



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

INFORME CORTO 1 EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS GAM 2021

LM-PI-UGERVN-001-2021

San José, Costa Rica

Enero, 2021

1. Informe LM-PI-UGERVN-001-21		2. Copia No. 1	
3. Título INFORME CORTO 1 EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS GAM 2021		4. Fecha Enero, 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. Se han incorporado además los resultados de un estudio hidrológico e hidráulico realizado en el año 2016 por la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, con el fin de determinar si se han realizado cambios a las alcantarillas que modificaran de alguna forma su capacidad hidráulica. Producto del análisis realizado 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 35	
13. Diseño y elaboración:			
Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN	Geól. Paulo Ruiz C., Ph.D. UGERVN	Ing. Jairo Sanabria S. UGERVN	Ing. Christian Valverde C., MSc. UGERVN
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /
Geógrafo Paul Vega S. MSc. UGERVN			
Fecha: / /			
14. Revisión Legal: Lic. Miguel Chacón A. Asesor Legal	15. Diseño y revisión técnica: Ing. Roy Barrantes J. MSc. Coordinador UGERVN	15. Aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo S. Coordinadora General PITRA	
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /	



TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES	4
2. INTRODUCCIÓN.....	4
2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 OBJETIVO GENERAL	6
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3. METODOLOGÍA.....	6
4. RESULTADOS	8
4.1 ALCANTARILLA 001-08	8
4.2 ALCANTARILLA 001-05	10
4.3 ALCANTARILLA 039-04	12
4.4 ALCANTARILLA 039-05	16
5. CONCLUSIONES.....	22
6. RECOMENDACIONES.....	22



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

Los sistemas de drenaje son elementos integrales de la Red Vial Nacional, los cuales son objeto de evaluación por el LanammeUCR como parte de sus funciones regulares de fiscalización.

Siendo conscientes del impacto que una falla en estos sistemas puede tener en la red vial, en el año 2013 se elaboró el “Informe de evaluación alcantarillas GAM vulnerabilidad estructural y del sitio” con las siglas LM-PI-UGERVN-012-2013.

En este informe el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR, realizó una evaluación de las condiciones estructurales y del sitio que presentaban algunas de las principales alcantarillas de 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 en el informe antes citado (2013) se evaluaron aquellos aspectos que afectan 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 como un factor de importancia, así como 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 empleados, 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.

Posteriormente, 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 resultados de dicho estudio han sido incorporados en el presente informe, con el fin de determinar si ha habido cambios en las condiciones de esas alcantarillas que pudieran modificar su capacidad hidráulica.

En este año 2021, el LanammeUCR trabaja en el seguimiento de las condiciones que presentan varias de las alcantarillas evaluadas en los informes mencionados para determinar su evolución. En este informe corto, se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas en tres de esas alcantarillas, así como 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

El LanammeUCR cumpliendo sus funciones de ente fiscalizador, busca evaluar por auscultación visual la condición actual de alcantarillas prioritarias de la GAM, como parte de los activos de la Red Vial Nacional, de esta forma se pretende 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.

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 del 2013.
- 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.
- En las alcantarillas prioritarias donde se integren los datos hidrológicos, identificar si las obras de drenaje presentan cambios o intervenciones que afecten la capacidad hidráulica considerada en el 2016.
- 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 que serán evaluadas en este año 2021, considerando también los resultados del informe hidráulico 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.

Con la información recabada en los sitios visitados, se procedió a determinar la condición actualizada, empleando la escala numérica establecida en el 2013 para calificar los elementos presentes en las alcantarillas. Posteriormente se calculó la puntuación ponderada final para cada sitio.

Una vez hecho el análisis y la comparación de los elementos se procede 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.



