



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

INFORME CORTO #2 EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS GAM 2021

LM-PI-UGERVN-003-2021

San José, Costa Rica

Marzo, 2021

1. Informe LM-PI-UGERVN-003-21		2. Copia No. 1	
3. Título INFORME CORTO 2 EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS GAM 2021		4. Fecha Marzo, 2021	
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>En el año 2013 el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR, realizó una evaluación de las condiciones estructurales y del sitio que presentan algunas de las alcantarillas localizadas en la Gran Área Metropolitana. En la condición estructural se consideraron aspectos relativos a los componentes del cabezal de entrada y de salida, así como la condición del talud de relleno sobre el cabezal. Para las condiciones del sitio se evaluaron aquellos aspectos que afectan directa o indirectamente el desempeño del paso de agua, se consideraron, por ejemplo, los suelos presentes en el cauce y en los taludes del río, el Tránsito Promedio Diario que circula por la vía que atraviesa la alcantarilla, los registros de inundaciones existentes para los diversos puntos evaluados, etc. Las condiciones observadas para cada uno de los 27 pasos de agua evaluados fueron asociadas a un determinado nivel de vulnerabilidad y a una escala de puntuación. Esto permitió bajo los criterios de evaluación considerados, generar una calificación ponderada de la vulnerabilidad que presentan en la actualidad estas alcantarillas. Partiendo de los resultados de este análisis, se realizaron una serie de recomendaciones generales de mantenimiento e intervención, tendientes a reducir las condiciones de vulnerabilidad encontradas, y mejorar, por lo tanto, el desempeño de las alcantarillas como parte integral de la infraestructura vial. En este año 2021 se ha dado inicio a una nueva campaña de evaluación para determinar la evolución que han tenido las condiciones identificadas en el primer informe. Producto del análisis realizado, en este segundo informe se presentan una serie de recomendaciones tendientes a mejorar las condiciones que afectan el desempeño de estas estructuras que forman parte de la Red Vial Nacional.</i>			
10. Palabras clave Infraestructura vial, alcantarillas, drenajes, Red Vial Nacional, riesgo	11. Nivel de seguridad: Bajo	12. Núm. de páginas 38	
13. Diseño y elaboración:			
Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN	Geól. Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN	Geógrafo Paul Vega S. MSc. UGERVN	
14. Revisión Legal: Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal	15. Diseño y revisión técnica: Ing. Roy Barrantes J. MSc. PMP Coordinador UGERVN	15. Aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo S. MSc. Coordinadora General PITRA	



TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES	4
2. INTRODUCCIÓN.....	4
2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 OBJETIVO GENERAL	5
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. METODOLOGÍA.....	6
4. RESULTADOS	7
4.1 HIDROLOGÍA	7
4.1.1 CUENCAS Y SUB-CUENCAS	7
4.1.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS CUENCAS.....	9
4.1.3 CARACTERÍSTICAS DE ELEVACIÓN Y PENDIENTE.....	9
4.1.5 ANÁLISIS DE EVENTOS.....	12
4.2 MODELADO HIDROLÓGICO.....	13
4.3 ALCANTARILLA 002-01. RÍO OCLORO.....	15
4.4 ALCANTARILLA 002-010. QUEBRADA ZOPILOTE.....	18
4.5 ALCANTARILLA 002-08. RÍO CHAGÜITE.....	21
4.6 ALCANTARILLA 002-03. QUEBRADA QUIRAZÚ.....	23
5. CONCLUSIONES.....	25
6. RECOMENDACIONES.....	26



1. POTESTADES

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), es una dependencia de la Universidad de Costa Rica (UCR) especializada en la Ingeniería Civil. La ley N°8114 en sus artículos 5 y 6, realiza a través del LanammeUCR una serie de funciones en materia de evaluación, fiscalización, asesoría y capacitación, entre otras, *“para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en la reconstrucción y conservación de la red vial costarricense”*.

La Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR, ejecuta esta labor de evaluación dentro del marco legal de la Ley 8114.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes

El Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) realiza este año 2021 una nueva campaña para evaluar la condición que presentan una serie de alcantarillas localizadas en la Gran Área Metropolitana y que forman parte de la Red Vial Nacional.

De esta forma se busca establecer la condición actual e identificar los cambios que han experimentado varias alcantarillas que fueron evaluadas inicialmente en el “Informe de evaluación alcantarillas GAM vulnerabilidad estructural y del sitio” (LM-PI-UGERVN-012-2013) en el año 2013.

Las condiciones observadas para cada uno de los 27 pasos de agua evaluados en el 2013, fueron asociadas a un determinado nivel de vulnerabilidad y a una escala de puntuación. Esto permitió, bajo los criterios de evaluación utilizados, asignar una calificación ponderada de la vulnerabilidad que presentaban estas alcantarillas. Empleando los resultados del análisis, en el año 2013 se realizaron una serie de recomendaciones generales relativas al mantenimiento de las alcantarillas, con el fin de reducir las condiciones de vulnerabilidad encontradas, y mejorar, por lo tanto, el desempeño de las alcantarillas como parte integral de la infraestructura vial.

Por otra parte, en el año 2016 el ingeniero Roberto Villalobos Herrera de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, realizó un estudio hidrológico para 13 de las 27 alcantarillas



evaluadas en el informe del LanammeUCR, en cuatro de esas 13 alcantarillas realizó además un análisis para determinar su capacidad hidráulica. Los principales resultados de dicho estudio han sido incorporados en el presente informe, con el fin de complementar la información que se le brinda a la Administración y contribuir de esa forma, en la toma de decisiones relacionadas con las intervenciones que se desarrollen para estos drenajes.

Se ha realizado y enviado a la Administración un primer reporte de evaluación denominado “LM-PI-UGERVN-001-2021 INFORME CORTO 1 EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS GAM 2021, por medio del cual se evaluaron cuatro alcantarillas.

En este Informe Corto 2, se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas en cuadro alcantarillas de la Ruta Nacional No.2, junto con una serie de observaciones y recomendaciones para la Administración, con el fin de que sean consideradas como un insumo para la planificación de los trabajos de mantenimiento e intervención que sean requeridos.

2.2 Objetivo General

Evaluar por auscultación visual la condición actual de varias alcantarillas prioritarias de la GAM, las cuales forman parte de los activos de la Infraestructura de la Red Vial Nacional.

Se busca, de esta forma, aportar elementos técnicos requeridos por la Administración activa del Estado Costarricense, para la toma de decisiones relativas a la preservación y las intervenciones en estas obras, con la finalidad de asegurar el buen desempeño de la infraestructura vial.

2.3 Objetivos específicos

- Determinar, con base en el informe de Evaluación de Alcantarillas de la Gran Área Metropolitana LM-PI-UGERVN-012-2013, las alcantarillas que serán nuevamente evaluadas en esta campaña del año 2021. Serán consideradas como prioritarias las alcantarillas que presentaban la mayor vulnerabilidad en el informe antes indicado.



- Integrar los resultados del Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM, realizado en el año 2016 por el ingeniero Roberto Villalobos Herrera, de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con el fin de identificar si dichos drenajes presentan cambios o si la Administración, ha realizado intervenciones que modificaran o mejoraran la capacidad hidráulica de los drenajes que fueron considerados en ese informe.
- Evaluar la condición actual que presentan las alcantarillas seleccionadas como prioritarias, empleando los criterios desarrollados en el Informe del año 2013.
- Generar recomendaciones para la Administración tendientes a mejorar las condiciones de estos activos viales.

3. METODOLOGÍA

Las actividades que se han desarrollado para llevar a cabo la evaluación de estos activos viales, incluyen la revisión de los resultados obtenidos en el informe del año 2013 (LM-PI-UGERVN-012-2013). Lo anterior, con el fin de seleccionar las alcantarillas objeto de evaluación en este año 2021, considerando también los resultados del informe hidrológico de la Escuela de Ingeniería Civil.

