



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

## Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0553-2023

INFORME DE ASESORÍA A LA UNIDAD DE NORMATIVA Y ACTUALIZACIÓN TÉCNICA

### Revisión de la Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla



Preparado por:  
**Unidad de Puentes**  
**Programa de Ingeniería Estructural**

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica  
04 de mayo, 2023



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

EIC-Lanamme-INF-0553-2023

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

Fecha: 04 de mayo de 2023

Página 2 de 221

Página intencionalmente dejada en blanco



<b>1. Informe:</b> EIC-Lanamme-INF-0553-2023		<b>2. Copia No. 1</b>
<b>3. Título y subtítulo:</b> Informe de Asesoría a la Unidad de Normativa y Actualización Técnica Revisión de la Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla		<b>4. Fecha del Informe</b> 04 de mayo de 2023
<b>5. Organización y dirección:</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500		
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna.		
<b>7. Resumen</b> Este informe sobre la revisión de la <i>Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla</i> , es un producto del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, por solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-013-2022 con fecha de 12 de octubre de 2022, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.		
<b>8. Palabras clave</b> 2023, Puentes, Alcantarillas, Asesoría, EIC-Lanamme-INF-0553-2023, Unidad de Puentes, Revisión, Guía, Evaluación, Estado, Desempeño, Inspección rutinaria, Inventario, Priorización, Gestión, Manual de Puentes, MP-2020		<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno
<b>11. Diseño y elaboración:</b> Ing. Luis Guillermo Vargas Alas Unidad de puentes Programa de Ingeniería Estructural	<b>12. Revisado y aprobado por:</b> Ing. Julian Trejos Villalobos, M.Sc. Coordinador Programa de Ingeniería Estructural y Unidad de Puentes	<b>13. Revisión Legal por:</b> Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador Unidad de Asesoría Legal



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

EIC-Lanamme-INF-0553-2023

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

Fecha: 04 de mayo de 2023

Página 4 de 221

Página intencionalmente dejada en blanco



## RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta los resultados de la revisión de la *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla* tomando como referencia el documento *Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition* de AASHTO, así como el *Manual de puentes MP-2020* (el cual regirá a nivel nacional en materia de evaluación de puentes en servicio a partir de la oficialización pendiente por parte del Ministerio de Obras públicas y transportes), con el fin de proponer mejoras y cambios a la guía revisada.

Como resultado de la revisión, se observó que la *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla* no concuerda en términos, metodologías de inspección y de priorización para puentes con el documento *Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition* de AASHTO y con el *Manual de puentes MP-2020*.

Para regular la inspección de estructuras tipo alcantarilla, AASHTO publicó el documento *Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition*, el cual es una guía complementaria a los manuales de AASHTO que se utilizaron como base para la elaboración del MP-2020. Debido a la necesaria congruencia de contenido que existe entre los documentos publicados por AASHTO, se recomienda generar esta congruencia entre el MP-2020 y la *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla* utilizando como base la referencia *Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition* de AASHTO ya mencionada.

En la Tabla R.1 se muestran las principales observaciones de la revisión realizada y las recomendaciones de mejora para cada uno de estos.

**Tabla R1.** Observaciones y recomendaciones principales de la revisión de la *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla*

Observación	Recomendación
a) Los términos utilizados no concuerdan con los del MP-2020, lo que genera conflicto de correspondencia entre términos.	Cambiar los términos para que concuerden con los del MP-2020.
b) El orden de los ítems por recolectar en la inspección de inventario y la inspección rutinaria de alcantarillas no sigue en todos los casos el orden en que aparecen en los formularios respectivos.	Ordenar los ítems por recolectar en la inspección de inventario y rutinaria para que coincidan con el orden de los formularios con el fin de facilitar a los usuarios la correspondencia entre guía y formulario.



**Tabla R1.** Observaciones y recomendaciones principales de la revisión de la *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla* (continuación)

Observación	Recomendación
c) La calificación de condición de las deficiencias y elementos de la alcantarilla en la guía no concuerda con la del MP-2020, pero puede ser homologada si se utiliza la terminología del MP-2020.	Utilizar el enfoque que tiene actualmente la guía de calificar la condición de los elementos de forma directa, pero cambiar los términos, las deficiencias y los elementos que se evalúan de acuerdo con la referencia <i>Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition</i> de AASHTO. Valorar el cambio de los nombres de las calificaciones de condición para que coincidan con las que indica el MP-2020.
d) La Guía presenta una metodología de toma de decisiones de intervención sustentada en una guía de FHWA, no obstante, es distinta a la que propone el MP-2020 para puentes, la cual está basada en la calificación de la condición de los componentes de la estructura.	Cambiar los términos para que las acciones de intervención se nombren igual a como aparece en el MP-2020, las cuales están conforme con la referencia <i>Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition</i> de AASHTO.
e) La metodología de priorización que se presenta actualmente en la guía difiere de la metodología de priorización que propone el MP-2020 para puentes, la cual está basada en la ponderación de variables de calificación de condición, importancia y obsolescencia por medio del proceso analítico por jerarquías de Saaty (1987).	Valorar la posibilidad de sustituir la metodología de priorización por la que se indica en el MP-2020. En caso de que se decida no cambiar la metodología, se recomienda referenciar las fuentes de la metodología y explicar mejor su utilización.
f) La metodología de priorización de la guía se basó en el informe del proyecto de graduación de Jiménez-González y Serrano-Pacheco (2015). Sin embargo, en la guía se realizan procesos que difieren de la metodología utilizada en el trabajo de graduación y no se hace referencia a alguna metodología alternativa.	Si se decide seguir utilizando la metodología de priorización de Jiménez-González y Serrano-Pacheco (2015), se debe sustentar en referencias o experiencia los cambios a la metodología propuesta que se realizan en la guía.
g) El proceso explicado en la guía para utilizar la metodología de priorización de alcantarillas no es claro y tiene omisiones en el uso de variables que pueden confundir a un interesado en aplicar esta referencia.	Referenciar y explicar mejor los aspectos incluidos en la metodología de priorización, conforme a los documentos o experiencias de donde se tomaron, especialmente donde se deciden hacer simplificaciones o ajustes.



## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe es un producto preparado por la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR que presenta una revisión de los criterios técnicos de la *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla*, a solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR por medio del Memorando LM-PI-013-2022 con fecha de 12 de octubre de 2022 y de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.

La *Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla* (denominada de aquí en adelante como “Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas”) es una publicación desarrollada por la Unidad de Gestión Municipal del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR, con el fin de brindar al sector de infraestructura vial, una guía que organice y presente disposiciones para la evaluación y gestión de las estructuras tipo alcantarilla.

La Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas está fundamentada principalmente en el Proyecto de Graduación denominado *Metodología para la evaluación y priorización de pasos de agua tipo alcantarilla* (Jiménez-González, Serrano-Pacheco, 2015).

Las principales metodologías analizadas por Jiménez-González y Serrano-Pacheco (2015) fueron las que se incluyen en las siguientes publicaciones: *Culvert Assessment and Decision Making Procedures Manual for Federal Lands Highway* de Federal Highway Administration de Estados Unidos (FHWA, 2010), *Culvert Risk Assessment Guideline* de la agencia Roads and Traffic Authority de Australia (2010), *Detailed Visual Inspection Guidelines for Culverts de Main Roads Western Australia* (2010) y *Culvert Inventory and Inspection Manual* de New York State Department of Transportation (NYSDOT, 2006), todas estas relacionadas con las inspecciones de inventario, inspecciones rutinarias y metodologías de priorización de alcantarillas. Además, Jiménez-González y Serrano-Pacheco (2015) incluyeron aspectos de la publicación *Hydraulic Design Of Highway Culverts* de FHWA (2012) para corroborar fundamentos de diseño de alcantarillas.



En este informe se realiza una revisión de los aspectos técnicos incluidos en la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, los cuales fueron comparados principalmente con las disposiciones incluidas en el documento *Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition* de AASHTO (denominada de aquí en adelante como “Guía AASHTO para inspección de alcantarillas”), así como el *Manual de Puentes de Costa Rica MP-2020* (denominado de aquí en adelante como MP-2020), el cual, al momento de la publicación de este informe, se encuentra en proceso de oficialización como normativa técnica nacional por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). La Guía AASHTO para inspección de alcantarillas fue publicada para regular la inspección de estructuras tipo alcantarilla y es una guía complementaria a los manuales de AASHTO que se utilizaron como base para el MP-2020.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este informe es presentar los resultados de la revisión realizada al contenido de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas con la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas, en comparación con el MP-2020, a fin de proponer mejoras y actualizaciones a la Guía Lanamme.

Para realizar este trabajo se definieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Contrastar el contenido de la guía con el documento Guía AASHTO para inspección de alcantarillas y con el MP-2020, a fin de proponer concordancia de las metodologías de inspección de inventario, inspección rutinaria y priorización en ambos documentos.
- b) Revisar la redacción de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, para proponer mejoras relacionadas con la comprensión, por parte de los usuarios, de las disposiciones contenidas.
- c) Presentar las observaciones y recomendaciones obtenidos a partir de la comparación de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas con respecto al MP2020 y la Guía AASHTO.
- d) Elaborar una propuesta de mejoras y actualización de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas en el formato de tabla solicitado por la UNAT.



- e) Presentar las propuestas de mejoras y actualización de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas en un documento de Microsoft Word con la herramienta de control de cambios.

### 3. ALCANCE

La revisión de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas se realiza con base en la solicitud elaborada por la UNAT al Programa de Ingeniería Estructural por medio del Memorando LM-PI-013-2022, en la cual se indica que se busca avalar una publicación del LanammeUCR que contenga congruencia en los enfoques aplicados, normativa asociada, terminología y aspectos metodológicos en comparación con el MP-2020, que está en proceso de oficialización por parte del MOPT.

Se toma como base el MP-2020, debido a que se trata de una propuesta de normativa que representa el estado del arte en cuanto a inspección de puentes se refiere, y se considera que la guía debe contener términos y metodologías que se apeguen a esa normativa, Especialmente tratándose las alcantarillas como estructuras de paso sobre cuerpos de agua que se asemejan en muchos aspectos a los puentes.

Para la elaboración del MP-2020 se utilizó como referencias principales dos manuales de AASHTO, a saber: *Manual for Bridge Element Inspection, 2nd Edition* y *The Manual for Bridge Evaluation, 3rd Edition*. Por su parte, para cubrir la inspección de estructuras tipo alcantarilla, AASHTO publicó a guía *Culvert and Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition* (Guía AASHTO para inspección de alcantarillas), la cual es una guía complementaria los manuales de AASHTO que se utilizaron como base para el MP-2020. Por lo tanto, con el objetivo de mantener la uniformidad entre referencias, y así facilitar futuras actualizaciones de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, se comparó también el contenido con la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas.

Para la revisión, la UNAT remitió al Programa de Ingeniería Estructural el borrador de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, con el fin de que fuera revisado. Esta revisión abarca lo siguiente:

- Revisión de aspectos de forma: redacción, terminología y orden de ideas.



- Revisión de aspectos de fondo: sustento técnico de metodologías con base en investigaciones y normativa nacional e internacional.

Según la solicitud y como parte de los productos de esta revisión, se entrega un archivo con las propuestas de mejora y actualización de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, en el que se visualiza las sugerencias de modificación mediante la herramienta de control de cambios de Microsoft Word.

#### 4. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido para la elaboración de las propuestas de mejora y actualización de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas es el siguiente:

1. Se revisó la redacción, terminología y metodología de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, comparándola con los aspectos incluidos en el MP-2020 y en la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas.
2. Se registraron todas las observaciones mediante comentarios en un documento de Word, utilizando la herramienta integrada de control de cambios (ver Apéndice 2).
3. Para cada una de las observaciones se elaboraron propuestas de modificación, las cuales se documentan en Microsoft Word mediante la herramienta integrada de control de cambios (ver Apéndice 2).
4. Para las observaciones de fondo, se registraron las recomendaciones propuestas en una tabla que sigue el formato solicitado por la UNAT, la cual se muestra en el Apéndice 1, donde se consigna lo siguiente:
  - a. La Subsección o el apartado al que se refiere el aspecto revisado.
  - b. El contenido revisado, el cual puede contener una sección completa o un texto particular.
  - c. Observaciones al contenido.
  - d. Justificación de las revisiones, donde se incluyen referencias bibliográficas y datos verificables como respaldo técnico, principalmente cuando se trata de cambios en valores para realizar evaluación de condición de elementos y metodologías de priorización. En atención de que el respaldo técnico es un



requisito fundamental para la valoración de las modificaciones y su posterior proceso de aprobación.

- e. Propuesta de modificación con base en la justificación y observaciones brindadas.

## 5. OBSERVACIONES GENERALES DE LA REVISIÓN

De manera general, se detectaron las siguientes observaciones en la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, las cuales se enlistan a continuación:

- a) Los términos utilizados no concuerdan con los del MP-2020, por lo que podría generarse un conflicto de concordancia entre términos.
- b) El orden de los ítems por recolectar en la inspección de inventario y la inspección rutinaria de alcantarillas difiere, en algunos casos, del orden en que aparecen en los formularios respectivos.
- c) La calificación de condición de las deficiencias y elementos establecida en la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas no concuerda con la establecida en el MP-2020, pero puede ser homologada si se utiliza la terminología del MP-2020.
- d) La Guía Lanamme presenta una metodología de toma de decisiones de intervención que parece adecuada debido a que está sustentada en una guía de FHWA, no obstante, es distinta a la que propone el MP-2020 para puentes, la cual está basada en la calificación de la condición de los componentes de la estructura.
- e) El documento revisado presenta una metodología de priorización distinta a la que propone el MP-2020 para puentes, la cual está basada en la ponderación de variables de calificación de condición, importancia y obsolescencia por medio del proceso analítico por jerarquías de Saaty (1987).
- f) La metodología de priorización de la guía se basó en el informe del proyecto de graduación de Jiménez-González y Serrano-Pacheco (2015). Sin embargo, en la guía se realizan procesos que difieren de la metodología utilizada en el trabajo de graduación, sin hacer referencia a alguna metodología alternativa.



- g) El proceso explicado en la guía para utilizar la metodología de priorización de alcantarillas no es claro y tiene omisiones en el uso de variables que pueden confundir a un interesado en aplicar esta referencia.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas tiene términos, metodologías de inspección y de priorización distintos a los que incluye el MP-2020. Con el fin de uniformar estos aspectos, se recomienda ajustar el contenido de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas utilizando como base la Guía AASHTO de evaluación de alcantarillas. Por lo tanto, se propone su actualización y mejora, según se muestra en el Apéndice 1 y en el Apéndice 2 de este documento.

Además, la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas contiene algunos errores de redacción que pueden dificultar su comprensión y evitar que el contenido se transmita adecuadamente, por lo que se recomienda realizar las correcciones de redacción que se muestran en el Apéndice 2 de este informe, donde se utiliza la herramienta de control de cambios para ello.

## 7. COMENTARIOS FINALES

La propuesta de actualización a la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas mostrada en el Apéndice 2 de este informe contiene recomendaciones realizadas por el Programa de Ingeniería Estructural a la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) y a la Unidad de Gestión Municipal (UGM) del LanammeUCR. Queda bajo criterio de estas unidades acatar dichas recomendaciones y realizar su incorporación a la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas.

A continuación, se aclara la simbología utilizada en las recomendaciones realizadas al texto de la guía e incluido en el Apéndice 2:

- El texto con tachado a doble línea (~~ejemplo~~) indica traslado desde esa ubicación.
- El texto subrayado a doble línea (ejemplo) indica traslado hacia esa ubicación.



- El texto tachado a línea simple (ejemplo) indica eliminación de información existente.
- El texto subrayado a línea simple (ejemplo) significa inclusión de información nueva.

Además, en el documento del Apéndice 2 se incluyen comentarios sobre aspectos de fondo que se detallan también en la tabla incluida en el Apéndice 1.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AASHTO (2018). The Manual for Bridge Evaluation. 3rd Edition with 2019, Interim Revisions. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., U.S.A.
2. AASHTO (2019). Manual for Bridge Element Inspection (2nd Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials. Recuperado el 16 de marzo de 2023 de: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMBEIE006/manual-bridge-element/manual-bridge-element>
3. AASHTO. (2020). Culvert & Storm Drain System Inspection Guide, 1st Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., U.S.A.
4. Decreto Ejecutivo n.º 40962 - MJP del 2018. Actualización del Sistema Geodésico de Referencia Horizontal Oficial para Costa Rica. 17 de abril del 2018 (Costa Rica). Disponible en [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=86299&nValor3=111886&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=86299&nValor3=111886&strTipM=TC).
5. FHWA. (1995). Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges (Publication n.º FHWA-PD-96-001). Washington, D.C: Office of Engineering, Federal Highway Administration. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbi.cfm>
6. FHWA (2010). Culvert Assessment and Decision Making Procedures Manual for Federal Lands Highway. Federal Highway Administration. Disponible en: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/50273>
7. FHWA (2012). Hydraulic Design Of Highway Culverts Third Edition (Publication No. FHWA-HIF-12-026). Hydraulic Design Series Number 5. Washington, D.C: Federal Highway Administration. Disponible en:



- [https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library\\_arc.cfm?pub\\_number=7&id=13](https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/library_arc.cfm?pub_number=7&id=13)
8. FHWA. (2022). Specifications for the National Bridge Inventory (Publication n.º FHWA-HIF-22-017). Washington, D.C: Office of Bridges and Structures, Federal Highway Administration. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbi.cfm>
  9. Jiménez-González, D., Serrano-Pacheco, A. (2015). Metodología para la evaluación y priorización de pasos de agua tipo alcantarilla. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Escuela Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. 94pp. Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2962>
  10. MainRoads, Western Australia. (2010). Detailed Visual Inspection Guidelines for Culverts (Level 2 inspections). Recuperado el 13 de febrero de 2023 de: <https://www.mainroads.wa.gov.au/globalassets/technical-commercial/technical-library/structures-engineering/asset-management/inspection-inventory-guidelines/detailed-visual-inspection-guidelines-for-culverts.pdf>
  11. Michigan Transportation Asset Management Council ( (2021). Michigan Non-NBI Culvert Structure Inspection Guide. Recuperado el 13 de febrero de 2023 de: <http://ctt.mtu.edu/sites/default/files/resources/paser/tamc-culvert-inspection-guide.pdf>
  12. MOPT (2007). Manual de inspección de puentes. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/3666>
  13. MOPT (2020). Manual de Puentes de Costa Rica MP-2020. Tomo I: Gestión, inspección y conservación de puentes. Documento no publicado y en proceso de oficialización. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica
  14. National Bridge Inspection Standards (NBIS) (2022). Code of Federal Regulations, Title 23, Part 650, Subpart C. Disponible en: <https://www.federalregister.gov/documents/2022/05/06/2022-09512/national-bridge-inspection-standards#h-109>
  15. New York State Department of Transportation (2006). Culvert Inventory and Inspection Manual. New York State, Estados Unidos. Recuperado el 13 de febrero de 2023 de <https://www.dot.ny.gov/divisions/operating/oom/transportation-maintenance/repository/CulvertInventoryInspectionManual.pdf>



16. Reglamento Técnico RTCR 443:2010. Metrología. Unidades de Medidas. Sistema Internacional (SI). Decreto ejecutivo n.º 36463-MEIC. 26 de noviembre de 2010 (Costa Rica). Artículos A5 y A6 del Anexo A. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=69887&nValor3=84158&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=69887&nValor3=84158&strTipM=TC)
17. Roads and Traffic Authority (2010). Culvert Risk Assessment Guideline. New South Wales Australia. Recuperado el 13 de febrero de 2023 de: <https://roads-waterways.transport.nsw.gov.au/documents/business-industry/partners-and-suppliers/lgr/downloads/information/culvert-risk-assessment-guideline-v3-02.pdf>
18. Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176.



