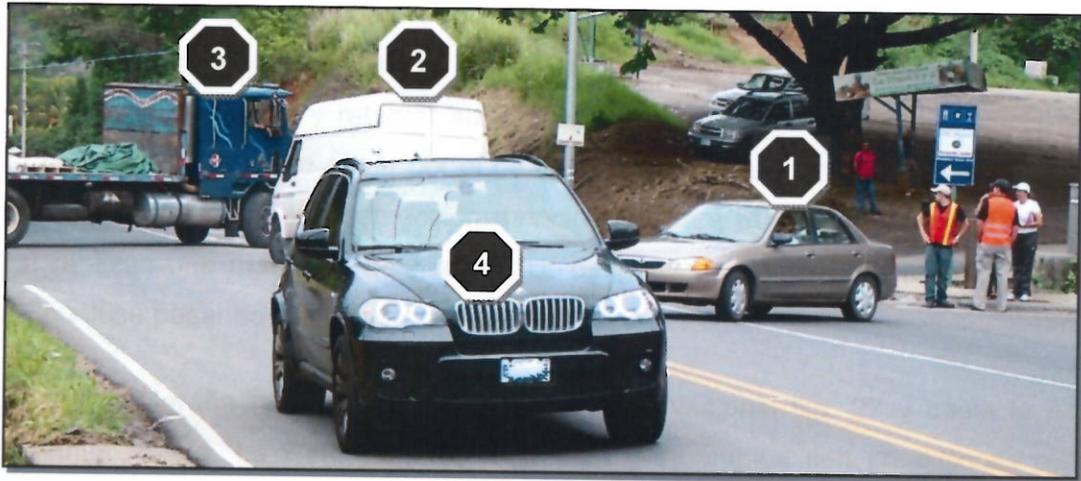
Las fotografías 6, 7 y 8, se observan varias maniobras simultáneas de salida de vehículos en la intersección "Piedades de Santa Ana". En estas fotografías se muestra la interferencia que

ocurre en la vía principal por la ejecución de las maniobras de salida. Se observa al vehículo (1) ejecutando el movimiento de giro izquierdo, no permitido por la demarcación vial, desde el acceso "Canjel" la obstrucción en la visibilidad que le ocasiona el vehículo (2) mientras espera en el carril exclusivo de giro izquierdo hacia Piedades de Santa Ana; al mismo tiempo se observa otro vehículo pesado (vehículo 3) trata de salir de la intersección obstruyendo parte del carril de la vía principal, al mismo tiempo que los vehículos (4) y (5) los esquivan al transitar por la vía principal.

Esta situación también se agrava por la existencia de taludes laterales y otros elementos en los accesos secundarios que también limitan la visibilidad disponible para realizar las maniobras de salida de las intersecciones.



Fotografía N° 7



Fotografía N° 8



Fotografía N° 9

### **3.3 Sobre la infraestructura vial disponible para la maniobra de retorno en sentido San José-Caldera, entre el kilómetro 11+300 (Intercambio Santa Ana y el kilómetro 17+000 (peaje de La Reforma) de la Ruta Nacional No. 27, y su efecto en la intersección Piedades de Santa Ana.**

El tramo de la Ruta Nacional No. 27, entre el kilómetro 11+000 (Intercambio Santa Ana) y el kilómetro 17+000 (peaje de La Reforma), no dispone de infraestructura vial con condiciones de geometría suficiente para acomodar todo tipo de vehículos (especialmente vehículos pesados articulados) para la ejecución de la maniobra de retorno hacia San José.

Durante las visitas de campo, se pudo observar a varios vehículos pesados articulados utilizando un predio ubicado frente al plantel de autobuses de la empresa "La Tapachula", como sitio para maniobrar y retomar su destino hacia la Ruta Nacional No. 27 en sentido Caldera-San José, luego de pasar por el peaje de Santa Ana. También se observaron otros vehículos que no utilizan la intersección mencionada para realizar la maniobra de retorno, pero sí realizan una maniobra de giro en "U" después del peaje para retomar la Ruta 27 hacia San José pasando de nuevo por el peaje.