Una vez seleccionadas las alcantarillas a evaluar, se procedió a realizar giras de campo para la toma de datos y el registro fotográfico de la condición de estos drenajes. Se buscó además identificar los cambios que presentaban los elementos evaluados con respecto a la condición que fue observada en el año 2013.

Luego del análisis y la comparación de los elementos, se procedió a establecer la evolución en la condición de las alcantarillas, para finalmente realizar una serie de observaciones y recomendaciones tendientes a mejorar las condiciones observadas en las alcantarillas, que inciden en su desempeño y en el servicio que brindan como elementos activos de la infraestructura vial. Adicionalmente, se toma como referencia la Guía de Evaluación de Estado y Desempeño de Estructuras Tipo Alcantarillas desarrollada en el LanammeUCR, y sus respectivos formularios de inspección que forman parte de los papeles de trabajo de este informe.



4. RESULTADOS

En la primera parte de esta sección, se presenta un resumen de los principales resultados del Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM, realizado en el año 2016 por la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, con el fin de brindar insumos a la Administración para la gestión de estos drenajes de la Red Vial Nacional.

Posteriormente, se muestran los resultados de la evaluación realizada este año 2021 a cuatro de las principales alcantarillas de la Ruta Nacional No.2, localizadas dentro de la GAM.

4.1 Hidrología

En el estudio hidrológico del Ing. Villalobos, las características físicas de las cuencas se obtuvieron utilizando como base las curvas de nivel de los mapas a escala 1:10 000 del Instituto Geográfico Nacional, para generar a partir de esa información el modelo de elevación digital.

4.1.1 Cuencas y sub-cuencas

Las cuencas definidas para cada alcantarilla en el estudio supra citado, se presentan en la **Figura 1**. “Estas cuencas se pueden agrupar hidrológicamente en dos cuencas principales y varias cuencas menores. Las dos cuencas principales son la cuenca del río Torres y la cuenca del río María Aguilar. En total se contabilizan once cuencas menores, de las cuales cuatro no pertenecen a una cuenca principal. Las cuencas menores son la cuenca de la Quebrada Barreal, las dos cuencas del río Ocloro, y la cuenca del río Chagüite.” (Villalobos, 2016).

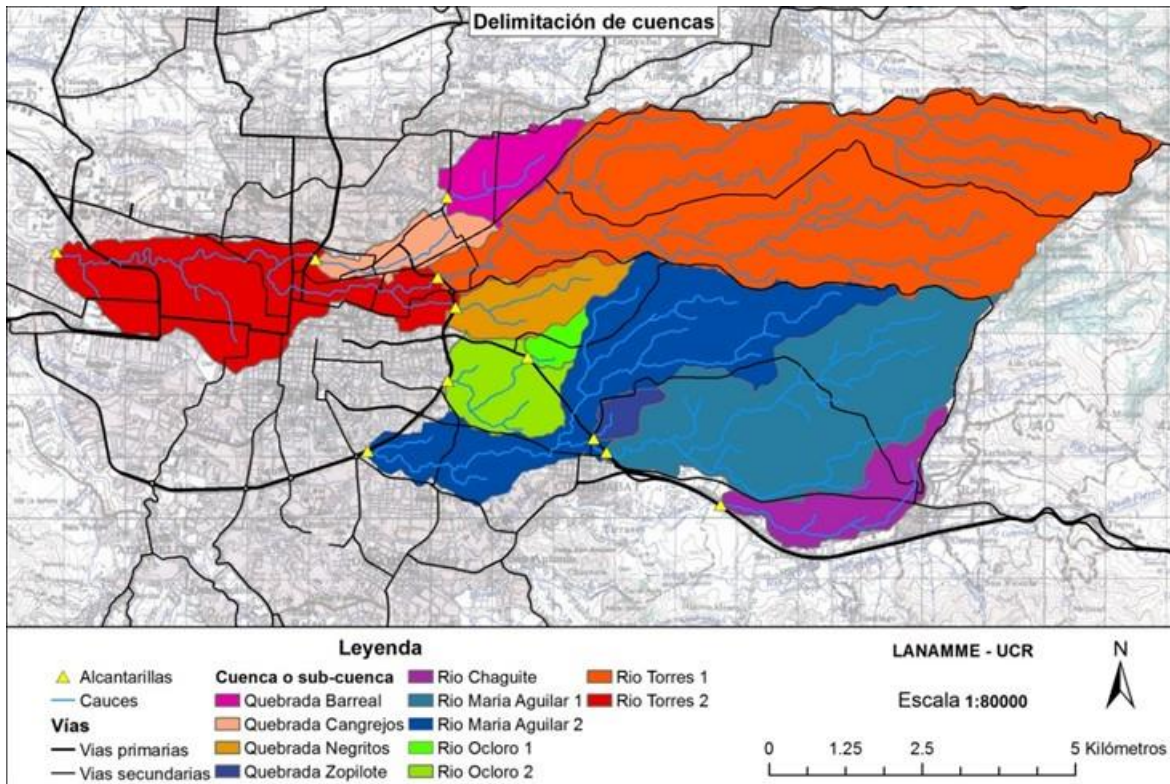


Figura 1. Mapa de cuencas generado en el estudio hidrológico del año 2016 (Villalobos, 2016).

En este Informe Corto 2, se presentan los resultados de la evaluación realizada a cuatro alcantarillas de la Ruta Nacional No.2. Estas alcantarillas permiten el paso de los siguientes ríos o quebradas: Río Ocloro, Quebrada Quirazú, Río Chagüite y Quebrada Zopilote. En el estudio hidrológico realizado por la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR en el año 2016, se llevó a cabo el estudio para las cuencas de los ríos Ocloro, Chagüite y la Quebrada Zopilote, cuyos principales resultados se resumen en este informe como complemento de la información brindada.

La cuenca del río Ocloro se compone de la sub-cuenca río Ocloro 1, cuyo punto de control es la Ruta 2 en las cercanías de la agencia AutoStar, y la sub-cuenca río Ocloro 2 que es definida por la alcantarilla de este río en la Ruta 39. La cuenca completa del río Ocloro es más pequeña que varias sub-cuencas. En la **Figura 1** las sub-cuencas del río Ocloro se indican con tonos verdes.



La sub-cuenca de la Quebrada Zopilote, se define por la alcantarilla que pasa por debajo de la Ruta 2 para desembocar en el río María Aguilar.

4.1.2 Caracterización física de las cuencas

El área, y otros parámetros físicos de las cuencas objeto de este informe se presentan en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. *Parámetros de forma de las cuencas.*

Nombre	Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud axial (km)	Índice de Gravelius	Factor de forma
Río Ocloro 1	0,557	3,408	1,248	1,279	0,357
Quebrada Zopilote	0,593	3,548	1,373	1,290	0,315
Río Chagüite	2,724	10,861	3,994	1,843	0,171

Fuente: Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM (Villalobos, 2016).

La cuenca del río Ocloro, presenta valores de K_c bajos (coeficiente de compacidad) y valores de K_f elevados (coeficiente de forma), que indican una susceptibilidad mayor a las crecientes. Esto porque, al tener una configuración que se aproxima a un círculo se facilita la concentración de la escorrentía. Además, como el área de la cuenca es de 3.1 km² y la sub-cuenca Ocloro 1 tiene un área de tan solo 0.6 km², es factible que un aguacero de alta intensidad las cubra (Villalobos, 2016).

El informe hidrológico agrega también que la sub-cuenca de la Quebrada Zopilote, con tan solo 0.6 km² de área y una forma que tiende a ser circular, sí puede ser sujeta a un evento intenso que abarque toda su extensión y es más susceptible a generar crecientes.