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

EIC-Lanamme-INF-0553-2023

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

Fecha: 04 de mayo de 2023

Página 16 de 221

Página intencionalmente dejada en blanco



## **Apéndice 1**

### **Tabla de revisión de normativa técnica de acuerdo con el formato NT-03 Versión 01 facilitado por la UNAT**



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

EIC-Lanamme-INF-0553-2023

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

Fecha: 04 de mayo de 2023

Página 18 de 221

Página intencionalmente dejada en blanco



**Tabla A.1.** Observaciones y propuestas para mejora en el contenido de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas

N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
1	1 Introducción	General	<p>Al comparar esta guía con el MP-2020 se encuentra que:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. El inventario aborda aspectos específicos de las estructuras tipo alcantarilla. Se revisa a detalle más adelante si contradicen algún aspecto del MP-2020.</li><li>2. La metodología de inspección es completamente distinta a la del MP-2020. Se recomienda seguir la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas que posee criterios de inspección similares a los del MP-2020.</li><li>3. La metodología de priorización es distinta a la del MP-2020. Sin embargo, está respaldada en documentos internacionales, lo cual puede validar su utilización.</li></ol>	Existen diferencias relacionadas con el Manual de Puentes MP-2020 que pueden ser subsanadas.	A lo largo del texto de la guía se realizan propuestas para homologar los términos y las calificaciones con el MP-2020.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
2	1 Introducción	“Dentro de él no son incluidos elementos de evaluación de la seguridad vial. Para realizar una evaluación respecto a dicho tema se recomienda emplear el documento <i>Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica.</i> ”	La <i>Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica</i> no está vigente y es necesario revisar su vigencia con la Unidad de Seguridad Vial. En el MP-2020 se incluyeron algunos aspectos básicos para elementos de seguridad vial, evaluando la severidad y extensión.	La última versión de la <i>Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica</i> fue del 2012 y no ha tenido actualizaciones. El documento no está disponible en el repositorio del LanammeUCR para su consulta.	Consultar a la Unidad de Seguridad Vial si conviene utilizar esa guía como referencia. Además, se recomienda valorar la utilización de los criterios de evaluación de la seguridad vial en puentes del MP-2020
3	2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas	“Una alcantarilla es una estructura que permite el paso de agua de una quebrada o río a través del terraplén. A diferencia de un puente, una alcantarilla suele tener una cobertura de suelo arriba de su corona (parte superior).”	La definición de alcantarilla incluida en la Guía no coincide con la que se incluyó en el MP-2020.	En el proceso de redacción del MP-2020 se incluyó la definición de alcantarilla para evitar la confusión con un puente. No se incluyó la definición por longitud que brinda la <i>Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges</i> de FHWA (1995) y la <i>Specifications for the National Bridge Inventory</i> de FHWA (2022), en su lugar se estableció un enfoque por tipología estructural. Esa terminología coincide parcialmente con la que se incluye en la Guía	Ajustar la definición a la contenida en MP-2020, incluyendo la definición para alcantarilla de cuadro como se muestra a continuación: <b>Alcantarilla</b> – Estructura de tubos de concreto, acero, plástico o concreto reforzado que sirve como medio de paso de las aguas pluviales a través de la carretera. <b>Alcantarilla de cuadro</b> – Estructura de sección cuadrada o rectangular, de una o varias celdas, que permite el paso de agua, animales terrestres o vehículos, por lo general sobre ellas hay un relleno



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
				AASHTO para inspección de alcantarillas, ya que la definición de AASHTO incluye mención a la longitud de las estructuras.	que forma parte de la rasante de una carretera.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
4	<b>2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas</b>	“Muchas veces la forma de determinar si una estructura califica como un puente o como una alcantarilla viene dada de forma arbitraria por la medida máxima de la suma de sus secciones hidráulicas a lo ancho. Esto quiere decir que una estructura hidráulica con 2 tubos de 3.2 m de ancho no calificaría como una alcantarilla en dichas clasificaciones sino como un puente ya que mediría más de 6 metros.”	Esta clasificación no es congruente con la indicada en el MP-2020, donde se evitó la definición de puente por longitud, como lo hacen las Especificaciones para inspección de puentes de Estados Unidos (FHWA, 1995 y 2022). En el MP-2020 se decidió realizar la clasificación por tipología.	La definición de puente o alcantarilla por longitud, aunque es una práctica realizada por FHWA (1995 y 2022) no fue incluida en el MP-2020, ya que se acordó en la redacción del manual que es más conveniente dejar la definición por tipología estructural.	Se puede indicar que, en ocasiones, las alcantarillas de mayor tamaño se pueden incluir en el programa de inspección de puentes y que algunas agencias definen estas alcantarillas como aquellas que miden más de 6 m entre los extremos de los tubos, siempre y cuando la distancia libre entre tubos contiguos sea menor que la mitad del diámetro de la alcantarilla de menor tamaño. (Ver FHWA, 2022 - <a href="https://www.fhwa.dot.gov/bridge/snbi.cfm">https://www.fhwa.dot.gov/bridge/snbi.cfm</a> ) Sin embargo, en concordancia con el MP-2020, se puede indicar que en esta guía esa separación por longitud no aplica, ya que se abarcan las estructuras por tipología y no por longitud.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
5	2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas	“Se considera que, en la gran mayoría de las estructuras tipo tubo, cajón o bien arco la metodología propuesta por este trabajo puede cumplir con su cometido siempre y cuando el tamaño de cada entrada (y no la suma de todas) no supere los 6 metros de ancho.”	Ver comentarios en la línea anterior.	Ver justificación en la línea anterior	"Se considera que, en la gran mayoría de las estructuras tipo tubo, cajón o bien arco se puede utilizar la metodología de inspección y priorización propuesta por esta guía, siempre y cuando la tipología estructural no corresponda con la de un puente con accesorios, accesos, elementos de seguridad vial, tablero, superestructura, subestructura y sistemas de protección."
6	2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas	“El proceso de obtención de información de una alcantarilla puede dividirse en dos partes: el inventario y la inspección.”	Los términos no concuerdan con los del MP-2020. Además, la utilización del término “inventario” parece ser ambiguo al referirse a dos aspectos: la base de datos de inventario y la inspección de inventario.	El MP-2020 indica términos para los distintos tipos de inspección basado en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018), las <i>National Bridge Inspection Standards</i> (NBIS) (2022) y la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020). El término inventario también puede referirse más bien a una base de datos que contiene los datos recolectados en	Se recomienda cambiar los términos como sigue: Inventario → Inspección de inventario Inspección → Inspección rutinaria Además, aclarar cuando la guía se refiera a la base de datos de inventario o a la inspección de inventario.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
				una inspección de inventario de los puentes.	
7	<b>2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas</b>	“Debido a que mucha de la información anotada en el inventario no cambia de forma significativa en el tiempo, se recomienda realizar un inventario completo cada dos años o bien cuando en el proceso de inspección se noten cambios.”	Los tipos e intervalos de inspección no concuerdan con los del MP-2020. Lo indicado en el texto pareciera más bien estar referido a la actualización de la base de datos de inventario.	En el MP-2020 se definen los distintos tipos e intervalos de inspección basados en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018) y las NBIS (2022). De acuerdo con la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020), los datos de inventario se pueden actualizar cada vez que se realiza una inspección rutinaria.	La definición de la inspección de inventario se puede homologar a la del MP-2020. En el caso del MP-2020, la inspección de inventario solamente se repite cuando la estructura es rehabilitada o sustituida que es cuando se realizan cambios en características. También, se debe volver a realizar en caso de que la información de inventario esté incompleta. Se recomienda indicar que la base de datos de inventario debe ser actualizada cada vez que se realiza una inspección rutinaria y se encuentren diferencias en la forma



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
8	2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas	<p>“Las inspecciones deben de ser programadas al menos dos veces al año, una en la etapa de menores precipitaciones para aumentar la posibilidad de ingreso al tubo y otra a la mitad de la época lluviosa para evaluar daños ocasionados por las primeras lluvias. En caso de eventos extremos tales como huracanes, tormentas tropicales, lluvias inusuales, terremotos o erupciones volcánicas debe de hacerse una inspección adicional luego de ocurrido el evento.”</p>	<p>Los tipos e intervalos de inspección no concuerdan con los del MP-2020.</p>	<p>En el MP-2020 se definieron los distintos tipos e intervalos de inspección basado en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018) y las NBIS (2022). El MP-2020 define para la inspección rutinaria de puentes (que es similar a la que se plantea para alcantarillas) un intervalo básico de 2 años, pero se puede reducir ante condiciones de riesgo que se presenten en la estructura.</p> <p>En la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) se indica que los intervalos de inspección deben ser definidos por la organización basado en criterios de riesgo y se proponen ejemplos de cómo establecerlos. Para las alcantarillas que se consideran dentro de la base de datos de puentes, se utilizan los mismos intervalos</p>	<p>Al presentar un intervalo de aproximadamente 6 meses, se podría interpretar que en esta guía se considera que las alcantarillas están sujetas a condiciones de riesgo hidráulico más severas que los puentes y por eso se debe mantener ese intervalo de inspección. No obstante, no pareciera ser necesario reducir el intervalo, a menos que una alcantarilla lo requiera por criterios de riesgo. Una opción aceptable, de acuerdo con la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020), es definir que la inspección rutinaria se realice cada dos años o antes de cualquier mantenimiento programado, dependiendo del intervalo que sea menor. Si se decide mantener el intervalo entre inspecciones de 2 años, se puede hacer uso de inspecciones especiales para dar seguimiento a problemas. Las inspecciones</p>



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
				indicados en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018) y las NBIS (2022).	especiales están incluidas entre los tipos de inspección que describe la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020).



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
9	2.1 Inventario de alcantarillas	Cuadro 1. Datos generales obtenidos en escritorio.	El Cuadro 1 no sigue el orden del formulario	La presentación del Cuadro 1 en el mismo orden del formulario facilita el seguimiento y obtención de los datos que se solicitan.	Ordenar esta tabla por subtítulos como aparece en el formulario de inventario. Es difícil ubicar el aspecto que describe en el formulario Por ejemplo: - Fechas de referencia - Ubicación - Datos viales - Datos de la vecindad
10	2.1 Inventario de alcantarillas	Cuadro 1. Datos generales obtenidos en escritorio	La Guía no incluye algunos aspectos que contienen los datos que se recolectan en el formulario de inspección de inventario, que sí aparecen en el MP-2020.	Algunos aspectos incluidos en los formularios de inspección de inventario de puentes del MP-2020, que son importantes de recolectar como parte de la identificación de la alcantarilla, no se incluyen entre los datos de los formularios de esta guía.	Incluir los siguientes datos en el formulario de inspección de inventario: - Código de alcantarilla (un identificador) - Clasificación de la ruta (Primaria, secundaria, terciaria, travesía, cantonal) - Organización responsable de la gestión de la alcantarilla (MOPT/CONAVI, Municipalidad, Privado) - Encargado de conservación (MOPT/CONAVI, Municipalidad, Concesionario, Privado) - Zona de conservación (en el caso de rutas nacionales) Esos aspectos se incluyen



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
					en el formulario de inventario del MP-2020



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
11	2.1 Inventario de alcantarillas	Cuadro 1. Datos generales obtenidos en escritorio. Ubicación geográfica* "Se recomienda usar la proyección CRTM-05 (en metros) en el reporte final de la ubicación geográfica, sin embargo, es usual encontrar la información en GSC WGS (1984) (en grados decimales o grados, minutos y segundos) o en Lambert norte o sur (en metros)."	Se permite utilizar diferentes proyecciones o sistemas de coordenadas.	El uso de diferentes sistemas de coordenadas o proyecciones generará una dificultad técnica en el manejo de la base de datos, al tener que determinar en cuál proyección están registradas las coordenadas alcantarilla por alcantarilla. Lo anterior en el caso de que se requiera representar la ubicación en un mapa.	Se recomienda indicar un solo tipo o proyección de coordenadas. En el MP-2020 se indica CRTM-05 (EPSG: 5367), según lo requiere el Decreto Ejecutivo n.º 40962 - MJP del 17 de abril del 2018
12	2.1 Inventario de alcantarillas	Cuadro 2. Datos generales y mediciones obtenidos aguas arriba y aguas abajo	El Cuadro 2 de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas incluye aspectos nuevos, relacionados con la inspección de inventario, que no se encuentran cubiertos por el MP-2020.	Los aspectos incluidos en el cuadro 2 no están incluidos en MP-2020, debido al alcance de ese manual. Sin embargo, son aspectos característicos de las estructuras tipo alcantarilla que podría ser conveniente que estén incluidos en esta guía, ya que son particulares de las alcantarillas.	Mantener en la Guía los aspectos nuevos, relacionados con la inspección de inventario, que no cubiertos por el MP-2020. Estos aspectos se pueden considerar como si fueran un tipo de estructura particular, como se realiza por ejemplo con los puentes temporales en el MP-2020.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
13	2.1 Inventario de alcantarillas	<p>Cuadro 2. Datos generales y mediciones obtenidos aguas arriba y aguas abajo</p> <p>Cuadro 3. Datos generales y mediciones generales de la alcantarilla y de sus tubos.</p>	El Cuadro 2 y el Cuadro 3 no siguen el orden del formulario.	<p>La presentación del Cuadro 2 y el Cuadro 3 en el mismo orden del formulario puede ayudar al lector a seguir y obtener mejor los datos que se solicitan.</p> <p>Es difícil ubicar el aspecto que se describe en el formulario, ya que en esta tabla no aparece en el orden del formulario.</p>	<p>Puede ser conveniente ordenar el Cuadro 2 y el Cuadro 3 por subtítulos y en el mismo orden como aparece en el formulario de inventario.</p> <p>Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Características generales aguas arriba y aguas abajo</li><li>- Mediciones aguas arriba y aguas abajo</li></ul>



14	<b>2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla</b>	Cuadro 4. Puntajes para el análisis de estado de la alcantarilla	<p>Se presentan 4 estados de calificación de deficiencias, que se asemejan a las tablas de severidades del MP-2020. Sin embargo, la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas presenta más bien un enfoque directo de calificación de condición de acuerdo con la descripción de cada deficiencia, lo cual no implica registrar la extensión que corresponde a cada severidad, este aspecto difiere de lo establecido en el MP-2020.</p> <p>La Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas sigue el enfoque de evaluación seleccionando el grado de severidad mayor en cada elemento evaluado.</p>	<p>El enfoque de la metodología de inspección rutinaria de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas sigue el enfoque de la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020)</p> <p>En el MP-2020 se utilizan 6 estados de condición: 1- Satisfactoria, 2- Aceptable, 3- Regular, 4- Deficiente, 5- Alarmante y 6- Falla inminente</p> <p>Esas calificaciones se obtienen de un proceso sistemático de combinación de las siguientes variables en cada aspecto evaluado en los puentes: 1-Función del elemento (que representa su relevancia en la estructura), 2- Efecto de la deficiencia (que representa la consecuencia de que suceda una deficiencia en un elemento, relacionado con la durabilidad o la</p>	<p>Para homologar esta metodología con la del MP-2020 se puede realizar la calificación directamente (como aparece en el Cuadro 4), pero se tendría que cambiar los nombres de los estados de calificación. Se recomienda cambiarlos de la siguiente manera:</p> <p>1- Satisfactoria: Equivalente a “Bueno”: “Como nueva o poco deteriorado, estructural y funcionalmente adecuada”  2- Aceptable: Condición intermedia entre Satisfactoria y Regular.  3- Regular: Equivalente a “Regular”: “Con algún deterioro, pero estructural y funcionalmente adecuada”.  4- Deficiente: Condición intermedia entre Regular y Alarmante. Presenta deficiencias que pueden afectar la alcantarilla estructural o funcionalmente, pero no han llegado al estado Alarmante.  5- Alarmante: Equivalente a “Malo”: “Con deterioro significativo e/o inadecuada</p>
----	---	--	--	---	--



				<p>funcionalidad y capacidad estructural.</p> <p>3- Nivel de severidad (4 estados, similar a lo que está en la guía)</p> <p>4- Nivel de extensión (Inexistente, poco extendido, moderadamente extendido, muy extendido)</p>	<p>funcionalmente. Reparación Recomendada". Implica problemas graves que no implican un riesgo inminente pero que pueden empeorar para la próxima inspección.</p> <p>6- Falla inminente: Equivalente a "Crítico": "En muy pobres condiciones tales que podrían atentar contra la salud y seguridad de los usuarios. Reparación inmediata requerida." Falla inminente implica que la alcantarilla está colapsada o puede colapsar antes de la próxima inspección, no tiene la capacidad estructural y funcional necesaria y debe ser sustituida. Representa un riesgo inminente de accidente de tránsito para los usuarios de la vía.</p> <p>Se recomienda cambiar los elementos evaluados, las deficiencias y las descripciones de severidad para que concuerde con lo que indica la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020).</p>
--	--	--	--	---	---



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
15	2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla	Formato de número y uso de unidades	No se utilizan las convenciones de espacios entre el número y su unidad y del uso de coma en lugar de punto como símbolo decimal según se indica y solicita el Anexo A del Reglamento Técnico RTCR 443:2010 Metrología. Unidades de Medidas Sistema Internacional (SI), N° 36463-MEIC.	Ver artículos A5 y A6 del Anexo A del Reglamento Técnico RTCR 443:2010 Metrología. Unidades de Medidas Sistema Internacional (SI), N.º 36463-MEIC. <a href="http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&amp;nValor1=1&amp;nValor2=69887&amp;nValor3=84158&amp;strTipM=TC">http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&amp;nValor1=1&amp;nValor2=69887&amp;nValor3=84158&amp;strTipM=TC</a>	Se recomienda dejar carácter de espacio entre el número y su unidad, entre el número y el símbolo de ° o de %. El carácter de espacio evita que el número se separe de su unidad, principalmente al cambiar de línea y se incluye como CTRL+SHIFT+ESPACIO. También, cambiar el símbolo decimal de punto a coma.
16	2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla	Cuadro 7 Explicación detallada de la calificación de la condición de las obras de entrada y salida.	En el formulario no está la opción de calificar de forma separada cada uno de los aspectos que se muestran en el Cuadro 7.	Incluir en el formulario los aspectos en el mismo orden del Cuadro 7 puede ayudar al inspector a seguir y obtener mejor los datos que se solicitan.	Se recomienda incluir en el formulario de forma separada a cada uno de los aspectos que se muestran en el Cuadro 7.
17	2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla	Cuadro 8. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado. Rubro: Agrietamiento en cajones	El aspecto evaluado no solamente cubre agrietamiento, sino también otras deficiencias en el concreto.	El aspecto evaluado indica "Arietamiento", aunque también se indican otras deficiencias como desprendimientos, exposición de fundaciones por socavación, asentamiento y abrasión.	Se recomienda cambiar el nombre a "deficiencias generales alcantarillas de concreto".



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
18	2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla	Cuadro 8. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado. Rubro: Agrietamiento en cajones	No es claro si lo que se indica en la calificación Malo y Crítico es separación (entendido como distancia entre grietas), ancho de grieta o separación del elemento. Malo: Asentamiento diferencial genera grietas con separación menor a 6 mm. Crítico: Asentamientos diferenciales generan agrietamientos con separaciones menores de 6 mm y distorsión de la sección.	No se encontró el criterio en la referencia base de FHWA (2010) Culvert Assessment and Decision-Making Procedures Manual For Federal Lands Highway. Se encontró un criterio similar relacionado con el asentamiento o la rotación en la Guía AASHTO de inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) donde el criterio que indica que en la condición "Mala" ("Poor") es que se observa una desviación vertical en la grieta menor que 6 mm sin deficiencias o distorsiones estructurales. En la condición "Crítica" ("Severe") la desviación vertical en la grieta excede los 6,35 mm y posee deficiencias o distorsiones estructurales como agrietamiento del concreto.	Se recomienda cambiar la redacción para que quede claro a qué tipo de deficiencia se refiere, donde en lugar de separación de grietas se refiere a desviaciones verticales en las grietas por asentamiento o rotación de la alcantarilla.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
19	2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla	Cuadro 8. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado. Rubro: Agrietamiento en cajones	No parece conveniente utilizar en los límites de ancho de grietas de 3 mm (condición Bueno) o de 6 mm (indicado en Condición Regular y Malo) ya que son de consideración estructural y afectan la durabilidad del concreto.	Ese ancho de 3 mm y de 6 mm viene de la referencia de FHWA FLH Culvert Assessment Guide. Sin embargo, en otros manuales como el Michigan Non-NBI Culvert Structure Inspection Guide (Michigan Transportation Asset Management Council, 2021) y la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) se utiliza el límite de 0,3 mm y 1 mm respectivamente, los cuales están de acuerdo con los límites para ancho de grietas que se utilizan en el MP-2020, el cual está basado en el Manual de inspección por elementos de AASHTO (2019). Además, en la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas se utiliza un ancho de grieta mayor que 2,5 mm para la condición "Crítica" ("Severe").	Se recomienda utilizar el límite de ancho de 0,3 mm para grietas delgadas (Condición Bueno o Satisfactoria), de 1 mm para la condición Regular y de 2,5 mm para la condición Alarmante ("Malo") y de Falla inminente ("Crítica")



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
20	<b>2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla</b>	"Es importante notar que la protección contra erosión se entiende principalmente como la protección contra erosión en el canal mismo del río, sin embargo, las protecciones de las márgenes y en el terraplén que se encuentren hasta la altura de la corona de la alcantarilla también deben de ser tomados en consideración por aparte en este análisis ya que estos pueden ser vistos como una unidad. Es importante notar que se evalúa el tramo de la protección que se encuentra en peor estado de los existentes en la alcantarilla."	Lo indicado en el párrafo final de la sección no se ve reflejado en el formulario respectivo.	Lo indicado en el párrafo final de la sección no se ve reflejado en el formulario respectivo e incluirlo puede facilitar su uso por parte de los inspectores.	Ajustar el formulario para que incluya una guía para los inspectores y no pierdan de vista lo que se indica en el párrafo final de la sección.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
21	2.2.2 Inspección del desempeño de la alcantarilla	Organización de la sección	No se hace separación entre los dos tipos de acciones de evaluación del desempeño de alcantarillas.	Para mejor comprensión de los usuarios de la guía, puede ser conveniente separar los dos tipos de acciones de evaluación de desempeño.	Puede ser conveniente incluir en esta sección dos subtítulos: uno donde se explique que son las acciones de nivel I y otro donde se explique que son las acciones de nivel II. En el apartado de Acciones de Nivel I y de Nivel II explicar que son acciones de nivel I y de nivel II, respectivamente, ya que hasta este punto solamente se mencionan de manera superficial.
22	2.2.2 Inspección del desempeño de la alcantarilla	“La siguiente etapa de la inspección es la del análisis del desempeño de la alcantarilla. Estos parámetros permiten determinar si el funcionamiento de la alcantarilla es adecuado o si existe una situación que se salen del alcance de una inspección visual.”	No queda muy clara la diferencia entre la evaluación del desempeño y la evaluación de deficiencias del apartado 2.2.1. Pareciera que la evaluación del desempeño es una interpretación de la evaluación de deficiencias del apartado 2.2.1 y a veces, algunas deficiencias parecen repetirse y otras podrían ser evaluadas como parte de algún aspecto descrito en las calificaciones de condición.	La Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) incluye entre las deficiencias por evaluar los aspectos que la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas incluye como evaluación del desempeño.	Se recomienda incluir los aspectos del apartado 2.2.2 como aspectos por evaluar en la calificación de condición como lo hace la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020). El apartado 2.2.2. se puede reescribir indicando ante cuales aspectos y calificaciones de condición de esos aspectos (sin ahondar en descripciones) es necesario aplicar acciones de Nivel I o Nivel 2.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
23	2.2.2 Inspección del desempeño de la alcantarilla	Cuadro 13. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel II	Los aspectos incluidos en el cuadro 13 pueden causar duda sobre por qué no pueden ser corregidos por acciones de mantenimiento. Sin embargo, no queda claro el mensaje que se quiere dar; de que las acciones de mantenimiento no resultarían en la solución del problema y que se requieren estudios específicos para dar una solución definitiva a los aspectos mencionados. Esos detalles se mencionan más adelante en la sección 3.1 de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, pero en este punto no queda clara la intención de determinar las acciones nivel I o nivel II.	El texto no permite tener la suficiente claridad sobre la importancia de los aspectos que llevan a acciones de nivel II.	Se recomienda explicar en cada aspecto por qué su solución requiere estudios específicos y acciones más allá de una reparación o mantenimiento (acciones Nivel I), como se realiza en la sección 3.1 de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas.
24	2.2.2 Inspección del desempeño de la alcantarilla	Cuadro 13. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel II	No se incluyó en la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas ni en el formulario el aspecto de problemas aparentemente relacionados por el paso de vehículos con peso excesivo (problemas de carga viva vehicular). No se incluyó en el formulario el aspecto "No hay acceso"	Los problemas de carga viva vehicular requieren de análisis de capacidad de carga que están fuera del alcance de la inspección rutinaria, y podrían llevar a decidir la sustitución de la alcantarilla (ver Manual de Evaluación de puentes de AASHTO, 2018)	Se recomienda valorar la posibilidad de incluir problemas de carga viva vehicular como aspecto que lleve a acciones de Nivel II. Incluir en el formulario el aspecto "No hay acceso"