4. RESULTADOS

4.1 Alcantarilla 001-08. Río Bermúdez.

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						
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84,144102	Latitud:	9,972058			
Código: 001-08	Ruta N°: 001	Río: Bermúdez	Fecha: 02-10-13			
Material: Concreto en arco		Dimensiones: 6 m x 12 m				
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada:						
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						
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce: Libre <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Bloqueado <input type="checkbox"/>						
Observaciones: Talud erosionado aguas arriba, río hace una curva antes de entrar a la alcantarilla. Por la basura se observa que el agua sube hasta un poco más de la mitad de la alcantarilla. El muro de gaviones colapsado aguas arriba podría llegar a ser una obstrucción importante. Taludes del cauce presentan la misma condición que en la evaluación anterior.						
Ubicación geográfica						
Vulnerabilidad			Recomendaciones:			
Condición del Sitio Deficiente		Condición Estructural Aceptable		Mantener planes de mantenimiento para prevenir la acumulación de sedimentos, rocas y escombros en el cauce.		
Condición ponderada de Vulnerabilidad Moderada						



Tal como se observa de la plantilla en evaluación anterior, esta alcantarilla no presenta cambios apreciables en la condición de los elementos estructurales, tales como el muro del cabezal, los aletones o en el talud sobre la tubería, se observa una condición muy similar en la condición del concreto que compone estos elementos.

En el cauce a la entrada de la alcantarilla se observa una menor acumulación de sedimentos y escombros con respecto a la evaluación anterior.

Observaciones sobre la capacidad hidráulica.

El sitio 001-08 fue analizado en el Trabajo Final de Graduación 'Impacto del desarrollo urbano sobre el patrón de escorrentía en la cuenca del río Bermúdez' finalizado en el 2015 por Mauricio Mendoza Corrales como estudiante de Ingeniería Civil y fue considerado en el análisis realizado por el Ing. Villalobos del año 2016. En este trabajo se generaron curvas de descarga para el sitio 001-08 con dos condiciones de uso del suelo en la cuenca, primero en la condición de 1945 y luego con la condición del 2014.

Los resultados del análisis hidráulico realizado para esta alcantarilla indican que para el año de evaluación cuenta con suficiente capacidad como para transportar sin llegar al nivel de rasante de la vía caudales mayores a los esperados para un periodo de retorno de 50 años.

De acuerdo con Mendoza (2015): "La alcantarilla aunque no genera tirantes sobre el relleno de la sección de entrada si genera un gradiente hidráulico sobre el relleno que en caso de no haber sido tomado en cuenta a la hora de su diseño puede generar un colapso del mismo."

Una consideración importante incluida en el informe del año 2016 es que "el diseño original de la alcantarilla no contempló el funcionamiento de la misma en condición ahogada. Esta condición puede ocurrir en la actualidad debido a los cambios en el uso de suelo de la cuenca. Por lo anterior, se recomienda un estudio de las condiciones geotécnicas del relleno para evaluar su resistencia a las filtraciones y determinar a qué protección debe ser sujeto." (Villalobos, 2016).



4.2 Alcantarilla 001-05. Quebrada Seca.

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
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84,16517	Latitud:	9,988834			
Código: 001-05	Ruta N°: 001	Quebrada: Seca	Fecha: 12/01/2021			
Material: concreto (rectangular)			Dimensiones: 3 m x 3.5 m (3 secciones)			
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 1.5 m						
Condición Estructural	Acceptable	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						
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce: Libre <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Bloqueado <input type="checkbox"/>						
<p>Observaciones: En el cauce se observan algunas obstrucciones aunque en menor cuantía que en la evaluación anterior, sin que se pueda determinar si obedece a una labor de mantenimiento específica para retirar las obstrucciones, en el resto de los elementos no se aprecian cambios significativos. Troncos y un poco de maleza se observan al pie de uno de los muros que dividen la alcantarilla.</p>						
Vulnerabilidad				Recomendaciones: Mantener planes de mantenimiento para prevenir la acumulación de sedimentos, rocas y escombros en el cauce.		
Condición del Sitio Deficiente		Condición Estructural Aceptable				
Condición ponderada de Vulnerabilidad Moderada						



En términos generales se observan las mismas condiciones que se acotaron en el informe del año 2013 (ver la ficha técnica de auscultación de ese año en los Anexos), los elementos estructurales presentan una condición aceptable, sin embargo, no se observó evidencia de mantenimiento tendiente a mantener o mejorar la condición de los elementos de concreto.

Observaciones sobre la capacidad hidráulica.

El sitio Quebrada Seca cuenta con un análisis del 2015, elaborado por el Centro de Investigación en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica, el cual fue considerado en el informe del Ing. Villalobos del año 2016.

