



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-USVT-004-17

Evaluación del estado y mantenimiento de sistemas de contención vehicular en la autopista Florencio del Castillo, Ruta Nacional 2

Preparado por:
Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica
Diciembre, 2017

Documento generado con base en el Art. 6, inciso g) de la Ley 8114 y lo señalado en el Cap. IV, Art. 47 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.
Preparado por: Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR diana.jimenez@ucr.ac.cr





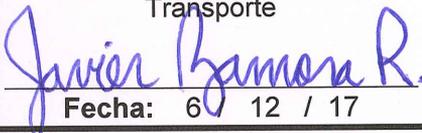
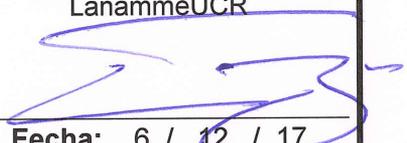
1. Informe LM-PI-USVT-004-17		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Evaluación del estado y mantenimiento de sistemas de contención vehicular en la autopista Florencio del Castillo, Ruta Nacional 2		4. Fecha del Informe Diciembre, 2017	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales 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			
8. Notas complementarias			
9. Resumen <i>Se presentan las principales observaciones y resultados de la evaluación de seguridad vial realizada en la autopista Florencio del Castillo, específicamente el estado y mantenimiento de los sistemas de contención vehicular. Prioritariamente se evaluaron los daños graves y muy graves en los sistemas colisionados, incluyendo barreras de contención vehicular, pretilas de puente, transiciones, amortiguadores de impacto y terminales de impacto. Dado el alto riesgo que representan los sistemas colisionados con daños graves y muy graves, se recomienda a la Administración la elaboración de un programa o protocolo de mantenimiento de sistemas de contención vehicular para la Red Vial Nacional, y que se generen los mecanismos adecuados para la capacitación a personal técnico en temas de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de contención vehicular.</i>			
10. Palabras clave Sistemas, contención vehicular, SCV, mantenimiento, seguridad vial		11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 21
13. Preparado por:			
Ing. Javier Zamora Rojas, MScE Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 6 / 12 / 17	Ing. Sandra Solórzano Murillo Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 6 / 12 / 17		
14. Revisado por:		15. Aprobado por:	
Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 6 / 12 / 17	Lic. Miguel Chacón, MSc, MBA Asesor Legal Externo LanammeUCR  Fecha: 6 / 12 / 17	Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA LanammeUCR  Fecha: 6 / 12 / 17	



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. ALCANCE.....	7
4. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR	7
4.1. Sistemas de contención vehicular colisionados:	8
4.2. Sistemas de contención vehicular con errores de instalación:	12
4.3. Daño intencionado a sistemas de contención vehicular:.....	15
4.4. Observaciones adicionales sobre sistemas de contención vehicular y mantenimiento vial:	16
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21



1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de contención vehicular son dispositivos diseñados e instalados para brindar protección a diferentes usuarios de la vía en caso de accidentes u otro tipo de incidentes que impliquen salida de la calzada. Estos dispositivos son un activo vial, y como tal, requieren de mantenimiento, tanto al ser impactados por vehículos, como por deterioros producto del vandalismo u otras razones.

Cuando no se les brinda un mantenimiento adecuado a los sistemas de contención vehicular o cuando su sustitución parcial o total no se realiza de manera oportuna tras un accidente (prácticamente inmediata), estos sistemas pueden convertirse en un peligro mayor para los usuarios de la vía. Es decir, un sistema de contención vehicular colisionado, mal instalado o con terminales o transiciones inadecuadas aumentan el riesgo de consecuencias más severas tras la ocurrencia de un accidente, incluso más graves que si el sistema no estuviera del todo. Un sistema de contención vehicular no debería de instalarse sin contar con un plan de mantenimiento y de sustitución, considerando la aleatoriedad de los accidentes de tránsito y sus consecuencias.

