



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte  
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

## **INFORME DE FISCALIZACIÓN**

LM-PI-UGERVN-8-2014

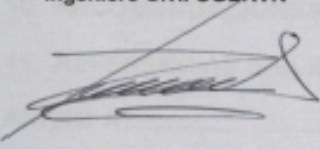
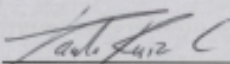
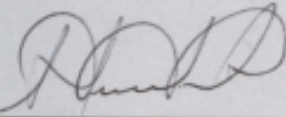
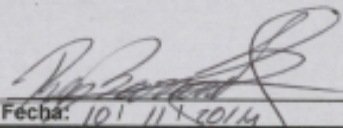
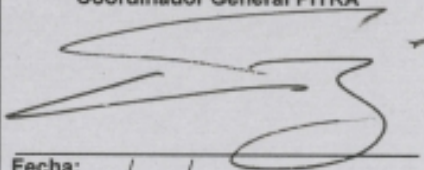
### **EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS INFORMES RELACIONADOS CON ALCANTARILLAS GENERADOS EN EL PRIMER TRIMESTRE DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO ENTRE EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA Y EL CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD**

San José, Costa Rica

Setiembre, 2014



Documento generado con base en el Artículo 6, inciso c) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capítulo II, Artículo 14 del Reglamento del Artículo 6 de la precitada ley, publicada mediante Decreto DE-37016-MOPT.

1. Informe LM-PI-UGERVN-08-2014		2. Copia No.1
3. Título INFORME DE FISCALIZACIÓN, EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS PRODUCTOS RELACIONADOS CON ALCANTARILLAS GENERADOS EN EL PRIMER TRIMESTRE DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO ENTRE EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA Y EL CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD		4. Fecha del Informe Setiembre 2014
5. 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		
6. Notas complementarias No aplica		
7. Resumen <i>Funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, realizaron una evaluación técnica de los informes relacionados con estructuras de alcantarillas generados a raíz del contrato entre el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Se evaluó en detalle la metodología y los resultados del Inventario Básico llevado a cabo por el ITCR en siete alcantarillas de la provincia de Guanacaste. Se analizó la pertinencia de incluir estructuras de alcantarilla en este inventario, ya que las alcantarillas cuentan con elementos diferenciados con respecto a las estructuras de puentes. Finalmente se presentaron recomendaciones tendientes a mejorar la calidad de la información que se ingresa al Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).</i>		
8. Palabras clave: Puentes, Alcantarillas, vulnerabilidad, infraestructura, SAEP, ITCR.	9. Nivel de seguridad Bajo	10. Núm. de páginas 27
11. Preparado por:		
Ing. Ronald Naranjo Ureña Ingeniero Civil UGERVN 	Geól. Paulo Ruiz Cubillo, Ph.D. Geólogo UGERVN 	
Fecha: 6/11/2014	Fecha: 6/11/2014	Fecha: / /
12. Revisado por:		13. Aprobado por:
Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal 	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN 	Ing. Luis Guillermo Loria Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA 
Fecha: / /	Fecha: 10/11/2014	Fecha: / /

## TABLA DE CONTENIDO

1. POTESTADES.....	4
2. OBJETIVO DE LA FISCALIZACIÓN .....	4
3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA FISCALIZACIÓN.....	4
4. OBJETO Y ALCANCES DEL CONTRATO ITCR - CONAVI.....	5
5. UTILIZACIÓN DEL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES PARA INVENTARIAR LAS ALCANTARILLAS.....	6
6. CONCEPTOS DE PUENTE Y ALCANTARILLA .....	8
7. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS INFORMES DEL ITCR.....	10
8. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LAS ALCANTARILLAS .....	15
9. SOBRE LAS MODIFICACIONES AL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES.....	23
10. CONCLUSIONES .....	24
10. RECOMENDACIONES.....	26
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
ANEXO A .....	27

## 1. POTESTADES

El presente informe se enmarca dentro de las funciones de fiscalización que los Artículos 5 y 6 de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias encomienda a la Universidad de Costa Rica, a través del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) *“para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública de reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense”*.

## 2. OBJETIVO DE LA FISCALIZACIÓN

El objetivo de la fiscalización fue evaluar los alcances del contrato interadministrativo suscrito entre el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) para la implementación del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP). Se analizó en detalle la pertinencia de incluir información de estructuras de alcantarillas en un sistema desarrollado para estructuras de puentes.

## 3. METODOLOGÍA Y ALCANCE DE LA FISCALIZACIÓN

Para la elaboración de este informe se consideraron los objetivos y alcances establecidos en el Contrato Interadministrativo ITCR – CONAVI, firmado por los representantes de ambas instituciones el 12 de noviembre del 2013.

Se evaluaron en detalle un total de siete informes presentados por el ITCR, con fechas de febrero y marzo del presente año, realizados a estructuras de alcantarillas localizadas en rutas nacionales en la provincia de Guanacaste.

Posteriormente, con el objetivo de ilustrar de forma concreta el uso de metodologías diferenciadas para evaluar los elementos específicos que componen una alcantarilla, cinco de las alcantarillas evaluadas por el ITCR fueron objeto de análisis mediante la metodología desarrollada por el LanammeUCR en el informe LM-PI-UGERVN-07-2013. Esta metodología toma en cuenta la condición de los elementos estructurales y las condiciones del sitio en el cual se localizan las alcantarillas.



#### 4. OBJETO Y ALCANCES DEL CONTRATO ITCR - CONAVI

En la Cláusula Tercera (página número 13) del Contrato Interadministrativo ITCR – CONAVI se establece:

*“CLAUSULA TERCERA: OBJETO DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO*

*El presente contrato tiene como objetivo contribuir a la implementación del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes, (SAEP) para lograr el mejoramiento de la infraestructura de puentes del país.”*

El objeto del contrato definido por la Administración establece que el enfoque de las labores contratadas está supeditado a las estructuras de puentes.