En el estudio del 2015 de este sitio se concluye que la capacidad hidráulica de esta alcantarilla es limitada y que su construcción como 3 barriles de 3x3m facilita su obstrucción por troncos y basura. De los once eventos hidrológicos que se analizaron la alcantarilla operó de forma satisfactoria en dos eventos. Se observa que un evento de lluvia en la estación Santa Lucía con más de 25 años de periodo de retorno es suficiente para generar un rebalse sobre la vía, esto considerando una alcantarilla sin obstrucciones.

El perfil hidráulico incluido en el informe del 2016 muestra que existe una discontinuidad importante en la pendiente del río aguas debajo de la alcantarilla. El informe explica que esto se debe “a la erosión que generó el agua que sale a alta velocidad de la alcantarilla”. Esto evidencia una deficiencia en la construcción y diseño original de la alcantarilla al no contemplar un método de disipación de energía a la salida de la misma que evite generar problemas de erosión aguas abajo.

Entre las conclusiones del informe CIEDES se menciona que: “Las dos alcantarillas sobre la Quebrada, en la Ruta 1 y la Ruta 147 son los puntos con mayores problemas en el cauce. Estas alcantarillas carecen de capacidad suficiente para manejar crecientes y generan remansos aguas arriba. Además, la configuración de las alcantarillas con solo tres metros de ancho cada una las vuelve susceptibles a las obstrucciones.” El informe indicado concluye que se debe sustituir esta alcantarilla lo antes posible, sin embargo, ocho años después no se observan labores de reconstrucción o sustitución en este importante paso sobre la Ruta Nacional No.1.



4.3 Alcantarilla 039-04. 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						
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84,055148	Latitud:	9,926664			
Código: 039-04	Ruta N°: 039	Río: Ocloro			Fecha: 12-01-2021	
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						
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce: Libre <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Bloqueado <input type="checkbox"/>						
Observaciones: Los suelos de este sitio corresponden con rellenos, lahares y cenizas, hay también algunos bloques lávicos de tamaño métrico. Hay erosión superficial en talud aguas abajo y desprendimiento de tubería aguas abajo. Aparente fisuramiento en tubería aguas arriba, el nivel de agua puede cubrir hasta 2/3 del diámetro						
Ubicación geográfica						
Vulnerabilidad						
Condición del Sitio Deficiente			Condición Estructural Deficiente			
Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta						
Recomendaciones Brindar mantenimiento a los elementos de concreto existentes, mientras no se realicen obras para sustituir la alcantarilla.						



Según se pudo comprobar los elementos de concreto continúan presentando grietas mayores a 3 mm que pueden eventualmente facilitar la socavación y el colapso del relleno sobre la tubería de la alcantarilla (ver Figura 1). También se observa un árbol que puede llegar a obstruir el cauce y deteriorar los elementos de concreto, debido principalmente a que se encuentra en la entrada de la alcantarilla.



Figura 1. Grietas en los elementos de concreto producto del crecimiento del árbol en el relleno sobre la tubería de la alcantarilla.

Con respecto a la evaluación del año 2013, se observan zonas cubiertas de concreto en el talud sobre la tubería, sin embargo, debido a la condición del resto de elementos evaluados la vulnerabilidad de este paso de agua se mantiene en un nivel alto, por lo que requiere de una intervención mayor en el corto plazo.

Observaciones sobre la capacidad hidráulica.

Al comparar las zonas cercanas de la cuenca de esta alcantarilla se observa la construcción de un estacionamiento (polígono rojo en la Figura 2) en el margen izquierdo de la quebrada y al costado de la entrada de la alcantarilla. Este parqueo es un ejemplo de los cambios



que se van presentando con el tiempo en el uso del suelo que pueden significar una mayor impermeabilización del suelo y generar mayor escorrentía hacia la alcantarilla.



Figura 2. Imágenes satelitales del 2013 y 2020 obtenidas de Google Earth del sitio por donde pasa la Quebrada Ocloro debajo de la Ruta Nacional No.39.

En el informe hidráulico del año 2013, el autor señala que la alcantarilla genera un remanso importante aguas arriba durante todos los eventos analizados, sin llegar ocasionar el rebalse del río a los terrenos circundantes.

Indica además que el evento de mayor precipitación promedio en la cuenca depositó 89 mm de lluvia, este valor de precipitación tiene un periodo de retorno de 5 años según los datos de la estación meteorológica de San José.