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
25	2.3.1 Entrada segura	“dentro de las recomendaciones del diagrama de flujo de acceso está la de seguir la guía para espacios confinados de OSHA (2011) esta regulación de EEUU puede ser intercambiada por la regulación pertinente del ramo en la legislación nacional tales como por ejemplo la guía para la inspección de puentes del MOPT.”	La guía que se incluye en el Manual de inspección de puentes del MOPT (2007) es una serie de recomendaciones básicas de seguridad que se ampliaron también en el MP-2020	Ver medidas de seguridad para espacios confinados incluidas en el Capítulo 5 del MP-2020 (Apartado 5.1.4)	Se recomienda valorar la mención de las medidas de seguridad para espacios confinados del MP-2020.
26	2.3.2 Equipo necesario para efectuar un inventario o inspección	Figura 30. Equipo para efectuar inventario o inspección. Cuadro 14. Equipo para efectuar inventario o inspección.	En la foto aparece lo que aparenta ser equipo de acceso con cuerdas, pero en el Cuadro 14 no se menciona. No se mencionan equipos de medición de gases que se requieren para ingreso a espacios confinados.	Problema de concordancia entre la imagen y el contenido.	Se pueden incluir equipos como el de medición de gases y el equipo de acceso con cuerdas.
27	2.3.4 Lecciones aprendidas	“En las siguientes tablas se resumen situaciones que se han presentado durante la inspección de alcantarillas y que se han generado	Se presenta información valiosa, pero que puede ser resumida y reorganizada.	Se coloca mucha información sin una estructura clara y ordenada, lo que puede desmotivar su lectura.	Tal vez sea conveniente hacer un resumen general y puntual de lecciones aprendidas y pasar las tablas que están de aquí en adelante a un apéndice de la Guía.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
		aprendizajes en el proceso.”			
28	<b>3 Metodología complementaria para a la toma de decisiones y priorización</b>	3.1 Toma de decisiones de	Esta metodología no se incluye en el MP-2020, pero parece adecuada para el uso en alcantarillas ya que se basa en la referencia <i>Culvert Assessment and Decision-Making Procedures Manual For Federal Lands Highway</i> de FHWA (2010).	La metodología parece adecuada para el uso en alcantarillas ya que se basa en la referencia <i>Culvert Assessment and Decision-Making Procedures Manual For Federal Lands Highway</i> de FHWA (2010). En la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) no se indica ninguna metodología para toma de decisiones.	Se recomienda utilizar de los términos: Mantenimiento cíclico, Mantenimiento basado en la condición, Rehabilitación y Sustitución en la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas. Estos términos se presentan en el capítulo 8 del MP-2020 donde se utiliza una metodología de relación entre la calificación de la condición y las posibles acciones generales de intervención. Además, existe la posibilidad de inspecciones detalladas y estudios adicionales, como en las acciones de Nivel II de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
29	<b>3 Metodología complementaria para a la toma de decisiones y priorización</b>	3.2 Priorización de acciones en múltiples alcantarillas	La metodología de priorización no tiene una referencia clara que la sustente. Puede que se base en diferentes referencias, pero estas no se indican. Además, la metodología de priorización es distinta de la que se incluye en el MP-2020, aunque esto no implica que no se pueda utilizar.	No se referencia la metodología de priorización.	En el Apéndice G MP-2020 se incluye una metodología de priorización distinta a la indicada en la guía, la cual se basa en el método analítico por jerarquías de Saaty (1987) que utiliza los datos de inventario y de calificación de condición de los puentes. Esta metodología utiliza entre otras variables: la calificación de la condición de los componentes de un puente, la importancia de la ruta y la longitud de la ruta de desvío. Por esto, se recomienda cambiar la metodología por la indicada en el MP-2020. No obstante, la metodología del MP-2020 no corresponde con la única metodología de priorización y la que se muestra en esta sección de la guía podría ser aplicada para alcantarillas. Sin embargo, parece conveniente aclarar mejor su uso y referenciar mejor la metodología a las fuentes en las que se sustenta con el fin de que



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
					puedan ser consultadas por los usuarios de la guía, en caso de ser requerido.
30	<b>3.2 Priorización de acciones en múltiples alcantarillas</b>	3.2.1.3 Metodología opcional (para determinar el nivel de importancia de la alcantarilla, usando rutas alternas)	La metodología de priorización no tiene una referencia clara que la sustente. Puede que se base en diferentes referencias, pero no se indican con claridad.	No se referencia la metodología de priorización.	Se recomienda colocar una referencia que indique en qué se sustenta esta metodología.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
31	3.2 Priorización de acciones en múltiples alcantarillas	3.2.1.3 Metodología opcional (para determinar el nivel de importancia de la alcantarilla, usando rutas alternas) Razón de vehículos pesados (% Pesados)	Aclarar cómo obtener el porcentaje de vehículos pesados	Metodología de cálculo de porcentaje de vehículos pesados incluida en el MP-2020, la cual permite obtener información de las Bases de datos de Tránsito promedio diario del MOPT.	Se puede indicar que si se utiliza la información de las bases de datos del MOPT es posible obtener esta razón como la suma de los porcentajes de buses, y camiones de dos, tres, cuatro, cinco y seis ejes "C2E, C3E, C4E, C5E y C6E" Esto coincide con el mismo dato que el MP-2020 incluye entre los datos de inventario de la ruta a la que pertenece un puente
32	3.2 Priorización de acciones en múltiples alcantarillas	"3.2.1.3 Metodología opcional  Los valores de Pi pueden aproximarse de varias maneras. Uno de ellos es considerando que el porcentaje de carros adicionales que tenga cada ruta opcional es inversamente proporcional a la distancia relativa entre dicha ruta y las demás."	La explicación no es clara. No queda claro si la distancia relativa es la resta entre la distancia original (entre A y B sin colapso de alcantarilla) y la distancia de la ruta alterna (entre A y B, evitando pasar por la alcantarilla, que se asume colapsada) o si se utiliza otra metodología de cálculo.	No se comprende la metodología propuesta.	Explicar mejor la indicación ya que no queda claro que quiere decir con "las demás" rutas y como se obtiene la distancia relativa.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
33	3.2.2 Estado y desempeño de la alcantarilla	En general	En general, aclarar todas las variables que se utilizan en las ecuaciones. Además, se recomienda indicar las referencias bibliográficas en que se sustenta la metodología. Por ejemplo, en el cuadro 17 y la ecuación 10 no es claro si los porcentajes indicados en el cuadro corresponden a alguna de las variables que se requieren en la ecuación 10. Igualmente, en la ecuación 9 no queda claro cómo usar las variables $E_x$ y $M_a$ y cómo obtenerlas, por ejemplo en el párrafo que antecede a la figura 42 se muestran valores de $E_x = 16\%$ y $M_a = 4\%$ , pero no se explica cómo se obtienen.	Hace falta mejor explicación y referencias bibliográficas en las que se sustenta la metodología	Aclarar todas las variables que se utilizan en las ecuaciones. Además, se recomienda indicar las referencias bibliográficas en que se sustenta la metodología.



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
34	3.2.2 Estado y desempeño de la alcantarilla	“Es claro que aquellas alcantarillas que están en peor estado son aquellas que deben de repararse o reemplazarse primero.”	Esto es cierto, siempre que se use la metodología usual de gestión de atender el peor caso primero. Sin embargo, en el MP-2020 se intenta proponer una gestión integral donde se invierta en mantenimiento preventivo en lugar de atención reactiva. Claramente, esto sería un proceso paulatino que va atendiendo los casos más críticos sin dejar de lado los casos que solo requieren mantenimiento. Para ello se requiere de planes de gestión de activos.	Ver Capítulo 2 MP-2020 y los ejemplos de buenas prácticas de gestión de activos en la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020)	Se recomienda ajustar el texto para evitar confusiones con la metodología de atención del peor caso primero y referenciar ya sea al capítulo 2 del MP-2020 o incluir, a modo de ejemplo, casos de buenas estrategias de gestión integral como se explica en la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020)



N.º de revisión	Subsección/Apartado	Contenido	Observaciones al contenido	Justificación	Propuesta
35	3.2.2 Estado y desempeño de la alcantarilla	<p>“El porcentaje de estado se obtiene mediante el uso de los resultados de la metodología de toma de decisiones (diagramas de flujo). Se divide la estructura en sus elementos principales y se les asigna a cada uno un porcentaje del estado total de la alcantarilla. Si fuera necesario reparar un elemento se le rebaja la mitad de su porcentaje y si es necesario reemplazarlo se rebaja el total. En el caso del terraplén se emplea la calificación hecha en la inspección (Bueno → CT= 1, Regular → CT= 0.75, Malo → CT= 0.50, Crítico → CT= 0.00).”</p>	<p>La metodología utiliza una estimación de la extensión, basado en su calificación y puede ser conveniente utilizar la extensión real de la deficiencia.</p>	<p>Ver metodología de inspección del Capítulo 6 y Apéndice B del MP-2020</p>	<p>Esta metodología se puede fortalecer si se utiliza la metodología de obtener la extensión para cada severidad que se indica en la metodología de inspección rutinaria del MP-2020.</p> <p>Si se decide cambiar a la estimación de la extensión, se recomienda utilizar las descripciones de severidad de la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020).</p> <p>Además, realizar un proceso sistemático para aplicar la metodología de calificación de condición del capítulo 8 y Apéndice F MP-2020.</p>



**Apéndice 2**  
**Propuestas de mejoras y actualización de la**  
**Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas en un**  
**documento de Microsoft Word con la herramienta de**  
**control de cambios**



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

EIC-Lanamme-INF-0553-2023

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

Fecha: 04 de mayo de 2023

Página 48 de 221

Página intencionalmente dejada en blanco

## Tabla de contenido

1	Introducción.....	¡Error! Marcador no definido.
2	Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas	¡Error! Marcador no definido.
2.1	Inventario de alcantarillas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1	Registros fotográficos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2	Elementos adicionales .....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3	Nota aclaratoria.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4	Formulario de inventario.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2	Inspección de alcantarillas .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1	Inspección del estado de la alcantarilla.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2	Inspección del desempeño de la alcantarilla .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3	Elementos adicionales .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.4	Notas aclaratorias .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.5	Formulario de inspección .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.6	Complemento fotográfico .....	¡Error! Marcador no definido.
2.3	Otras consideraciones.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1	Entrada segura.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2	Equipo necesario para efectuar un inventario o inspección	¡Error! Marcador no definido.
2.3.3	Recomendaciones para nombrar archivos y codificar alcantarillas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.4	Lecciones aprendidas .....	¡Error! Marcador no definido.
3	Metodología complementaria para a la toma de decisiones y priorización .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1	Toma de decisiones .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2	Priorización de acciones en múltiples alcantarillas .....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.1	Importancia de una alcantarilla.....	¡Error! Marcador no definido.

- 3.2.2 Estado y desempeño de la alcantarilla..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 3.2.3 Unión de criterios..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 4 Referencias bibliográficas..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 5 Ejemplos de ejecución de metodología..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 5.1 Alcantarilla 202---001..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.1.1 Inventario..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.1.2 Inspección ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.1.3 Toma de decisiones..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 5.2 Alcantarilla 205---001..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.2.1 Inventario..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.2.2 Inspección ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.2.3 Toma de decisiones..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 5.3 Alcantarilla 303---001..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.3.1 Inventario..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.3.2 Inspección ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.3.3 Toma de decisiones..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 5.4 Alcantarilla 203052001 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.4.1 Inventario..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.4.2 Inspección ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.4.3 Toma de decisiones..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 5.5 Alcantarilla 203052002 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.5.1 Inventario..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.5.2 Inspección ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.5.3 Toma de decisiones..... **¡Error! Marcador no definido.**
  - 5.6 Alcantarilla 03919101001 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.6.1 Inventario..... **¡Error! Marcador no definido.**
    - 5.6.2 Inspección ..... **¡Error! Marcador no definido.**

- 5.6.3 Toma de decisiones .....**¡Error! Marcador no definido.**
- 5.7 Alcantarilla 00140710005\_20220906\_INV .....**¡Error! Marcador no definido.**
- 5.7.1 Inventario .....**¡Error! Marcador no definido.**
- 5.8 Alcantarilla 00230730002\_20220218\_INV .....**¡Error! Marcador no definido.**
- 5.8.1 Inventario .....**¡Error! Marcador no definido.**
- 6 Anexos .....**¡Error! Marcador no definido.**

# 1 Introducción

En este documento se presenta una guía para evaluar el estado y el desempeño de estructuras de paso tipo alcantarilla. Dentro de él no son incluidos elementos de evaluación de la seguridad vial. Para realizar una evaluación respecto a dicho tema se recomienda emplear el documento *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica*.

Es importante resaltar que en términos académicos esta guía está fundamentada principalmente en el Proyecto de Graduación *Evaluación de pasos de agua tipo alcantarilla* (Jiménez ,2015). Las principales metodologías analizadas por Jiménez (2015) fueron: FHWA (2010), RTA (2010), Main Roads (2010) , NYDOT (2006) y ODOT (2013) respecto al tema de inspecciones y de priorización y FHWA (2012) en términos de los fundamentos de diseño de alcantarillas. En dicho trabajo se presentan de forma detallada las fuentes bibliográficas relacionadas con la inspección e inventario y los cambios que se realizaron en ellas para llegar a la metodología que aquí se presenta.

A partir de lo desarrollado por Jiménez (2015) se realizaron varias inspecciones con el personal de la Unidad de Gestión Municipal, PITRA, LanammeUCR relacionado a inspecciones para corroborar que la propuesta fuera congruente con las situaciones usualmente experimentadas en campo y en el ámbito municipal. Esto llevó a cambiar la manera en que se recomienda calcular la importancia vial, la estructuración del formulario, también algunos aspectos del manejo de los datos obtenidos de la inspección y finalmente la adición de un elemento de desempeño adicional relacionado a daños del terraplén por mal manejo de aguas pluviales.

Este documento contiene tres secciones principales: Una sección inicial dirigida a los encargados de realizar o gestionar las inspecciones e inventarios a las alcantarillas; luego se presenta una sección donde se analiza una herramienta para la toma de decisiones respecto a la alcantarilla y la priorización de acciones en ella y finalmente una sección donde se presentan ejemplos de aplicación de toda la metodología.

**Comentado [LGVA1]:** En general se tienen los siguientes comentarios, al comparar esta guía con el MP-2020 se encuentra que:

1. El inventario aborda aspectos específicos de las estructuras tipo alcantarilla. Se revisa a detalle más adelante si contradicen algún aspecto del MP-2020.

2. La metodología de inspección es completamente distinta a la del MP-2020. Se recomienda seguir la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas que posee criterios de inspección similares a los del MP-2020.

3. La metodología de priorización es distinta a la del MP-2020. Sin embargo, está respaldada en documentos internacionales, lo cual puede validar su utilización.

**Comentado [LGVA2]:** La *Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica* no está vigente y es necesario revisar su vigencia con la Unidad de Seguridad Vial. La última versión fue del 2012 y no ha tenido actualizaciones. El documento no está disponible en el repositorio del LanammeUCR para su consulta. En el MP-2020 se incluyeron algunos aspectos básicos para elementos de seguridad vial, evaluando la severidad y extensión. Consultar a la Unidad de Seguridad Vial si conviene utilizar esa guía como referencia. Además, se recomienda valorar la utilización de los criterios de evaluación de la seguridad vial en puentes del MP-2020

## 2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas

Una alcantarilla es una estructura que permite el paso de agua de una quebrada o río a través del terraplén. A diferencia de un puente, una alcantarilla suele tener una cobertura de suelo arriba de su corona (parte superior). En términos generales la alcantarilla suele ser de menor tamaño que los puentes. Tamaños usuales van desde 0.30 m hasta 6 m en sus tubos. También, la alcantarilla difiere de un vado en que en la mayoría de las ocasiones no está diseñada para pasar agua por la carretera, es decir, se diseña para que en situaciones relativamente probables el agua no sobrepase el nivel de la carretera.

Muchas veces la forma de determinar si una estructura califica como un puente o como una alcantarilla viene dada de forma arbitraria por la medida máxima de la suma de sus secciones hidráulicas a lo ancho. Esto quiere decir que una estructura hidráulica con 2 tubos de 3.2 m de ancho no calificaría como una alcantarilla en dichas clasificaciones sino como un puente ya que mediría más de 6 metros.

Se considera que en la gran mayoría de las estructuras tipo tubo, cajón o bien arco la metodología propuesta por este trabajo puede cumplir con su cometido siempre y cuando el tamaño de cada entrada (y no la suma de todas) no supere los 6 metros de ancho.



Figura 1. Partes principales y algunas medidas significativas de una alcantarilla típica de tubo de concreto.

**Comentado [LGVA3]:** Ajustar la definición a la contenida en MP-2020, incluyendo la definición para alcantarilla de cuadro como se muestra a continuación

Alcantarilla – Estructura de tubos de concreto, acero, plástico o concreto reforzado que sirve como medio de paso de las aguas pluviales a través de la carretera.

Alcantarilla de cuadro – Estructura de sección cuadrada o rectangular, de una o varias celdas, que permite el paso de agua, animales terrestres o vehículos, por lo general sobre ellas hay un relleno que forma parte de la rasante de una carretera.

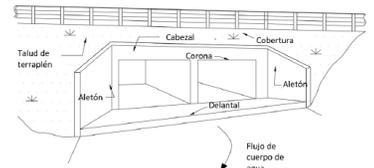


Figura G.1. Elementos de una alcantarilla.

**Comentado [LGVA4]:** Se puede indicar que, en ocasiones, las alcantarillas de mayor tamaño se pueden incluir en el programa de inspección de puentes y que algunas agencias definen estas alcantarillas como aquellas que miden más de 6 m entre los extremos de los tubos, siempre y cuando la distancia libre entre tubos contiguos sea menor que la mitad del diámetro de la alcantarilla de menor tamaño. (Ver FHWA, 2022 - <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/snbi.cfm>)

Sin embargo, en concordancia con el MP-2020, se puede indicar que en esta guía esa separación por longitud no aplica, ya que se abarcan las estructuras por tipología y no por longitud.

La definición de puente o alcantarilla por longitud, aunque es una práctica realizada por FHWA (1995 y 2022) no fue incluida en el MP-2020, ya que se acordó en la redacción del manual que es más conveniente dejar la definición por tipología estructural.

**Comentado [LGVA5]:** Ver comentarios en esta misma página sobre la definición de alcantarillas por longitud. Se puede cambiar así:

“Se considera que en la gran mayoría de las estructuras tipo tubo, cajón o bien arco se puede utilizar la metodología de inspección y priorización propuesta por esta guía, siempre y cuando la tipología estructural no corresponda con la de un puente con accesorios, accesos, elementos de seguridad vial, tablero, superestructura, subestructura y sistemas de protección”.

El proceso de obtención de información de una alcantarilla puede dividirse en dos partes: el inventario y la inspección. El inventario busca describir la alcantarilla mientras que la inspección busca determinar si el estado o el desempeño de la alcantarilla están bien o mal.

Otra de las diferencias que existen entre el inventario y la inspección es la frecuencia temporal. Debido a que mucha de la información anotada en el inventario no cambia de forma significativa en el tiempo se recomienda realizar un inventario completo cada dos años o bien cuando en el proceso de inspección se noten cambios.

Las inspecciones deben de ser programadas al menos dos veces al año, una en la etapa de menores precipitaciones para aumentar la posibilidad de ingreso al tubo y otra a la mitad de la época lluviosa para evaluar daños ocasionados por las primeras lluvias. En caso de eventos extremos tales como huracanes, tormentas tropicales, lluvias inusuales, terremotos o erupciones volcánicas debe de hacerse una inspección adicional luego de ocurrido el evento.

Si bien se pueden considerar procesos diferentes, para alcantarillas que todavía no han sido incorporadas a la base de datos es preferible realizar ambos procedimientos la inspección de inventario y la inspección rutinaria en la misma visita. En otras alcantarillas donde la inspección de inventario ya ha sido realizada, se puede realizar únicamente la inspección rutinaria.

## 2.1 Inventario de alcantarillas

En el proceso de inventario se debe, antes de realizar la visita a la alcantarilla, recabar información general sobre ella. En el Cuadro 1 se incluyen las preguntas previas que se deben responder.

**Cuadro 1. Datos generales obtenidos en escritorio.**

Elemento	Explicación
Fecha de construcción	Se reporta la fecha en que fue construida la alcantarilla.
Fecha de última reparación	Se reporta la fecha en que fue reparada la alcantarilla por última vez.
Fecha de último mantenimiento	Se reporta la fecha en que se le dio el último mantenimiento preventivo a la alcantarilla. Como ejemplo la última fecha de remoción de escombros.
Fecha de previo inventario	Se reporta la fecha en que se dio el último inventario antes de la inspección que se realiza actualmente o que se pretende realizar prontamente.
Fecha de previa inspección	Se reporta la fecha en que se dio la última inspección antes de la inspección que se realiza actualmente o que se pretende realizar prontamente.

**Comentado [LGVA6]:** Los términos no concuerdan con los del MP-2020. Se recomienda cambiar los términos por Inspección de inventario e inspección rutinaria

**Comentado [LGVA7]:** La definición de la inspección de inventario se puede homologar a la del MP-2020. En el caso del MP-2020, la inspección de inventario solamente se repite cuando la estructura es rehabilitada o sustituida que es cuando se realizan cambios en características. También, se debe volver a realizar en caso de que la información de inventario esté incompleta. En el MP-2020 se definen los distintos tipos e intervalos de inspección basados en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018) y las NBIS (2022).

Lo indicado en el texto pareciera más bien estar referido a la actualización de la base de datos de inventario. Se recomienda indicar que la base de datos de inventario puede ser actualizada cada vez que se realiza una inspección rutinaria, lo cual está de acuerdo con la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020).

**Comentado [LGVA8]:** En el MP-2020 se definieron los distintos tipos e intervalos de inspección basado en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018) y las NBIS (2022). El MP-2020 define para la inspección rutinaria de puentes (que es similar a la que se plantea para alcantarillas) un intervalo básico de 2 años, pero se puede reducir ante condiciones de riesgo que se presenten en la estructura.

En la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) se indica que los intervalos de inspección deben ser definidos por la organización basado en criterios de riesgo y se proponen ejemplos de cómo establecerlos. Para las alcantarillas que se consideran dentro de la base de datos de puentes, se utilizan los mismos intervalos indicados en el Manual para evaluación de puentes de AASHTO (2018) y las NBIS (2022).

Al presentar un intervalo de aproximadamente 6 meses, se podría interpretar que en esta guía se considera que las alcantarillas están sujetas a condiciones de riesgo hidráulico más severas que los puentes y por eso mantener ese intervalo de inspección. No obstante, no pareciera ser necesario redu...

**Comentado [LGVA9]:** No es claro a qué se refiere con procesos diferentes. Pareciera indicar que se refiere a usar otra guía, sin embargo, al final parece indicar que es conveniente que para alcantarillas que no han sido incorporadas a la base de datos se realice la inspección de inventario y la rutinaria juntas. Cambiar la redacción según se indica.