4.1.3 Características de elevación y pendiente

El modelo de elevación digital (MED) generado en el estudio del 2016, se basa en las curvas de nivel de las hojas cartográficas con escala 1:10 000 del IGN. El MED completo se presenta en la **Figura 2**. La elevación de las cuencas disminuye en dirección este a oeste, siguiendo la pendiente general del este del Valle Central. La elevación máxima dentro del área de estudio es de 2 035 m.s.n.m. y se encuentra en el extremo este de la cuenca del Río Torres, en las cercanías de la población de Rancho Redondo, en la ladera oeste del volcán Irazú. La elevación mínima de 1 048 m.s.n.m. también se ubica en la cuenca del río Torres y corresponde a la alcantarilla de la Ruta 39 cercana al Monumento al Agua.

El mapa de pendientes del estudio hidrológico se presenta en la **Figura 3**. En general las pendientes más escarpadas del área de estudio se encuentran en las partes altas de las cuencas del Río Torres y María Aguilar.

Los puntos extremos de elevación de cada sub-cuenca y los datos de pendiente para cada sub-cuenca se encuentran en el **Cuadro 2**. “Se observa que las cuencas principales tienen un rango de elevaciones y pendientes mayor que las sub-cuencas de menor tamaño. Todas las cuencas tienen pendientes de ladera promedio elevadas, algo que favorece la generación de escorrentía.” (Villalobos, 2016).

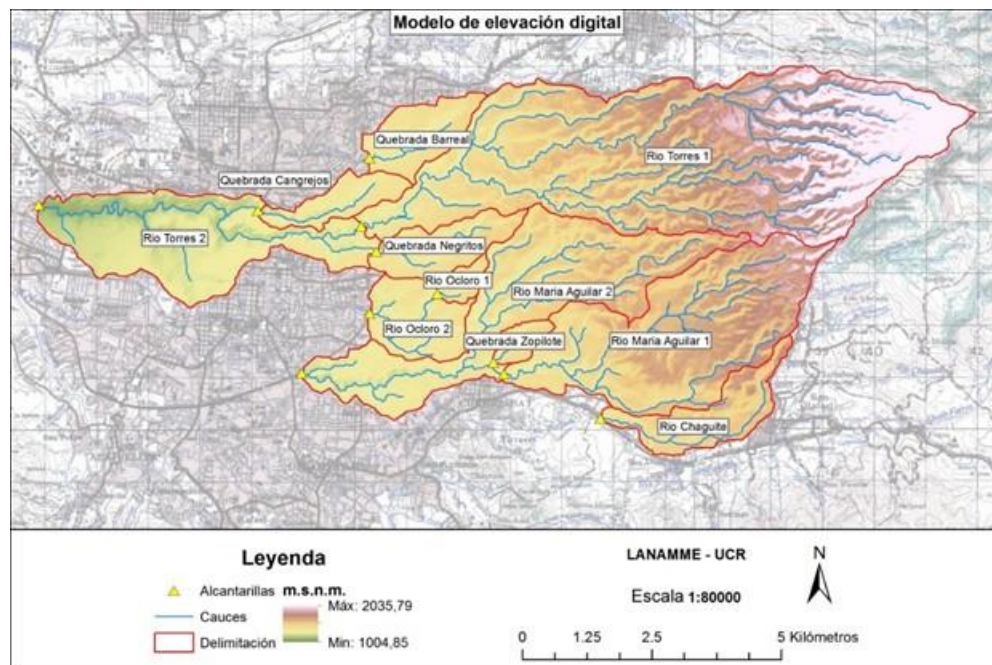


Figura 2. Modelo de elevación digital de las cuencas. Fuente: Villalobos, 2016.

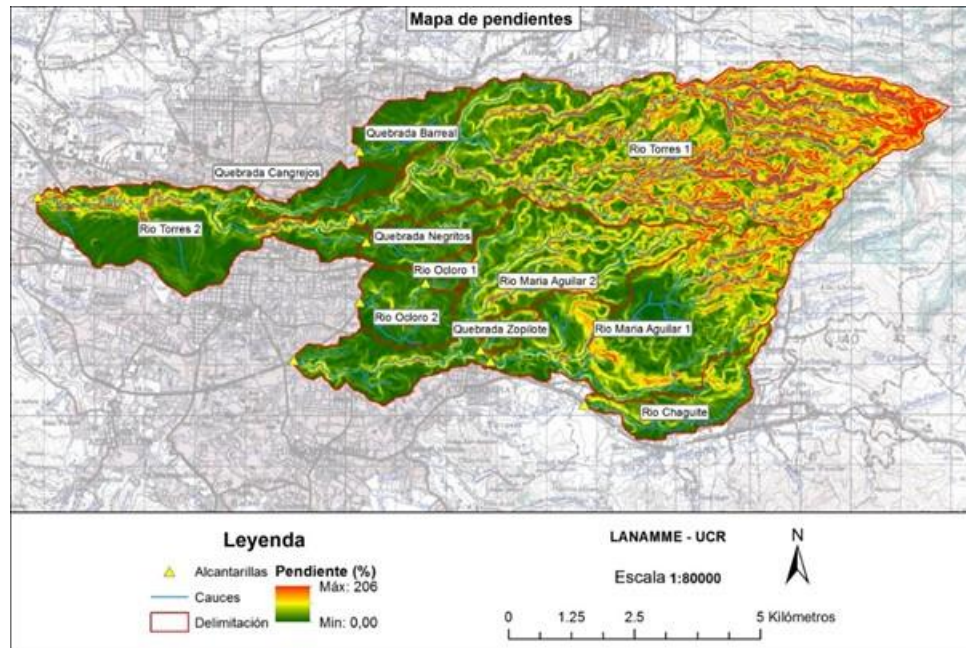


Figura 3. Mapa de pendientes de las cuencas. Fuente: Villalobos, 2016.

Cuadro 2. Características de relieve de las cuencas.

Nombre	Elevación (m.s.n.m.)			Pendiente (%)		
	Min.	Máx.	Promedio	Min.	Máx.	Promedio
Rio Ocloro 1	1211,1	1260,0	1230,7	0,03	16,22	4,71
Quebrada Zopilote	1204,3	1278,1	1234,3	0,26	26,22	8,13
Rio Chagüite	1232,3	1460,9	1326,0	0,03	47,75	10,58

Fuente: Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM (Villalobos, 2016).

4.1.4 Características de uso del suelo

En el estudio hidrológico de estas cuencas, el Ing. Villalobos realiza un análisis y caracterización del uso del suelo, considerando la importancia de este parámetro para el cálculo de caudales. “En conjunto con el tipo de suelo, la cobertura terrestre determina la escorrentía esperada en una cuenca dada una cierta precipitación. La cobertura en áreas urbanas tiende a ser impermeable, por ejemplo, techos o carreteras pavimentadas. Estas superficies favorecen la escorrentía. Lo contrario sucede en áreas no urbanas de cobertura permeable donde parte de la precipitación infiltra el suelo.” (Villalobos, 2016).



El uso de suelo en el área de estudio presenta una variación espacial importante. Los usos no-urbanos se concentran en la zona este, de mayor elevación y pendiente. Los usos urbanos se concentran en el centro y oeste del área de estudio, con una menor elevación y pendientes menos pronunciadas que la zona este.

El Cuadro 3 resume la distribución del uso del suelo en el área de estudio. Los usos urbanos son dominantes y cubren un 56% del área total. El área restante corresponde a usos de suelo de tipo agrícola y forestal.

Cuadro 3. *Uso del suelo registrado por sub-cuenca.*

Nombre	Área (km ²)	Uso de suelo (% del área)	
		Urbano	No urbano
Río Ocloro 1	0,557	92,30	7,70
Quebrada Zopilote	0,593	76,62	23,38
Río Chagüite	2,724	65,54	34,46

Fuente: Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM (Villalobos, 2016).