Existe un cambio de régimen de flujo de subcrítico a supercrítico en la entrada de la alcantarilla, y el flujo se mantiene en condición supercrítica en el delantal de salida. No existe estructura disipadora de energía a la salida de la alcantarilla y se observan problemas de erosión aguas abajo de la alcantarilla.

Las condiciones topográficas del sitio son tales que el relleno de la Ruta Nacional 39 sobresale por encima del área cercana. La margen izquierda del río presenta una extensión importante de terreno plano con elevación similar al banco del río en esa margen. Esto implica que el río se rebalsa para caudales mayores a los 32 m³/s analizados. El impacto de este rebalse sobre la alcantarilla es evitar que el tirante sobre la misma aumente sobremanera, por lo tanto, se considera poco probable que la alcantarilla sea rebasada. La presencia de un desvío del río Ocloro hacia el río María Aguilar aguas arriba hace menos probable que esta alcantarilla sea rebasada.



El mayor riesgo al que está sometida esta alcantarilla desde el punto de vista hidráulico es a un problema de infiltración de aguas por el relleno, facilitado por la presencia de vegetación que interrumpe la protección que tiene el relleno alrededor de la entrada de la alcantarilla.

La ausencia de una estructura disipadora de energía en la salida de la alcantarilla y la interrupción que la alcantarilla hace de la pendiente de fondo son problemáticos porque propician la sedimentación de la entrada de la alcantarilla y la erosión a su salida.

Por los motivos anteriores se recomienda completar la protección de la cara aguas arriba del relleno o como mínimo realizar inspecciones durante la temporada lluviosa para detectar cualquier indicio de filtraciones en la alcantarilla. Además, se recomienda el diseño y construcción de una estructura que permita disipar de forma segura la energía que tiene el agua al salir de la alcantarilla para evitar problemas de erosión aguas abajo.

Adicionalmente se observó en este sitio una barrera tipo Flex Beam afectada por un impacto, tal como se aprecia en la Figura 3.



Figura 3. Sistema de contención vial impactado sobre el talud de entrada de la alcantarilla sobre la Quebrada Ocloro.

Se recomienda realizar la sustitución de los elementos deteriorados del sistema de contención vial, con el fin de restituir la condición original que forma parte de las medidas de seguridad vial en este sector de la vía.



4.4 Alcantarilla 039-05. Quebrada Los Negritos.

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						
INVENTARIO DE PASOS DE AGUA						
Longitud:	-84,054021	Latitud:	9,937122			
Código: 039-05	Ruta N°: 039	Quebrada: Los Negritos	Fecha: 12-01-21			
Material: acero corrugado			Dimensiones: 1.5 m (2 secciones)			
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 3 m						
Condición Estructural	Acceptable	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						
Condiciones del sitio						
Obstrucciones en el cauce: Libre _____ Parcial _____ Bloqueado <u>X</u>						
Observaciones: Los suelos de este sitio corresponden con rellenos, lahares y cenizas.						
Ubicación geográfica						
Vulnerabilidad						
Condición del Sitio Deficiente			Condición Estructural Regular			
Condición ponderada de Vulnerabilidad Alta						
Recomendaciones						
Realizar labores de mantenimiento regular para remover sedimentos y obstrucciones a la entrada, mientras no se realicen obras de sustitución.						



En general no se observan labores de mantenimiento para los elementos de concreto de la alcantarilla, las obstrucciones en el cauce continúan siendo un problema importante en este paso de agua.

Observaciones sobre la capacidad hidráulica.

Analizando algunos cambios que han tenido lugar en la microcuenca aguas arriba de la alcantarilla se observa que entre la evaluación del año 2013 y la presente evaluación, se han realizado varias construcciones.

Estas construcciones se han dado principalmente en la ciudad de investigación, pero también en el Campus Rodrigo Facio como se muestra en las imágenes satelitales de Google Earth de la Figura 4.

Todas esas construcciones han impermeabilizado el suelo y tienden a generar mayor escorrentía hacia la quebrada. En la ciudad de investigación se construyeron lagunas de retardo para que el agua de escorrentía tarde un poco más de tiempo en llegar a la quebrada.





Figura 4. Comparación de imágenes satelitales del Google Earth del 2012 y 2020 en la zona donde se ubica la alcantarilla de la Quebrada Los Negritos. Los polígonos rojos indican los sitios aguas arriba, donde ocurrieron cambios o se construyó infraestructura nueva.