**Comentado [LGVA10]:** Ordenar esta tabla por subtítulos como aparece en el formulario de inventario. Es difícil ubicar el aspecto que describe en el formulario  
Por ejemplo:  
- Fechas de referencia  
- Ubicación  
- Datos viales  
- Datos de la vecindad

**Comentado [LGVA11]:** Incluir los siguientes datos que se solicitan en el MP-2020:  
- Código de alcantarilla (un identificador)  
- Clasificación de la ruta (Primaria, secundaria, terciaria, travesía, cantonal)  
- Organización responsable de la gestión de la alcantarilla (MOPT/CONAVI, Municipalidad, Privado)  
- Encargado de conservación (MOPT/CONAVI, Municipalidad, Concesionario, Privado)  
- Zona de conservación (en el caso de rutas nacionales)

Elemento	Explicación
Ubicación geográfica*	<p>Se reportan las coordenadas Norte y Este del punto en el espaldón de la carretera en la línea de centro de la alcantarilla en la ladera aguas arriba. Puede emplearse para esto: GPS, Ortofotos o Mapas. Se recomienda tener un aproximado de este dato antes de realizar la visita para facilitar la ubicación de la alcantarilla. Puede luego mejorarse dicha aproximación en campo.</p> <p>Se recomienda usar la proyección CRTM-05 (en metros) en el reporte final de la ubicación geográfica, sin embargo es usual encontrar la información en GSC WGS (1984) ( en grados decimales o grados, minutos y segundos) o en Lambert norte o sur (en metros).</p> <p>En la Figura 7 se indica con el subíndice 2 el punto donde se hace la toma de la ubicación.</p>
Ubicación política	Se reporta el distrito, cantón y provincia en la que está ubicada la alcantarilla o bien, de cuáles distritos, cantones o provincias es divisoria.
Número o código de la ruta	Se reporta el número o código de ruta nacional o municipal a la que pertenece la alcantarilla.
Número de carriles	Se reporta el número de carriles (en ambos sentidos) presentes en la carretera en el punto de paso de la alcantarilla.
Tránsito promedio diario	Se identifica el tránsito promedio diario (TPD).
Porcentaje de pesados	Se reporta el porcentaje del TPD que corresponde a vehículos pesados.
Velocidad máxima permitida demarcada	Se identifica la velocidad máxima permitida (señalizada) en el tramo de la alcantarilla en kilómetros por hora (km/h).
Importancia	Se anota el valor asociado a la importancia vial. Este dato se explica de forma más detallada en la sección de priorización de acciones en múltiples alcantarillas.
Tipo de cálculo de importancia	Se identifica el tipo de cálculo que se realizó para determinar la importancia vial en la alcantarilla. Sea este para una ruta nacional usando el Plan Nacional de Transportes (PNT), una ruta cantonal empleando el Índice de Viabilidad Técnica Social (IVTS), empleando el Análisis de Rutas Alternas (ARA) o bien otro. Este apartado se explica menor en la sección de priorización de acciones en múltiples alcantarillas.
Tipo de zona*	Se identifica tanto en campo como en escritorio el tipo e zona en la que se encuentra la alcantarilla: residencial (casas de habitación), industrial (por ejemplo zonas francas), comercial (por ejemplo venta de servicios), agrícola, turística u otra. En el caso de encontrarse con una zona mixta, marcar qué tipo se encuentra (ejemplo industrial-rural).
Elementos potencialmente afectados*	Se identifica tanto en campo como en escritorio elementos que podrían estar potencialmente afectados por el colapso de la alcantarilla como: Edificaciones, Vías, Servicios (ductos, electricidad, etc.), Torres de Telecomunicaciones, Escuelas y Hospitales.

**Comentado [LGVA12]:** Se permite utilizar diferentes proyecciones o sistemas de coordenadas. El uso de diferentes sistemas de coordenadas o proyecciones generará una dificultad técnica en el manejo de la base de datos, al tener que decidir alcantarilla por alcantarilla en cuál proyección están registradas las coordenadas. Lo anterior en el caso de que se requiera representar la ubicación en un mapa.

Se recomienda indicar un solo tipo o proyección de coordenadas. En el MP-2020 se indica CRTM-05 (EPSG: 5367), según lo requiere el Decreto Ejecutivo n.º 40962 - MJP del 17 de abril del 2018

Elemento	Explicación
Historia de inundaciones	Se identifica si históricamente ha habido inundaciones locales aguas arriba de la alcantarilla o desbordamientos de esta. Una fuente de información para esto puede ser los registros de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) o testimonios de los vecinos.
Cuerpo de agua que cruza	Se indica el nombre del cuerpo de agua que la alcantarilla permite cruzar.
Está diseñada para el paso de organismos acuáticos	Se indica, en el caso de que existan registros de su diseño y conceptualización, si está concebida tomando en cuenta el paso de organismos acuáticos.
Está declarada como patrimonio	Se indica si, según patrimonio dicha estructura es un bien de interés histórico o cultural para el país.
Datos geológicos	Realizar una revisión bibliográfica de trabajos geológicos (artículos, tesis, informes Setena) de la zona donde se ubica la alcantarilla y determinar sobre qué formación geológica se encuentra la estructura que se va a analizar.

Nota: \*Debe ser corroborado en sitio. El formato de ingreso de fecha es “día/mes/año”, en caso de no conocerse el día entonces “mes/año” y en caso de no conocerse el mes entonces “año”.  
Fuente: Jiménez, 2015.

**Una vez obtenidos los datos previos a la gira se puede con toda certeza planificar una visita a campo para obtener los datos restantes. En el Cuadro 2 se detallan los datos generales que deben obtenerse en aguas arriba y aguas abajo mientras que en el Cuadro 3 se esclarecen cuáles medidas deben hacerse en los tubos y en general en la alcantarilla.**

**Cuadro 2. Datos generales y mediciones obtenidos aguas arriba y aguas abajo**

Elemento	Explicación
Tipo de estructura de salida y entrada	Se selecciona el tipo de accesorio empleado en la sección de entrada y en la sección de salida usando el criterio de Figura 2
Existencia de delantal	Se reporta si está o no presente un delantal en la estructura de salida y entrada de la alcantarilla. Es necesario aquí esclarecer que el tipo de estructura de entrada o salida tipo cabezal debe de tener delantal, sin embargo, en algunas ocasiones carece de éste.
Existencia de muros tipo ala (aletones)	Se reporta si está o no presente el tipo de estructuras de muro tipo ala en la estructura de entrada o salida. Nótese que este tipo de muro debe de estar presente en todas las estructuras tipo cabezal, sin embargo, en algunas ocasiones carece de estos.
Existencia de un disipador de energía	Se especifica si existe o no alguna obra de disipación de energía aguas abajo. Ejemplos de este tipo de estructura pueden ser encontrados en la Figura 3
Tipo de protección del terraplén aguas arriba y aguas abajo	Se reporta el tipo de protección que tiene el terraplén, por ejemplo: gaviones, concreto, enrocado, geotextil u otro.

**Comentado [LGVA13]:** Estos aspectos no están incluidos en MP-2020. Sin embargo, son aspectos que se pueden mantener en la Guía, relacionados con la inspección de inventario, que no cubiertos por el MP-2020. Estos aspectos se pueden considerar como si fueran un tipo de estructura particular, como se realiza por ejemplo con los puentes temporales en el MP-2020.

**Comentado [LGVA14]:** Es difícil ubicar el aspecto que describe en el formulario, ya que en esta tabla no aparece en el orden del formulario. Puede ser conveniente ordenar esta tabla por subtítulos como aparece en el formulario de inventario.  
Por ejemplo:  
-Características generales aguas arriba y aguas abajo  
-Mediciones aguas arriba y aguas abajo

Elemento	Explicación
Tipo de protección del canal aguas arriba o aguas abajo	Se Identifica si existen obras de control de erosión en el canal tales como rocas, gaviones, concreto lanzado, concreto, etc. Esta estructura se diferencia del delantal en que no está directamente asociada a la estructura de salida o entrada de la alcantarilla, se extiende más allá de estas.
Número de entradas	Se reporta el número de entradas existentes en la alcantarilla.
Tipo de material de fondo del río y taludes aguas arriba y aguas abajo	Se identifica el tipo de material que existe mayormente en el fondo del río. Rocas (Piedra grande ,30 cm-o mayores), grava (piedra pequeña 0,5-30 cm), Arena (desde granos visibles hasta 0,5 cm) o Arcilla o Limo. También el fondo puede estar hecho de lajas de piedra o bien de concreto en el caso de ser un canal revestido. Se debe de escoger la opción que describe mejor el tipo preponderante de fondo. Se asocia el material a una formación geológica debidamente descrita en trabajos geológicos previos, o mediante la ayuda de un profesional en geología se asigne o correlacione con una formación geológica.
Altura	Altura o dimensión máxima vertical de los tubos
Cobertura	Distancia desde la corona hasta la superficie de rodamiento.
Pendiente terraplén	Se identifica la pendiente de los taludes del terraplén aguas arriba y aguas abajo. Si hubiera terrazas debe de estar detallado en el dibujo de la sección transversal de la alcantarilla. Véase la Figura 4.
Pendientes de márgenes	Se identifica la pendiente aproximada de los taludes de las dos márgenes aguas arriba y aguas abajo. Véase la Figura 4.
Ángulo río alcantarilla aguas arriba y aguas abajo	Se mide el ángulo que existe entre la dirección de entrada de la alcantarilla y el río. También se mide dicho ángulo en la salida. En los casos en los que este ángulo mayor a 60° y genere un desalineamiento entre el río y la alcantarilla, o bien, se genere un impacto entre el río y las márgenes se considerará una condición severa. Véase la Figura 5.
Nivel de crecientes visto en campo aguas arriba y aguas abajo. *	En el caso de presentarse basura en el sitio se identifica de ser posible la altura máxima a la que la basura se encuentra. En el caso de no existir basura se identifica el punto donde comienza a existir vegetación no acostada. También se puede preguntar a los vecinos de la zona hasta donde aproximadamente llega el río cuando más crecido está.

Nota: \*Puede requerirse [mejores instrumentos](#) para hacer esta medición [mejores instrumentos que o mejor](#) entrenamiento [necesarios que](#) en una inspección regular.

Fuente: Jiménez, 2015.

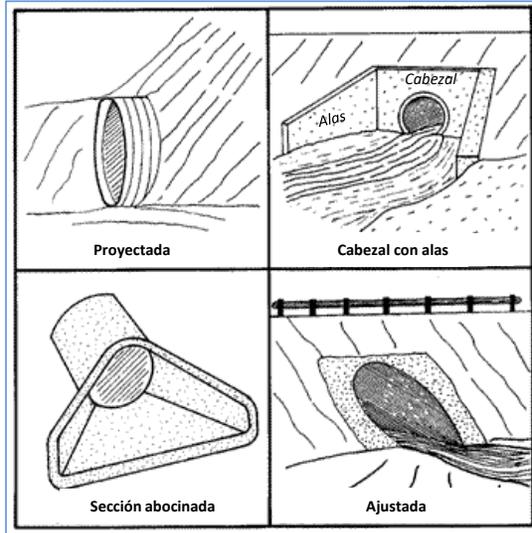


Figura 2. Tipos comunes de estructuras de salidas y entradas de alcantarillas.

Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2015.

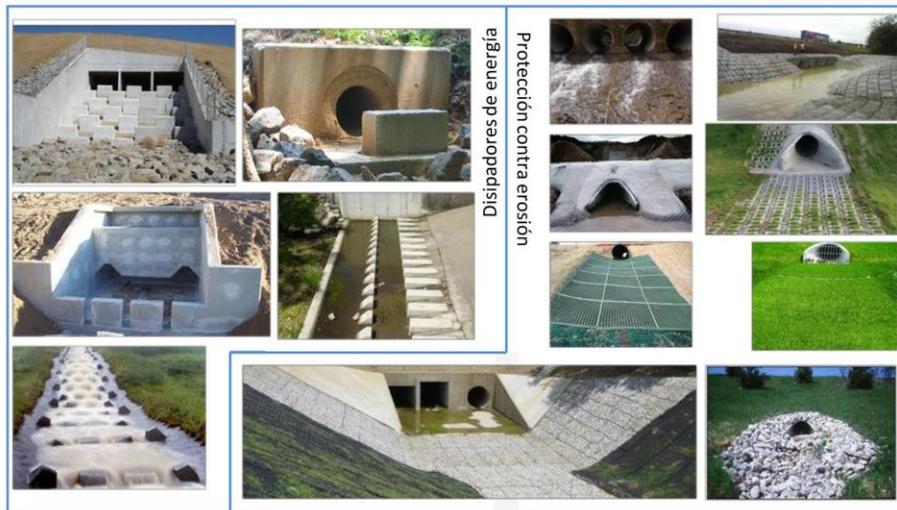
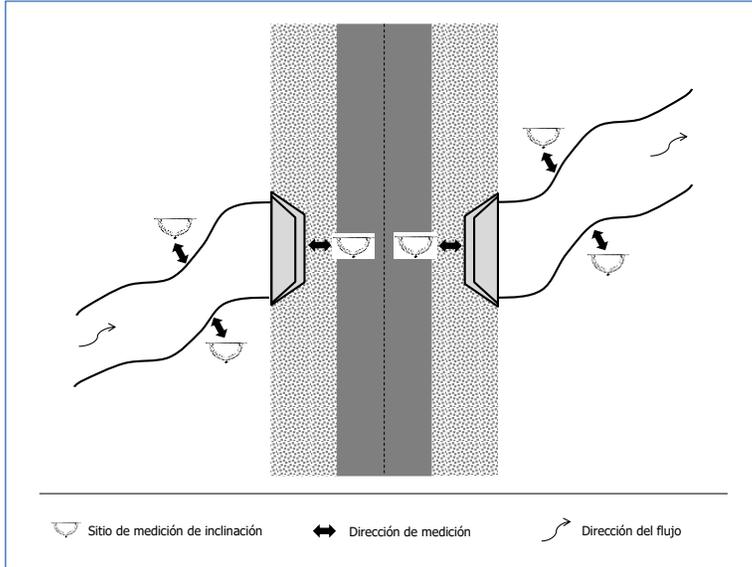
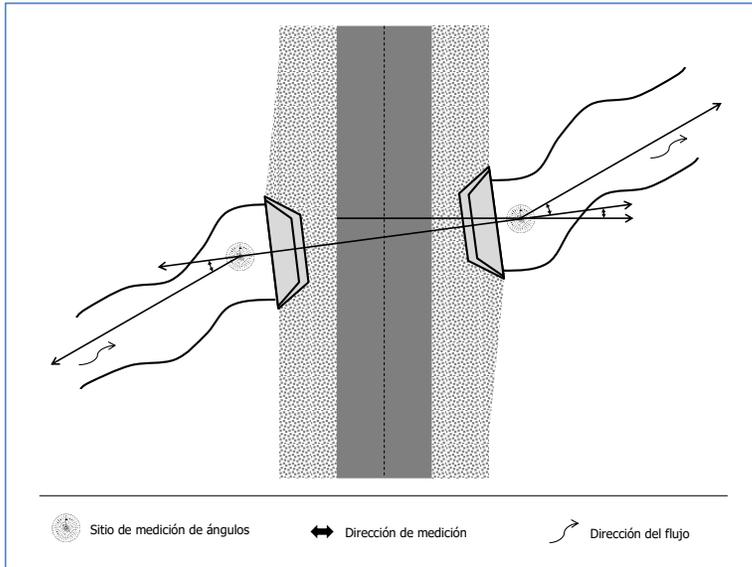


Figura 3. Tipos comunes de disipadores de energía y protección contra erosión.



**Figura 4. Sitios de registro de inclinación**

Fuente: Jiménez, 2015.



**Figura 5. Registro de diferencias angulares en la alcantarilla.**

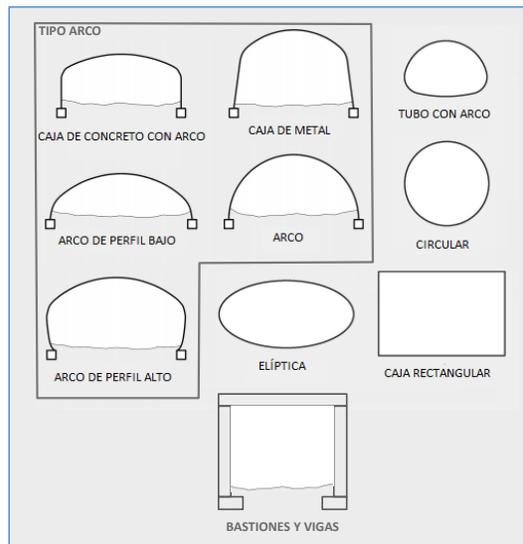
Fuente: Jiménez, 2015.

**Cuadro 3. Datos generales y mediciones generales de la alcantarilla y de sus tubos.**

Elemento	Significado
Tipe-Calidad de aguas que se observan	Se identifica si existen indicios de descargas de aguas grises o negras al río también– basura o escombros. Se puede escoger más de una opción si aplica.
Material del tubo (o apertura)	Se identifica el material del tubo(s) encontrados en la alcantarilla. Los materiales más usuales en las alcantarillas incluyen: metal corrugado, concreto, plástico y mampostería (bloques de concreto o piedra).
Forma del tubo (o apertura)	Se identifica la forma de los tubo(s) encontrados en la alcantarilla usando el criterio de la Figura 6
Tubos diferentes entre sí	Se indica si en la alcantarilla existen tubos cuya forma, material o tamaño difieren significativamente entre sí.
Largo	Distancia medida en la mitad de la altura del tubo desde la entrada hasta la salida.
Ancho	Distancia horizontal característica de cada una del tubo.
Separación	Ancho promedio entre los tubos medido horizontalmente.
Pendiente de la alcantarilla *	Se identifica la pendiente de la alcantarilla a lo largo de la dirección de flujo.
Ángulo de la alcantarilla con la carretera	Se identifica si existe un ángulo entre la dirección de la línea media de la carretera y la dirección de la alcantarilla. Véase la Figura 5.

**Comentado [LGVA15]:** Es difícil ubicar el aspecto que describe en el formulario, ya que en esta tabla no aparece en el orden del formulario. Puede ser conveniente ordenar esta tabla por subtítulos como aparece en el formulario de inventario.

Nota: En el caso de haber diferencias en el material o forma entre tubos en la misma alcantarilla se detallan cada una de los tubos por aparte. Fuente: Jiménez, 2015.



**Figura 6. Clasificación de alcantarillas según forma.**

Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2015.

### 2.1.1 Registros fotográficos

Adicionalmente a la información anteriormente mencionada, es necesario hacer un registro fotográfico de la alcantarilla. En la Figura 7 se muestran dichos sitios donde se recomienda hacer fotografías: en la entrada (3) y salida(10) de cada tubo, en la entrada mirando hacia aguas arriba (4) y en la salida mirando hacia aguas abajo (11), de 25 a 50 metros antes de llegar a la alcantarilla en cada sentido(1 y 8), desde la carretera hacia aguas arriba (aquí también se toma la medición GPS) (2), desde la carretera hacia aguas abajo (9), desde cada uno de los taludes de las márgenes hacia su opuesto tanto aguas arriba(5 y6) y aguas abajo (12 y 13) y finalmente una panorámica a la distancia de la entrada(7) y la salida(14). Todas estas fotografías son estándar y deben de ser realizadas sólo en el inventario. Las fotografías realizadas en la inspección sólo deben mostrar problemas específicos encontrados en ella.

Se recomienda al inspector marcar con una cruz, una raya o cualquier símbolo que le parezca adecuado cuando haya completado cada una de las fotografías del inventario para así no omitir ninguna.

**Comentado [LGVA16]:** La frase indicada se recomienda redactar indicando que en el formulario de inventario no se debería incluir fotos de deficiencias ya que corresponden con las que se requieren en el formulario de inspección rutinaria.

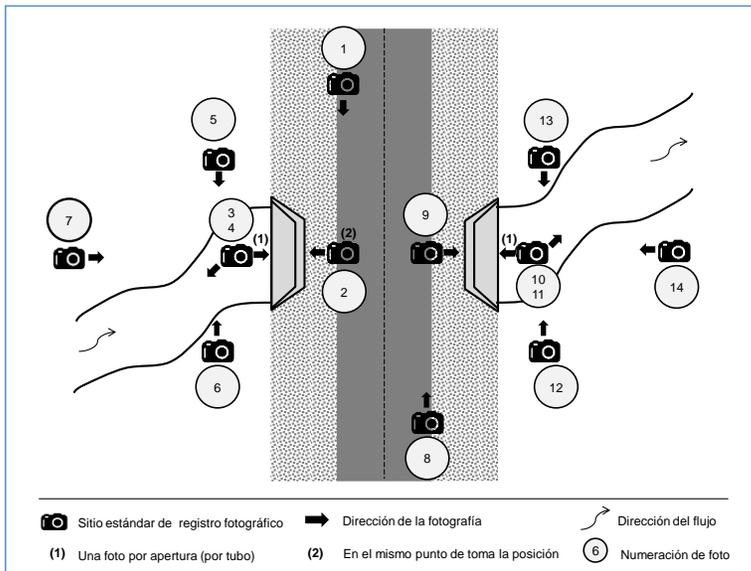


Figura 7. Croquis de la ubicación de los sitios estándar de registro fotográfico.

Fuente: Jiménez, 2015.

### 2.1.2 Elementos adicionales

Es de ayuda generar un croquis en elevación y otro transversal de la alcantarilla. En planta se puede detallar edificios vecinos, ubicación de carriles y otras estructuras de la carretera, la ubicación de los problemas encontrados a través del tiempo, la dirección del flujo y otros detalles que sean apreciables desde esta perspectiva. En el corte del perfil longitudinal (a lo largo del flujo) en la alcantarilla para identificar locaciones de problemas, la pendiente de los taludes y algunas mediciones que son necesarias para llegar a algunos de los datos generales de dimensión como la cobertura. Adicionalmente permite destacar elementos de la forma del terraplén.

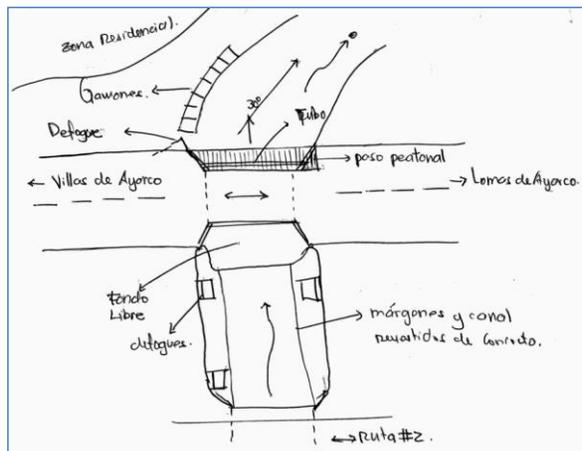


Figura 8. Ejemplo de diagrama en planta.

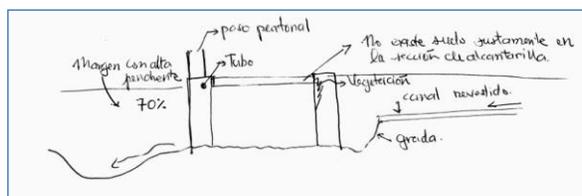


Figura 9. Ejemplo de diagrama de corte del perfil longitudinal.