La Cláusula Cuarta establece las obligaciones del ITCR, el cual se compromete a *“prestar al CONAVI los servicios de Inspección de Inventario la cual incluye la inspección visual de daños a los puentes de las rutas nacionales que el CONAVI defina como complemento a la labor que realiza el LANAMME”*. (El subrayado no es del original).

La Cláusula Cuarta continúa:

*“Serán obligaciones específicas del ITCR, propias de este contrato:*

- a) *Realizar la Inspección de Inventario Básico, la cual incluye la inspección visual de daños, que debe contener como mínimo toda la información requerida en los formularios del 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes, de los puentes de la Red Vial Nacional que el CONAVI defina*. (El subrayado no es del original).

Considerando el requerimiento anterior de contener toda la información requerida en los formularios del Manual de Inspección de Puentes, a continuación se evalúa la idoneidad de utilizar estos formularios para inventariar las estructuras de las alcantarillas.

## 5. UTILIZACIÓN DEL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES PARA INVENTARIAR LAS ALCANTARILLAS

Luego de revisar el contenido de la versión vigente del Manual de Inspección de Puentes, emitido por la Dirección de Puentes del MOPT (2007), se presentan las siguientes observaciones:

- En la sección “1.3 Descripción de estructuras”, se establece que los tipos de estructuras que pueden ser incluidas en el SAEP son: Puentes, pasos superiores e inferiores, alcantarillas y vados.
- En la sección “5.3.2 Tipo de estructura” se indica que existen seis categorías de estructuras que pueden ser tipificadas en los formularios de información básica.
- Nuevamente se abre la posibilidad de incluir las alcantarillas en los formularios de Inventario Básico y posteriormente en el SAEP. Sin embargo, tal como se expone a continuación, a partir de este punto, los formularios están diseñados para inventariar exclusivamente estructuras de puentes.
- En el “Capítulo 4 Descripción de los formularios de inventario e inspección de puentes”, se detalla la información que debe ser ingresada en cada formulario. En el “Formulario 1 Inventario básico del puente. Características Generales” se indica que, además de los datos básicos de identificación (localización, número de ruta, kilómetro, coordenadas) deben registrarse los siguientes datos generales del puente: Dirección de la vía, tipo de estructura, tipo de carga viva, longitud total del puente, especificación de diseño utilizada, número de superestructuras, número de tramos, número de subestructuras, longitud de desvío, pendiente longitudinal, fecha de última pintura, servicios públicos, cruce, pavimento, conteo de tráfico y restricciones. De todas estas características únicamente 7 pueden ser asociadas a los elementos que componen una alcantarilla, es decir solo el 53% del formulario sería aplicable como herramienta para el levantamiento del inventario de las alcantarillas.
- El formulario 2 “Inventario básico del puente. Detalle de Superestructura” indica que deben ingresarse los siguientes datos de la superestructura del puente: Número de tramos, la alineación de la planta, el tipo de material de las vigas principales, el tipo de superestructura, el tipo de viga, la longitud total, la longitud del tramo máximo, altura de la viga, tipo de juntas de expansión al inicio y final, material y espesor de la losa, tipo de

pintura utilizada en el caso de vigas de acero, área pintada y empresa encargada de pintar. En este caso únicamente 5 de estas características pueden ser asociadas a los elementos que componen una alcantarilla. Esto representa un 38% del formulario, es decir un 62% de este formulario no está siendo aprovechado al ser utilizado para levantar el inventario de las estructuras de alcantarilla.

- En el formulario 3 “Inventario básico del puente. Detalle de subestructura” se recopila la siguiente información sobre la subestructura del puente: Tipo de bastión o pila, tipo de material del bastión y la pila, altura, sobre la pila la forma de la columna y dimensiones, sobre la fundación el tipo, dimensiones y si existen pilotes se especifica el tipo, además el tipo de apoyo y el ancho de asiento. En este caso ninguno de los elementos que componen una alcantarilla puede ser calificado como bastión o pila, ya que las paredes internas de la alcantarilla son tubería, la cual cumple funciones muy diferentes a las que cumple el bastión o la pila de un puente.
- En los formularios 4 y 5 se incluyen planos y fotografías de la estructura evaluada, esta información puede ser obtenida e ingresada en los formularios tanto para los puentes como para las alcantarillas.
- El formulario 6 “Inspección del puente. Grado de daño” se ingresan datos referentes a las condiciones de deterioro que presentan los siguientes elementos: Pavimento, baranda de acero o concreto, juntas de expansión, losa, viga principal de acero, sistema de arriostramiento, pintura, viga principal de concreto, viga diafragma, cuerpo principal del bastión, martillo de la pila y cuerpo principal de la pila. En el caso de las alcantarillas únicamente los deterioros en el pavimento y en las barandas pueden ser inventariados mediante este formulario, esto representa solamente el 17% del formulario.
- El último formulario de inspección básica es el número 7 “Fotografías”, en el cual se incluyen fotografías del deterioro que presentan los elementos evaluados. Esta información puede ser obtenida e ingresada tanto para estructuras de puentes como para alcantarillas.

De estas observaciones se deduce que no obstante el SAEP permite ingresar alcantarillas en el campo “tipos de estructuras”, el resto de los formularios están diseñados para inventariar las características y la condición de las estructuras de puentes.

Únicamente un 30% de los ítems de los formularios 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes de la Dirección de Puentes del MOPT pueden adaptarse para inventariar el estado de los elementos que componen las alcantarillas.