En la Figura 5 se presenta una visión ampliada de la zona indicada, la cual incluye la Ciudad de la Investigación, con el fin de recalcar los cambios que han tenido lugar en esta zona de la cuenca.



Figura 5. Comparación de imágenes satelitales del Google Earth del 2013 y del 2020 aguas arriba de donde se ubica la alcantarilla de la Quebrada Los Negritos, incluyendo la Ciudad de la Investigación de la UCR. Los polígonos rojos indican los sitios aguas arriba, donde ocurrieron cambios o se construyó infraestructura nueva.



En el informe de evaluación hidráulica del año 2013 se indica que el evento de mayor magnitud entre las tormentas analizadas corresponde al evento del 08/10/2002, y la lluvia promedio sobre la cuenca de la quebrada los Negritos corresponde a un evento cercano a los 5 años de periodo de retorno en la estación meteorológica de San José.

El perfil hidráulico (según el informe del año 2013) muestra una fuerte pendiente que tiene la quebrada hasta unos 40 m aguas arriba de la alcantarilla. A partir de ahí se observa una pendiente adversa al flujo y luego una pendiente importante en la alcantarilla. Hidráulicamente se observa que para el caudal modelado de 28,5 m³/s la alcantarilla funciona ahogada y con flujo supercrítico a 3,55 m/s en su interior. A la salida de la alcantarilla el flujo pasa a ser subcrítico con 1,59 m/s de velocidad. La presencia de un muro de concreto reforzado que protege el relleno de la Ruta 39 elimina el riesgo observado en sitios como el 039-04 que no tienen esa protección.

A pesar de que la alcantarilla tiene la capacidad adecuada para manejar eventos similares a los registrados, no cuenta con capacidad adicional para manejar eventos mayores y se encuentra susceptible a ser obstruida. La presencia de ramas de árbol y de bambú en el cauce genera obstrucciones en la entrada de la alcantarilla. El efecto de estas obstrucciones es reducir la capacidad de transporte que tiene la alcantarilla a niveles menores a los que se reflejan en el modelado.

El informe del ingeniero Villalobos señala que al igual que en otras alcantarillas se genera una interrupción a la pendiente del cauce como lo atestigua el perfil topográfico del fondo que se presenta en la Figura 6.

La pendiente adversa que se observa aguas arriba de la alcantarilla es el resultado de la sedimentación que genera la alcantarilla al no permitir el transporte de una porción del caudal sólido de la quebrada. La interrupción a la pendiente también se observa aguas abajo en la forma de una poza y una grada aguas abajo del delantal de concreto de la alcantarilla. Esto indica que la quebrada ha erosionado su fondo aguas abajo de la alcantarilla porque esta no cuenta con una estructura disipadora de energía adecuada.