Luego del río Caraña (estación 13+400) de la Ruta Nacional No. 27 y hasta la estación 17+500 Intercambio "La Reforma", no se ubican intercambios con condiciones aptas de geometría y ubicación para que los flujos vehiculares provenientes de los desarrollos comerciales e industriales (zona franca, fabrica de autobuses y mueblería entre otros) ubicados entre la estación 13+400 y el peaje de Ciudad Colón, (estación 14+100), puedan retornar a la Ruta Nacional No. 27 en dirección a la ciudad de San José.

La alternativa más cercana para intentar la maniobra de retorno se ubica en la estación 14+100, en donde luego de pasar por el peaje los usuarios disponen de tres opciones para retomar la dirección hacia San José y alrededores. En la figura 6, se muestran estas opciones de forma esquemática:

1. Utilizar el acceso "Piedades" de la intersección "Piedades de Santa Ana" para tomar hacia el centro del Cantón de Santa Ana y de ahí salir de nuevo a la Ruta Nacional No. 27 utilizando las vías cantonales;

2. Utilizar el acceso “Brasil” de la intersección para realizar la maniobra de giro en “U” y salir de nuevo al peaje;
3. Realizar la maniobra de giro en “U” luego de salir del peaje en un tramo demarcado con línea amarilla, y retomar la Ruta Nacional No. 27, luego de pasar nuevamente por el peaje.



#### **Fotografía N° 10**

Maniobra de retorno en un lugar no permitido a la salida del peaje de Ciudad Colón.  
Fuente: LanammeUCR, 2012

Los usuarios de la vía que desean retomar la dirección hacia San José, disponen de una cuarta opción, el intercambio “La Reforma”, ubicado después del peaje en la estación 17+500, localizado luego del Peaje Virilla, a una distancia de 3,4 km de distancia.

Las opciones 2 y 3 pueden ser percibidas por el usuario cotidiano como las que tienen el costo más bajo, considerando únicamente el tiempo de viaje de las demás opciones y el costo adicional que representa paso por los peajes. Esta condición podría afectar la percepción del riesgo potencial de accidente que tiene el hacer uso de las opciones 2 y 3.

Las condiciones de operación de la intersección “Piedades de Santa Ana” generan un riesgo potencial de atropello de peatones y de colisión debido a las maniobras que deben ejecutar los conductores de los vehículos livianos y pesados para realizar la maniobra de retorno, las cuales pueden ser más críticas en periodos de congestión.