La zona de anotaciones del inventario es un espacio de gran utilidad para el inspector ya que le permite anotar características adicionales de la alcantarilla que no fueron abarcadas en otras partes del inventario o que requieren de particular atención y detalle. Es importante recalcar

que se debe de abstener en este espacio de realizar anotaciones sobre la condición y del desempeño de la alcantarilla ya que estos deben de ubicarse en el formulario de [inspección rutinaria](#).

### 2.1.3 Nota aclaratoria

Cabe resaltar que en una alcantarilla pueden existir tubos con distintos tipos de material y forma. Se recomienda en esos casos tomar el tipo predominante de la estructura. Si ambos tipos tienen el mismo peso o predominancia considere hacer un registro de una nueva alcantarilla (tratando la alcantarilla en cuestión como dos alcantarillas aparte una de la otra).

### 2.1.4 Formulario de [inspección de inventario](#)

El formulario es una herramienta fundamental en el proceso de [inspección de inventario](#) no sólo debido a que registra ordenadamente la información pertinente, sino también porque éste muchas veces evita olvidos en el trabajo de campo y de escritorio.

Se presenta a continuación el formulario para realizar [inspecciones de inventario](#) en alcantarillas. En él se encuentran de forma compacta todos los puntos anteriormente mencionados.

FORMULARIO DE INVENTARIO DE ALCANTARILLAS EN RED VIAL												
Código o Nombre						Fecha						
Encargados: 1.			2.									
Datos obtenidos previamente												
Fechas de referencia			Ubicación			* Es necesario corroborar dicha información en campo						
día	mes	año	Coord.* N. E.									
Última reparación			Sist. Coord.			WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S			
Último mantenimiento			Provincia									
Inventario previo			Cantón									
Inspección previa			Distrito									
Datos Viales			Datos de la Vecindad									
Código de ruta			Zona*			Residencial	Industrial	Comercial				
Número de carriles						Agrícola	Turística	Otra				
Tránsito promedio diario (veh/día)			Infra-estructura			Telecomunicaciones		Ctro. Educación				
Porcentaje de pesados (%)						Hospitales		Edif. Habitadas				
Velocidad máxima demarcada (km/h)			cercana			Servicios		Otros de importancia				
Importancia			Evidencia histórica de inundaciones									
Cálculo de importancia			PNT	IVTS	ARA	Existen trabajos geológicos previos						
Cuerpo de agua que cruza						Paso de organismos acuáticos			Patrimonio histórico-cultural			
Datos generales obtenidos en sitio												
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo						
Tipo de entrada		Proyectada	Ajustada		Tipo de salida		Proyectada	Ajustada				
		Cabezal	Tipo bocina				Cabezal	Tipo bocina				
La entrada tiene		Delantal	Muros tipo ala		La salida tiene		Delantal	Muros tipo ala				
						Disipador de energía						
Protección canal		Concreto	Concreto lanzado		Protección canal		Concreto	Concreto lanzado				
		Gavon	Enrocado				Gavon	Enrocado				
		Geotextil					Geotextil					
Protección terraplén		Concreto	Concreto lanzado		Protección terraplén		Concreto	Concreto lanzado				
		Gavon	Enrocado				Gavon	Enrocado				
		Geotextil					Geotextil					
Material de fondo		Piedra grde.	Piedra peq.		Material de fondo		Piedra grde.	Piedra peq.				
		Arena	Limo o Arcilla				Arena	Limo o Arcilla				
		Concreto	Lajas				Concreto	Lajas				
Material de taludes		Piedra grde.	Piedra peq.		Material de taludes		Piedra grde.	Piedra peq.				
		Arena	Limo o Arcilla				Arena	Limo o Arcilla				
		Concreto	Lajas				Concreto	Lajas				
Mediciones aguas arriba						Mediciones aguas abajo						
Cobertura (m)						Cobertura (m)						
Pendiente talud (°)						Pendiente talud (°)						
Pendiente talud margen derecha (°)						Pendiente talud margen derecha (°)						
Pendiente talud margen izquierda (°)						Pendiente talud margen izquierda (°)						
Ángulo río tubo(s) (°)						Ángulo río tubo(s) (°)						
Nivel de crecientes (m) **						Nivel de crecientes (m) **						

\*\*Anote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 10. Página 1. Formulario de Inventario.

FORMULARIO DE INVENTARIO DE ALCANTARILLAS EN RED VIAL						
<div style="text-align: right;">  </div>						
<b>Características generales de la alcantarilla y de los tubos (entradas)</b>						
Material de tubo(s)	Concreto	Metal	Plástico	Mampostería	Madera	
Forma de tubo(s)	Circular	Elíptico	Arco	Tubo con arc	Cajón	Bastiones y Vigas
Calidad de agua	Clara	Jabonosa	Fétida	Basura o escombros		
Otros	¿Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferentes?					Tiene fondo libre
<b>Medidas de los tubos (entradas)</b>						
N° de tubos (entradas)			Ángulo tubo(s)-carretera (°)			
Largo del tubo(s) (m)			Pendiente de tubo(s) (°)			
Ancho del tubo(s) (m)			Separación entre tubos (m)			
Alto del tubo(s) (m)						
<b>Fotos, diagramas y comentarios</b>						
<i>Mapa</i>			<i>Croquis de la vista en planta</i>			
<b>Croquis del perfil longitudinal</b>						

Figura 11. Página 2. Formulario de Inventario.



## 2.2 Inspección de alcantarillas

El objetivo de la inspección de una es identificar situaciones riesgosas que puedan llevar al colapso parcial o total de la estructura o a la afectación de la vecindad de la alcantarilla y facilitar la labor de priorización.

### 2.2.1 Inspección del estado de la alcantarilla

Para determinar la severidad del daño estructural de la alcantarilla analizada en la visita de campo es posible clasificar su estado en función de ~~algunos síntomas~~ algunas deficiencias. En el Cuadro 4 se presenta una síntesis de los niveles de la clasificación.

**Cuadro 4. Puntajes para el análisis de estado de la alcantarilla**

Calificación	Condiciones a la que responde
Bueno	Como nueva o poco deteriorado, estructural y funcionalmente adecuada
Regular	Con algún deterioro pero estructural y funcionalmente adecuada
Malo	Con deterioro significativo e/o inadecuada funcionalmente. Reparación Recomendada.
Crítico	En muy pobres condiciones tales que podrían atentar contra la salud y seguridad de los usuarios. Reparación inmediata requerida.
n/a	No aplica, dicho elemento no existe o dicho rubro no puede ser evaluado.

Para generar una calificación adecuada de una alcantarilla esta se divide en sus elementos más importantes. Para cada uno de dichos elementos se califican diferentes rubros. En el Cuadro 6 se establecen los criterios para evaluar condición del terraplén y la carretera, en el

#### Cuadro 7 para las estructuras de entrada y salida y del

Cuadro 8 al Cuadro 11 para el tubo según el material.

Es necesario comenzar a leerlos de derecha a izquierda de forma tal que primero se revise si el elemento que se está inspeccionando se encuentra crítico, si los indicadores no corresponden con lo observado, entonces se revise si el elemento presenta al menos uno de los indicadores de una calificación mala, si no regular y si no buena.

Se pueden tomar en consideración algunos aspectos generales de la alcantarilla para hacer la evaluación específica, en especial en el caso de tener dudas. Primero, se debe de entender que al calificar como malo algún estado de la alcantarilla ~~este~~ implica que se requiere ~~en los próximos 6 meses~~ la reparación de dicha condición en los próximos 6 meses, o, de lo contrario dicho daño podría aumentar hasta llegar a ser una condición crítica. En el caso de la

**Comentado [LGVA17]:** Se presentan 4 estados de calificación de deficiencias, que se asemejan a las tablas de severidades del MP-2020. Sin embargo, la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas presenta más bien un enfoque directo de calificación de condición de acuerdo con la descripción de cada deficiencia, lo cual no implica registrar la extensión que corresponde a cada severidad, lo cual es diferente al MP-2020

La Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas sigue el enfoque de evaluación seleccionando el grado de severidad mayor en cada elemento evaluado, lo cual coincide con el enfoque de la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020).

En el MP-2020 se utilizan 6 estados de condición:  
1- Satisfactoria, 2- Aceptable, 3- Regular, 4- Deficiente, 5- Alarmante y 6- Falla inminente

Para homologar la metodología de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas con la del MP-2020 se puede realizar la calificación directamente (como aparece en el Cuadro 4), pero se tendría que cambiar los nombres de los estados de calificación. Se recomienda cambiarlos de la siguiente manera:

- 1- Satisfactoria: Equivalente a "Bueno": "Como nueva o poco deteriorado, estructural y funcionalmente adecuada"
- 2- Aceptable: Condición intermedia entre Satisfactoria y Regular.
- 3- Regular: Equivalente a "Regular": "Con algún deterioro, pero estructural y funcionalmente adecuada".
- 4- Deficiente: Condición intermedia entre Regular y Alarmante. Presenta deficiencias que pueden afectar la alcantarilla estructural o funcionalmente, pero no han llegado al estado Alarmante.
- 5- Alarmante: Equivalente a "Malo": "Con deterioro significativo e/o inadecuada funcionalmente. Reparación Recomendada". Implica problemas graves que no implican un riesgo inminente pero que pueden empeorar para la próxima inspección.
- 6- Falla inminente: Equivalente a "Crítico": "En muy pobres condiciones tales que podrían atentar contra la salud y seguridad de los usuarios. Reparación inmediata requerida." Falla inminente implica que la alcantarilla está colapsada o puede colapsar antes de la próxima inspección, no tiene la capacidad estructural y funcional necesaria y debe ser sustituida. Representa un riesgo inminente de accidente de tránsito para los usuarios de la vía.

Para más información, ver el Apéndice 1 del informe.

calificación crítica se refiere a que es muy posible que la condición presente en el elemento genere una situación de peligro para los usuarios de la vía, es decir, se podría dar el colapso de la alcantarilla. Si se tiene duda incluso luego de este recomienda tomar la peor de las calificaciones entre las que se está decidiendo.

Es importante anotar la razón por la cual se da una calificación mala o crítica en especial cuando ésta no pueda evidenciarse claramente en las fotografías o bien pueda llevar a algún tipo de controversia.

En caso de no poder darse la calificación de las alcantarillas deben de especificarse que el estado de ella es desconocido y por qué no se pudo efectuar dicha calificación. También hay que especificar si con un trabajo de mantenimiento se puede solucionar el problema y si es posible que maquinaria pesada entre al sitio. En el Cuadro 5 se especifican cada una de esas las preguntas.

**Cuadro 5. Datos básicos para una inspección.**

Elemento	Explicación
Nombre de los Inspectores	Nombre de las dos personas encargadas de la inspección. Nótese que deben de haber al menos dos personas realizando dicha labor para salvaguardar la seguridad.
Fecha de realización de la inspección	Se reporta la fecha de la inspección.
Es el estado del terraplén o el tubo desconocido	Se indica si existe alguna dificultad de acceso que impide o dificulta la ejecución de la evaluación y que por tanto impide establecer una calificación al terraplén o el tubo.
Se puede, mediante un mantenimiento sencillo, dar acceso para la inspección	Se indica, si existe una condición que dificulta el acceso, si esta condición puede ser removida a partir de un mantenimiento regular. En caso contrario se debe buscar especialistas que puedan evaluar la condición de dicha alcantarilla.
Existe acceso a maquinaria	Este elemento busca responder si maquinaria pesada puede ser llevada hasta el nivel del tubo sin problemas mayores, especialmente relacionados a la topografía del sitio o bien a la vecindad.

Nota: \* Esta variable es de interés tanto para planificar el mantenimiento, reparación y construcción de la alcantarilla como para determinar si se pueden emplear metodologías de reemplazo sin trinchera y reparación con forro (MRF).

Para la valoración sobre la condición de guardavías y espaldones se recomienda utilizar las disposiciones contenidas en el Manual SCV: Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de carreteras (Valverde, 2011) del LanammeUCR.

**Comentado [LGVA18]:** ¿Este documento es el de Germán Valverde? Debería referenciarse mejor y colocarse en la lista de referencias al final:

Valverde, G. (2011) Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras. Vicerrectoría de Investigación, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica. Disponible en: <https://www.csv.go.cr/documents/20126/117370/Manual+SCV+%28Gu%C3%ADa+para+el+an%C3%A1lisis+y+dise%C3%B1o+de+seguridad+vial.pdf/ffb2d49f-bcd4-65ce-3be1-0a3d47b09dea?t=1559256817880>



**Cuadro 6. Estado del terraplén y de la carretera en la zona de la alcantarilla.**

Rubro	Buena 1-Satisfactorio	2-Regular	Mala 3-Alarmante	Grave 4-Falla inminente
Indicadores en el terraplén	Ninguna señal de problemas.	Se pueden observar algunas grietas leves perpendiculares a la pendiente. Se puede observar la baranda ligeramente inclinada hacia afuera. Erosión superficial menor de hasta un 10% de la superficie.	Se observan grietas considerables indicando una falla por cortante. La cuña de la falla no llega hasta la carretera. Se observa una inclinación severa en la baranda. hacia afuera Se pueden observar huecos o cavidades en el terraplén cerca del espaldón pero no son profundos ni extensos. Erosión superficial moderada de hasta un 40% del área superficial.	Hay una pérdida significativa del terraplén o de la baranda. Erosión superficial severa superior al 40% del área superficial.
Indicadores en la carretera	No se ven defectos, grietas o parches de mantenimiento en el pavimento. Sin alguna diferencia perceptible de elevación entre el pavimento de la zona de la alcantarilla y el anterior y posterior en sentido del flujo vehicular. No se identifican agrietamientos.	Áreas aisladas con grietas y descascarados. Diferencia menor apenas perceptible en el pavimento en la zona de la alcantarilla. Agrietamientos transversales de baja severidad en el pavimento menores a 6 mm.	Agrietamiento, descascarado, cavidades o parches de mantenimiento no aislados afectando hasta 20% de un carril o un espaldón en la zona de la alcantarilla. Diferencia significativa en el pavimento en la zona de la alcantarilla. Los vehículos rebotan al pasar Agrietamientos transversales de hasta 12 mm.	Agrietamiento, descascarado, cavidades o parches de mantenimiento afectando a más de 20% de un carril o un espaldón en la zona de la alcantarilla. La diferencia en elevación genera un impacto en la estructura cuando los vehículos pasan. Existe un obstáculo mayor tránsito o existe una situación peligrosa debido a ello. Agrietamientos transversales superiores a los 12 mm.
Arreglos en superficie de la vía	Se identifica si es necesario hacer arreglos del terraplén en la superficie de rodamiento, es decir, si es necesario cerrar al menos un carril para efectuar los arreglos en el terraplén.			
Comparación	Reporte si las condiciones observadas en la zona de la alcantarilla son significativamente más críticas que las observadas previamente o posteriormente al paso.			

**Comentado [LGVA19]:** No se utilizan las convenciones de espacios entre el número y su unidad y del uso de coma en lugar de punto como símbolo decimal que solicita el Anexo A del Reglamento Técnico RTCR 443:2010 Metrología. Unidades de Medidas Sistema Internacional (SI), N° 36463-MEIC

Ver artículos A5 y A6 del reglamento: [http://www.pqrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=69887&nValor3=84158&strTipM=TC](http://www.pqrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=69887&nValor3=84158&strTipM=TC)

Se recomienda dejar carácter de espacio entre el número y su unidad, entre el número y el símbolo de ° o de %. El carácter de espacio evita que el número se separe de su unidad, principalmente al cambiar de línea y se incluye como CTRL+SHIFT+ESPACIO. También, cambiar el símbolo decimal de punto a coma.

**Cuadro 7 Explicación detallada de la calificación de la condición de las obras de entrada y salida.**

Rubro	Buena 1 - Satisfactorio	3 - Regular	Mala 5 - Alarmante	Calidad - Falta inminente
Cabezal y alas entrada o salida	Ninguna o pocas grietas. Muy ligero descascarado del concreto o corrosión del acero. No hay exposición de la fundación. No hay desplazamiento. No hay abrasión. No hay desprendimientos. No hay delaminaciones.	Pequeñas grietas y escarificación del concreto (grietas menores a 0.02 mm). Poca rotación o desplazamiento con una brecha pequeña respecto al borde del tubo. Poca exposición de la fundación. Desprendimientos menores. Abrasión menor a 6 mm de profundidad. Delaminaciones menores de 15 cm de diámetro. Ángulo medido entre el eje longitudinal de alcantarilla y cauce es menor de 30°.	Área afectada por el agrietamiento y la escarificación es mayor al 50% o se da exposición del acero de refuerzo (grietas de hasta 2 mm). Rotación o desplazamiento significativo con una distancia de hasta 40 cm respecto al borde del tubo. Exposición parcial de la fundación y socavación. Abrasión hasta de 12 mm de profundidad en un 30% del área. Daños por impacto. Desprendimientos y delaminaciones en áreas de hasta 45-15 cm de diámetro. Ángulo medido entre el eje longitudinal de alcantarilla y cauce es menor de 60° con afectación de márgenes.	Colapso parcial o total de la estructura con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera. Grietas superiores a 3 mm con refuerzo expuesto o infiltraciones. Abrasión, delaminaciones y desprendimientos severos con exposición del acero de refuerzo o en áreas mayores de 45 cm de diámetro. Rotación o desplazamiento significativo con una distancia mayor a 40 cm respecto al borde del tubo. Exposición significativa de la fundación y socavación. Ángulo medido entre el eje longitudinal de alcantarilla y cauce es mayor de 60° con afectación de márgenes.
Delantales de entrada o salida	Sin agrietamiento, socavación o tubificación. No hay desplazamiento.	Agrietamiento no significativo (grietas menores a 0.02-02 mm).	Agrietamiento en más del 50% del delantal (grietas de hasta 2mm).	Colapso parcial o total de la estructura con afectación del desempeño



**Comentado [LGVA20]:** En el formulario no está la opción de calificar cada una de los aspectos que se muestran en este cuadro. Se recomienda incluir en el formulario de forma separada a cada uno de los aspectos que se muestran en el Cuadro 7.

	No hay abrasión. No hay desprendimientos. No hay delaminaciones.	Sin tubificación o socavación visibles. Desprendimientos menores. Abrasión menor a 6mm de profundidad. Delaminaciones menores de 45-15 cm de diámetro.	Socavación o tubificación visibles. Abrasión hasta de 12 mm de profundidad en un 30% del área. Daños por impacto. Desprendimientos y delaminaciones en áreas de hasta 45-15 cm de diámetro.	de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera. Grietas superiores a 3 mm con refuerzo expuesto o infiltraciones. Abrasión, delaminaciones y desprendimientos severos con exposición del acero de refuerzo o en áreas mayores de 45-15 cm de diámetro.
Sección abocinada, sección proyectada del tubo o sección ajustada del tubo.	Poco o ningún Agrietamiento, deterioro y deformación no visible. No hay socavación.	Agrietamiento, deterioro y deformación no significativa. Hay poca socavación.	Grietas, socavación o tubificación afectan a más del 50% del accesorio. Cabezal aplastado o separado del tubo	Deterioro significativo con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera.
Protección contra erosión.	Poco o ningún desplazamiento o socavación del empedrado o de las unidades de protección. Unión firme con la estructura de la alcantarilla	Desplazamiento, socavación o deterioro localizado del empedrado o de las unidades de protección. Pequeña separación de la estructura de la alcantarilla	Desplazamiento, socavación o deterioro significativo afectando el desempeño de la medida preventiva y de la alcantarilla.	Colapso parcial o total de la estructura con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera.

**Cuadro 8. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado.**

Rubro	1- Satisfactorio Buena	3- Regular Regular	5- Alarmante Mala	6- Falla Inminente Crítico
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Poca o ninguna abrasión. Poco concreto descascarado y poco agregado expuesto.	Moderada abrasión y concreto descascarado. Pérdida de agregado sin llegar a exponer el acero de refuerzo.	Considerable abrasión, concreto descascarado y perdida de agregado. El acero de refuerzo se encuentra expuesto.	Pérdida de secciones completas. Huecos debajo de las secciones dañadas. Daños en la carretera o en el terraplén
Uniones	La unión es firme y lisa. Pocas o ninguna rugosidad o grieta.	La unión está desplazada o rotada pero con poca infiltración o expulsión de agua o suelo. Grietas longitudinales de hasta 0,32 mm de <del>espesor</del> <u>ancho</u> en la junta.	La unión está desplazada o rotada. Significativa infiltración o expulsión de agua o suelo. Se pueden observar huecos en la zona de las uniones. Grietas longitudinales de hasta 3 mm de espesor en la junta.	Quebraduras o separaciones de más de 10 cm. Huecos extensos en las zonas de unión. Daños en la vía o en el terraplén. Grietas longitudinales mayores de 3 mm de espesor en la junta.
Deformación en la sección transversal	Ninguna observada.	Distorsiones menores o difíciles de distinguir resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se encuentran entre 1% y 5% del tamaño del conducto original	Distorsiones significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se encuentran entre 5% y 10% del tamaño del conducto original.	Distorsiones muy significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se son mayores al 10% del tamaño del conducto original. La estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.

<p>Agrietamiento en cajones</p>	<p><b>Cajones y Arcos:</b> Grietas delgadas o por contracción encontrado localmente y no en la corona o en la línea de media altura de la alcantarilla. Grietas en menos del 25-25% de cobertura de la sección transversal. Grietas menores a 3-0,3 mm de ancho.</p> <p>No hay asentamiento diferencial. No hay exposición de fundaciones. No hay desplazamiento. No hay abrasión. No hay desprendimientos. No hay delaminaciones.</p> <p><b>Tubo de concreto reforzado:</b> Ninguna grieta. No hay abrasión. No hay desprendimientos. No hay delaminaciones.</p>	<p><b>Cajones y Arcos:</b> Grietas pequeñas (menores a 6-1 mm) con desprendimientos menores de concreto y poca entrada o salida de suelo en la corona o en las esquinas a lo largo de menos que el 50% de la sección transversal.</p> <p>Asentamiento diferencial leve que no genera agrietamientos. Exposición leve de las fundaciones. Desprendimientos menores. Abrasión menor a 6 mm de profundidad. Delaminaciones menores de 45-15 cm de diámetro.</p> <p><b>Tubo de concreto reforzado:</b> Algunas grietas delgadas (del orden de 0,4-1 mm), pero no ubicadas ni en la corona ni en las esquinas. Desprendimientos menores. Abrasión menor a 6 mm de profundidad. Delaminaciones menores de 45-15 cm de diámetro.</p>	<p><b>Cajones y Arcos:</b></p> <p>Grietas de más de 6-1 mm con una entrada o salida significativa de suelo. Oquedades o grietas en más del 50% de la sección transversal.</p> <p>Asentamiento diferencial genera grietas con separación menor a 6 mm.</p> <p>Exposición parcial de fundaciones. Abrasión hasta de 12 mm de profundidad en un 30% del área. Daños por impacto. Desprendimientos y delaminaciones en áreas de hasta 45-15 cm de diámetro.</p> <p><b>Tubo de concreto reforzado:</b> grietas de más de 3-1 mm de ancho o cualquiera a lo largo de la corona o las esquinas. O bien grietas en más del 25% de la sección transversal. Desprendimientos y delaminaciones en áreas de hasta 45-15 cm de diámetro.</p>	<p><b>Grietas de más de 2,5 mm de ancho.</b></p> <p>Las grietas han permitido la entrada de suelo de forma extensiva. La alcantarilla ha fallado estructuralmente. Existen daños en el terraplén y/o en la carretera. Asentamientos diferenciales generan agrietamientos con separaciones menores de 6-6 mm y distorsión de la sección. Socavación importante que expone las fundaciones. Abrasión, delaminaciones y desprendimientos severos con exposición del acero de refuerzo o en áreas mayores de 45-15 cm de diámetro.</p>
---------------------------------	---	---	---	--

**Comentado [LGVA21]:** El aspecto evaluado no solamente cubre agrietamiento sino otras deficiencias en el concreto. Se recomienda cambiar el nombre a deficiencias en el concreto.