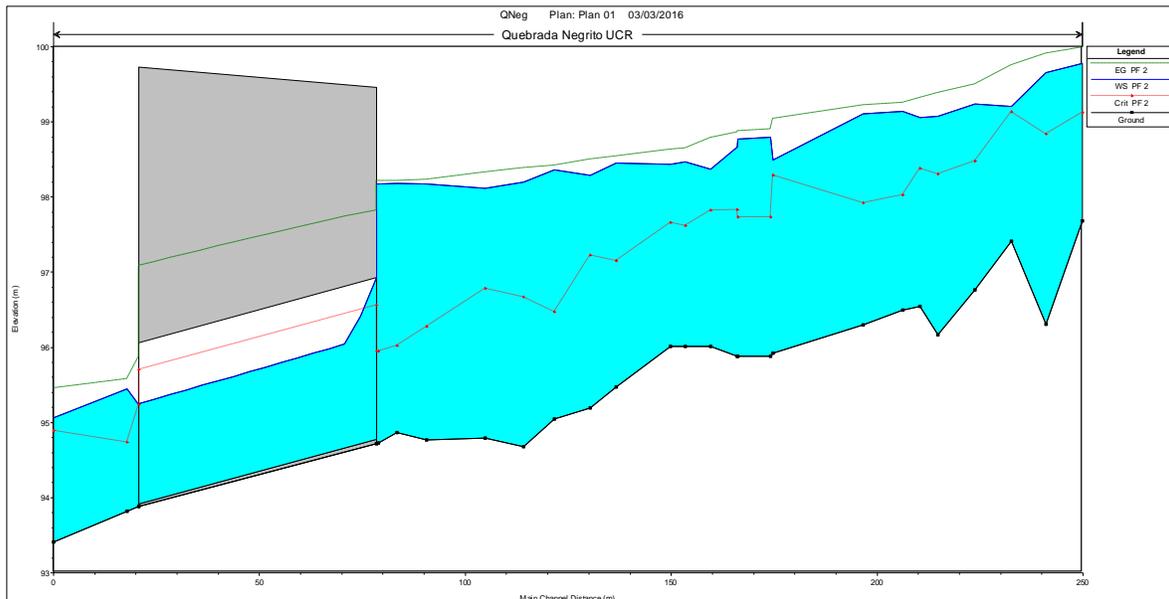


Figura 6. Perfil hidráulico del sitio 039-05 para el evento del 08/10/2002 modelado en el estudio hidráulico del año 2016. La línea negra inferior representa el perfil topográfico del fondo del cauce.

En el año 2016 se recomendó evaluar la posibilidad de sustituir esta alcantarilla por una de mayores dimensiones y tipo arco o por un puente pequeño durante la próxima intervención de la Ruta 39 para disminuir el riesgo de que la alcantarilla se obstruya y para brindarle capacidad suficiente para manejar eventos de mayor magnitud a los registrados.

Considerando que en este sitio se proyecta en el corto plazo el inicio de la construcción de un paso a desnivel que incluye la sustitución de la alcantarilla actual, se recomienda la revisión de las consideraciones y recomendaciones derivadas del informe hidrológico indicado, varias de las principales observaciones han sido expuestas en el presente informe de evaluación.



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 de ese año 2013 en los Anexos) y la actual y tomando en cuenta el estudio hidráulico realizado por la Escuela de Ingeniería Civil del año 2016, se obtienen las siguientes conclusiones:

- En ninguna de las cuatro alcantarillas evaluadas, dos en la Ruta Nacional No.1 y dos en la Ruta Nacional No.39, se observó evidencia de obras de mantenimiento tendientes a mejorar la condición que presentan los elementos estructurales de concreto que brindan protección a la Ruta Nacional correspondiente ante el paso del agua o la crecida de los ríos.
- Las obstrucciones en el cauce debidas a acumulación de sedimentos, ramas, maleza o escombros continúan siendo una de las principales amenazas que enfrentan estas estructuras, lo que afecta su desempeño y su capacidad hidráulica ante el incremento del caudal en los ríos o quebradas.
- Las alcantarillas identificadas como 001-05 Ruta No.1 Quebrada Seca y 039-05 Ruta No.39 Quebrada Los Negritos ya presentaban una insuficiente capacidad hidráulica desde la evaluación realizada en el año 2016. Estos pasos de agua no han sido sustituidos a la fecha de emisión de este informe.
- El crecimiento urbanístico de los últimos años ha modificado el uso del suelo y las condiciones hidrológicas e hidráulicas que deben enfrentar estos pasos de agua en nuestras carreteras.
- De las 4 estructuras analizadas 3 se encuentran en el trazado de proyectos como el Fideicomiso de Ruta 1 o el paso a desnivel de la UCR.

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:



- Implementar planes de mantenimiento preventivo que permitan 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 en sus planes de intervención la sustitución de aquellas alcantarillas que no tienen una capacidad hidráulica adecuada para manejar los caudales y las condiciones consideradas en el estudio hidráulico mencionado a lo largo de este informe.
- Para las alcantarillas que se encuentran en el trazado de proyectos, se presenta la oportunidad de implementar los criterios del presente informe en los procesos de diseño, construcción o readecuación para evitar reconstruir la vulnerabilidad.
- 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