## 6. CONCEPTOS DE PUENTE Y ALCANTARILLA

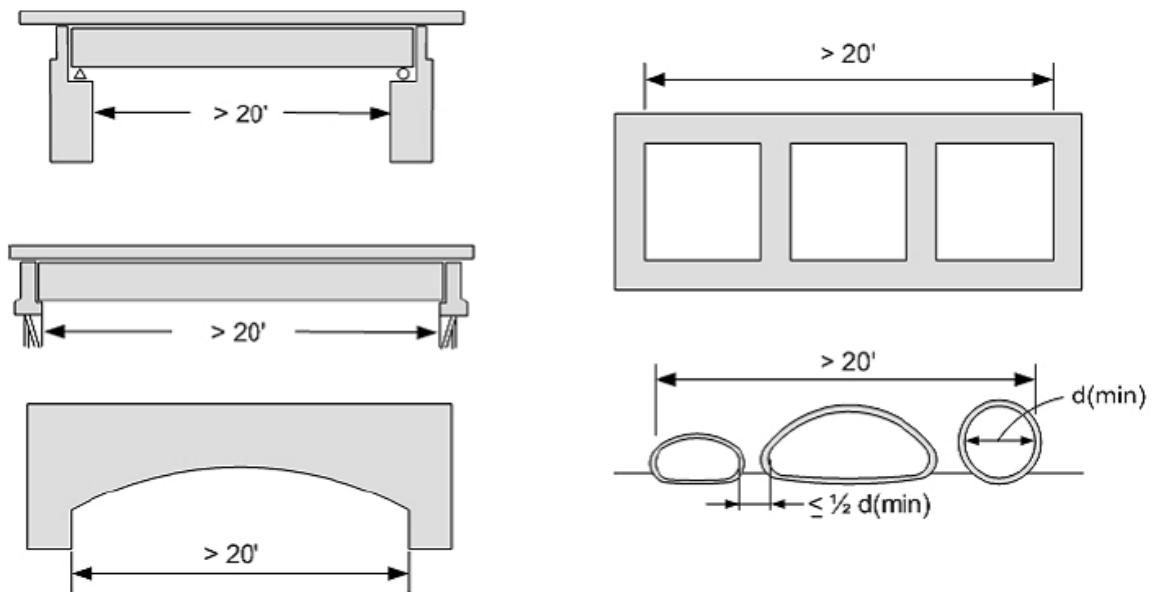
Con el fin de establecer similitudes y diferencias entre un puente y una alcantarilla, se hace referencia a La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes Estatales, AASHTO por sus siglas en inglés (American Association of State Highway and Transportation Officials). Este es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.

El Manual de Evaluación de Puentes de la AASHTO define un puente de la siguiente forma: “Estructura, incluyendo los apoyos, erigida sobre una depresión o un obstáculo tal como un cuerpo de agua, carretera o ferrovía; que tiene una pista o vía para el paso vehicular u otras cargas móviles; con una abertura medida a lo largo del centro de la calzada de más de 20 pies entre el cuerpo de los bastiones o la línea de centro de los apoyos en puentes tipo arco y los extremos de las aberturas de cajones múltiples. También puede incluir varias tuberías, donde la separación entre los tubos es menor que la mitad del tamaño de la tubería contigua más pequeña.” (AASHTO, 2011).

En la figura No.1 se ilustra la forma de medir esta distancia mínima en estas estructuras.

La medida de 20 pies corresponde a 6.1 m. Es decir, esta es la distancia mínima de luz libre (medida según la definición anterior) que debe tener una estructura de este tipo para calificar como puente.





**Figura No.1** Dimensiones mínimas que debe cumplir un paso de agua para ser calificado como puente, según el Bridge Inspector's Reference Manual de la Federal Highway Administration (FHWA) en su publicación del 2012.

Por otra parte, la Administración Federal de Carreteras, FHWA por sus siglas en inglés (Federal Highway Administration), una división del Departamento de Transportes de los Estados Unidos que se especializa en las vías de transporte terrestre, define las alcantarillas de la siguiente forma: "Conducto que transporta un flujo de corriente a través de un terraplén de carretera o salva algún otro tipo de obstáculo para el flujo." (FHWA, 2008).

Según estas definiciones, ambas estructuras tienen como fin principal salvar un obstáculo para permitir el paso del tránsito vehicular, típicamente para pasar sobre un cuerpo de agua. La principal diferencia radica en el hecho de que la alcantarilla es un conducto que debe captar y conducir el agua, de forma tal que el terraplén y la carretera de la parte superior no se vean afectados funcionalmente ni estructuralmente en el largo plazo. A diferencia de un puente, el cual normalmente está diseñado para no ser alcanzado por el agua incluso para el caudal máximo esperado en el río.

Lo anterior implica que la alcantarilla cuenta con una serie de elementos estructurales y funcionales diferenciados, tales como el muro del cabezal y el terraplén, los cuales no están

presentes en los puentes. Estos componentes deben presentar una condición adecuada para cumplir su fin. Por lo tanto, los deterioros que sufren estos elementos deben ser identificados y clasificados de forma apropiada, según las funciones específicas que cumplen.

Según se pudo concluir en la sección anterior, únicamente un 30% de los ítems de los formularios 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes de la Dirección de Puentes del MOPT pueden adaptarse para inventariar el estado de los elementos que componen las alcantarillas.

Esto implica que los formularios establecidos por la Administración en el Contrato Interadministrativo no están diseñados para inventariar los deterioros de las alcantarillas. Adicionalmente elementos vitales para el funcionamiento de éstas no están siendo considerados en la toma de datos.

Por lo tanto, en el caso específico de las alcantarillas los resultados derivados del SAEP no serán reflejo de la condición funcional y estructural que presentan estas estructuras, consecuentemente la priorización para intervenirlas a tiempo y corregir los deterioros no será oportuna, generando además confusión y un uso inadecuado de los recursos. Lo anterior consecuencia de estar mezclando los conceptos de estructuras de puentes con las alcantarillas.

## 7. ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS INFORMES DEL ITCR

Según se establece en la Cláusula Cuarta del Contrato Interadministrativo ITCR – CONAVI, será obligación del ITCR “Realizar *la Inspección de Inventario Básico, la cual incluye la inspección visual de daños, que debe contener como mínimo toda la información requerida en los formularios del 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes, de los puentes de la Red Vial Nacional que el CONAVI defina*”, (El subrayado no es del original).

En esta sección se evalúa la medida en la que varios informes presentados por el Contratista Tecnológico cumplen con este requisito impuesto por la Administración en el Contrato, así como la calidad y utilidad de la información recopilada.