**Comentado [LGVA23]:** No es claro si lo que se indica en la calificación Malo y Crítico es separación (entendido como distancia entre grietas), ancho de grieta o separación del elemento.  
Malo: Asentamiento diferencial genera grietas con separación menor a 6 mm.  
Crítico: Asentamientos diferenciales generan agrietamientos con separaciones menores de 6 mm y distorsión de la sección. Se recomienda cambiar la redacción para que quede claro a qué tipo de deficiencia se refiere, donde en lugar de separación de grietas se refiere a desviaciones verticales en las grietas por asentamiento o rotación de la alcantarilla. No se encontró el criterio en la referencia base de FHWA (2010) Culvert Assessment and Decision-Making Procedures Manual For Federal Lands Highway. Se encontró un criterio similar relacionado con el asentamiento o la rotación en la Guía AASHTO de inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) donde el criterio que indica que en la condición "Mala" ("Poor") es que se observa una desviación vertical en la grieta menor que 6 mm sin deficiencias o distorsiones estructurales. En la condición "Crítica" ("Severe") la desviación vertical en la grieta excede los 6 mm y posee deficiencias o distorsiones estructurales como agrietamiento del concreto.

**Comentado [LGVA22]:** No parece conveniente utilizar en los límites de ancho de grietas de 3 mm (condición Bueno) o de 6 mm (indicado en Condición Regula y Malo) ya que son de consideración estructural y afectan la durabilidad del concreto. Ese ancho de 3 mm y de 6 mm viene de la referencia de FHWA FLH Culvert Assessment Guide. Sin embargo, en otros manuales como el Michigan Non-NBI Culvert Structure Inspection Guide (Michigan Transportation Asset Management Council, 2021) y la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) se utiliza el límite de 0,3 mm y 1 mm respectivamente, los cuales están de acuerdo con los límites para ancho de grietas que se utilizan en el MP-2020, el cual está basado en el Manual de inspección por elementos de AASHTO (2019). Además, en la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas se utiliza un ancho de grieta mayor que 2,5 mm para la condición "Crítica" ("Severe"). Se recomienda cambiar los límites de ancho de grietas de acuerdo con lo anterior.

Rubro	1- Satisfactorio/Buena	3- Regular/Regular	5- Alarmante/Mala	8- Falla Inminente/Crítico
Corrosión y eflorescencia	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Poca o ninguna eflorescencia presente.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Ninguna eflorescencia</p>	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Marcas de corrosión en las grietas y en las zonas de desprendimiento de concreto sin que el acero de refuerzo esté expuesto.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Ninguna mancha de óxido</p>	<p><u>Cajones y Arcos</u>: El acero de refuerzo está expuesto.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Mancha de óxido o acero de refuerzo expuesto.</p>	<p>Pérdida significativa de acero que causa deformaciones en la alcantarilla. Huecos en la carretera o en el terraplén.</p>



**Cuadro 9. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de acero corrugado.**

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Poca o ninguna pérdida de la cubierta protectora. Poca superficie con óxido. No hay pérdida de sección. No hay agujeros.	Corrosión generalizada con pérdida de material o pequeños huecos. Pérdida de la cubierta protectora— pero con una cantidad significativa de la sección todavía presente.	Perforaciones visibles o fácilmente reproducibles con un martillo. Varios agujeros con diámetros menores a <u>25</u> mm.	Huecos y pérdida de secciones completas con huecos debajo estos. Daños en la carretera o en el terraplén. Varios agujeros con diámetros mayores a <u>25</u> mm.
Uniones	Daño menor. No existe separación entre piezas. No hay tornillos o pernos flojos o perdidos.	La unión está desplazada o rotada. Hay poca infiltración o expulsión de agua o suelo. Menos de un 5% de los tornillos o pernos están flojos o perdidos.	La unión está desplazada o rotada. Significativa infiltración o expulsión de agua o suelo. Se pueden observar vacíos en la zona de las uniones. Hasta un 15% de los tornillos o pernos están flojos o perdidos.	La unión desplazada o rotada. Significativa infiltración o expulsión de agua o suelo. Se pueden observar huecos en la zona de las uniones acompañados por daños en el terraplén o en la carretera. Más de un 15% de los tornillos o pernos están flojos o perdidos.
Deformación en la sección transversal.	Ninguna	Algún aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 5% a un 15% del tamaño original del conducto. Algunas secciones tienen una pequeña asimetría.	Distorsión significativa con aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 15% a un 20% del tamaño original del conducto.	Distorsiones muy significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto que son mayores al 20% del original. La estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.
Corrosión por arriba de la línea de flujo	Poca o ninguna corrosión de la superficie o bien poca o ninguna pérdida de la cubierta protectora.	Moderada— corrosión y limitada cantidad de huecos pequeños— debido a ella. Corrosión de los elementos de conexión, pero intactos en su funcionamiento.	Perforaciones visibles y fácilmente generables con un martillo. Los elementos de conexión han fallado.	Pérdidas de sección significativas. Extensiva infiltración de suelo. Existen huecos. Hay daños en el terraplén y/o en la carretera.

**Cuadro 10. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de plástico.**

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Ninguno observado.	Superficie con abrasión o desgaste menor.	Abrasión y desgaste significativos con perforaciones en el fondo.	Pérdida significativa de sección en el fondo de la alcantarilla con. Pérdida de suelo en el fondo o huecos. Daños en la carretera o en el terraplén.
Uniones	Daño menor en las uniones sin separación alguna.	Con separación o rotación no significativa. Poca o ninguna entrada o salida de agua o suelo.	Con separación o rotación significativa. Hay entrada o salida significativa de agua o suelo. Se pueden observar vacíos en la zona de las uniones.	Con separación o rotación significativa. Hay entrada o salida significativa de agua o suelo. Hay asentamientos o huecos en el terraplén o en la carretera.
Deformación en la sección transversal	No hay distorsiones visibles.	Algún aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 5% a un 10% del tamaño original del conducto. Algunas secciones tienen una pequeña asimetría.	Distorsión significativa con aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 10% a un 15% del tamaño original del conducto.	Distorsiones Severas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se son mayores al 15% del tamaño del conducto original. Le estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.
Pared con corrugaciones o tubo	Superficie lisa sin signos de torceduras o desgarros, grietas o abultamientos localizados.	Pocas torceduras o pandeo local. Desgarros o grietas de menos de 15 cm de largo presentes en pocas locaciones. Abrasión inferior al 10% del espesor de la pared.	Torceduras y pandeo local significativos. Desgarros o grietas de mayores a 15 cm de largo presentes de forma general. Abrasión inferior al 25% del espesor de la pared.	Torceduras y pandeo local, desgarros o grietas excesivos. Entrada o salida de suelo del terraplén. Huecos o tubificación con daños en el terraplén o en la carretera. Abrasión superior al 25% del espesor de la pared.

**Cuadro 11. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de mampostería.**

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Descascarado de mortero o unidades en la zona del fondo.	Descascarado significativo. Mortero o bloques sueltos.	Mortero o bloques desplazados. Huecos en el fondo.	Huecos grandes con pérdidas completas de sección en el fondo. Huecos o daños en el terraplén o en la carretera.
Deformación en la sección transversal	Ninguna observada.	Agrietamiento menor observado. La deformación no es perceptible.	Deformación perceptible y grietas longitudinales en la corona, en el fondo de la alcantarilla o en la línea de media altura.	Entrada extensiva de suelo. Se observan huecos en el terraplén o daños a la carretera.
Mortero y Mampostería	Deterioro menor y aislado del mortero. Todos los bloques están en su lugar y de forma estable No hay entrada ni salida de suelo Zonas con eflorescencias menores de 5 cm <sup>2</sup>	Bloques o mortero quebrados, o sueltos. Poca entrada de suelo. Áreas con eflorescencia sin manchas de corrosión.	Bloques perdidos o desplazados Entrada de suelo y huecos en el terraplén. Áreas con eflorescencia con manchas de corrosión.	Presencia generalizada de huecos. Entrada extensiva de suelo generando huecos en el terraplén. Daños en el terraplén observables desde arriba o daños en la carretera.

Es importante notar que la protección contra erosión se entiende principalmente como la protección contra erosión en el canal mismo del río, sin embargo, las protecciones de las márgenes y en el terraplén que se encuentren hasta la altura de la corona de la alcantarilla también deben de ser tomados en consideración por aparte en este análisis ya que estos pueden ser vistos como una unidad. Es importante notar que se evalúa el tramo de la protección que se encuentra en peor estado de los existentes en la alcantarilla.

**Comentado [LGVA24]:** Esto no se ve reflejado en el formulario respectivo.

### 2.2.2 Inspección del desempeño de la alcantarilla

La siguiente etapa de la inspección es la del análisis del desempeño de la alcantarilla. Estos parámetros permiten determinar si el funcionamiento de la alcantarilla es adecuado o si existe una situación que se salen del alcance de una inspección visual.

**Comentado [LGVA25]:** Puede ser conveniente incluir en esta sección dos subtítulos: uno donde se explique que son las acciones de nivel I y otro donde se explique que son las acciones de nivel II

#### Evaluación de problemas de desempeño relacionadas con acciones de nivel I

En el Cuadro 12 se indican problemas que llevan inmediatamente a una acción de mantenimiento, reparación, reemplazo en algunos de los elementos de la alcantarilla o bien contacto con un experto.

**Comentado [LGVA26]:** No queda muy clara la diferencia entre la evaluación del desempeño y la evaluación de deficiencias del apartado 2.2.1. Pareciera que la evaluación del desempeño es una interpretación de la evaluación de deficiencias del apartado 2.2.1 y a veces, algunas deficiencias parecen repetirse y otras podrían ser evaluadas como parte de algún aspecto descrito en las calificaciones de condición. Se recomienda incluir los aspectos del apartado 2.2.2 como aspectos por evaluar en la calificación de condición como lo hace la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020). El apartado 2.2.2. se puede reescribir indicando ante cuales aspectos y calificaciones de condición de esos aspectos (sin ahondar en descripciones) es necesario aplicar acciones de Nivel I o Nivel 2

**Cuadro 12. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel I**

Problema	Indicador de Campo
Bloqueo por escombros o vegetación	Bloqueo de más de 1/3 (33%) del tubo de la alcantarilla en la entrada o dentro de ella.
Bloqueo de escombros frecuente y crítico.	Más de 3/4 (75%) de la alcantarilla es bloqueada por escombros y la alcantarilla ha tenido mantenimiento y limpiezas frecuentemente (en menos de 6 meses).
Bloqueo menor de sedimentos en la entrada o en la salida	Bloqueo desde 1/3 (33%) hasta 3/4 (75%) de la altura del tubo de la alcantarilla en la entrada o en la salida únicamente (no más de unos metros adentro del tubo).
Falla de entrada *	La entrada se encuentra por arriba del nivel de fondo del río y el material de construcción puede ser considerado liviano. La alcantarilla está colapsada hacia adentro. Adicionalmente no hay cabezal.

**Comentado [LGVA27]:** Explicar que son acciones de nivel I ya que hasta este punto solamente se mencionan muy superficialmente.

**Comentado [LGVA28]:** Colocar en el mismo orden que aparece en el formulario

**Comentado [LGVA29]:** Esta descripción parece ambigua y relacionada con el problema "Bloqueo por escombros o vegetación"

Problema	Indicador de Campo
Alineamiento inadecuado respecto al canal	Tubo de la alcantarilla rotado más de 45° respecto al canal de aguas arriba con problemas en el terraplén, márgenes o la entrada de la alcantarilla. Rotación de más de 45° respecto al canal aguas abajo con erosión en las márgenes o en terraplén. Afectación de juntas por problemas de alineamiento. Desalineamiento genera pozos y sedimentación en más de un 30% de la sección de la tubería.
Evidencia de rebosamiento	Erosión en la estructura de protección vehicular, erosión aguas abajo en el terraplén, pérdida de pavimento e historial de inundaciones.
Erosión en el terraplén por mal manejo de aguas	Se observan cárcavas en el terraplén aguas abajo o aguas arriba, cercanos a los desfuegos de aguas pluviales o bien cerca del punto más bajo de la carretera sin que se muestren señas de rebalse de la alcantarilla.
Erosión local en la salida	Se presenta socavación en la alcantarilla, -sus obras de salida y entrada o en el terraplén. Se puede observar una piscina de erosión con una profundidad de erosión mayor a 20% de la altura de la alcantarilla.

Nota: \* El problema de fallo de entrada donde ésta colapsa hacia adentro se agrega aquí debido que no se entraría en el diagrama de acciones tipo I a menos que sea tomado en cuenta en el cuadro.

**Evaluación de problemas de desempeño relacionadas con acciones de nivel II**

Cuando el problema de desempeño tiene implicaciones ambientales, geotécnicas o hidráulicas que se salen de los alcances de la inspección visual entonces se recomienda un análisis detallado por parte del especialista respectivo. En el Cuadro 13 se especifica cada uno de dichos problemas y los indicadores de campo relacionados.

En este sentido las acciones de nivel II no solamente tienen una implicación para el adecuado funcionamiento y estado de la alcantarilla sino también en algunos casos tienen una implicación para todo el canal del río o quebrada que sorteas la alcantarilla. Es necesario identificar que los problemas aquí mencionados involucran un nivel de incertidumbre superior al mostrado en cualquier otro rubro de la metodología, por ende los encargados de la construcción o la reparación deben de estar pendientes del resultado de las diferentes investigaciones relacionadas a los aspectos mencionados en el Cuadro 13-a ellos.

Cabe resaltar que estos problemas los aspectos mencionados en el Cuadro 13, aunque puedan ser no sean corroborados de forma cualitativa en sitio, implican situaciones hidráulicas, estructurales o geotécnicas que requieren un análisis más profundo, ya que la raíz del

**Comentado [LGVA30]:** Explicar que son acciones de nivel II ya que hasta este punto solamente se mencionan muy superficialmente.

**Comentado [LGVA31]:** Revisar si la redacción propuesta concuerda con la idea que se quiere transmitir

**Comentado [LGVA32]:** Sin embargo, en el Cuadro 13 aparecen aspectos que permiten corroborarlos de forma cualitativa... por eso este párrafo parece contradictorio

~~problema no se atendería solamente reparando o brindando mantenimiento, sino se encuentran evidencias que indican la probabilidad de que dicho fenómeno esté ocurriendo; en otras palabras, solo se supone que se da el fenómeno y por ende se llama a~~ Para definir las acciones de intervención, es necesario contactar a un experto para que ~~lo~~ corrobore la situación en la alcantarilla y brinde una solución ~~al respecto de estar dándose específica.~~

**Cuadro 13. Problemas desempeño relacionados con acciones de nivel II**

Problema	Indicador de Campo
Bloqueo de sedimentos crítico	Todo el tubo lleno más de 1/3 (33%) de su altura en toda su longitud y no está diseñado para POA (paso de organismos acuáticos). Bloqueo de más de 3/4 (75%) de la altura de la alcantarilla en la entrada o en la salida únicamente.
Degradación del canal	Entrada o salida colgando con las paredes del canal verticales o inestables. No se observa final grada de erosión local. Se observan fundaciones expuestas de estructuras en las márgenes (Ámbito urbano).
Inestabilidad en el terraplén	Calificación <del>mala</del> Alarmante o crítica <del>Falla inminente</del> de la carretera o el terraplén sin problemas de mal alineamiento o erosión local.
Tubificación en el terraplén	Asentamientos o huecos en la carretera sin problemas mayores de juntas encontrados en la alcantarilla. Parte del agua pasa por debajo o a los lados de la alcantarilla (no dentro de ella).
No hay acceso	Cuando no se puede determinar la condición de la estructura por medio de revisión en los extremos o cuando la alcantarilla no puede ser revisada debido a una condición que no puede ser solucionada por medio de mantenimiento.
Abrasión o corrosión agresiva	Condición <del>crítica</del> de <del>Falla inminente</del> , relacionada a la abrasión o la corrosión encontrada en menos de 5 años.
Fundación expuesta	Cualquier fundación que se vea expuesta en las alcantarillas con el fondo libre.
Para alcantarillas de fondo móvil	Cualquier condición calificada como <del>pobre</del> Alarmante o crítica <del>Falla inminente</del> .

**Comentado [LGVA33]:** Los aspectos incluidos en el cuadro 13 pueden llevar a dudar por qué no pueden ser corregidos por acciones de mantenimiento. Sin embargo, no está quedando claro el mensaje que se quiere dar de que las acciones de mantenimiento no resultarían en la solución del problema y que requieren estudios específicos para dar una solución definitiva a los aspectos mencionados. Esos detalles se mencionan más adelante en la sección 3.1 de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas, pero en este punto no queda clara la intención de determinar las acciones nivel I o nivel II. Se recomienda explicar en cada aspecto por qué su solución requiere estudios específicos y acciones más allá de una reparación o mantenimiento (acciones Nivel I).

**Comentado [LGVA34]:** No se incluyó el aspecto de problemas aparentemente relacionados por el paso de vehículos con peso excesivo (problemas de carga viva vehicular). Los problemas de carga requieren de análisis de capacidad de carga que están fuera del alcance de la inspección rutinaria (ver Manual de Evaluación de puentes de AASHTO, 2018)

**Comentado [LGVA35]:** Este aspecto se parece mucho al que se menciona como Bloqueo por escombros o vegetación de la tabla anterior. Parece ser que el problema de sedimentación requiere estudios más detallados que la acumulación de escombros o vegetación. Se debería revisar los criterios o explicar mejor la diferencia

**Comentado [LGVA36]:** Mejorar Redacción Este aspecto se puede indicar como una posible evidencia de deficiencias en capacidad hidráulica de la alcantarilla, que provoca un aumento en la velocidad del flujo y daños en los alrededores.

**Comentado [LGVA37]:** Explicar mejor. Se entiende que se refiere a una posible inestabilidad de taludes sin que responda a erosión.

**Comentado [LGVA38]:** Se podría explicar por qué esto corresponden a un problema de desempeño tipo II: el cual se produce aparentemente producido por falta de capacidad hidráulica de la alcantarilla

**Comentado [LGVA39]:** No está incluido en el formulario

**Comentado [LGVA40]:** Indicar igualmente a cuál posible deficiencia hidráulica puede estar asociada (aumento de velocidad de flujo u otra)

**Comentado [LGVA41]:** Explicar mejor a qué deficiencia hidráulica puede estar asociada esta condición.

**Comentado [LGVA42]:** Explicar mejor la deficiencia

### 2.2.3 Elementos adicionales

La zona de anotaciones de la inspección es un espacio de gran utilidad para el inspector ya que le permite anotar el porqué de las calificaciones y también le permite agregar mayor información específica respecto a los problemas de desempeño y estado de la alcantarilla tal y como se vieron en sitio. Es importante recalcar que se debe de abstener en el espacio de anotaciones escribir sobre recomendaciones, sugerencias y predicciones.

A diferencia de la zona de anotaciones, en la zona de comentarios se pueden realizar recomendaciones y sugerencias sobre lo que hay que hacer o bien predicciones sobre lo que puede ocurrir en la alcantarilla. Lo anterior en el caso de que el inspector se sienta en la capacidad de hacerlo y lo considere necesario.

#### 2.2.4 Notas aclaratorias

Cabe resaltar que una alcantarilla en particular puede contener tipos distintos material y forma. En estos casos se recomienda realizar una inspección a cada tubo y tomar el resultado de la inspección más crítica, es decir, la calificación máxima obtenida.

#### 2.2.5 Formulario de inspección

El formulario es una herramienta fundamental en el proceso de inspección no sólo debido a que registra ordenadamente la información pertinente, sino también porque éste muchas veces evita olvidos en el trabajo de campo y de escritorio.

Se presenta a continuación el formulario para realizar inspecciones en alcantarillas. En él se encuentran de forma compacta todos los puntos anteriormente mencionados.

**Comentado [LGVA43]:** Revisar el formulario con las observaciones realizadas en las partes anteriores

FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE ALCANTARILLAS EN RED VIAL										
Código o Nombre:					Fecha:					
Encargados: 1.					2.					
Estado General Alcantarilla:		Bueno-B	Regular-R	Malo-M	Crítico-C	Desconocido-D				
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses										
NO se puede acceder a toda la alcantarilla*										
Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*										
NO existe acceso a maquinaria pesada* <span style="float: right;">*debe explicarse en anotaciones</span>										
Evaluación del estado										
<b>Terraplén y Carretera</b>					B	R	M	C	N/A	
Carretera										
Terraplén										
Hay algún daño en el terraplén que invade la vía										
Condiciones antes y después del paso son diferentes										
<b>Tubo o apertura</b>					B	R	M	C	N/A	
Fondo										
Uniones										
Deformación										
Agrietamiento										
Corrosión										
Pared de corrugaciones										
Mampostería y mortero										
Más de 50% malo o crítico										
					B	R	M	C	N/A	
<b>Protección contra erosión</b>										
Más de 50% malo o crítico										
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?										
<b>Estructura de entrada</b>					B	R	M	C	N/A	
Cabezal, ajuste, proyección o bocina										
Socavación de fundaciones										
Accesorio rotado										
Agrietamiento crítico										
Más de 50% malo o crítico										
Delantal										
Socavación de fundaciones										
Agrietamiento crítico										
Más de 50% malo o crítico										
<b>Estructura de salida</b>					B	R	M	C	N/A	
Cabezal, ajuste, proyección o bocina										
Socavación de fundaciones										
Accesorio rotado										
Agrietamiento crítico										
Más de 50% malo o crítico										
Delantal										
Socavación de fundaciones										
Agrietamiento crítico										
Más de 50% malo o crítico										
Evaluación del desempeño										
<b>Problemas de desempeño tipo I</b>					<b>Problemas de desempeño tipo II</b>					
Sedimentos entrada o salida > 33%					Sedimentos entrada o salida > 75%					
Escombros o vegetación de más de 33%					Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%					
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente					Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.					
Erosión local a la salida					Degradación del canal**					
Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla					Tubidificación en el terraplén**					
Erosión en el terraplén por mal manejo del agua					Deterioro aparentemente generado por problemas de carg					
Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento					Corrosión Agresiva**		Abrasión Agresiva**			
Fallo Entrada Flotabilidad		Fallo Entrada Aplastamiento			Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**					

Figura 13. Página 1. Formulario de inspección.