4.1.5 Análisis de eventos

Los datos de precipitación diaria medidos durante 177 eventos de precipitación en el Valle Central de Costa Rica, se utilizaron en el estudio hidrológico como base para analizar la operación de las alcantarillas.

Tras elaborar mapas para cada evento, se calcularon los promedios espaciales de precipitación para cada sub-cuenca. El mapa de precipitación del evento registrado el 8 de setiembre de 2002 que se muestra en la Figura 4 se presenta como ejemplo.

El análisis de los eventos de precipitación del estudio hidrológico, permitió establecer los eventos que serían modelados. Estos eventos corresponden con el día 8 de octubre de 2002, 31 de mayo de 1981, 3 de julio de 1993 y además el evento del 27 de octubre de 2015 que registró crecientes importantes en el Río Ocloro.

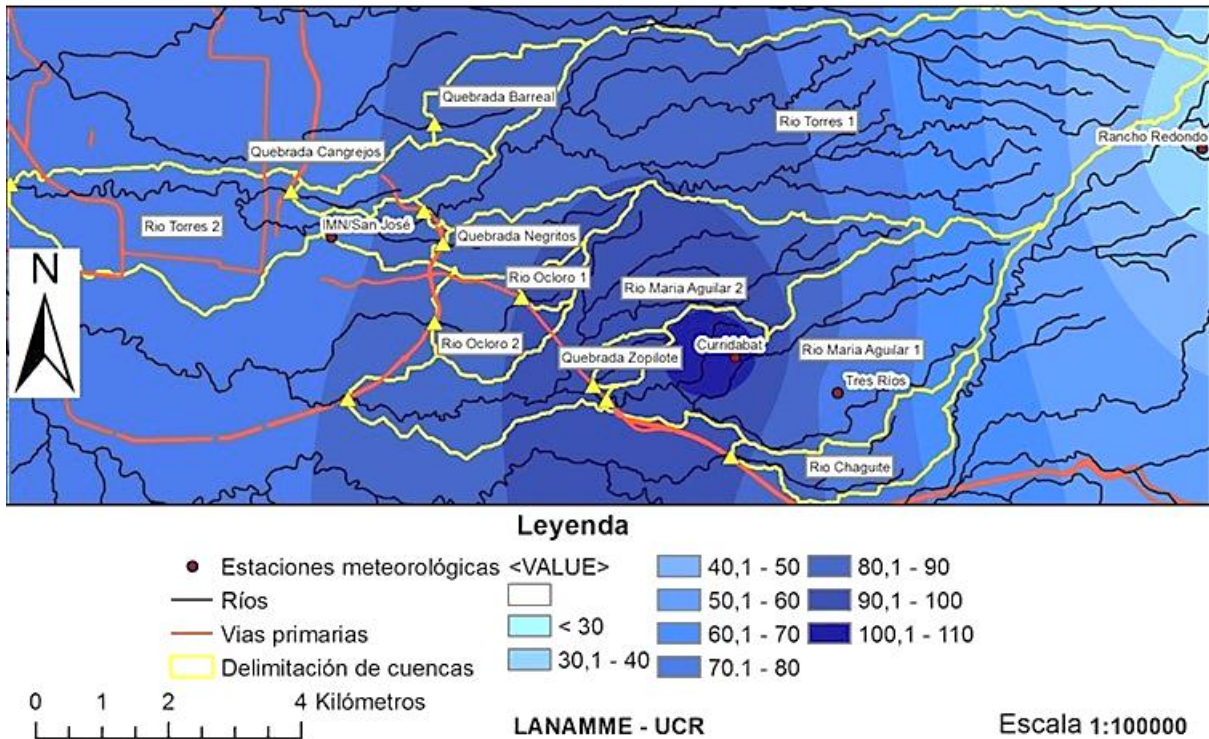


Figura 4. Mapa de precipitación del evento del 08/9/2002 (Villalobos, 2016).

4.2 Modelado hidrológico

Los resultados del modelado hidrológico preparado por el Ing. Villalobos se resumen en el Cuadro 4.

El autor del estudio hidrológico indicó en su informe, que el evento de 1981 no se modeló en las cuencas de los ríos Ocloro, Torres y Quebrada Barreal porque su distribución espacial se concentró en la parte alta del Río María Aguilar y en el Río Chagüite.



Cuadro 4. Resultados del modelado hidrológico.

Evento		31/05/1981				
Cuenca	Sub-cuenca	Ptot (mm)	Pe (mm)	Coef. Esc	t _{lag} (min)	Q _{max} (m ³ /s)
Tiribí	Rio Chagüite	159,39	89,36	0,56	50	63,8

Evento		3/7/1993				
Cuenca	Sub-cuenca	Ptot (mm)	Pe (mm)	Coef. Esc	t _{lag} (min)	Q _{max} (m ³ /s)
Ocloro	Rio Ocloro 1	66,46	30,66	0,46	20	6,6
María Aguilar	Quebrada Zopilote	69,20	26,60	0,38	40	6,2
Tiribí	Rio Chagüite	104,41	44,45	0,43	50	33,1

Evento		8/10/2002				
Cuenca	Sub-cuenca	Ptot (mm)	Pe (mm)	Coef. Esc	t _{lag} (min)	Q _{max} (m ³ /s)
Ocloro	Rio Ocloro 1	91,61	51,51	0,56	20	10,6
María Aguilar	Quebrada Zopilote	97,54	48,52	0,50	40	10,8
Tiribí	Rio Chagüite	75,10	23,69	0,32	50	18,0

Evento		27/10/2015				
Cuenca	Sub-cuenca	Ptot (mm)	Pe (mm)	Coef. Esc	t _{lag} (min)	Q _{max} (m ³ /s)
Ocloro	Rio Ocloro 1	78,64	40,53	0,52	20	8,5
María Aguilar	Quebrada Zopilote	72,83	29,24	0,40	40	6,8
Tiribí	Rio Chagüite	54,66	23,69	0,43	50	18,0

Fuente: Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM (Villalobos, 2016).

Los resultados del modelado en el estudio hidrológico, muestran que solo las cuencas principales tienen tiempos de desfase mayores a una hora. “Esto concuerda con lo esperado para eventos en áreas urbanas: tiempos de concentración son cortos debido a la cobertura impermeable predominante. Además, se observa una relación clara entre el tamaño de la cuenca y su tiempo de retardo. La cuenca pequeña y compacta de la parte alta del Río Ocloro tiene un tiempo de retardo muy breve de tan solo 20 minutos. Esto implica que eventos de precipitación cortos de alta intensidad tienen el potencial de generar crecientes rápidamente.” (Villalobos, 2016).



4.3 Alcantarilla 002-01. Río Ocloro.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica						
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)						
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional						Página 1
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84.043446	Latitud:	9.929896	Formulario de inspección:002-01		
Código: 002-01	Ruta N°: 002	Río: Ocloro	Fecha: 02-02-2021			
Material: Concreto	Dimensiones: 0.8 m x 1.5 m					
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 6m						
Condición Estructural	Acceptable	Regular	Deficiente	Inexistente	Observaciones	
Muro del cabezal					Debido a las condiciones del sitio	
Aletones					no fue posible acceder a las zonas de	
Delantales					entrada ni a la salida de la alcantarilla	
Talud sobre el cabezal	No aplica	Muy favorable	Favorable	Regular	Deficiente	
Observaciones	Taludes y cauce cercano a la alcantarilla con vegetación abundante, difícil acceso					
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce:	Libre	Parcial	Bloqueado			
Observaciones: En el 2013 se determinó que no tiene cabezal de salida ni protección de talud. No se pudo observar aguas arriba ya que se encuentra entubada. En esta zona los suelos son rellenos y cenizas, son muy erosionables.						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Ubicación geográfica</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Aguas abajo</p> </div> </div>						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Aguas arriba</p> </div> </div>						
Vulnerabilidad						
Condición del Sitio Regular		Condición Estructural Indefinida		Recomendaciones Verificar la condición actual de los elementos estructurales en la entrada y la salida de la alcantarilla, determinar la intervención requerida		
Condición ponderada de Vulnerabilidad Indefinida						



Tal como se observa en la plantilla de evaluación anterior, las condiciones propias del sitio en el que se localiza esta alcantarilla, dificultan el acceso para observar directamente tanto la entrada como la salida de la alcantarilla.