Es por ello que el PITRA-LanammeUCR, a través de su Unidad de Seguridad Vial y Transporte, realizó dos inspecciones en la autopista Florencio del Castillo (Ruta Nacional 2) los días 30 de octubre y 27 de noviembre de 2017, de la cual se derivan las observaciones y recomendaciones que se presentan en este informe, referentes a seguridad vial en el tema de sistemas de contención vehicular.

El pasado 15 de noviembre de 2017 (posterior a la inspección realizada por el LanammeUCR) ocurrió un lamentable accidente en la autopista Florencio del Castillo, en la salida de Ayarco Sur, sentido San José - Cartago. Según el medio de comunicación crhoy.com, dos personas fueron trasladadas en condición delicada al centro médico. En la Figura 1 se observa a la izquierda la imagen del amortiguador de impacto durante la inspección del día 30 de octubre, en donde sobresale una



sección metálica que quedó en dirección al flujo vehicular; es decir, con el filo de la sección metálica de frente a los vehículos. Se desconoce cuando el amortiguador había sido impactado. Por otra parte, en la fotografía de la derecha se observa el aparatoso accidente del día 15 de noviembre. Es decir, el vehículo impactó el amortiguador que ya había cumplido su función en al menos un accidente de tránsito anterior.

Estado del amortiguador de impacto colisionado al día 30 de octubre de 2017
(Nota: Tomada de LanammeUCR, 2017)

Accidente contra amortiguador de impacto ya colisionado el día 15 de noviembre de 2017

(Nota: Tomada del sitio crhoy.com¹)



Figura 1. Accidente contra amortiguador de impacto previamente colisionado

Es de suma importancia resaltar el reciente decreto ejecutivo N° 40632-MOPT sobre *"La incorporación obligatoria del componente de seguridad vial en todas las labores de planificación y construcción de obras viales y su eventual conservación, mejoramiento y/o rehabilitación"*. Ante el aumento de las muertes y lesiones en carretera, resulta urgente la toma de medidas en carretera y una mayor inversión en cuanto a los componentes de la infraestructura vial que mejoran la seguridad vial y protegen la integridad física de todos los usuarios de nuestras carreteras.

¹ <https://www.crhoy.com/nacionales/violento-accidente-en-la-florencio-del-castillo-deja-2-heridos-graves/>



2. OBJETIVOS

2.1. *Objetivo general*

Evaluar el estado y mantenimiento de los sistemas de contención vehicular de la autopista Florencio del Castillo, Ruta Nacional 2, con el fin de brindar recomendaciones puntuales que ayuden a mitigar las consecuencias de alta severidad tras la ocurrencia de accidentes de tránsito.

2.2. *Objetivos específicos*

1. Evaluar el estado general de los sistemas de contención, entre ellos, barreras de contención, amortiguadores de impacto, terminales atenuadoras de impacto, pretiles de puente y transiciones entre sistemas, que permita la identificación de sistemas colisionados.
2. Determinar el grado de deterioro de los sistemas de contención vehicular que han sido colisionados, basado en el estado actual del sistema y en el riesgo potencial para los usuarios.
3. Identificar errores constructivos en la instalación de los sistemas de contención vehicular.
4. Analizar los casos de deterioros o daños intencionados a los sistemas de contención vehicular, producto del vandalismo u otras motivos particulares.
5. Identificar la presencia de obstáculos en los márgenes de la carretera que aumenten el riesgo para los usuarios ante un accidente y que, de haber presencia de sistemas de contención, se vea comprometida su funcionalidad.

3. ALCANCE

El tramo de estudio es la autopista Florencio del Castillo, sobre la Ruta Nacional 2, entre el inicio de la autopista por Hacienda Vieja en Curridabat, hasta el cruce hacia Taras.

La evaluación realizada de los sistemas de contención vehicular de la autopista no comprende un inventario detallado de sistemas y de deterioros, lo cual es competencia de la Administración como parte de sus labores de mantenimiento de la Red Vial Nacional; sin embargo, el informe permite identificar las prioridades en cuanto al mantenimiento de los sistemas basado en el riesgo potencial para los usuarios y en el estado mismo de los dispositivos de protección.