Para este fin se cuenta con siete informes presentados al CONAVI con fechas entre enero y marzo de este año 2014, así como la información contenida en el SAEP. Estos informes fueron

realizados para inventariar el estado de siete estructuras de drenaje, consideradas como alcantarillas tanto por el LanammeUCR como por el mismo Contratista ITCR.

Cada informe fue evaluado para determinar la cantidad de información presentada con respecto a la cantidad total de ítems contenidos en los siete formularios. Se contabilizaron en total 82 ítems o casillas de información en los formularios.

El resultado de esta evaluación se presenta en el siguiente cuadro. La evaluación completa de cada informe se presenta en el Anexo A.

**Cuadro N°1.** Evaluación de cumplimiento de información requerida en los formularios 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes MOPT, presentada en los informes del Contratista Tecnológico.

Ruta	Río / Quebrada	Localización	Porcentaje de cumplimiento de información
4	Q. Maquencal	Límite provincias Alajuela-Guanacaste.	37 %
21	R. Caimito	Guanacaste, Nicoya, Cuajiniquil.	39 %
21	Q. Arena	Guanacaste, Nicoya, Santa Cecilia.	41 %
21	R. Pedernal	Guanacaste, Nicoya, Nicoya.	41 %
21	Q. Mango	Guanacaste, Nicoya, Mansión.	39 %
21	Q. Uvita	Guanacaste, Nicoya, San Pablo.	30 %
911	R. Sardinal	Guanacaste, Carrillo, Sardinal.	40 %

Según se puede observar, los informes contienen en promedio únicamente un 38% del total de ítems o información que puede ser ingresada en los formularios del Manual de Inspección de puentes.

Con respecto al contenido de la información inventariada, luego de revisar los siete informes presentado por el Contratista Tecnológico, así como la información contenida en el SAEP, se presentan las siguientes observaciones:

- Debido a que los formularios están diseñados para inventariar estructuras de puentes, los conceptos fundamentales de superestructura y subestructura son adaptados por los inspectores del Contratista para inventariar las alcantarillas. Al adaptar estos conceptos se dejan por fuera componentes de las alcantarillas que son fundamentales para su

desempeño funcional y estructural. Adicionalmente, no se observa uniformidad en la forma de adaptar estos conceptos, por ejemplo, en algunos informes se indica que la alcantarilla no tiene superestructura (Informe Alcantarilla Maquencal), en otros informes cuando la alcantarilla es tipo cajón como el de la Alcantarilla Caimito llaman superestructura a la losa superior del cajón, lo cual se considera un error de concepto, debido a que este elemento es parte del conducto que transporta el agua y no una losa de puente. Además, al incurrir en este error queda por fuera del inventario la condición de un elemento fundamental para la alcantarilla como es el terraplén sobre la tubería.

- En varios informes se observó que no hay uniformidad en el uso de los términos Alcantarilla y Puente para referirse a una misma estructura.
- La nomenclatura del kilometraje para la ubicación de la estructura no es adecuada. Se recomienda Usar km XX + XXX en lugar de km XX,XXX.
- La imagen aérea utilizada para la ubicación de la estructura de Google Earth no tiene suficiente resolución para aportar información útil en la evaluación de las alcantarillas. No queda claro cuál es la ubicación de la alcantarilla, no hay simbología, escala, norte ni coordenadas en la imagen.
- El mapa de biotemperatura presentado no aporta ninguna información para la evaluación de las alcantarillas.
- El mapa de localización de la cuenca del río o quebrada presentado, si bien se considera muy necesario para realizar un estudio de capacidad hidráulica, en este caso no aporta información para la evaluación de las alcantarillas. Esto obedece principalmente al hecho de que esta información no está siendo ingresada al SAEP, por lo que se desconoce qué uso se esté dando a esta información.
- Debido a que el SAEP no está diseñado para inventariar deterioros de alcantarillas, muchas observaciones importantes sobre deterioros son ingresadas en el sistema dentro de una casilla de texto para observaciones de la inspección visual. Esto implica que esta información no es utilizada como insumo para las calificaciones y la priorización de intervención que realiza el sistema.
- Las modificaciones recientemente realizadas por parte del MOPT al Manual de Inspección de Puentes son analizadas en la sección 9 de este informe.
- El mapa de suelos de la zona donde se ubica la alcantarilla, no se utiliza en la evaluación, además no se hicieron correlaciones ni revisiones en el campo.



- El mapa de información de zonas de vida presentado no aporta ninguna información a la evaluación de las alcantarillas.
- No se indica a qué distancia están las estaciones meteorológicas más cercanas con las que se tomo la información.
- El mapa de fallas incluido en los informes no aporta información para la evaluación ni se indica si son fallas neotectónicas.
- El mapa de incendios de zonas de vida presentado no aporta ninguna información a la evaluación de las alcantarillas.
- Los riesgos identificados solamente están basados en la información del Atlas Digital, se recomienda buscar información en otras fuentes como Comisión Nacional de Emergencias, entrevistas a vecinos, visitas de campo, etc.
- Se observaron inconsistencias en la calificación que se da entre diferentes alcantarillas que presentan las mismas características pero se utilizan calificativos diferentes. Por ejemplo: Primero se menciona que la estructura está en buen estado y después que está en muy buen estado. Sin embargo, en algunos casos hay presencia de fisuras o daños en los muros o la losa.
- En algunos casos recomiendan aumentar el número de carriles en la calzada sobre la alcantarilla, sin embargo esta recomendación no se sustenta con estudios de demanda vehicular.
- En los informes escritos, se presenta una sección denominada “Valoración de los defectos”, en la cual se hace uso del código “Recording al Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation’s Bridges” de la FHWA del Departamento de Transportes de los Estados Unidos. Esta guía está diseñada para el registro de deterioros en estructuras de puentes, por lo tanto, al ser utilizada para evaluar una estructura de alcantarilla los resultados no son representativos de la condición que presentan los elementos que la caracterizan.
- Cabe destacar también que el resultado de la valoración de los defectos mediante la guía antes mencionada, no tiene cabida dentro de los formularios del SAEP, por lo tanto no representa un aporte para el cumplimiento de los objetivos que persigue el Contrato Interadministrativo.
- En varios informes concluyen que las alcantarillas no tienen problemas de funcionalidad. Para llegar a esta conclusión se deben realizar estudios de capacidad hidráulica.