En el caso de la entrada aguas arriba, varias construcciones impiden el acceso desde la vía pública. Según se pudo observar mediante la cámara del vehículo aéreo no tripulado (VANT), el cauce en esta zona presenta posiblemente un tramo entubado y otro tramo que recorre la parte posterior de varias edificaciones (ver Figura 5). Sin que fuera posible acceder al sitio para observar directamente las estructuras allí construidas para la captación y la conducción del agua.



Figura 5. Vista aérea de la zona de entrada de la alcantarilla que atraviesa la Ruta Nacional No.2.



En cuanto a la zona de descarga a la salida de la alcantarilla, la densa vegetación impide el acceso para la evaluación de la condición actual de esta estructura. De la evaluación realizada en el año 2013, se pudo observar (ver Figura 6) que en la salida faltan varios elementos como los aletones y obras para proteger el cauce y evitar la socavación del relleno (Informe LM-PI-UGERVN-012-2013).



Figura 6. Condición registrada en el 2013 de la salida de la Alcantarilla 002-01, la cual da paso al Río Ocloro por debajo de la Ruta Nacional No.2.

En el caso de que la condición actual de esta salida continúe siendo la observada en el año 2013, y no haya sido objeto de mantenimiento o alguna intervención tendiente a mejorar su desempeño y protección, se recomienda a la Administración realizar una actualización de la condición de este activo y, valorar la necesidad de construir las obras de canalización y protección requeridas para disminuir el riesgo de una falla en la alcantarilla con efectos negativos en esta importante Ruta Nacional.



4.4 Alcantarilla 002-010. Quebrada Zopilote.

Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

Página 1



INVENTARIO DE PASOS DE AGUA

Longitud:	-84.033543	Latitud:	9.917856	Formulario de inspección:002-10	
Código: 002-10	Ruta N°: 002	Quebrada: Zopilote	Fecha: 17-02-2021		
Material: concreto (circular)	Dimensiones: 1 m				
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 2.5					
Condición Estructural	Aceptable	Regular	Deficiente	Inexistente	Observaciones
Muro del cabezal					Debido a las condiciones del sitio
Aletones					no fue posible acceder a las zonas de
Delantales					entrada ni a la salida de la alcantarilla
Talud sobre el cabezal	No aplica	Muy favorable	Favorable	Regular	Deficiente
Observaciones					
Condiciones del sitio					

Obstrucciones en el cauce: Libre Parcial Bloqueado

Observaciones: La geometría aguas abajo es de una alcantarilla de cuadro, los taludes están recubiertos con piedra. Esta es una zona inundable que ha dado serios problemas en los últimos años. El cambio de dirección del Río María Aguilar y el poco espacio que tiene por las construcciones en sus márgenes, genera mas problemas.

Ubicación geográfica



Aguas arriba



Vulnerabilidad

Condición del Sitio
Regular

Condición Estructural
Indefinida

Condición ponderada de Vulnerabilidad
Indefinida

Recomendaciones

Mantener la bores de mantenimiento para retirar las obstrucciones que se acumulan en el cauce.



El acceso a las estructuras de entrada y salida de esta alcantarilla, se vio dificultado por las condiciones propias del sitio en el cual se localiza. También se hizo uso de un VANT; sin embargo, la densa vegetación a la salida de la alcantarilla imposibilitó la observación directa en dicha zona.

En el costado este de la ruta se localiza la entrada de la alcantarilla, tal y como se observa en la plantilla de evaluación anterior, en esta zona fue construida una estructura para el paso peatonal, la cual mejora la seguridad para los peatones; sin embargo, está construida sobre el cabezal de entrada de la alcantarilla, lo que impide su observación desde la vía pública para evaluar su condición actual.

En este sitio se presenta un problema por el desbordamiento eventual del Río María Aguilar, el cual se localiza aproximadamente a 250 m al sur-este de esta alcantarilla, sobre la Ruta Nacional No.2. El desbordamiento del Río María Aguilar, inunda la carretera y llega hasta la zona de esta alcantarilla, precisamente hasta el sitio que se observa en la siguiente Figura 7. En este punto en el cual el agua ingresa por el tragante y desemboca cerca de la salida de esta alcantarilla 002-10.



Figura 7. Punto de ingreso del agua que se desborda del Río María Aguilar hacia la alcantarilla de la quebrada Zopilote.



Sobre esta situación en particular, se recomienda realizar los estudios necesarios para determinar las intervenciones requeridas para aumentar la capacidad del drenaje del Río María Aguilar y prevenir de esta forma el desbordamiento y la afectación que se presenta en este tramo de la Ruta Nacional No.2.

Como una solución alternativa y con el fin de mitigar el problema ocasionado por la acumulación de agua en este sector, se recomienda considerar ampliar la capacidad hidráulica a la entrada del tragante que se observa en la Figura 7. De forma tal que, el agua pueda ser evacuada con mayor rapidez de este tramo de la carretera.



4.5 Alcantarilla 002-08. Río Chagüite.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica						
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)						
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional						Página 1
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84.015439	Latitud:	9.908507	Formulario de inspección: 002-08		
Código: 002-08	Ruta N°: 002	Río: Chagüite	Fecha: 2/2/2021			
Material: concreto	Dimensiones: 4 m x 3 m					
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 2 m						
Condición Estructural	Aceptable	Regular	Deficiente	Inexistente	Observaciones	
Muro del cabezal		x				
Aletones		x				
Delantales	x					
Talud sobre el cabezal	No aplica	Muy favorable	Favorable	Regular	Deficiente	
Observaciones						
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce: Libre _____ Parcial <u> x </u> Bloqueado _____						
Observaciones: Los suelos que aparecen en este sitio, corresponden con lahares, cenizas y material de relleno. Este tipo de suelos son muy vulnerables a la erosión. Presencia de maleza abundante en los taludes laterales						
Ubicación geográfica						
Aguas abajo			Aguas arriba			
Vulnerabilidad						Recomendaciones Mantener actividades de mantenimiento periódico en los elementos de concreto, tanto a la entrada como a la salida de la alcantarilla, remover sedimentos y rocas que se acumulan en el cauce a la entrada de la alcantarilla.
Condición del Sitio Regular		Condición Estructural Regular				
Condición ponderada de Vulnerabilidad Moderada						



La alcantarilla 002-08 localizada también en la Ruta Nacional No.2, permite el paso del Río Chagüite en sentido noreste-suroeste. De la evaluación realizada en el año 2013 (ver Anexo) se estableció una condición de vulnerabilidad alta, debido principalmente a una condición estructural deficiente. Las deficiencias detectadas se concentraban en la condición de los taludes de relleno y en el cauce a la entrada de la alcantarilla.

En la evaluación realizada en este año 2021, se identificaron cambios en la condición de dichos elementos, siendo el principal cambio la impermeabilización con concreto de la zona de descarga a la entrada de la alcantarilla, tal como se aprecia en la plantilla de evaluación anterior.

En el cauce se continúa presentando acumulación de rocas y maleza que tienden a disminuir la capacidad hidráulica de la alcantarilla. El resto de los elementos estructurales evaluados no presentan cambios evidentes con respecto a la evaluación anterior.

Producto de los cambios observados en la evaluación de este año, la condición de vulnerabilidad ponderada para esta alcantarilla cambia de alta a moderada.