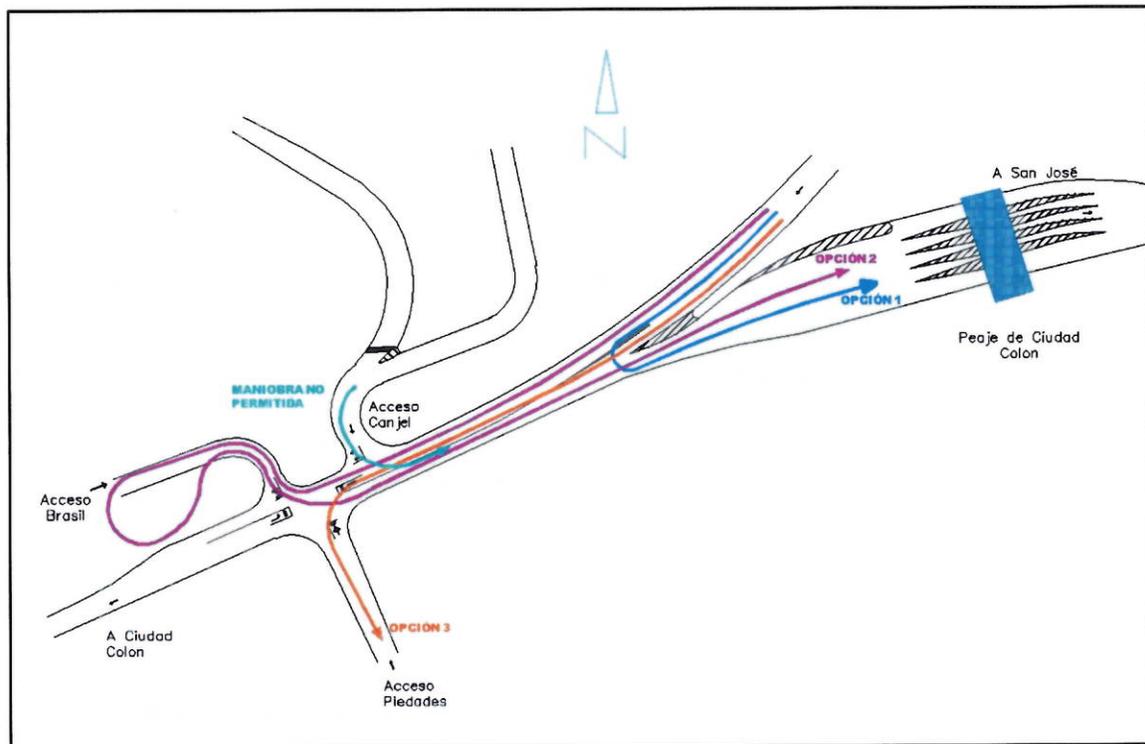


Figura N° 6. Opciones de retorno en el sector del peaje a Ciudad Colón. Fuente: Elaboración propia, 2013.

#### 4. CONCLUSIONES

De la evaluación de seguridad vial realizada en la intersección "Piedades de Santa Ana" se concluye lo siguiente:

1. La geometría que tiene la intersección "Piedades de Santa Ana" no es apta para que los vehículos pesados realicen de forma expedita y segura la maniobra de retorno hacia la Ruta Nacional No. 27 en sentido Ciudad Colón-San José, dado que deben utilizar un predio ubicado al lado de la calle que lleva a Brasil de Santa Ana. La intersección requiere otro diseño geométrico y funcional que permita acomodar vehículos pesados articulados para realizar en ella la maniobra de retorno.
2. El acceso a barrio Canjel perjudica las condiciones actuales de funcionamiento de la intersección "Piedades de Santa Ana", desde perspectiva de seguridad vial y funcional. La cantidad de puntos de conflicto (trayectorias posibles de colisión) en el sitio aumenta por el efecto combinado del funcionamiento de ambas intersecciones y el grado de congestión de la zona, esta condición también aumenta la probabilidad de riesgo de accidente por colisión. Esta condición se agrava por la ubicación del acceso a calle Canjel.
3. La intersección "Piedades de Santa Ana" carece de facilidades para el tránsito de peatones, como aceras y pasos para el peatón. Esta condición expone al peatón a tener que circular o esperar sobre la vía destinada para el tránsito de peatones, exponiendo al usuario a un riesgo potencial de accidente por atropello.

## 5. RECOMENDACIONES

De la evaluación de seguridad vial realizada en la intersección "Piedades de Santa Ana" se recomienda lo siguiente:

1. Reubicar la salida de la calle "Canjel", a un punto del acceso "Brasil" de forma que se elimine la salida directa de vehículos a la Ruta Nacional No. 22, dejando en el lugar una intersección de solo cuatro accesos (intersección en "cruz")
2. Considerar la evaluación técnica de las condiciones de funcionamiento actuales de la intersección "Piedades de Santa Ana", para analizar la posibilidad de construir en el lugar una intersección que permita la realización de las maniobras de retorno y las demás maniobras que se permiten actualmente en la intersección Piedades de Santa Ana y el acceso a barrio Canjel, y que disminuya los puntos de conflicto entre vehículos y peatones.
3. Es necesario evaluar de forma técnica y económica la posibilidad de construir una intersección tipo rotonda o un intersección de cuarto accesos regulada por un sistema de semáforos que unifique el funcionamiento actual de las intersecciones. Esto mejoraría la forma en que se realizan las maniobras, se ampliarían los ángulos de visibilidad, se disminuirían las velocidades y se permitirían todos los giros hacia y desde todos los accesos en la intersección
4. Construir en el lugar facilidades peatonales que mejoren las condiciones de cruce y tránsito de peatones, de forma tal que exista conexión entre las facilidades existentes y los tramos donde es necesario colocarlas.