Desconocemos si para llegar a esa conclusión han realizado los estudios correspondientes, ya que dichos estudios no se mencionan ni son presentados en los informes evaluados.

Por otra parte, según la definición de puente de la AASHTO, mencionada en la sección 6 de este informe, para que una estructura de drenaje sea considerada un puente debe contar con “una abertura medida a lo largo del centro de la calzada de más de 20 pies entre el cuerpo de los bastiones o la línea de centro de los apoyos en puentes tipo arco y los extremos de las aberturas de cajones múltiples. También puede incluir varias tuberías, donde la separación entre los tubos es menor que la mitad del tamaño de la tubería contigua más pequeña.” (AASHTO, 2011).

La medida de 20 pies corresponde a 6.1 m. Es decir, esta es la distancia mínima de luz libre (medida según la definición anterior) que debe tener una estructura de este tipo para calificar como puente.

En el siguiente cuadro se resumen las dimensiones que presentan las tuberías y cajones de las estructuras de alcantarilla inventariadas en los informes del Contratista Tecnológico.

**Cuadro N°2.** Dimensiones de las tuberías medidas en las alcantarillas evaluadas en los informes del Contratista Tecnológico.

Ruta	Alcantarilla	Dimensiones
4	Quebrada Maquencal	Tubería de 2.3 m de diámetro
21	Río Caimito	Cajón de 2.35 x 3.1 m
21	Quebrada Arena	Cajón de 3.03 x 3.65 m
21	Río Pedernal	Cajón de 3.05 x 3.65 m
21	Quebrada Mango	Cajón de 2.44 x 3.05 m
21	Quebrada Uvita	Tuberías de 0.75 m, 0.92 m y 0.75 m de diámetro
911	Río Sardinal	Tubería de 3.9 m de diámetro

Fuente: Informes del Instituto Tecnológico de Costa Rica, verificado por el LanammeUCR en inspecciones de campo.

Tal como se observa todas las dimensiones son inferiores a 6.1 m, por lo tanto, ninguna de estas estructuras puede ser calificada como puente según la definición de la AASHTO. Por lo

tanto, estas estructuras de alcantarilla no deberían ser incluidas en un sistema diseñado para la administración de estructuras de puentes, ya que esto distorsiona la información y degrada la calidad de los resultados obtenidos del sistema.

## 8. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LAS ALCANTARILLAS

En esta sección se emplea una metodología para el análisis de la vulnerabilidad de las alcantarillas, desarrollada por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, la cual forma parte del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), con el objetivo de ilustrar de forma concreta el uso de metodologías diferenciadas para la evaluación de los elementos específicos que componen una alcantarilla

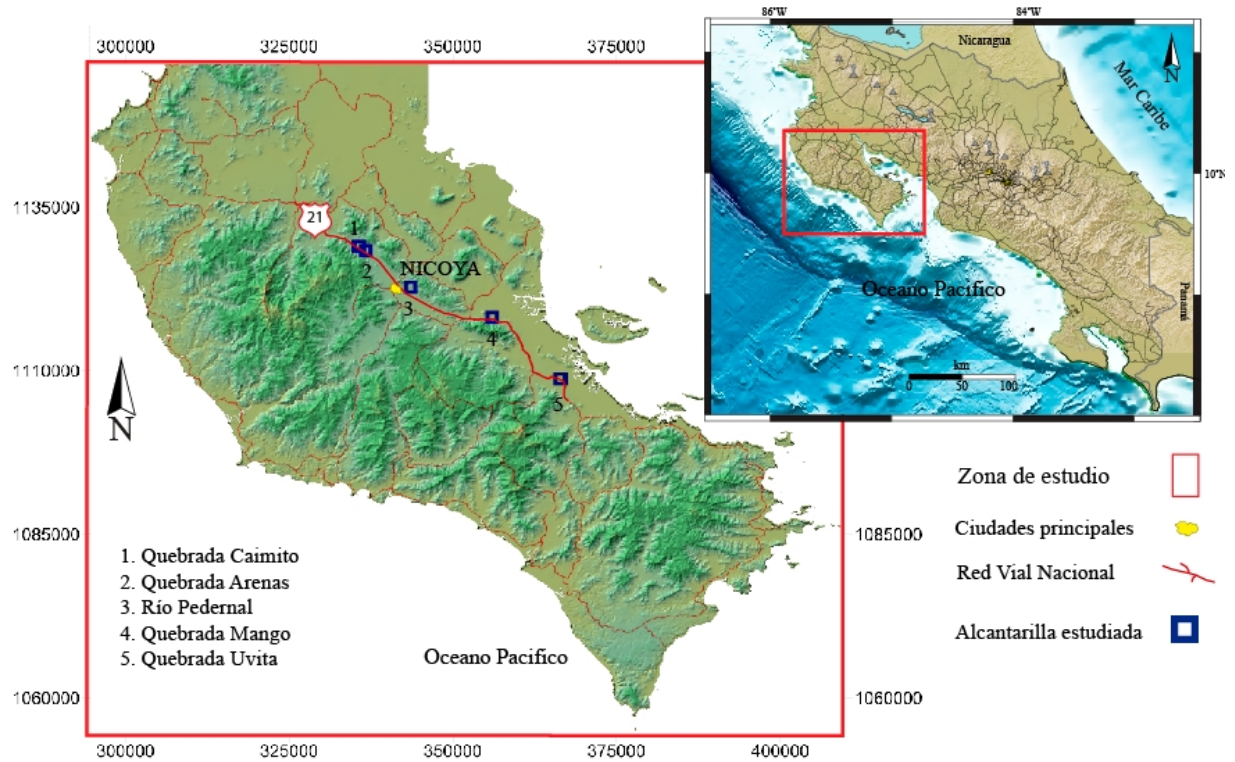
Las alcantarillas evaluadas se encuentran ubicadas en la provincia de Guanacaste, en la Ruta Nacional No. 21.