Se recomienda mantener labores de mantenimiento periódico en este activo vial. Poniendo especial atención a la remoción de rocas, sedimentos y maleza en el cauce, tanto en la entrada como en la salida de la alcantarilla.



4.6 Alcantarilla 002-03. Quebrada Quirazú.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica						
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)						
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional						
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA					Página 1	
Longitud:	-83.948785	Latitud:	9.90178	Formulario de inspección:002-03		
Código: 002-03	Ruta N°: 002	Quebrada: Quirazú	Fecha: 02-02-2021			
Material: concreto	Dimensiones: 2.5 m X 1 m					
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 0.5 m						
Condición Estructural	Aceptable	Regular	Deficiente	Inexistente	Observaciones	
Muro del cabezal		x				
Aletones	x					
Delantales	x					
Talud sobre el cabezal	No aplica	Muy favorable	Favorable	Regular	Deficiente	
				x		
Observaciones	Taludes de relleno presentan erosión.					
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce:	Libre <input checked="" type="checkbox"/>	Parcial <input type="checkbox"/>	Bloqueado <input type="checkbox"/>			
Observaciones: Los suelos que aparecen en este sitio son de origen volcánico y están muy alterados, también hay material de relleno. Tienen muy mala consistencia y son fáciles de erosionar. Se encontró evidencia de labores recientes de mantenimiento para mantener libre el cauce. Los taludes aguas arriba de la primera alcantarilla están muy erosionados.						
Ubicación geográfica						
Aguas arriba			Aguas abajo			
Vulnerabilidad						
<div style="background-color: yellow; padding: 5px; display: inline-block;"> Condición del Sitio Regular </div>			<div style="background-color: orange; padding: 5px; display: inline-block;"> Condición Estructural Deficiente </div>			Recomendaciones Se recomienda proteger los taludes de relleno y completar la impermeabilización del canal entre las dos alcantarillas que atraviesan la Ruta Nacional.
Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta						



Esta alcantarilla atraviesa la Ruta Nacional No.2 en dos puntos, debido a que en este tramo la carretera está dividida en carriles con sentido San José – Cartago y viceversa.

En la evaluación del año 2013 (ver Anexo), se identificaron problemas en los elementos estructurales, inestabilidad y erosión en los taludes del cauce y acumulación de sedimentos en la entrada y en la salida de la alcantarilla.

En la evaluación de este año 2021, se identificaron algunas mejoras debido principalmente a labores recientes de mantenimiento. Los principales cambios se observan en el cauce, el cual presenta muy pocos sedimentos u obstrucciones.

Tal como se aprecia en la Figura 8, en uno de los costados en la entrada de la alcantarilla no se observa el aletón o elemento de para encausar el agua hacia la alcantarilla, esto provoca que este costado sea susceptible a ser erosionado por el empuje y arrastre del agua de la quebrada Quirazú.



Figura 8. Talud en el cauce a la entrada de la alcantarilla vulnerable a la erosión.

Se recomienda considerar la construcción de este elemento faltante y completar la impermeabilización en el canal, que une el tramo entre los dos sectores que atraviesan la Ruta Nacional, con el fin de prevenir la socavación del relleno que da soporte a la carretera.



5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos del trabajo de evaluación realizado este año 2021, así como del análisis comparativo entre las evaluaciones del año 2013 (ver fichas técnicas de la evaluación del año 2013 en los Anexos) y la evaluación actual, se obtienen las siguientes conclusiones:

- El Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico de Alcantarillas de la GAM, realizado por el Ing. Roberto Villalobos de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, logró caracterizar físicamente las cuencas y sub cuencas de los ríos y quebradas de varias de las principales alcantarillas localizadas en la Ruta Nacional No.2. El estudio mencionado consideró también el uso del suelo en las cuencas, así como los datos de precipitación diaria medidos durante 177 eventos de lluvia en el Valle Central de Costa Rica, como base para analizar la operación de las alcantarillas. Los resultados del modelado hidrológico de la Escuela de Ingeniería Civil constituyen un aporte para la gestión que realiza la Administración sobre estos activos de la Red Vial Nacional (el Estudio Hidrológico se remite junto con este informe).
- Las condiciones propias del sitio, las edificaciones en propiedad privada y la gran cantidad de vegetación impidieron el acceso para evaluar de forma directa la condición a la entrada y a la salida de las alcantarillas del Río Ocloro y la Quebrada Zopilote en la Ruta Nacional No.2. En el caso de que estas dos alcantarillas mantengan las mismas condiciones que fueron identificadas en la evaluación del año 2013, tanto la alcantarilla del Río Ocloro como la alcantarilla de la Quebrada Zopilote presentarían una condición de vulnerabilidad alta, lo cual las hace susceptibles de presentar daños debido a la condición de deterioro que presentan.
- Las obstrucciones en el cauce, debidas a acumulación de sedimentos, ramas, maleza o escombros, continúan siendo una de las principales amenazas que enfrentan estos drenajes, lo que afecta su desempeño y su capacidad hidráulica ante el incremento del caudal en los ríos o quebradas.
- Las alcantarillas 002-03 (Quebrada Quirazú) y 002-08 (Río Chagüite), presentan evidencia de intervenciones y mantenimiento tendientes a proteger los cauces y a



mantener la capacidad hidráulica de estos sistemas. Estas labores favorecen el desempeño y reducen la vulnerabilidad de estos activos de la Red Vial Nacional.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Administración considerar los insumos generados a lo largo de este informe, en la toma de decisiones para las alcantarillas evaluadas relativas al mantenimiento e intervención o reconstrucción de las alcantarillas analizadas, así mismo se recomienda en general:

- Fortalecer los planes de mantenimiento preventivo que permiten mantener el cauce de los ríos y quebradas que atraviesan la Red Vial Nacional libres de sedimentación y obstrucciones como maleza, rocas, ramas, basura, escombros, etc., tanto a la entrada como a la salida de las alcantarillas.
- Considerar los resultados del Estudio Hidrológico y Análisis Hidráulico (Villalobos, 2016) indicados en este informe, y realizar estudios hidráulicos que permitan determinar la capacidad hidráulica de las alcantarillas evaluadas en la Ruta Nacional No.2. De igual forma, contemplar en sus planes de intervención la sustitución de aquellas alcantarillas que no tienen una capacidad hidráulica adecuada para manejar los caudales provenientes de los ríos y quebradas.
- En los casos en los que las alcantarillas mantengan una capacidad hidráulica adecuada según sus condiciones particulares, implementar planes de mantenimiento que permitan corregir los deterioros identificados en este informe, así como detectar nuevos deterioros que se van presentando en el tiempo.
- Realizar más estudios hidrológicos e hidráulicos para otros sitios que sean identificados de interés por parte de la Administración, con el fin de determinar la necesidad de sustituir los pasos de alcantarillas por estructuras con mayor capacidad o incluso considerar la necesidad de sustituirlas por puentes.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXOS

Se presentan como referencia las Fichas técnicas de la auscultación del año 2013



Alcantarilla 002-01. Río Ocloro. (Plantilla de evaluación año 2013)