## 6. REFERENCIAS

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2004. A Policy on Geometric Design of the Highways and Streets. Cuarta Edición. Washington, D.C.
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2005. Roadway lighting Design Guide. Washington, D.C.
- [3] Baltes, M., Chu, X., 2002. Pedestrian Level of Service for Midblock Street Crossings. Transportation Research Record 1818, Paper N° 02-2301.
- [4] Chagas, M., Lindau, L.A., 2009. Evaluating Pedestrian Safety at Midblock Crossings in Porto Alegre, Brazil. TRB 2010 Annual Meeting CD-Room.
- [5] Chu, X., Guttenplan, M., Baltes, M. R., 2002. Why People Cross Where They Do: The Role of Street Environment. Transportation Research Record 1878, 3-10.
- [6] Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET), 2003. Guía para realizar una auditoría de seguridad vial. Recuperado de <http://www.conaset.cl/images/doc/Guia%20Auditoria%20de%20Seguridad.pdf>
- [7] Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET), 2010. Medidas de Tráfico Calmado: Guía de criterios para la aplicación, ubicación, diseño y señalización de medidas para el tráfico calmado. Recuperado de [http://www.conaset.cl/portal/portal/default/guia\\_ trafico\\_10](http://www.conaset.cl/portal/portal/default/guia_ trafico_10)
- [8] Ekman, L., 1996. On the treatment of flow in traffic safety analysis: A Non-parametric approach applied on vulnerable road users. Lund Institute of Technology and Society, Traffic Engineering, 32.
- [9] Federal Highway Administration (FHWA), 2000. Roundabouts: An informational guide, FHWA-RD-00-068. Virginia. Recuperado de <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00068/00068.pdf>

- [10]Federal Highway Administration (FHWA), 2006. How to Develop a Pedestrian Safety Action Plan. Recuperado de <http://katana.hsrc.unc.edu/cms/downloads/howtoguide2006.pdf>
- [11]Global Road Safety Partnership, 2008. Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners. Switzerland.
- [12]Holland, C., Hill, R., 2007. The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accident Analysis and Prevention* 39, 224–237.
- [13]Institute of Transportation Engineers (ITE), 1998. Design and Safety of Pedestrian Facilities, Washington, D.C.
- [14]Institute of transportation Engineers (ITE), 1999. The Traffic Safety Toolbox –a primer on traffic safety, Washington, D.C.
- [15]Institute of transportation Engineers (ITE), 2008. Urban Street. Geometric Desing handbook, Washington, D.C.
- [16]Institute of transportation Engineers (ITE), 2010. Desinging Walkable Urban Throughfares: A context Sensitive Approach-An ITE Recommended Practice-, Washington, D.C.
- [17]Jiménez, R., Diana, 2010. Comportamiento Peatonal. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería mención Transporte. Universidad de Chile.
- [18]Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2009. Informe sobre el estado de la seguridad vial en la región de las Américas, Washington, D.C.
- [19]Rosén, E. y Sander, U., 2009. Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. Suecia.
- [20]Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA), 2000. Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.
- [21]Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA), 2001. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales.

- [22] Tiwari, G., Bangdiwala, S., Saraswat, A., Gaurav, S., 2007. Survival analysis: Pedestrian risk exposure at signalized intersections. *Transportation Research Part F* 10, 77–89.
- [23] Transportation Association of Canada (TAC), 2004. The Canadian Guide to In-service Road Safety Reviews.

## 7. ANEXO

Mediciones de velocidad realizadas en la intersección Piedades de Santa Ana.

De Ciudad Colon a San Jose	
Hora 11:35am	Limite 40 km/h
Vehiculo	Velocidad
1	47
2	48
3	64
4	51
5	49
6	47
7	44
8	55
9	46
10	39
11	49
12	44
13	44
14	54
15	39
16	37
17	45
18	51
19	61
20	58
21	60
22	42
23	54
24	48
25	65
26	56
27	68
28	41
29	54
30	40
<b>85 Percentil</b>	<b>60</b>