En el siguiente cuadro se presenta la codificación utilizada para identificar las alcantarillas, así como su localización.

**Cuadro No.3** Alcantarillas evaluadas mediante la metodología desarrollada en el LanammeUCR.

Código	Río/Quebrada	Localización
021-01	R. Caimito	Guanacaste, Nicoya, Cuajiniquil.
021-02	R. Arenas	Guanacaste, Nicoya, Santa Cecilia.
021-03	R. Pedernal	Guanacaste, Nicoya, Nicoya.
021-04	Q. Mango	Guanacaste, Nicoya, Mansión.
021-05	Q. Uvita	Guanacaste, Nicoya, San Pablo.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de las cinco alcantarillas evaluadas.



**Figura No.2** Ubicación de las alcantarillas evaluadas con la metodología desarrollada en el LanammeUCR.

En la metodología que se presenta se consideran dos de los principales componentes que determinan la vulnerabilidad de estas obras:

- **Condiciones estructurales.**
  - 1) Talud sobre el cabezal.
  - 2) Muro del cabezal.
  - 3) Aletones.
  - 4) Delantal.
- **Condiciones propias del sitio.**
  - 1) Tránsito Promedio Diario (TPD) de la ruta.
  - 2) Historial de inundaciones en el sitio.
  - 3) Área de la micro-cuenca.
  - 4) Ángulo de entrada.



- 5) Suelos del cauce sobre el que se construyó la alcantarilla.
- 6) Obstrucciones presentes en el cauce y la entrada de la alcantarilla.
- 7) Materiales de los taludes del cauce, aguas arriba y aguas abajo.

La metodología permite, mediante la evaluación de la condición que presentan estos elementos, ponderar cualitativa y cuantitativamente el nivel de vulnerabilidad que presenta la alcantarilla.

#### 1. TPD

Las alcantarillas que reciben durante su vida útil un mayor número de cargas de tránsito vehicular se consideran más vulnerables por este elemento que aquellas que tienen un tránsito muy bajo circulando sobre el relleno. Además, el colapso o inundación de las alcantarillas que están relacionadas con las rutas de mayor TPD generarían mayor afectación en el tránsito vehicular que las de menor TPD, por esta razón se les asignó mayor vulnerabilidad a las alcantarillas en rutas de mayor TPD y menor vulnerabilidad a las que se localizan en rutas de menor TPD.

#### 2. Historial de inundaciones

Este punto se refiere al historial de inundaciones generadas por el rebalse de las aguas del río o quebrada sobre la alcantarilla estudiada y que además haya generado afectación en el tránsito normal de vehículos sobre la ruta. La información se tomó de cuatro fuentes específicas a.) Los mapas de amenazas de la CNE, b.) Datos de inundaciones del IMN, c.) Informes de prensa y d.) Entrevistas a vecinos en el sitio.

Según los datos de la CNE, ninguna de las quebradas o ríos de las alcantarillas estudiadas, ha presentado inundaciones. Sin embargo según la entrevista realizada a un vecino de la zona de la Quebrada Uvita, la alcantarilla en este punto ha generado inundaciones en la zona.

Por lo tanto las alcantarillas de Río Caimito, Quebrada Arenas, Río Pedernal y quebrada Mango presentan una vulnerabilidad baja para este elemento. Mientras que para la alcantarilla ubicada en la Quebrada Uvita la vulnerabilidad para este elemento es alta por ser recurrente.

### 3. Tipo de suelo

Se refiere al tipo de material geológico sobre el cual se fundó la estructura de la alcantarilla. Mientras más masivo y resistente sea este material a la erosión y socavación, mejores serán las condiciones para la estructura hidráulica y menor será su vulnerabilidad. Con base en lo observado en la visita de campo a cada sitio y estudios geológicos-geotécnicos previos de la zona de la Península de Nicoya, se determinó la vulnerabilidad del material geológico sobre el que se construyó cada alcantarilla.

### 4. Ángulo de entrada

Se analizó la condición del ángulo que se forma entre el eje del cauce y el eje longitudinal de la alcantarilla. Esta medición se realiza mediante la observación de fotografías aéreas y verificación en campo.

La condición óptima para el flujo de agua debida a este elemento es aquella en la cual el ángulo entre estos ejes sea el menor posible, de esta forma no se estaría forzando la entrada del agua en la alcantarilla, evitando así erosión en taludes, deterioro de cabezales y turbulencia que pueda dañar la estructura.

Por ejemplo en el caso de la alcantarilla sobre la quebrada Caimito, el ángulo de entrada no es completamente perpendicular a la carretera, pero al ser menor de  $30^\circ$  se considera alineado. Por lo tanto la vulnerabilidad generada por este elemento analizado es baja. En la quebrada Arenas el ángulo de entrada es menos forzado y casi perpendicular a la carretera, por lo que su vulnerabilidad también es baja. (Figura No.3)



**Figura No.3** Ángulo de entrada de las alcantarillas analizadas. Todas presentan ángulos de entrada  $< 30^\circ$  por lo que la vulnerabilidad por este concepto es baja.



## 5. Obstrucciones

Para el análisis de obstrucciones que podrían afectar las alcantarillas, se consideraron aquellos elementos dentro de los cauces aguas arriba y en la entrada de las alcantarillas que podrían impedir el libre flujo de agua. La condición de obstrucción puede ser libre, parcial o bloqueada. La evaluación de este elemento para cada una de las alcantarillas se realizó durante la visita de campo a cada sitio además del análisis posterior con las fotografías tomadas durante la revisión.

La condición se considera libre, cuando el cauce en la entrada de la alcantarilla no presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos. Una alcantarilla con estas condiciones presentaría una vulnerabilidad baja en el análisis de este elemento.

Solamente la alcantarilla ubicada en la Quebrada Mango presenta una obstrucción importante en el cauce, aguas abajo. Se trata de un aletón caído que impide el flujo libre del agua, tal como se observa en la siguiente figura.