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica							
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)							
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional							
						Página 1/5	
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA							
Longitud:	-84.043446	Latitud:	9.929896				
Código:	002-01	Ruta N°:	002	Río:	Ocloro	Fecha:	10-09-13
Material:	Concreto		Dimensiones: 0.8 m x 1.5 m				
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 6m							
Condición Cabezales		Mala	Regular	Buena	Comentarios: Alcantarilla de cuadro		
Entrada	-	-	-	-			
Salida	-	X	-	-			
Sedimentación: presencia de sedimentos en la salida con menos de 1/3 de cobertura							
Maleza u obstrucciones: presencia de maleza en la salida							
Condición del Talud		Mala	Regular	Buena	Condición General		
Entrada	-	-	-	-	Mala	Regular	
Salida	-	X	-	-		X	
Observaciones: No tiene cabezal de salida ni protección de talud. No se pudo observar aguas arriba ya que se encuentra entubada. En esta zona los suelos son rellenos y cenizas, son muy erosionables.							
Ubicación geográfica							
Fotografías Aguas abajo							
Vulnerabilidad				Estrategia de Intervención			
<div style="background-color: yellow; padding: 5px; border: 1px solid black;"> Condición del Sitio Regular </div>		<div style="background-color: orange; padding: 5px; border: 1px solid black;"> Condición Estructural Deficiente </div>		Corto Plazo: reestablecer la condición estructural. Mediano Plazo: valorar la posibilidad de mejorar el ángulo de entrada del cauce y condiciones de entorno. Permanente: labores de mantenimiento			
<div style="background-color: orange; padding: 5px; border: 1px solid black;"> Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta </div>							



Alcantarilla 002-03. Quebrada Quirazú. (Plantilla de evaluación año 2013)

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica							
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)							
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional				Página 3/5			
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA							
Longitud:	-83.948785	Latitud:	9.90178				
Código: 002-03	Ruta N°: 002	Quebrada: Quirazú	Fecha: 10-09-13				
Material: concreto			Dimensiones: 2.5 m X 1 m				
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 0.5 m							
Condición Cabezales		Mala	Regular	Buena	Comentarios: Consiste de dos alcantarillas, la primera bajo los carriles que van hacia San José, la segunda hacia Cartago. Ninguna presenta alerones. Se recomienda intervenir los taludes para evitar esta posibilidad, así como mantenimiento para limpiar el cauce.		
Entrada		X					
Salida			X				
Sedimentación: presenta alta sedimentación aguas arriba (0.3 m)							
Maleza u obstrucciones: presenta maleza y obstrucciones en más del 70% aguas abajo							
Condición del Talud		Mala	Regular	Buena	Condición General		
Entrada		X			Mala	Regular	Buena
Salida		X			X		
Observaciones: Los suelos que aparecen en este sitio son de origen volcánico y están muy alterados, también hay material de relleno. Tienen muy mala consistencia y son fáciles de erosionar. Es muy evidente la falta de mantenimiento. Los taludes aguas arriba de la primera alcantarilla están muy erosionados y si colapsan, aunque tienen poca altura pueden taponear la entrada y provocar desbordamiento hacia la carretera							
Ubicación geográfica							
Aguas arriba			Aguas abajo				
Vulnerabilidad				Estrategia de Intervención			
Condición del Sitio Regular		Condición Estructural Deficiente		<p><u>Corto Plazo:</u> reestablecer la condición estructural.</p> <p><u>Mediano Plazo:</u> valorar la posibilidad de mejorar el ángulo de entrada del cauce y condiciones de entorno.</p> <p><u>Permanente:</u> labores de mantenimiento</p>			
Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta							



Alcantarilla 002-08. Río Chagüite. (Plantilla de evaluación año 2013)

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica						
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)						
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional						
						Página 4/5
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84.015439	Latitud:	9.908507			
Código: 002-08	Ruta N°: 002	Río: Chagüite	Fecha: 10-09-13			
Material: concreto		Dimensiones: 4 m x 3 m				
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 2 m						
Condición Cabezales		Mala	Regular	Buena	Comentarios: No presenta aletones	
Entrada				X		
Salida				X		
Sedimentación: presenta baja sedimentación aguas arriba						
Maleza u obstrucciones:						
Condición del Talud		Mala	Regular	Buena	Condición General	
Entrada				X	Mala	Regular
Salida				X		Buena
Observaciones: Los suelos que aparecen en este sitio, corresponden con lahares, cenizas y material de relleno. Este tipo de suelos son muy vulnerables a la erosión. Presencia de maleza abundante en los taludes laterales						

Ubicación geográfica

Fotografías

Aguas arriba

Fotografías

Aguas abajo

Vulnerabilidad

Condición del Sitio Regular	Condición Estructural Deficiente
Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta	

Estrategia de Intervención

Corto Plazo: reestablecer la condición estructural. Realizar actualización del diseño hidrológico/hidráulico

Mediano Plazo: valorar la posibilidad de mejorar el ángulo de entrada del cauce y condiciones de entorno.

Permanente: labores de mantenimiento



Alcantarilla 002-08. Río Chagüite. (Plantilla de evaluación año 2013)

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica						
Programa de Ingeniería del Transporte (PITRA)						
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional						Página 5/5
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84.033543	Latitud:	9.917856			
Código: 002-10	Ruta N°: 002	Quebrada: Zopilote	Fecha: 10-09-13			
Material: concreto (circular)		Dimensiones: 1 m				
Distancia: vertical entre alcantarilla y calzada: 2.5						
Condición Cabezales		Mala	Regular	Buena	Comentarios: La zona presenta problemas de inundación. Revisar el comportamiento hidrológico de la zona y la capacidad hidráulica de la alcantarilla.	
Entrada				X		
Salida				X		
Sedimentación: Poca sedimentación						
Maleza u obstrucciones: obstrucciones en la salida						
Condición del Talud		Mala	Regular	Buena	Condición General	
Entrada			X		Mala	Regular Buena
Salida				X	Regular	
Observaciones: La geometría aguas abajo es de una alcantarilla de cuadro, los taludes están recubiertos con piedra. Esta es una zona inundable que ha dado serios problemas en los últimos años. El cambio de dirección del Río María Aguilar y el poco espacio que tiene por las construcciones en sus márgenes, genera mas problemas.						
Ubicación geográfica						
Aguas arriba			Fotografías			
Aguas arriba			Aguas abajo			
Vulnerabilidad				Estrategia de Intervención		
Condición del Sitio Regular		Condición Estructural Muy Deficiente		<u>Corto Plazo</u> : reestablecer la condición estructural. <u>Mediano Plazo</u> : valorar la posibilidad de mejorar el ángulo de entrada del cauce y condiciones de entorno. <u>Permanente</u> : labores de mantenimiento		
Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta						



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXOS

Descripción de criterios utilizados en la evaluación de las alcantarillas



Condición del sitio

1/3

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
TPD	Bajo	Tránsito promedio diario menor a 50 000 vehículos	Baja	0
	Mediano	Tránsito promedio diario de 50 001 a 70 000 vehículos	Moderada	15
	Alto	Tránsito promedio diario mayor a 70 000 vehículos	Alta	30
Historial de inundaciones	No registrado	No se cuenta con registro de inundaciones, ni el testimonio de vecinos del lugar o evidencia en el sitio sobre eventos hidrológicos extremos que impactaran de manera significativa la operación de la alcantarilla o el tránsito vehicular	Baja	5
	Evento aislado	Se cuenta al menos con un registro de inundaciones o el testimonio de vecinos del lugar sobre eventos hidrológicos extremos que impactaran de manera significativa la operación de la alcantarilla o el tránsito vehicular	Moderada	10
	Recurrente	Se cuenta con más de un registro de inundaciones o el testimonio de vecinos del lugar sobre eventos hidrológicos extremos que impactaran de manera significativa la operación de la alcantarilla o el tránsito vehicular	Alta	20
Área de la cuenca	Tipo I	El área de la cuenca hidráulica es menor a 1 km^2	Baja	0
	Tipo II	El área de la cuenca hidráulica es $> 1,1 \text{ km}^2$ y $< 10 \text{ km}^2$	Moderada	5
	Tipo III	El área de la cuenca hidráulica es mayor a $10,1 \text{ km}^2$	Alta	10
Ángulo de entrada	Alineado	El ángulo medido entre el eje longitudinal de la alcantarilla y el cauce original del río o quebrada es menor a 30°	Baja	0
	Intermedio	El ángulo medido entre el eje longitudinal de la alcantarilla y el cauce original del río o quebrada es mayor a 31° y menor a 60°	Moderada	5
	Forzado	El ángulo medido entre el eje longitudinal de la alcantarilla y el cauce original del río o quebrada es mayor a 61°	Alta	10