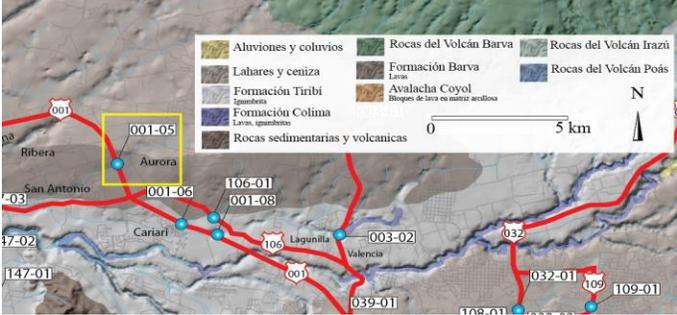


LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXOS

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



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:	-84,16517		Latitud:	9,988834		
Código: 001-05	Ruta N°: 001		Quebrada: Seca	Fecha: 13-09-13		
Material: concreto (rectangular)			Dimensiones: 3 m x 3.5 m (3 secciones)			
Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 1.5 m						
Condición Cabezales		Mala	Regular	Buena	Comentario: Hay un cambio de dirección de la quebrada antes de entrar a la alcantarilla. Esto genera que se erosione la margen Este y que en la margen Oeste haya acumulación de algunos bloques cerca de los cabezales.	
Entrada				X		
Salida				X		
Sedimentación: Un poco de sedimentación (-1/3)						
Maleza u obstrucciones:						
Condición del Talud		Mala	Regular	Buena	Condición General	
Entrada			X		Mala	Regular
Salida			X			X
Observaciones: Aguas arriba hay presencia de rocas arrastradas por la corriente de agua. Los taludes aguas arriba, están formados por lahares y cenizas, han sufrido de erosión y ya han tenido que ser intervenidos con muros de gaviones, hay un sector donde no hay muro y el talud se esta socavando. Si ese talud colapsara podría presentar una obstrucción importante.						
Ubicación geográfica						
						
Fotografías						
Aguas arriba			Aguas abajo			
						
						
						
Vulnerabilidad						
<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; display: inline-block;">Condición del Sitio Deficiente</div>			<div style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px; display: inline-block;">Condición Estructural Aceptable</div>			
<div style="background-color: #ffff00; padding: 5px; display: inline-block;">Condición ponderada de Vulnerabilidad Moderada</div>						
Estrategia de Intervención						
Corto Plazo:						
Mediano Plazo: valorar la posibilidad de mejorar el ángulo de entrada del cauce y condiciones de entorno.						
Permanente: labores de mantenimiento						



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: -84,144102 Latitud: 9,972058

Código: 001-08 Ruta N°: 001 Río: Bermudez Fecha: 02-10-13

Material: Concreto en arco Dimensiones: 6 m x 12 m

Distancia vertical entre alcantarilla y calzada:

Condición Cabezales	Mala	Regular	Buena	Comentario: Cabezales con sedimentos en la parte interna (entrada), en la salida erosiona lado izquierdo y deposita del lado derecho
Entrada			X	
Salida			X	

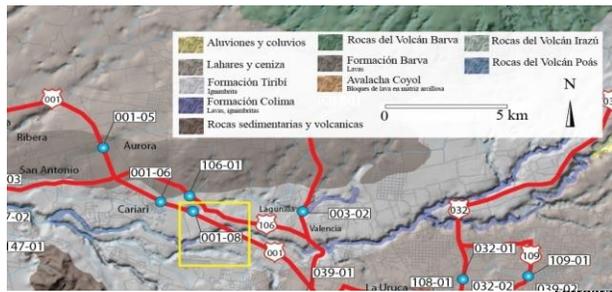
Sedimentación: Un poco de sedimentación (-1/3) al frente de los cabezales

Maleza u obstrucciones: no frente al cauce

Condición del Talud	Mala	Regular	Buena	Condición General		
				Mala	Regular	Buena
Entrada			X			
Salida			X			X

Observaciones: Talud erosionado aguas arriba, río hace una curva antes de entrar a la alcantarilla. Por la basura se observa que el agua sube hasta un poco más de la mitad de la alcantarilla. El muro de gaviones colapsado aguas arriba podría llegar a ser una obstrucción importante.

Ubicación geográfica



Aguas arriba

Aguas abajo



Vulnerabilidad

Condición del Sitio
Deficiente

Condición Estructural
Deficiente

Condición ponderada de Vulnerabilidad
Alta

Estrategia de Intervención

Corto Plazo: reestablecer la condición estructural de la alcantarilla.