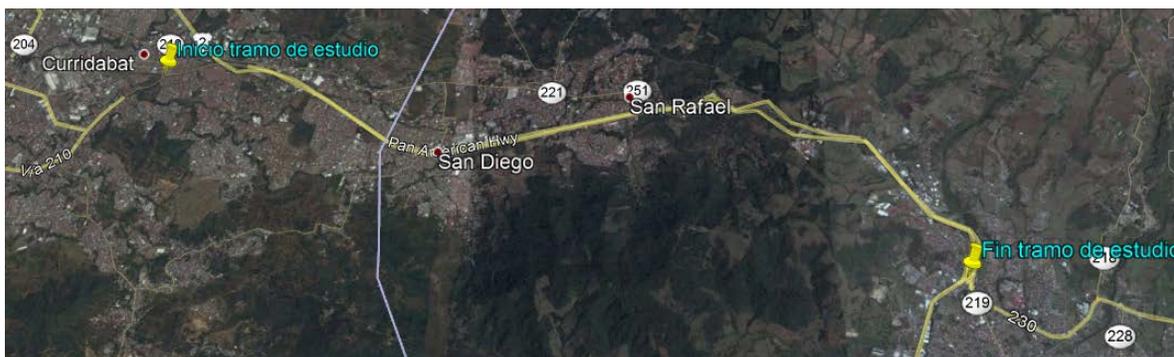


Figura 2. Ubicación general del tramo de estudio, autopista Florencio del Castillo

Nota: Modificado a partir de GoogleEarth, 2017

4. EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR

En esta sección se detalla la evaluación realizada a los sistemas de contención vehicular, principalmente aquellos colisionados o con evidencia de otros deterioros y daños intencionados.

4.1. **Sistemas de contención vehicular colisionados:**

En la autopista Florencio del Castillo se han identificado sistemas colisionados (Figuras 3, 4, 5 y 6) con niveles de deterioro desde leves hasta muy graves.

a. Barreras de contención vehicular colisionadas

Grado de deterioro: leve

En el caso de las barreras de contención vehicular, se observaron en la inspección diversos grados de deterioro. En este caso, por ejemplo, se observan deterioros leves, que si bien es cierto posiblemente no requieran de un remplazo del sistema por el momento, sí requieren de un monitoreo continuo para no comprometer la seguridad de los usuarios.



Grado de deterioro: grave y muy grave

Se identificaron al menos 9 tramos de barrera semirrígida en el sentido San José - Cartago y 13 tramos en el sentido Cartago - San José que se encuentran con deterioros graves y muy graves, los cuales requieren de una pronta intervención. En el caso de la fotografía, este es un caso de deterioro muy grave y la barrera requiere de remplazo inmediato, ya que incluso una de las vigas cedió ante el impacto. Incluso la Administración deberá evaluar si el nivel de contención es el adecuado, considerando las velocidades de operación y la composición del flujo vehicular.



Figura 3. Barreras de contención vehicular colisionadas en autopista Florencio del Castillo

b. Amortiguador de impacto colisionado

Este amortiguador de impacto en la salida Ayarco Sur, sentido San José - Cartago en la autopista Florencio del Castillo, identificado como S.M.A. 80-80/1 (marca AMS, clase 0, fabricación italiana) cuenta con 4 compartimientos de celdas hexagonales, los cuales son los elementos del sistema que mayormente absorben la energía cinética de la colisión. Al día de la inspección ya los 4 compartimientos se encontraban deformados, por lo que el amortiguador se encuentra con un grado de deterioro muy severo, sin capacidad de absorber ningún impacto adicional. Se incluye una imagen de la ficha técnica del amortiguador, con el fin de comparar el nivel de deterioro.

Además, tal como se observa en las fotografías durante la inspección, elementos metálicos con filos de gran riesgo quedaron de frente a los vehículos (en círculo rojo), lo cual aumenta significativamente los daños en caso de un accidente (como fue el caso de la Figura 1).



Grado de deterioro: muy grave



Fuente: Ficha técnica del amortiguador S.M.A. 80-80/1, AMS.