Condición del sitio

2/3

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Suelos del cauce	Favorable	El material sobre el cual está cimentada la alcantarilla corresponde con afloramientos de roca extremadamente dura (al golpearla con martillo solo saltan esquirlas) a moderadamente dura (no puede tallarse con una navaja y puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo). Es además masiva, regular y sin discontinuidades, con superficies sin alteración o ligeramente alteradas (presenta pátinas de oxidación), con alta resistencia a la erosión y la socavación	Baja	0
	Regular	El material sobre el cual está cimentada la alcantarilla corresponde con depósitos de material de origen volcánico, arrastrados por una corriente de agua y que presentan algún grado de cementación. Son materiales heterogéneos, la matriz arcillosa presenta una dureza que va desde arcilla dura (se puede marcar con una uña) a arcilla firme (se necesita una pequeña presión para intruducir el dedo) con una resistencia media a la erosión y la socavación	Moderada	5
	Deficiente	El material sobre el cual está cimentada la alcantarilla corresponde con cenizas, rellenos, limos, arcillas o una combinación de las anteriores. Son materiales heterogéneos, poco o nada cementados, con presencia de algunos bloques aislados, dureza débil a muy blanda (el puño penetra fácilmente varios centímetros) Con una resistencia muy baja a la erosión y la socavación	Alta	10
Obstrucciones	Libre	El cauce en la entrada de la alcantarilla no presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos que obstaculicen el paso libre del agua	Baja	0
	Parcial	El cauce en la entrada de la alcantarilla presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos que obstaculizan el paso libre del agua en menos de 1/3 del ancho del cauce	Moderada	5
	Bloqueado	El cauce en la entrada de la alcantarilla presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos que obstaculizan el paso libre del agua en más de 1/3 del ancho del cauce	Alta	10



Condición del sitio

3/3

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Taludes del cauce	Favorable	El material de los taludes del cauce cercanos a la alcantarilla corresponden con afloramientos de roca extremadamente dura (al golpearla con martillo solo saltan esquirlas) a moderadamente dura (no puede tallarse con una navaja y puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo). Es además masivo, regular y sin discontinuidades, con superficies sin alteración o ligeramente alteradas (presenta pátinas de oxidación), con alta resistencia a la erosión y la socavación	Baja	0
	Regular	El material de los taludes del cauce cercanos la alcantarilla corresponde con depósitos de material de origen volcánico, arrastrados por una corriente de agua y que presentan algún grado de cementación. Es un material heterogéneo, la matriz arcillosa presenta una dureza que va desde arcilla dura (se puede marcar con una uña) a arcilla firme (se necesita una pequeña presión para intruducir el dedo), con una resistencia media a la erosión y la socavación	Moderada	5
	Deficiente	El material de los taludes del cauce cercanos a la alcantarilla corresponde con cenizas, rellenos, limos, arcillas o una combinación de las anteriores. Es un material heterogéneo, poco o nada cementado, con presencia de algunos bloques aislados, dureza débil a muy blanda (el puño penetra fácilmente varios centímetros), con una resistencia muy baja a la erosión y la socavación	Alta	10



Condición estructural

1/3

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Talud sobre el cabezal	No aplica	El talud es inferior a 1 metro, la vulnerabilidad no se asocia a la presencia del talud, tiene impacto poco o nulo	Muy Baja	0
	Muy favorable	Los taludes con revestimiento de concreto o un material equivalente no presentan fisuras ni desprendimiento del revestimiento. Los taludes con vegetación no presentan evidencia de deslizamientos o erosión superficial y la pendiente es favorable para la estabilidad del talud según el tipo de suelo. La vegetación crece de manera permanente y cubre toda el área de la superficie. La distancia horizontal entre el cabezal de entrada y la calzada de la carretera es mayor de 5 m	Baja	10
	Favorable	Los taludes con revestimiento de concreto o un material equivalente presentan fisuras de menos de 1 m de longitud y menos de 3 mm de ancho, se presenta desprendimiento del revestimiento en un área menor a 1/3 de la superficie. Los taludes con vegetación no presentan evidencia de deslizamientos o erosión superficial y la pendiente es favorable para la estabilidad del talud según el tipo de suelo. La vegetación crece de manera permanente y los espacios sin vegetación abarcan menos de 1/3 del total de la superficie. La distancia horizontal entre el cabezal de entrada y la calzada de la carretera es mayor de 3 m	Moderada	20
	Regular	Los taludes con revestimiento de concreto o un material equivalente presentan fisuras de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, se presenta desprendimiento del revestimiento en un área mayor a 1/3 de la superficie. Los taludes con vegetación presentan deslizamientos o erosión superficial en un área mayor a 1/3 de la superficie, la pendiente no favorece la estabilidad del talud y es muy elevada para el tipo de suelo. La distancia horizontal entre el cabezal de entrada y la calzada de la carretera es menor de 3 m	Alta	30
	Deficiente	El talud se encuentra deteriorado superficial y estructuralmente, no cuenta con protección superficial y hay evidencia de deslizamientos y erosión en más de 2/3 de la superficie, con alta probabilidad de afectar la estabilidad del pavimento en la carretera	Muy Alta	40



Condición estructural

2/3

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Muro del cabezal	Aceptable	No presenta grietas ni desplazamiento, unión con la tubería sin fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Baja	0
	Regular	El deterioro superficial abarca menos de 1/3 del área del muro, presenta agrietamientos de menos de 1 m de longitud y menos de 3 mm de ancho, unión con la tubería sin fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Moderada	10
	Deficiente	El deterioro superficial abarca más de 1/3 del área del muro, presenta agrietamientos de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, unión con la tubería presenta fisuras, el refuerzo estructural se encuentra expuesto	Alta	15
	Inexistente	No existe muro de cabezal o el existente está deteriorado en más de 2/3 del área y ya no cumple su función	Muy Alta	20
Aletones	Aceptable	No presenta grietas ni desplazamiento, unión con el muro del cabezal sin fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto, orientación con respecto al cause es adecuada	Baja	0
	Regular	El deterioro superficial abarca menos de 1/3 del área del aletón, presenta agrietamientos de menos de 1 m de longitud y menos de 3 mm de ancho, orientación con respecto al cause es adecuada, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Moderada	10
	Deficiente	El deterioro superficial abarca más de 1/3 del área del aletón, presenta agrietamientos de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, orientación con respecto al cause es inadecuada, refuerzo estructural se encuentra expuesto. La cimentación de los aletones está expuesta por socavación	Alta	15
	Inexistente	No existen aletones o los existentes están deteriorados en más de 2/3 del área y ya no cumplen su función. La cimentación de los aletones está expuesta por socavación	Muy Alta	20



Condición estructural

3/3

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Delantales	Aceptable	No presenta grietas ni desplazamiento, unión con el muro del cabezal y los aletones no presenta fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto, dimensiones con respecto a los aletones es adecuada	Baja	0
	Regular	El deterioro superficial abarca menos de 1/3 del área del delantal, presenta agrietamientos de menos de 1 m de longitud y de menos de 3 mm de ancho, dimensiones con respecto a los aletones es adecuada, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Moderada	10
	Deficiente	El deterioro superficial abarca más de 1/3 del área del delantal presenta agrietamientos de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, dimensiones con respecto a los aletones es insuficiente, refuerzo estructural se encuentra expuesto. La cimentación del delantal está expuesta por socavación	Alta	15
	Inexistente	No existen delantales o los existentes están deteriorados en más de 2/3 del área y ya no cumplen su función. La cimentación del delantal está expuesta por socavación	Muy Alta	20