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

Permanente: labores de mantenimiento



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:	-84,055148	Latitud:	9,926664
-----------	------------	----------	----------

Código: 039-04	Ruta N°: 039	Río: Ocloro	Fecha: 19-09-13
----------------	--------------	-------------	-----------------

Material: acero corrugado Dimensiones: 3 m

Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 5 m

Condición Cabezales	Mala	Regular	Buena	Comentarios: No presenta cabezales, los taludes laterales se encuentran recubiertos con lajas. Hay un árbol creciendo sobre el talud superior de la entrada.
Entrada	X			
Salida	X			

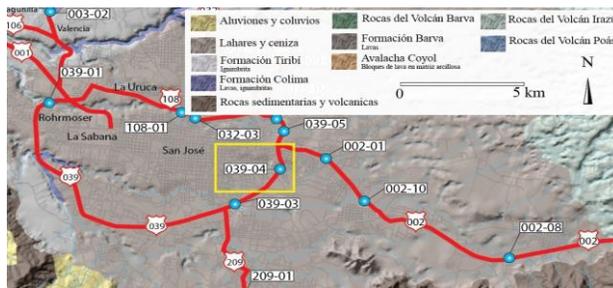
Sedimentación: No se observan problemas de sedimentación

Maleza u obstrucciones: Hay un árbol creciendo sobre el talud superior de la alcantarilla aguas arriba.

Condición del Talud	Mala	Regular	Buena	Condición General		
				Mala	Regular	Buena
Entrada	X					
Salida	X				X	

Observaciones: Los suelos de este sitio corresponden con rellenos, lahares y cenizas, hay también algunos bloques lávicos de tamaño métrico. Hay erosión superficial en talud aguas abajo y desprendimiento de tubería aguas abajo. Aparente fisuramiento en tubería aguas arriba, el nivel de agua puede cubrir hasta 2/3 del diámetro

Ubicación geográfica



Aguas arriba

Fotografías

Aguas abajo



Vulnerabilidad

Condición del Sitio
Deficiente

Condición Estructural
Muy Deficiente

Condición ponderada de Vulnerabilidad
Muy Alta

Estrategia de Intervención

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



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: -84,054021 Latitud: 9,937122

Código: 039-05 Ruta N°: 039 Quebrada: Los Negritos Fecha: 19-09-13

Material: acero corrugado Dimensiones: 1.5 m (2 secciones)

Distancia vertical entre alcantarilla y calzada: 3 m

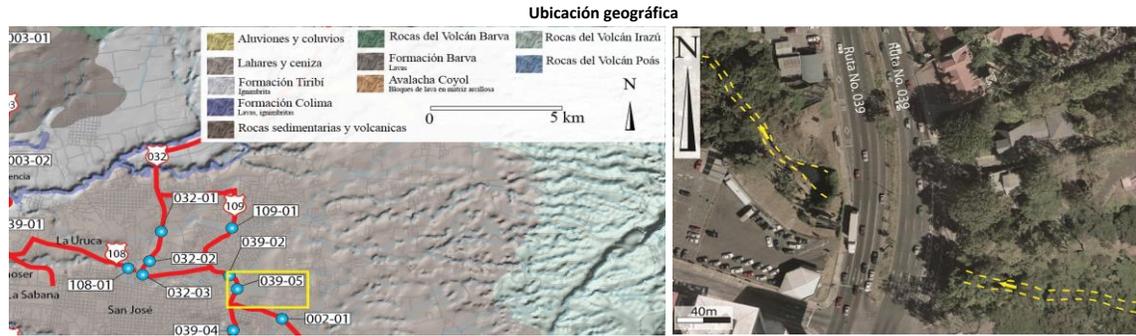
Condición Cabezales	Mala	Regular	Buena	Comentarios: Se recomienda remover la estructura de gaviones colapsada aguas arriba para prevenir que obstruya la entrada.
Entrada			X	
Salida			X	

Sedimentación: Presencia de sedimento aguas arriba lado derecho

Maleza u obstrucciones: Aguas arriba, hay un muro de gaviones colapsado en medio del cauce, podría convertirse en un obstáculo importante.

Condición del Talud	Mala	Regular	Buena	Condición General		
				Mala	Regular	Buena
Entrada			X			
Salida			X			X

Observaciones: Los suelos de este sitio corresponden con rellenos, lahares y cenizas.



Vulnerabilidad		Estrategia de Intervención
Condición del Sitio Deficiente	Condición Estructural Regular	<p>Corto Plazo: reestablecer la condición estructural.</p> <p>Mediano Plazo: valorar la posibilidad de mejorar el ángulo de entrada del cauce y condiciones de entorno.</p> <p>Permanente: labores de mantenimiento</p>
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