Figura 4. Amortiguador de impacto colisionado en autopista Florencio del Castillo



c. Terminales de impacto colisionadas

Grado de deterioro: grave y muy grave

Las terminales de impacto instaladas en la autopista Florencio del Castillo son modelo SKT (Sequential Kinking Terminal) 350, marca Road Systems, INC. de fabricación estadounidense.

De las 21 terminales de impacto que se identificaron en la autopista (12 en el sentido San José - Cartago y 9 en el sentido Cartago - San José), 6 se encuentran colisionadas con un nivel de deterioro grave y muy grave, sin capacidad de absorber ningún impacto adicional.

Al igual que los amortiguadores, estos sistemas colisionados pueden aumentar significativamente las consecuencias de un accidente, por lo que requieren de mantenimiento inmediato.



Figura 5. Terminales de impacto colisionadas en autopista Florencio del Castillo

d. Transiciones colisionadas

Grado de deterioro: grave y muy grave

Los sistemas de pretil de puente sobre la autopista Florencio del Castillo cuentan con transiciones adecuadamente diseñadas que conectan con las barreras de contención vehicular en sus aproximaciones.



Al menos 2 de las transiciones en puentes se encuentran ya colisionadas (fotografía superior), con un nivel de deterioro grave. Si bien es cierto la conexión entre barreras sigue estando presente, hay varios elementos dañados que comprometen la funcionalidad de todo el sistema, lo cual es un potencial riesgo para los usuarios en caso de accidente o salida de la vía.



En el caso de la fotografía inferior, se da el caso de una transición entre barrera rígida de concreto y barrera metálica semirrígida, en donde la transición cedió ante el impacto y presenta deterioros graves a ambos sistemas.

Figura 6. Transiciones colisionadas en autopista Florencio del Castillo



4.2. Sistemas de contención vehicular con errores de instalación:

En la autopista Florencio del Castillo también se identificaron errores en el proceso de instalación de los sistemas. Entre los principales errores de instalación (Figura 7) se tienen los siguientes:

- Se perforaron las vigas para hacer calzar la tornillería (a), la cual incluso no está bien sujeta. La tornillería únicamente debe colocarse en los orificios de fábrica, los cuales cuentan con su adecuado recubrimiento (galvanizado).
- Se identificaron daños a los postes (b, c, d y e), los cuales fueron cortados o perforados, posiblemente para poder ajustar la tornillería, o bien, por otros motivos desconocidos. Bajo ninguna circunstancia se deben de aceptar estas malas prácticas de instalación que comprometen la funcionalidad del sistema, y en muchos casos genera superficies bruscas que pueden aumentar el riesgo de lesiones o daños materiales.
- Se identificó combinación de sistemas. Se observa en la fotografía (f) que la viga es de la empresa HIASA, mientras que el poste es de la empresa Duero, lo cual es fácilmente identificable por las marcas de fábrica de cada una de las empresas. Aún si fuese el caso de sistemas equivalentes (mismas dimensiones, secciones, tornillería, etc.) y de igual nivel de contención, no se recomienda la combinación de sistemas, salvo autorización formal del fabricante, o una constancia de una equivalencia entre sistemas de marcas diferentes.