**Figura No.4** Aletón de concreto obstruyendo la salida aguas abajo de alcantarilla en Quebrada Mango.

## 6. Taludes de cauce

Este elemento se refiere al tipo de material geológico que aflora en los taludes del cauce aguas arriba y aguas abajo de la alcantarilla. Igual que para los materiales que afloran en el piso del



cauce, mientras más masivo y resistente sea este material a la erosión, mejores serán las condiciones para la estructura hidráulica y menor será su vulnerabilidad.

Según lo observado en las visitas de campo, así como estudios geológicos-geotécnicos en las zonas donde se ubican las alcantarillas estudiadas, se tiene que:

**Cuadro No.4** Vulnerabilidad asociada al tipo de material que aflora en el cauce de las alcantarillas evaluadas.

Identificación		Formación Geológica (Denyer et al., 2014)	Vulnerabilidad de taludes de cauce
CODIGO	RIO/QUEBRADA		
021-01	R. Caimito	Formación Nambí	Moderada
021-02	R. Arenas	Formación Curú	Moderada
021-03	R. Pedernal	Formación Piedras Blancas y Descartes	Moderada
021-04	Q. Mango	Aluvión reciente	Alta
021-05	Q. Uvita	Aluvión reciente	Alta

#### 7. Área de la cuenca

Mediante sistemas de información geográfica (SIG), imágenes satelitales y fotografías aéreas se definieron las micro-cuencas asociadas a cada una de las alcantarillas estudiadas.

Posteriormente se determinó el área de cada una de ellas y según su tamaño se determinó el grado de vulnerabilidad que representan para la alcantarilla. El tamaño de las cuencas esta directamente asociado con la cantidad de agua que pueden recolectar por escorrentía y que drena hacia el cauce de la alcantarilla analizada. Esto implica para las alcantarillas que al aumentar el área aumenta la vulnerabilidad y viceversa.

Se determinó que una cuenca con un área <1 km<sup>2</sup> representa una vulnerabilidad baja para la alcantarilla, mientras que una cuenca con un área de entre 1,1 y 10 km<sup>2</sup> implica una vulnerabilidad media. Finalmente las cuencas con área > a 10 km<sup>2</sup> se asociaron a una vulnerabilidad alta.

## Resultados de la evaluación de vulnerabilidad.

Luego de aplicar la metodología antes descrita en las cinco alcantarillas de la Ruta No.21, se presentan los resultados obtenidos.

**Cuadro No.5** Vulnerabilidad debida a las condiciones del sitio.

Identificación		Condiciones del Sitio							Vulnerabilidad por condiciones del sitio
CODIGO	RIO/QUEBRADA	TPD	Historial de inundaciones	Tipo de suelo	Ángulo de entrada	Obstrucciones en el cauce	Taludes del cauce	Área de la cuenca	
021-01	R. Caimito	15	5	5	0	0	5	5	35
021-02	R. Arenas	15	5	5	0	0	5	0	30
021-03	R. Pedernal	15	5	5	0	0	5	5	35
021-04	Q. Mango	15	5	10	0	10	10	5	55
021-05	Q. Uvita	15	20	10	0	0	10	5	60

**Cuadro No. 6** Vulnerabilidad debida a las condiciones estructurales.

Identificación		Condiciones Estructurales								Vulnerabilidad por condiciones estructurales
		Entrada				Salida				
CODIGO	RIO/QUEBRADA	Talud sobre cabezal	Muro del cabezal	Aletones	Delantales	Talud sobre cabezal	Muro del cabezal	Aletones	Delantales	
021-01	R. Caimito	20	10	10	10	20	10	10	10	50
021-02	R. Arenas	20	10	10	10	20	10	10	10	50
021-03	R. Pedernal	10	0	10	0	10	0	10	0	20
021-04	Q. Mango	0	0	20	20	0	0	20	20	40
021-05	Q. Uvita	10	0	20	20	10	0	20	20	50

**Cuadro No. 7** Nota ponderada de vulnerabilidad.

Identificación		Nota ponderada de vulnerabilidad
CODIGO	RIO/QUEBRADA	
021-01	R. Caimito	41
021-02	R. Arenas	38
021-03	R. Pedernal	29
021-04	Q. Mango	49
021-05	Q. Uvita	56

Según estos resultados, las alcantarillas en los ríos Caimito, Arenas y Pedernal, así como la alcantarilla de la quebrada Mango presentan una vulnerabilidad moderada al tomar en cuenta tanto las condiciones propias del sitio en el cual se localizan como las condiciones estructurales que presentan.

Debido al historial conocido de inundaciones de la alcantarilla de la quebrada Uvita, ésta es la que presenta la vulnerabilidad más alta, tanto en la nota por las condiciones del sitio como en la nota ponderada.

En cuanto a las condiciones estructurales, la alcantarilla del río Pedernal es la que se encuentra en mejores condiciones de captar, conducir y evacuar el caudal aportado por su cuenca.

## 9. SOBRE LAS MODIFICACIONES AL MANUAL DE INSPECCIÓN DE PUENTES

La Dirección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas presentó en setiembre de este año 2014 una Revisión de la primera edición del Manual de Inspección de Puentes. Esta revisión contiene modificaciones para algunos artículos del Capítulo 5 del Manual.

En lo que respecta al levantamiento de información de alcantarillas se presentan las siguientes observaciones sobre esta Revisión:

- Dado que el SAEP no está diseñado para inventariar alcantarillas, las notas que se incluyen en ese documento están dirigidas a estandarizar la toma de datos para estas estructuras.
- Se siguen cometiendo los mismos errores de concepto al tratar de adaptar los elementos estructurales que componen una alcantarilla para que coincidan con los elementos que conforman un puente.
- Elementos vitales como el relleno sobre la tubería siguen sin ser objeto de inventario, lo cual imposibilita obtener toda la información necesaria para establecer la condición real de estas estructuras.
- En el campo “Número de vigas” del puente se indica que deben ingresarse el número de celdas o conductos que tiene la alcantarilla, lo cual carece de sentido, ya que son elementos estructural y funcionalmente completamente diferentes.
- No se introducen cambios de fondo que permitan mejorar el uso de la información que se recopila sobre las alcantarillas.