FORMULARIO DE INSPECCIÓN DE ALCANTARILLAS EN RED VIAL			
Registro fotográfico de inspección			
N° 1		N° 2	
N° 3		N° 4	
N° 5		N° 6	

Figura 15. Página 3. Formulario de Inspección.

### 2.2.6 Complemento fotográfico



Figura 16. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de concreto(1).



Figura 17. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de concreto(2).

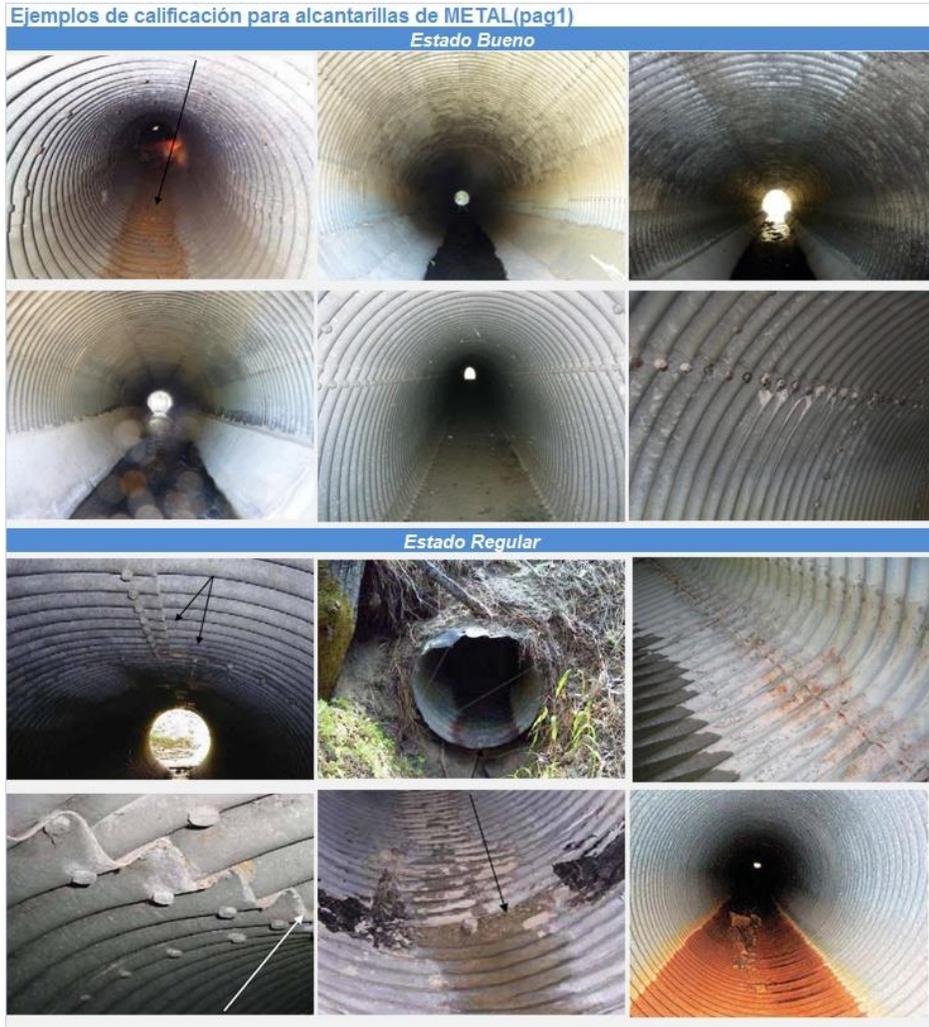


Figura 18. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de metal (1).



Figura 19. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de metal (2).

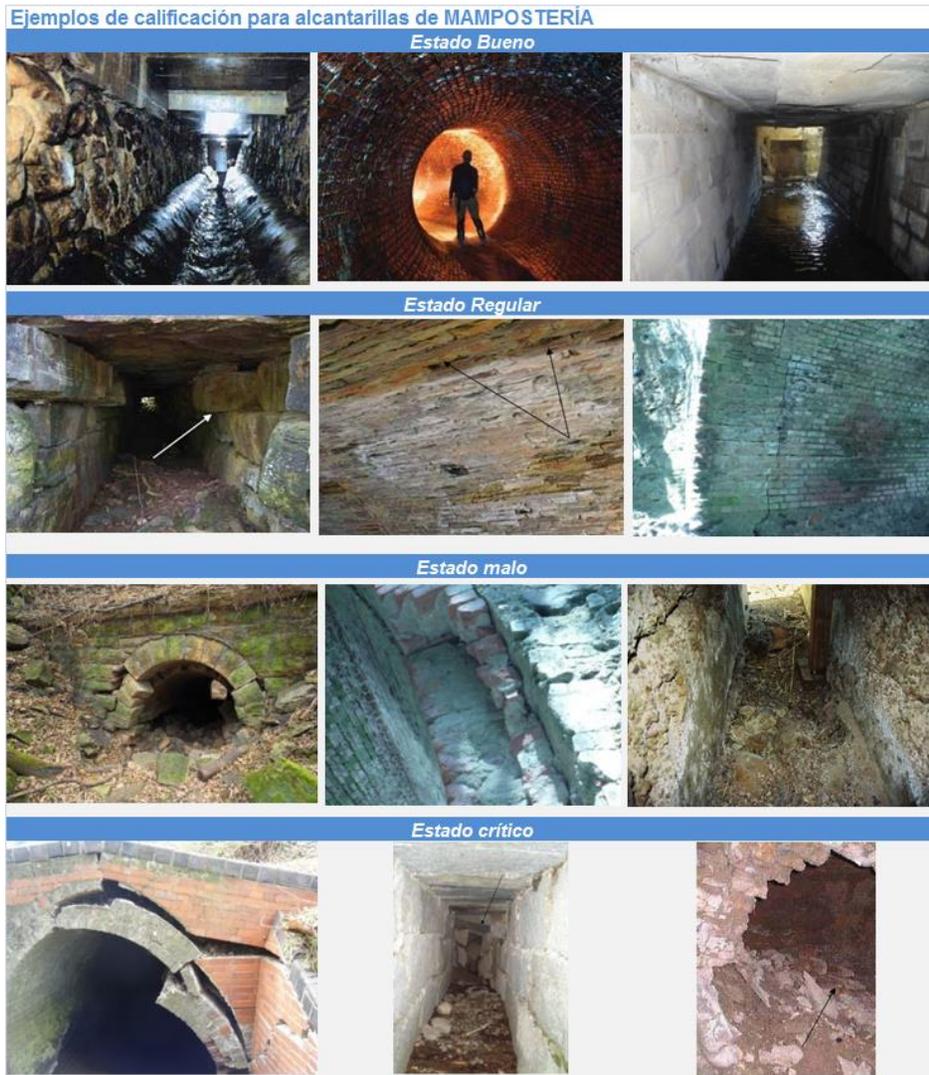


Figura 20. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de mampostería.

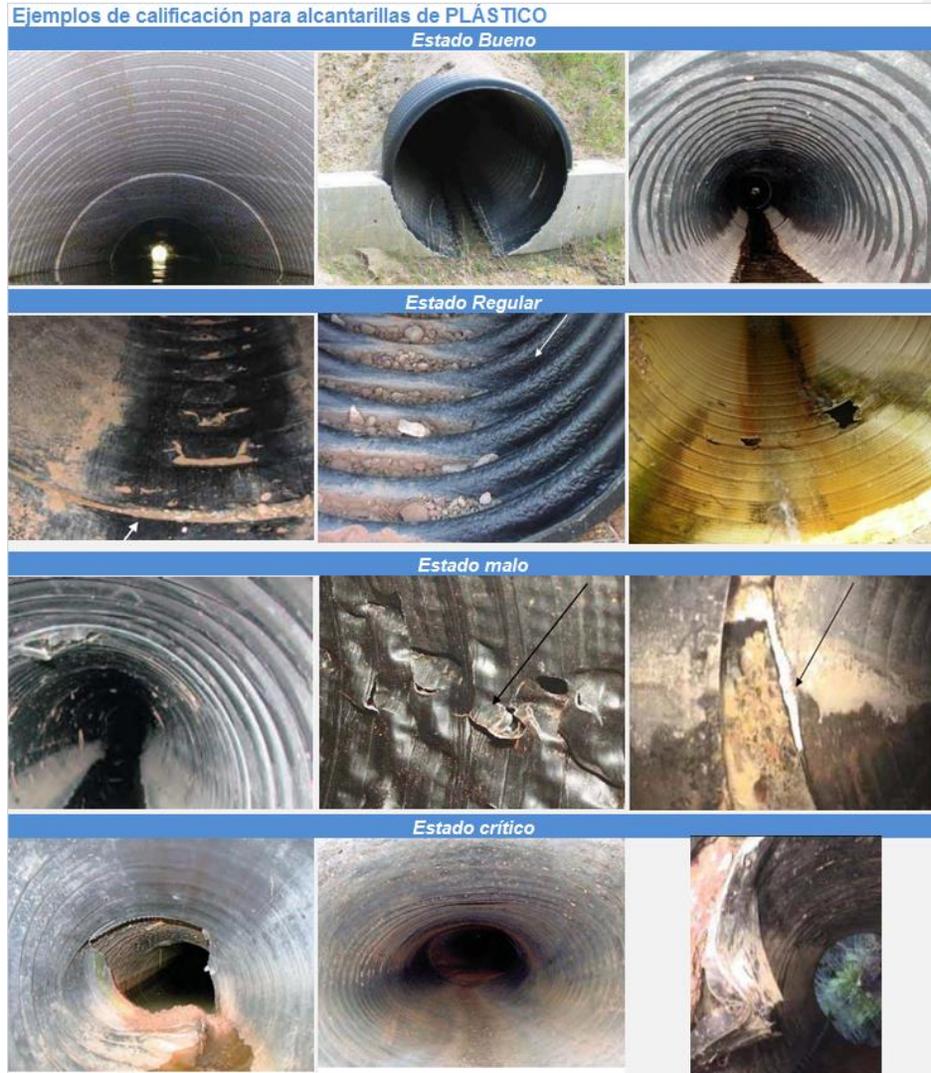


Figura 21. Complemento fotográfico para la inspección de alcantarillas de plástico.



Figura 22. Complemento fotográfico para la inspección de obras de entrada y salida(1).



Figura 23. Complemento fotográfico para la inspección de obras de entrada y salida(2).



Figura 24. Complemento fotográfico para la inspección de la carretera y el terraplén(1).



Figura 25. Complemento fotográfico para la inspección de la carretera y el terraplén(2).

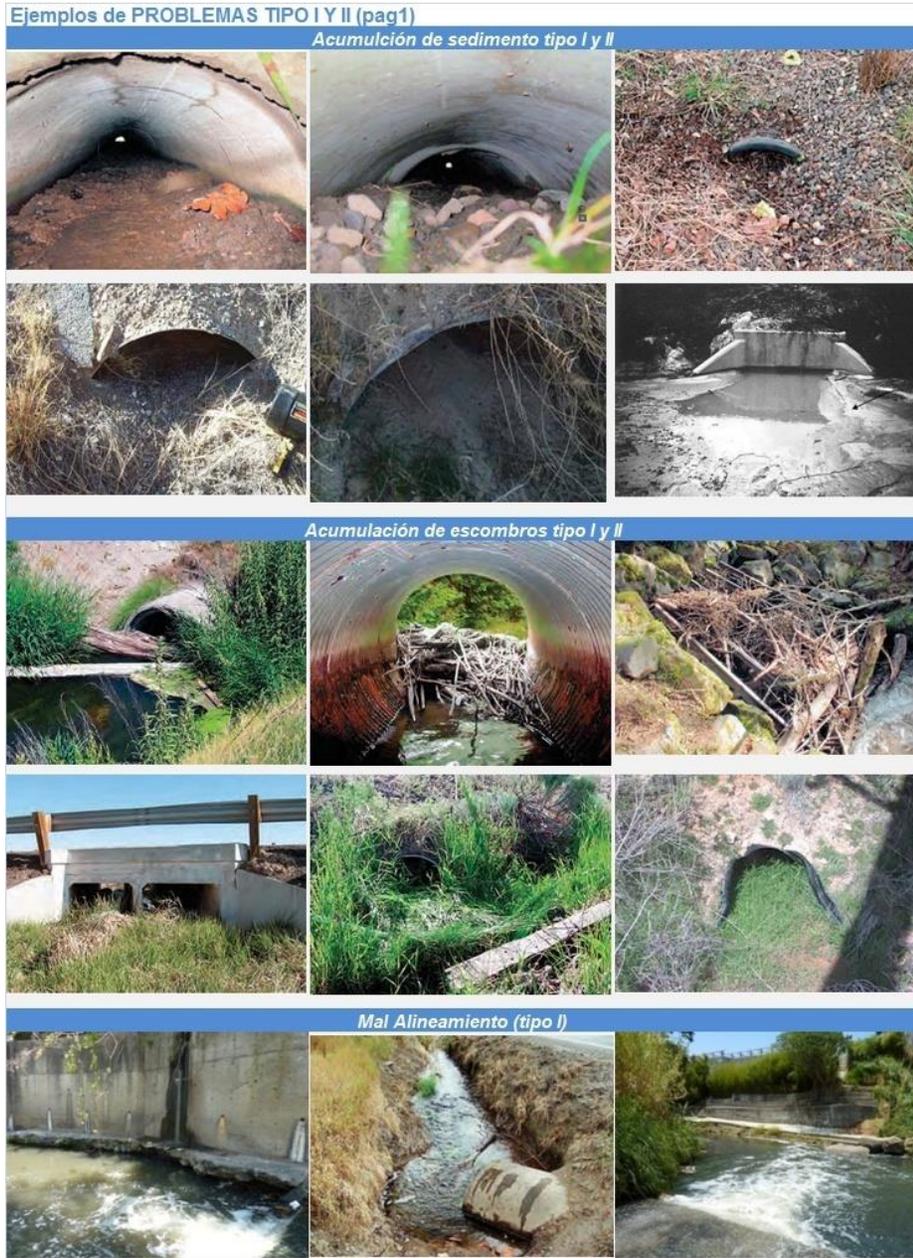


Figura 26. Complemento fotográfico para la inspección desempeño (1)



Figura 27. Complemento fotográfico para la inspección de desempeño (2).

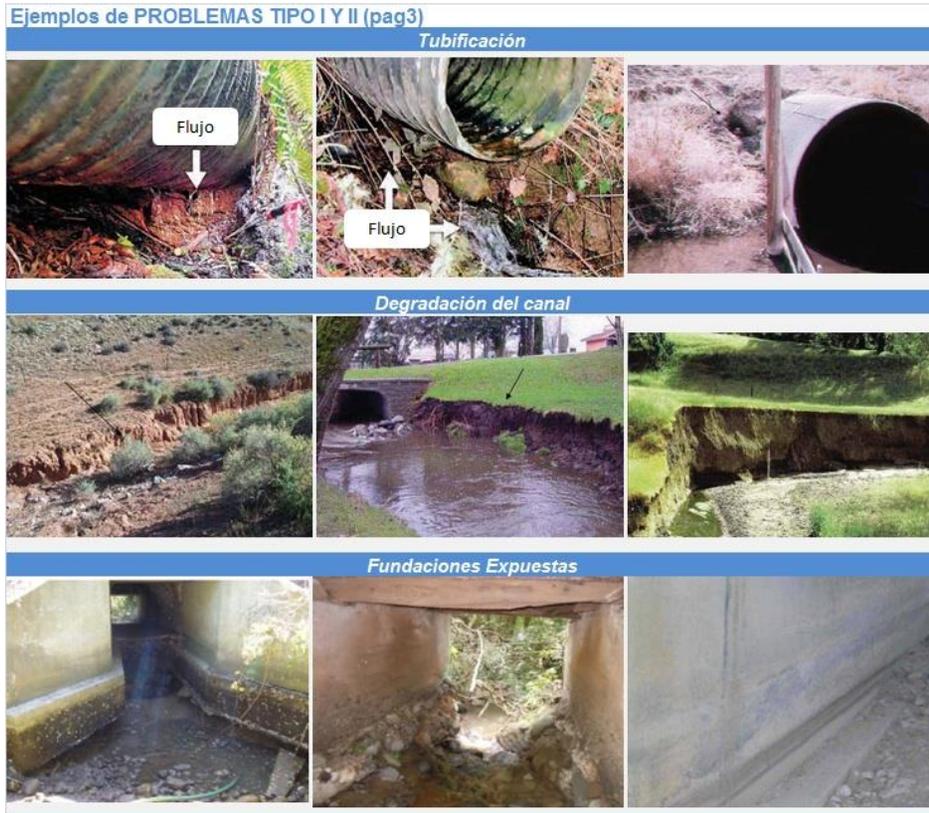


Figura 28. Complemento fotográfico para la inspección de desempeño (3).

## 2.3 Otras consideraciones

### 2.3.1 Entrada segura

Lo más importante de cualquier proceso de inspección o inventario es guardar la salud y seguridad del trabajador involucrado. En la Figura 29 se establece una serie de preguntas que el inspector debe de hacerse antes de entrar en la alcantarilla.

De forma general se puede decir que si la altura del tubo es menor a 1,20 m el inspector no debe entrar, pero si considera que puede evaluar el fondo de la alcantarilla a partir de la inspección de ambos extremos la evaluación es válida. En el caso contrario, si un mantenimiento o limpieza no logra permitir hacer la evaluación entonces esa alcantarilla debe de ser revisada por medio de equipo especial.

En el caso de que la alcantarilla tenga más de 1,20 m de altura pero al mismo tiempo tenga un extremo cerrado o tenga una extensión de más de 60 m de largo entonces debe ~~hacer una entrada mediante~~ seguir las especificaciones para ingreso a espacios confinados de OSHA (2011) para en el caso de que requiera ingresar a la alcantarilla. Si ambos extremos están abiertos, la alcantarilla mide menos de 60 m de largo, la velocidad es menor a 0,30 m/s, la pendiente de la alcantarilla es menor a 20% y no exista un doblez significativo en la alcantarilla la entrada ~~es~~ se considera segura.

En el caso de ríos de montaña o quebradas puede ser peligroso hacer un ingreso a la alcantarilla si ha comenzado a llover o existe bastante nubosidad en la zona aguas arriba de la alcantarilla. Se recomienda tener precaución.

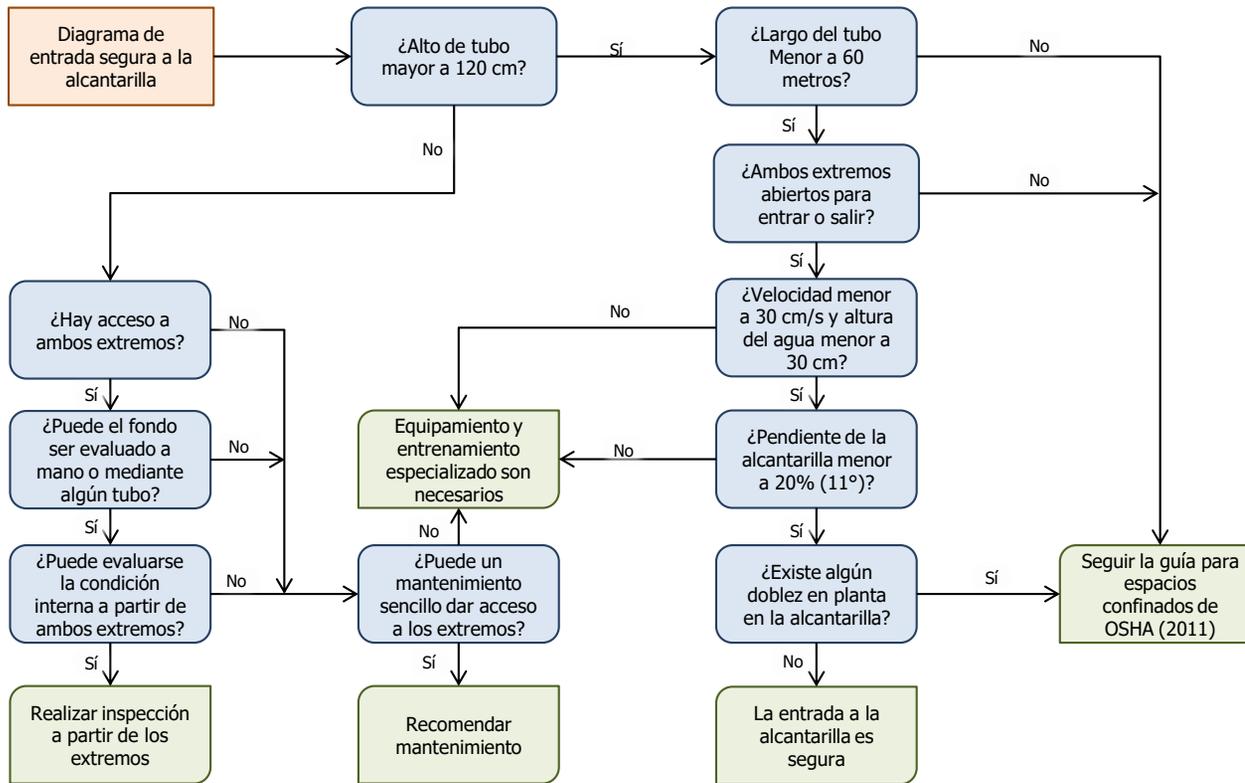


Figura 29. Diagrama de acceso seguro al sitio de inspección

Para calcular la velocidad aproximada del flujo tome una hoja (de un árbol cercano) o una rama que flote y tírela dentro de la alcantarilla. Si al contar "mil-uno" la rama se ha movido significativamente más que 0.3 m entonces la velocidad es mayor a 0.3 m/s.

Note que dentro de las recomendaciones del diagrama de flujo de acceso está la de seguir la guía para espacios confinados de OSHA (2011) esta regulación de EEUU puede ser intercambiada por la regulación pertinente del ramo en la legislación nacional tales como por ejemplo la guía para la inspección de puentes del MOPT.

**Comentado [LGVA44]:** Se recomienda mencionar las medidas de seguridad para espacios confinados incluidas en el Capítulo 5 del MP-2020 (Apartado 5.1.4)

### 2.3.2 Equipo necesario para efectuar un inventario o inspección

En el Cuadro 14 se presentan la mayoría de las herramientas necesarias para hacer una inspección regular a una alcantarilla. Para la medición de la pendiente de la alcantarilla es posible que sea necesario emplear un equipo más preciso para tomar ángulos o inclinaciones.