Errores de instalación

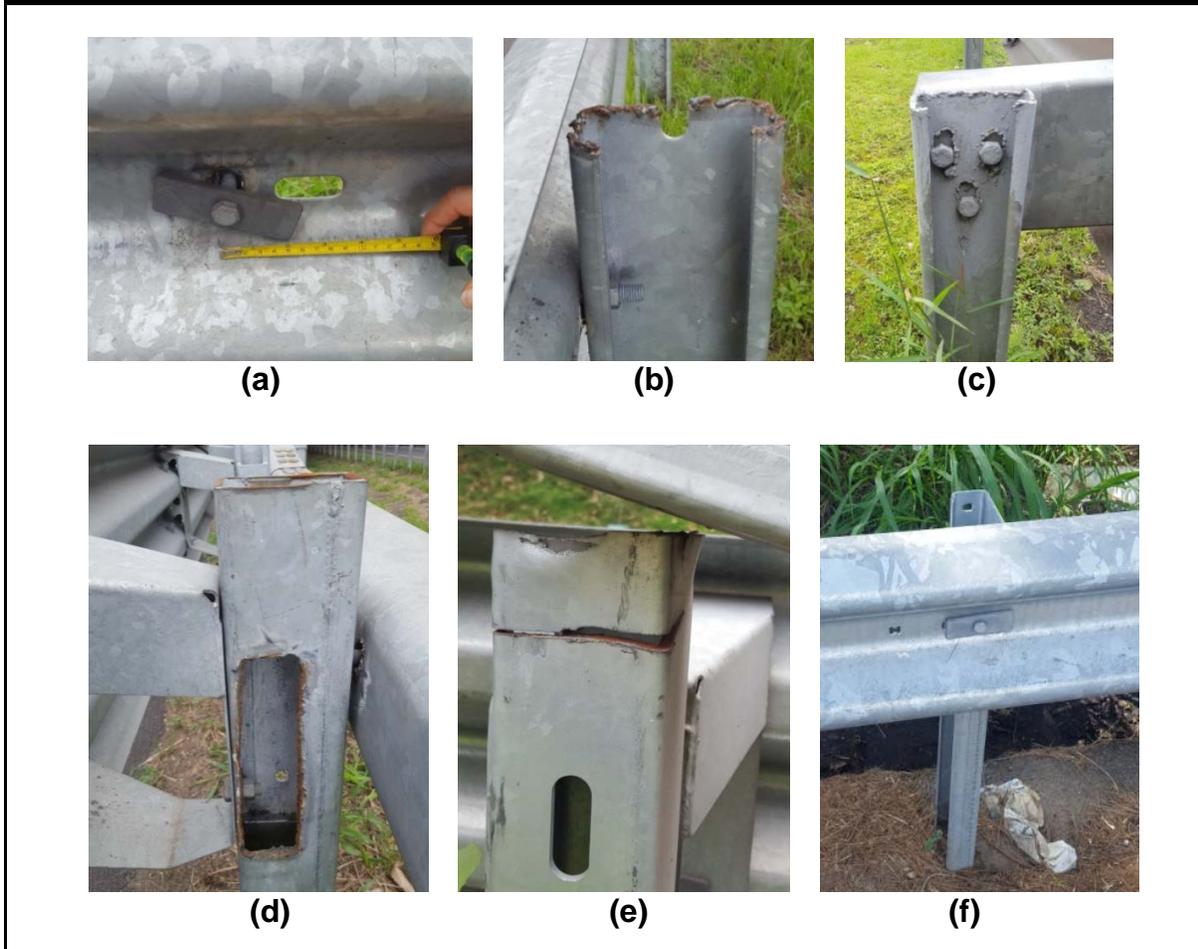
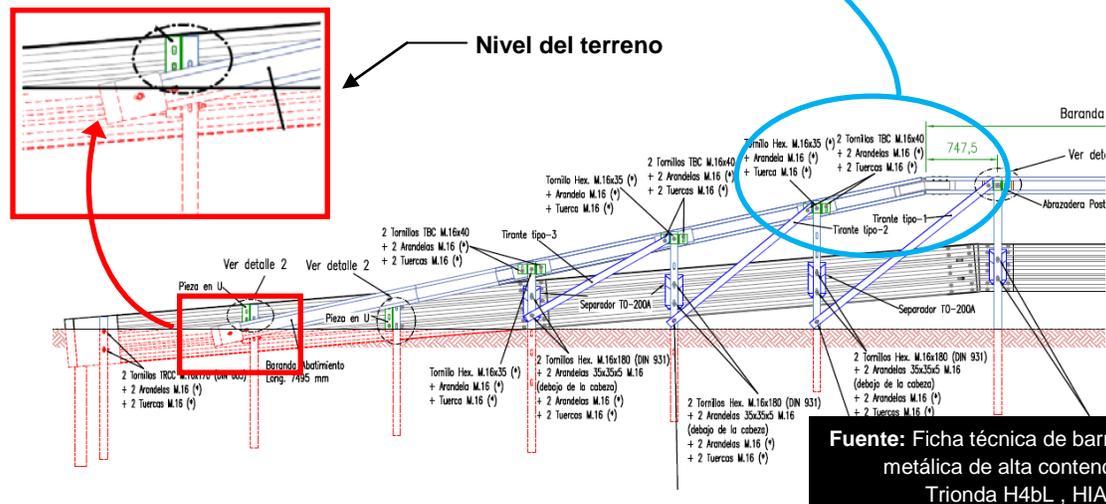