## 10. CONCLUSIONES

- Del análisis de los informes presentados por el ITCR relacionados con alcantarillas, se concluye que únicamente se completó en promedio un 38% del total de ítems o información que puede ser ingresada en los formularios del 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes del MOPT.
- No obstante el Manual de Inspección de Puentes del CONAVI permite incluir en el tipo de estructuras a las alcantarillas, el resto de ítems en los formularios están diseñados para inventariar exclusivamente las características y la condición de las estructuras de puentes.
- Únicamente un 30% de los ítems de los formularios 1 al 7 del Manual de Inspección de Puentes de la Dirección de Puentes del MOPT pueden adaptarse para inventariar el estado de los elementos que componen las alcantarillas.
- Los formularios del Manual de Inspección de Puentes suministrados al Contratista ITCR por parte del CONAVI, no son la herramienta idónea para inventariar los elementos que componen una estructura de alcantarilla.
- Según las definiciones de puente y alcantarilla de La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes Estatales (AASHTO) y el Departamento de Transportes de los Estados Unidos, existen diferencias funcionales fundamentales entre ambos tipos de estructuras. La alcantarilla cuenta con una serie de elementos estructurales y funcionales diferenciados, los cuales no están siendo inventariados en los informes del Contratista Tecnológico.
- Debido al enfoque del SAEP, los resultados derivados de ese sistema no serán reflejo de la condición funcional y estructural que presentan las alcantarillas, consecuentemente la priorización para intervenirlas a tiempo y corregir los deterioros no será oportuna, generando además confusión y un uso inadecuado de los recursos.
- En los informes presentados por el Contratista Tecnológico se observaron inconsistencias en la forma de adaptar los conceptos de superestructura y subestructura de un puente a los elementos que componen una alcantarilla.
- Debido a que el SAEP no está diseñado para inventariar deterioros de alcantarillas, muchas observaciones importantes sobre deterioros son ingresadas en el sistema dentro de una casilla de texto para observaciones de la inspección visual. Esto implica



que esta información no será utilizada en el sistema de forma automática como insumo para las calificaciones y la priorización de intervención.

- En varios informes el Contratista concluye que las alcantarillas no tienen problemas de funcionalidad. Con la documentación evaluada se concluye que no se han realizado los estudios de capacidad hidráulica correspondientes. Dichos estudios no se mencionan ni son presentados en los informes evaluados.
- Los mapas de biotemperatura, uso de suelos, zonas de vida, fallas geológicas, incendios de zonas de vida incluidos en los informes del Contratista Tecnológico no están siendo ingresados en el SAEP y no aportan información para la evaluación de las alcantarillas.
- Ninguna de las siete estructuras evaluadas por el Contratista puede ser calificada como puente según la definición de la AASHTO. Por lo tanto, estas estructuras de alcantarilla no deberían ser incluidas en un sistema diseñado para la administración de estructuras de puentes, ya que esto distorsiona la información y degrada la calidad de los resultados obtenidos del sistema.
- Según la metodología para el análisis de la vulnerabilidad de las alcantarillas, desarrollada por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, las alcantarillas en los ríos Caimito, Arenas y Pedernal, así como la alcantarilla de la quebrada Mango presentan una vulnerabilidad moderada al tomar en cuenta tanto las condiciones propias del sitio en el cual se localizan como las condiciones estructurales que presentan. La alcantarilla de la quebrada Uvita, es la que presenta la vulnerabilidad más alta, tanto en la nota por las condiciones del sitio como en la nota ponderada. En cuanto a las condiciones estructurales, la alcantarilla del río Pedernal es la que se encuentra en mejores condiciones estructurales de captar, conducir y evacuar el caudal aportado por su cuenca. Lo anterior sin tomar en cuenta la capacidad hidráulica de las alcantarillas.
- En la revisión de la primera edición del Manual de Inspección de Puentes presentado por la Dirección de Puentes del Ministerio de Obras Públicas, se siguen cometiendo los mismos errores de concepto al tratar de adaptar los elementos estructurales que componen una alcantarilla para que coincidan con los elementos que conforman un puente. No se introducen cambios de fondo que permitan mejorar el uso de la información que se recopila sobre las alcantarillas.

## 10. RECOMENDACIONES

Considerando el objetivo y los alcances del Contrato Interadministrativo ITCR-CONAVI, así como las funciones de fiscalización encomendadas por ley al LanammeUCR, se presentan a continuación una serie de recomendaciones con el fin de promover acciones positivas en la Administración activa del Estado costarricense.

- Valorar las consecuencias operativas, administrativas y financieras de contratar servicios para inventariar la condición de estructuras de alcantarillas e ingresar la información en un sistema de administración que está diseñado para estructuras de puentes (SAEP).
- Diseñar e implementar un plan de gestión de activos viales que permita administrar de forma eficiente las estructuras de alcantarilla. Recomendamos considerar el desarrollo o la adquisición de una plataforma informática que considere las características particulares de las estructuras de las alcantarillas.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2013). Contrato Interadministrativo entre el Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Consejo Nacional de Vialidad. San José, Costa Rica.
2. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección de Puentes (2007). Manual de Inspección de Puentes. San José, Costa Rica.
3. American Association of State Highway and Transportation Officials (2011). The Manual for Bridge Evaluation. Second edition. Estados Unidos de América.
4. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (2008). Hydraulic Desing Series No.4 Introduction to Highway Hydraulics. Estados Unidos de América.
5. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (2013). Informe de Evaluación de Alcantarillas, GAM, Vulnerabilidad Estructural y del Sitio, LM-PI-UGERVN-012-2013. San José, Costa Rica.
6. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (2012). Bridge Inspector's Reference Manual. Estados Unidos de América.

## ANEXO A

Evaluación de Cumplimiento de Información

Informes de Inventario e Inspección Visual de Daños

Contratista ITCR