Figura 7. Errores de instalación en barras de contención en la autopista Florencio del Castillo

- En la Figura 8 se observa un grave error de instalación del sistema de barrera metálica de alta contención Trionda H4bL de la empresa HIASA. Tal como se observa en la imagen tomada de la ficha técnica del sistema, el abatimiento se debe realizar de forma continua, con pendiente constante hasta que el terminal quede adecuadamente enterrado en el suelo, para proveer así el anclaje necesario ante un impacto.

Instalación inadecuada de sistema trionda de alta contención



En la fotografía superior se observa un cambio –aparentemente no justificado–, en la adecuada instalación de la baranda superior del sistema, el cual no fue abatido de forma continua hasta que el terminal llegara al nivel del terreno (ver detalles en azul). En la fotografía inferior sí se realizó un abatimiento adecuado; sin embargo, el terminal no está debidamente enterrado (ver detalles y recuadros en rojo).

Figura 8. Errores de instalación en barrera trionda de alta contención en la autopista Florencio del Castillo

4.3. Daño intencionado a sistemas de contención vehicular:

En el sector cercano a La Carpintera y San Vicente de La Unión (aprox. km 6+000, sentido San José - Cartago) se evidenció un caso que pone en riesgo a todos los usuarios de la vía, tanto a los conductores y pasajeros de vehículos automotores como a peatones. En la Figura 9 se detalla el caso.

Grado de deterioro: grave

En la fotografía superior se observa ausencia de conexión entre el pretil del puente y la barrera metálica de la aproximación al puente (sobre el río Chiquito); es decir, no hay transición (círculo amarillo) y, por lo tanto, el filo de la viga metálica queda en dirección del flujo vehicular, lo cual genera un alto riesgo de que el elemento se incruste en el habitáculo de un vehículo, igual como sucede con las llamadas "cola de pez".



Analizando la dinámica de la zona, se observa que los peatones utilizan estos "espacios abiertos" para pasar (trayectoria marcada en color rojo). Es decir, antes del proyecto de instalación de estos sistemas, los peatones utilizaban el bordillo como acera para atravesar el puente y acceder a las gradas que bajan a hacia las zonas residenciales aledañas. Es muy posible que ante la instalación de los sistemas de contención de manera continua, los mismos vecinos removieran las piezas de conexión entre sistemas. El riesgo es aún mayor para los peatones, quienes ahora caminan aún más cerca del flujo vehicular.



En este caso (y en otros similares) se debería considerar el diseño e instalación de una pasarela peatonal sujeta a la estructura del puente, de tal manera que los peatones no se vean obligados a caminar por la calzada donde circulan vehículos a altas velocidades. De esta manera, se podrían volver a instalar las transiciones para darle continuidad a los sistemas, de tal manera que se proteja a los usuarios que transitan en vehículo automotor.

Figura 9. Daño intencionado a sistemas de contención del puente sobre río Chiquito



4.4. **Observaciones adicionales sobre sistemas de contención vehicular y mantenimiento vial:**

Adicionalmente, se detectaron algunos puntos sobre la autopista Florencio del Castillo que requieren de sistemas de contención de absorción de energía, así como otros puntos en donde se requiere de remoción de obstáculos que agravarían las consecuencias tras una salida de la vía de un vehículo. En la Figura 9 se detallan y se ejemplifican estos dos casos:

Observación 1. Se observó durante la evaluación realizada que aún existen puntos de alto riesgo de salida de la vía y de impacto frontal contra elementos de alta rigidez. Este es el caso que se muestra en la fotografía, en donde el poste y su base de concreto se encuentran alineados con la trayectoria de los vehículos, los cuales descienden de la llamada cuesta del Fierro a alta velocidad en dirección Cartago - San José. Incluso la flecha tipo *chevron* es un indicativo del riesgo que se presenta, por lo que se requiere de un dispositivo de absorción de energía.



Observación 2. Se observó, además, la presencia de algunos obstáculos que por diversos motivos han quedado en una posición tal que compromete la seguridad de los usuarios de la vía ante una salida de la vía, y que, por ende, compromete la funcionalidad del sistema de contención.



Figura 10. Observaciones adicionales sobre sistemas de contención vehicular y mantenimiento vial



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Además de las barreras de contención que tradicionalmente se han instalado desde hace muchas décadas en el país, más recientemente se ha comenzado a invertir en seguridad vial con otros sistemas de contención vehicular, principalmente amortiguadores de impacto. Los primeros de estos dispositivos fueron instalados en el paso a desnivel de Alajuelita en el año 2010, y más recientemente se encuentran también en la radial de Alajuela (paso a desnivel del City Mall), en el paso a desnivel de Paso Ancho y en el proyecto Cañas-Liberia. En el caso de la carretera Florencio del Castillo –como se mostró en este informe–, se incluyeron, además, terminales de impacto, y sistemas de puente y protección de pilares de alta contención, lo cual es novedoso en el país.

Por lo tanto, existe una gran preocupación sobre el mantenimiento y sustitución oportuna de estos sistemas, tras la ocurrencia de un accidente de tránsito u otro tipo de daño, debido a que –como se mencionó anteriormente–, el riesgo de impactar algún sistema ya colisionado (con deterioros graves y muy graves) aumenta considerablemente el riesgo de lesiones y daños materiales de mayor severidad ante un accidente en carretera.

Es por ello que se realizan las siguientes **recomendaciones prioritarias**:

1. Desarrollar un programa y un protocolo de mantenimiento de sistemas de contención vehicular para la Red Vial Nacional.

Ante la problemática expuesta en este informe, y con la evidencia del accidente ocurrido el día 15 de noviembre pasado, se considera urgente el desarrollo de un programa y de un protocolo de mantenimiento e intervención de sistemas de contención vehicular para la RVN de Costa Rica. Para ello, es indispensable poder centralizar la información de los sistemas que se vayan instalando en el país.



Por ejemplo, solo en la autopista Florencio del Castillo se instalaron barreras de contención de las marcas españolas HIASA y DUERO, amortiguadores de impacto de la marca italiana AMS y terminales de impacto de la marca estadounidense Road Systems, Inc. (RSI). De no contar con una trazabilidad o centralización de la información en cada punto de la red, se podría caer en el riesgo de una combinación inadecuada de sistemas, principalmente cuando se requiera la sustitución parcial de partes de un sistema. Esta información incluye, por lo tanto, una recopilación de las fichas técnicas de cada sistema instalado.

2. Generar mecanismos de capacitación a ingenieros, inspectores viales y otro personal técnico involucrado en el tema de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de contención vehicular.

Para poder utilizar adecuadamente los sistemas de contención en carretera, se debe tener una adecuada capacitación, tanto en el diseño como en la instalación y mantenimiento de los sistemas. En este tema, el LanammeUCR se pone a disposición de coordinar cursos técnicos, como previamente se han coordinado. Es importante recordar que cada sistema cuenta con una ficha técnica en la cual se detalla todo el proceso de instalación y mantenimiento; muchos de ellos incluso con listas de chequeo tanto para inspección como para reparación de los sistemas. Se recomienda, por lo tanto, contactar a las mismas empresas proveedoras de los sistemas para que capaciten al personal del MOPT en este tipo de labores para cada sistema en particular.

Errores de instalación como los expuestos en las figuras 7 y 8 se podrían solventar con una mejor inspección por parte de la Administración, de previo a la aceptación de los trabajos contratados.



3. Considerar en las contrataciones la adquisición de diferentes componentes y piezas de repuesto de los sistemas de contención vehicular de tal forma que ante un accidente se puedan tomar acciones inmediatas.

Los sistemas de contención vehicular están diseñados para proteger a los usuarios ante salidas de la vía; sin embargo, una vez colisionados (con deterioros graves y muy graves) estos representan un riesgo adicional que puede aumentar las consecuencias de las lesiones y de los daños materiales. Es por ello que resulta necesario que las acciones para sustituciones parciales o totales de los sistemas se hagan de la manera más inmediata posible para no comprometer la seguridad de los usuarios en la vía. Por lo tanto, un stock adecuado de componentes y piezas de repuesto resulta necesario para poder cumplir con esta labor.

4. En el caso expuesto en la sección 4.3 de este informe en el sector cercano a La Carpintera y San Vicente de La Unión, se recomienda:

a. Realizar un estudio de movilidad peatonal en la zona de alto riesgo para usuarios del transporte público y peatones.

Con el fin de determinar los patrones de viajes a pie de las zonas residenciales en el sector de San Vicente de La Unión, es necesario realizar un estudio de movilidad peatonal, incluyendo un análisis de la ubicación de las paradas de autobús en la zona y el uso del puente peatonal que se encuentra antes del puente vehicular sobre el río Chiquito, puente cuyas piezas de transición entre el pretil del puente y las barreras de contención fueron removidas (como se observó en la Figura 9).



b. Valorar el diseño e instalación de una pasarela peatonal en el puente sobre el río Chiquito, reinstalar las transiciones entre los sistemas de protección del puente y sus aproximaciones, y cualquier otra medida necesaria de acuerdo con el estudio y las necesidades de los peatones.

La instalación del pretil del puente aumentó la seguridad para los usuarios de vehículos automotores, pero en detrimento de la seguridad de los peatones que no tienen más opción que caminar entre el borde del carril y el pretil del puente, para poder acceder a las zonas residenciales cercanas a la carretera. Anteriormente, estos peatones utilizaban el bordillo (en calidad de acera) para atravesar el puente, lo cual es de un alto riesgo, pero menor a la situación actual. Además, ante la necesidad de acceder a las gradas que llevan a estas zonas residenciales, las piezas de conexión entre sistemas fueron removidas, con lo cual nuevamente se pone en peligro a los usuarios de vehículos automotores en caso de accidente ya que hay filos de las barreras metálicas que están de frente al flujo vehicular.

Por lo tanto, posterior a un estudio de movilidad peatonal en la zona, se recomienda el diseño e instalación de una pasarela peatonal con una adecuada baranda peatonal, de tal forma que se garantice la seguridad de todos los usuarios de la vía. Un ejemplo de pasarela peatonal se muestra en la Figura 11, en un puente ubicado sobre la Ruta Nacional 1.



Figura 11. Puentes con pasarela para peatones con baranda de protección sobre Ruta Nacional 1



Es muy factible que situaciones similares de alto riesgo para usuarios del transporte público y peatones se presente en otros sectores sobre la autopista Florencio del Castillo, cercanos a otros barrios y centros urbanos; por lo que se recomienda que el estudio de movilidad de usuarios vulnerables se extienda a otros sectores de la carretera, con el fin de identificar otras mejoras en la infraestructura vial, ya sea pasarelas peatonales en otros puentes, u otro tipo de medidas de seguridad vial.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMS (Sin fecha). *S.M.A. 80 - 80/1 Crash Cushion*. Industry A.M.S. S.R.L., Nápoles, Italia.

Decreto N° 40632-MOPT (2017). *Diario Oficial La Gaceta*, San José, Costa Rica, 18 de octubre de 2017.

Hiasa (2014). *Barrera metálica de alta contención "TRIONDA H4bL": Manual de Instalación*. Grupo Gonvarri, Asturias, España.

Road Systems Inc., RSI (Sin fecha). *Installation Instructions for the SKT 350*. Texas, USA.

Valverde G., German (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera*. San José, Costa Rica.