**Comentado [LGVA45]:** En la foto aparece lo que aparenta ser equipo de acceso con cuerdas, pero en el Cuadro 14 no se menciona. Se pueden incluir equipos como el de medición de gases que tenemos en la Unidad de Puentes

Figura 30. Equipo para efectuar inventario o inspección.

Cuadro 14. Equipo para efectuar inventario o inspección.

Lista de chequeo	
Guía de entrada segura	
Guía de evaluación	
Formulario de inspección e inventario	
Dispositivo de posicionamiento global(GPS) (empléese un celular en caso de no disponer de él)	
Cámara (empléese un celular en caso de no disponer de ella)	
Brújula (empléese un celular en caso de no disponer de ella)	
Clinómetro (empléese un celular en caso de no disponer de él)	
Linterna	

Lista de chequeo	
Cinta métrica de 7 m	
Cinta medidora de 30 m	
Pala	
Machete	
Varilla de auscultación (-varilla de metal o madera con mango y medidas)	
Martillo de geología (o martillo regular)	
Conos -o triángulos de seguridad	
Medidores de oxígeno*	
Salvavidas*	
Botas o traje impermeable	
Primeros auxilios	
Chaleco <del>refractario</del> reflectivo	

Nota: \*Sólo necesarios en el caso de acceso a espacios confinados o con riesgo alto de llenado repentino.

### 2.3.3 Recomendaciones para nombrar archivos y codificar alcantarillas

Para mantener el orden en la generación de información se recomienda emplear tanto como el código de los pasos como en el nombre de los archivos una secuencia estructurada que contenga la información relevante sobre el archivo o bien sobre la alcantarilla. Se busca determinar primeramente la localización de la estructura según el tipo de codificación de su gestor, luego en el segundo bloque de determinar qué tipo de estructura es (alcantarilla, puente, vado, etc), posteriormente se determina la fecha de inspección o análisis de la estructura y luego (para el caso del sistema de archivos) se determina qué tipo de documento se generó para dicha alcantarilla y para dicha fecha. En el caso de que no se disponga de la información se puede colocar un guion en la posición de la información pertinente.

En el caso de las rutas nacionales se recomienda usar el número de ruta (de 1 a 999) junto con el número de sección (de 1 a 99999) y el número de estructura (de 1 a 999) para determinar la ubicación de la alcantarilla, es decir de qué punto se está hablando. Luego mediante la convención "añomesdía" (19990212 = 12 de febrero de 1999) se establece la fecha de la visita y mediante una simplificación del nombre con tres letras se determina qué tipo de documento es como "inv"= "inventario", "inf"= "informe", o algunos similares.

```

0000000000_00000000_aaa
---Código de Ruta
-----Código de Sección
---Consecutivo #Estructura
   _Espacio
-----Año
      --Mes
        --Día
          _Espacio
            ---Tipo de documento
    
```

Figura 31. Código propuesto para estructuras hidráulicas en rutas nacionales.

En el caso de las rutas cantonales se les recomienda en vez del código de ruta y de sección de control poner provincia, cantón o ruta cantonal. Todos los demás detalles son iguales al caso de las rutas nacionales.

```

000000000_0_00000000_aaa
-Provincia
--Cantón
---Ruta
---Estructura
   _Espacio
-Tipo de estructura
   _Espacio
-----Año
      --Mes
        --Día
          _Espacio
            --Tipo de documento
    
```

Figura 32. Código propuesto para estructuras hidráulicas en rutas cantonales.

**2.3.4 Lecciones aprendidas**

Las lecciones aprendidas que se presentan se basan en la experiencia obtenida a través de los años en la evaluación de alcantarillas localizadas dentro de la Gran Área Metropolitana, esto como parte de las funciones que la Ley 8114 le encomienda al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).

En las evaluaciones realizadas se determinó la condición de los elementos estructurales que conforman las alcantarillas, siendo los principales los muros del cabezal, los aletones, los delantales y el relleno sobre el muro del cabezal, localizados tanto a la entrada como a la salida de la alcantarilla. Así mismo, también se ha incluido la evaluación de otros elementos propios

del sitio en el cual se localizan las alcantarillas y que afectan su desempeño. Este grupo de elementos incluye el tipo de suelo o roca que conforman tanto el fondo del cauce como los taludes del cauce del río o quebrada, el ángulo de entrada, el historial de inundaciones y el Tráfico Promedio Diario de la ruta en la cual se localiza la alcantarilla.

Las alcantarillas evaluadas son los drenajes que permiten el paso del agua por debajo de la estructura del pavimento, pudiendo ser un río o quebrada permanente o una quebrada de carácter estacional. No se incluyen las estructuras conocidas como alcantarillas urbanas, tragantes o pozos de registro pluvial.

Se establecieron cuatro clasificaciones para las Categorías de las lecciones aprendidas. La categoría *Técnica* está relacionada con las prácticas llevadas a cabo durante la evaluación, la categoría *Logística* cubre las lecciones relativas a la planificación de las actividades y las necesidades de recursos para evaluar las alcantarillas. Por su parte, la categoría de *Equipamiento* se refiere a los equipos y recursos que se emplean durante la evaluación y finalmente la categoría de *Seguridad* agrupa las lecciones que tienen que ver con la seguridad personal de los funcionarios y de los equipos que se utilizan.

En las siguientes tablas se resumen situaciones que se han presentado durante la inspección de alcantarillas y que se han generado aprendizajes en el proceso.

**Comentado [LGVA46]:** Tal vez sea conveniente hacer un resumen general y puntual de lecciones aprendidas y pasar las tablas que están de aquí en adelante a un apéndice de la Guía.  
Lo anterior porque se coloca mucha información sin una estructura clara y ordenada, lo que puede desmotivar su lectura.

<p><b>Código:</b> #001-UGERVN-ALC-2021</p>	<p><b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2021.</p>
<p><b>Categoría:</b> Técnica. <b>Naturaleza:</b> Oportunidad para el proyecto.</p>	<p><b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b> 10/2/2021</p>
<p><b>Circunstancias y causa raíz:</b> El cabezal a la entrada o a la salida de una alcantarilla en muchas ocasiones está en una zona de difícil acceso por tierra, ya sea por la elevada pendiente del talud sobre el cabezal, por lo empinado del cauce o por el tamaño y la densidad de la vegetación. Esto impide llegar caminando desde la carretera hasta dichos sitios, con el fin de obtener la información necesaria para la evaluación.</p>	
<p><b>Efecto:</b> Al no tener acceso a la zona cercana a la entrada o la salida de la alcantarilla, se imposibilita realizar la evaluación, ya que no se cuenta con información para emitir un criterio técnico y objetivo sobre el estado de estos activos. Al no contar con esta información las alcantarillas podrían estar presentando una condición deficiente que no se vería reflejada en los informes de evaluación y, por lo tanto, no se emitirían las observaciones y recomendaciones correspondientes a la Administración para su pronta y adecuada atención.</p>	
<p><b>Acciones correctivas:</b> Existen varias formas de superar esta limitación de acceso, en la UGERNV se ha optado por hacer uso de Vehículos Aéreos No Tripulados para poder observar aquellos elementos que de otra forma no se podrían evaluar debido al difícil acceso. Esta medida correctiva requiere contar con los vehículos aéreos, los pilotos con sus respectivas licencias y permisos, así como la capacidad de desarrollar toda la logística y tramitología requerida para su uso, según la legislación vigente al respecto.</p>	
<p><b>Fotografías ilustrativas:</b> El uso de drones permitió visualizar la condición de la alcantarilla #005 en la Ruta Nacional No. 39, Circunvalación, sobre el río Torres.</p>	
	

<b>Código:</b> #002-UGERVN-ALC-2021	<b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2013.
<b>Categoría:</b> Logística.	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b>
<b>Naturaleza:</b> Amenaza para el proyecto.	11/7/2013
<p><b>Circunstancias y causa raíz:</b>                  A pesar de que las alcantarillas que evalúa la UGERVN se localizan en Rutas Nacionales, dependiendo de su longitud y de las condiciones topográficas, algunas veces se ha dificultado el acceso a los cabezales de entrada o de salida debido a que la tubería atraviesa terrenos privados o se conecta con sistemas pluviales que inician en sitios cuyo acceso está limitado por cercas, muros u otros cerramientos privados.                  Esto impide llegar caminando desde la carretera hasta dichos sitios, con el fin de obtener la información necesaria para la evaluación.</p>	
<p><b>Efecto:</b>                  Si no se logra tener acceso a la zona cercana a la entrada o la salida de las alcantarillas, se imposibilita realizar la evaluación de estos activos, ya que no se cuenta con información para emitir un criterio técnico y objetivo sobre el estado en el que se encuentran. Como consecuencia las alcantarillas podrían tener una condición deficiente que no se vería reflejada en los informes de evaluación y, por lo tanto, no se emitirían las observaciones y recomendaciones correspondientes a la Administración para su pronta y adecuada atención.</p>	
<p><b>Acciones correctivas:</b>                  Según las circunstancias y naturaleza del cerramiento que impide el acceso a la zona de entrada o salida de las alcantarillas, se ha observado que esta condición puede ser identificada a priori, mediante la revisión de imágenes satelitales (por ejemplo: SNIT o Google Earth), de forma tal que se observa la imposibilidad de acceso y se coordina, de ser posible con anterioridad, el acceso con el propietario del terreno, con el fin de poder realizar la evaluación requerida.</p>	
<p><b>Fotografía ilustrativa:</b> El cabezal de entrada a la alcantarilla #003 en la Ruta Nacional No.32 se localiza a 90 m de la carretera, en un terreno con cerramiento privado, para ingresar al sitio es necesario coordinar previamente con el dueño del terreno.</p>	

<p><b>Código:</b> #003-UGERVN-ALC-2021</p>	<p><b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2013-2021.</p>
<p><b>Categoría:</b> Seguridad. <b>Naturaleza:</b> Amenaza para el proyecto.</p>	<p><b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b> 13/6/2013</p>
<p><b>Circunstancias y causa raíz:</b> Las alcantarillas y los sitios cercanos a ellas con frecuencia son utilizados por indigentes, ya sea como refugio o como zona de paso. Esta situación ha sido observada por funcionarios de la UGERVN en diferentes sitios del Área Metropolitana. En ocasiones al descender al cauce del río para observar de cerca las obras de drenaje se interactúa con personas que frecuentan estos sitios para realizar diferentes actividades.</p>	
<p><b>Efecto:</b> La seguridad personal de los funcionarios que realizan la evaluación de las alcantarillas se ve comprometida al tener que ingresar a sitios frecuentados por indigentes. En ocasiones se trabaja con equipos que también pueden ser de interés para la delincuencia y desafortunadamente estos sitios resultan inseguros, debido a su difícil acceso y poca visibilidad desde la carretera. La falta de seguridad en estas circunstancias desincentiva también al funcionario que realiza la evaluación, ya que esto aumenta su exposición al riesgo de ser víctima de la delincuencia o una situación de violencia.</p>	
<p><b>Acciones correctivas:</b> En la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional hemos implementado varias medidas para corregir esta amenaza al proyecto de evaluación, entre ellas están realizar las evaluaciones y los accesos a los sitios de riesgo entre varios funcionarios y únicamente con los equipos estrictamente necesarios, evitando la exposición innecesaria y manteniendo siempre una actitud preventiva concentrada en la identificación de situaciones y de personas que representen un riesgo para la seguridad del personal. En caso de considerar que existe un riesgo para la seguridad de personas o equipos se suspende la evaluación y se reprograma para otro momento más adecuado.</p>	
<p><b>Fotografía ilustrativa:</b> Evaluación de alcantarilla #003 en la Ruta Nacional No.2, realizada por varios funcionarios de la UGERVN de forma simultánea para disminuir el riesgo por inseguridad.</p>	
	

<b>Código:</b> #004-UGERVN-ALC-2021	<b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2013.
<b>Categoría:</b> Equipamiento.	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b>
<b>Naturaleza:</b> Amenaza para el proyecto.	18/7/2013
<b>Circunstancias y causa raíz:</b> Para ingresar al sitio del cabezal a la entrada o a la salida de una alcantarilla en ocasiones se deben atravesar terrenos con vegetación densa o de altura importante que limita el paso y expone a los funcionarios al riesgo de cruzarse en el camino con algún animal como las serpientes que puedan causar daño al ver amenazado su espacio o territorio.	
<b>Efecto:</b> El peligro latente por la posible presencia de animales que puedan causar daño disminuye la disposición de los evaluadores de ingresar en estos sitios. Si no se tiene acceso a la zona cercana a la entrada o la salida de la alcantarilla, se imposibilita realizar de forma adecuada la evaluación de la obra de drenaje, ya que no se cuenta con información para emitir un criterio técnico y objetivo sobre el estado de estos activos. Consecuentemente no se emitirían las observaciones y recomendaciones a la Administración para la pronta y adecuada atención de estos activos viales.	
<b>Acciones correctivas:</b> El uso de equipo de protección personal adecuado disminuye el riesgo vinculado a esta amenaza. Se recomienda emplear calzado adecuado para condiciones de montaña, así como emplear machetes o herramientas que permitan cortar la maleza en el camino de acceso a las alcantarillas, con el fin de tener una mejor visibilidad del suelo y de esta forma prevenir el encuentro con algún animal que represente una amenaza para la seguridad de los funcionarios. Es importante también mantener una observancia constante del terreno por el cual se debe caminar.	
<b>Fotografías ilustrativas:</b> En las dos fotografías que se muestran se presentan condiciones de vegetación densa que dificulta ver directamente el terreno y elevan el riesgo de invadir el territorio de animales que representen un peligro para los funcionarios que evalúan estos activos. La fotografía de la izquierda corresponde a la alcantarilla #001 de la Ruta Nacional No.2 y la fotografía de la derecha es la zona aguas debajo de la alcantarilla #001 en la Ruta No.32.	
	

<b>Código:</b> #005-UGERVN-ALC-2021	<b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2021.
<b>Categoría:</b> Logística. <b>Naturaleza:</b> Oportunidad para el proyecto.	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b> 10/2/2021
<b>Circunstancias y causa raíz:</b> Los drenajes de carreteras son estructuras que deben enfrentar diferentes condiciones de trabajo a lo largo del año. En los diferentes elementos que componen las alcantarillas se pueden observar deterioros y condiciones diferentes según la estación en la que se realice la evaluación. El nivel que presente el agua al momento de la evaluación puede impedir la observación de los elementos inferiores de la alcantarilla, por lo que dificulta su evaluación.	
<b>Efecto:</b> Los cambios que suceden a lo largo del año al pasar de la estación lluviosa a la estación seca modifican no solo la posibilidad de observar los elementos que componen la alcantarilla, sino que también exponen otros problemas que pueden ser ocultados durante una estación en particular. Durante la estación seca es posible observar, por ejemplo, problemas de socavación en los aletones o en el delantal de la alcantarilla, lo que sería más difícil de identificar si se observa durante la estación lluviosa con un caudal importante de agua. Por el contrario, durante la estación lluviosa se puede observar el comportamiento hidráulico de la alcantarilla y evidenciar problemas de socavación en los taludes del relleno entre la tubería y la carretera, entre otros sitios que son de interés para los fines de la evaluación.	
<b>Acciones correctivas:</b> Una forma sencilla de superar las limitaciones que conlleva evaluar las alcantarillas durante una estación en particular es procurar, en la medida de lo posible, realizar evaluaciones tanto durante la estación lluviosa como durante la estación seca, de esta forma se compensan las limitaciones y las oportunidades que se dan durante cada estación.	
<b>Fotografías ilustrativas:</b> En las fotografías que se muestran se observa como para una misma alcantarilla las condiciones de caudal y vegetación varían durante las diferentes estaciones del año, la disminución en el caudal permite evidenciar por ejemplo una acumulación de sedimentos observable durante la estación seca de la fotografía de la derecha.	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	

<b>Código:</b> #006-UGERVN-ALC-2021	<b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2013.
<b>Categoría:</b> Técnica.	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b> 22/7/2013
<b>Naturaleza:</b> Oportunidad para el proyecto.	
<b>Circunstancias y causa raíz:</b> Las alcantarillas y los cambios que tienen lugar en sus elementos pueden suceder en cualquier momento a lo largo de su vida útil, sin embargo, las evaluaciones que se realizan tienen lugar en un momento específico, esto conlleva que los inspectores solo puedan ver una pequeña fracción de la evolución que tienen estos activos. Por el contrario, las personas que viven o transitan cerca de los sitios donde se ubican las alcantarillas tienen una memoria más amplia sobre cómo ha evolucionado el activo, cómo se han ido presentando los problemas y deterioros, las intervenciones que se han realizado, etc.	
<b>Efecto:</b> Debido a la naturaleza momentánea de la evaluación aspectos relevantes sobre el comportamiento y evolución de los deterioros en los elementos de las alcantarillas pueden pasarse por alto durante la visita de campo que se realiza. Esto puede afectar la calificación que recibe la condición de los activos y dejar por fuera recomendaciones de intervenciones que son requeridas para mejorar su desempeño o garantizar su funcionalidad.	
<b>Acciones correctivas:</b> Se ha visto que la información que tienen las personas que viven cerca o de forma regular transitan cerca de estos drenajes resulta muy valiosa y debería también ser incluida dentro de las observaciones realizadas durante la evaluación. Por esta razón siempre que sea posible se recomienda consultar con las personas del lugar sobre el comportamiento y el servicio que brinda la alcantarilla, así como sobre los deterioros que ha presentado, las intervenciones de las que ha sido objeto, eventos climáticos que han sobre pasado su capacidad, seguridad vial, etc.	
<b>Fotografías ilustrativas:</b> Las fotografías corresponden a la alcantarilla #001 de la Ruta Nacional No.109. Debido al estrechamiento del cauce las lluvias que superan la capacidad de la alcantarilla afectan directamente las viviendas que se localizan a ambos lados, esto provoca que los vecinos estén muy al tanto de los cambios y deterioros que presenta la alcantarilla. En este caso la información suministrada por los vecinos ha sido fundamental para fortalecer los informes de evaluación.	
	

<p><b>Código:</b> #007-UGERVN-ALC-2021</p>	<p><b>Proyecto:</b> Evaluación de alcantarillas en la GAM, 2021.</p>
<p><b>Categoría:</b> Logística. <b>Naturaleza:</b> Oportunidad para el proyecto.</p>	<p><b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b> 2/3/2021</p>
<p><b>Circunstancias y causa raíz:</b> Para una misma alcantarilla, luego de realizar varias evaluaciones en diferentes momentos, se obtiene un registro de los cambios que han experimentado los elementos objeto de evaluación. Al comparar evaluaciones previas con la condición actual de la alcantarilla, se pueden evidenciar, por ejemplo, las intervenciones que se hayan realizado, los cambios provocados por la erosión, nuevos agrietamientos en elementos de concreto, variación estacional de los sedimentos, entre otras características que son de interés para la evaluación del activo.</p>	
<p><b>Efecto:</b> Identificar los cambios en estos activos que tienen lugar en el tiempo, permite identificar patrones de deterioro que estén afectando la condición de alguno o algunos de sus elementos. Al lograr contar con esta información y transmitirla de forma efectiva a la Administración del activo vial, se trabaja de forma oportuna en la corrección de los deterioros de las alcantarillas, siendo este uno de los objetivos principales de la evaluación. Además, al contar con un registro histórico fotográfico de la condición que ha tenido el drenaje, se facilita la identificación en campo de cambios o deterioros durante una nueva evaluación.</p>	
<p><b>Acciones correctivas:</b> En la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional se ha implementado el uso de sistemas y programas informáticos que permiten contar en el campo con el registro digital de las evaluaciones anteriores. De esta forma se facilita tanto el acceso a la información como la identificación de cambios en la condición de los activos evaluados. Contar con esta información en el campo permite también evaluar el efecto de las acciones correctivas que se hayan implementado.</p>	
<p><b>Fotografías ilustrativas:</b> Las fotografías corresponden a la alcantarilla #008 de la Ruta Nacional No.2. La fotografía de la izquierda corresponde con la evaluación del año 2013, se observa una importante cantidad de vegetación en el cauce de la quebrada. En la fotografía de la derecha tomada en el año 2021 se evidencia la intervención realizada en los taludes del cauce, mediante la colocación de concreto hidráulico como sistema de protección superficial.</p>	
	

<b>Código:</b> 6201911500009	<b>Proyecto:</b> Inspección de alcantarillas Montes de Oca
<b>Categoría:</b> Logística	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b>
<b>Naturaleza:</b> Amenaza para el proyecto	26/6/2018
<b>Circunstancias y causa raíz:</b> En ambientes urbanos densamente poblados es posible que las estructuras de acceso y salida de las alcantarillas sean invadidas por construcciones que dificulten su acceso. Es común en zonas donde se han dado problemas de inundaciones que se extiendan las zonas entubadas en las alcantarillas y esto facilita la posterior invasión con viviendas.	
<b>Efecto:</b> Esta situación imposibilita el acceso completo a la alcantarilla para ser inspeccionada de forma oportuna y eventualmente atendida para labores de mantenimiento o rehabilitación. De esta manera se limita el efecto que puede tener el proceso de evaluación y se desconoce realmente el estado de la alcantarilla. Adicionalmente, pueden darse situaciones de inseguridad para los inspectores al encontrarse con vecinos que consideran su presencia como una amenaza por un posible inicio de un proceso de desalojo.	
<b>Acciones correctivas:</b> Realizar un recorrido previo por las alcantarillas que serían sujetas al proceso de inspección, con lo cual se podría anticipar este tipo de situaciones. Si se encuentra una situación similar es posible gestionar por medio de la municipalidad correspondiente una ayuda a nivel de promoción social que permita una colaboración por parte de los habitantes de la zona, esto podría verse reflejado en contar con permiso para ingresar a través de estas propiedades para poder acceder a la alcantarilla. En zonas de mayor conflicto se podría requerir incluso el acompañamiento de la fuerza pública.	
<b>Fotografías ilustrativas:</b> Estas fotografías corresponden a la alcantarilla ubicada en Calle 61A en Zapote, se muestra la presencia de viviendas construidas sobre la estructura de entrada de la alcantarilla. Además, se muestra la presencia de un cerramiento en la estructura de salida.	
	

<b>Código:</b> 6201911500011	<b>Proyecto:</b> Inspección de alcantarillas Montes de Oca
<b>Categoría:</b> Logística	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b> 27/6/2018
<b>Naturaleza:</b> Amenaza para el proyecto	
<b>Circunstancias y causa raíz:</b> Es posible que algunas alcantarillas cuenten con longitudes importantes en las cuales el acceso de personal sea muy riesgoso ante una amenaza de inundación, escasa visibilidad o de una presencia muy alta de contaminantes en el ambiente para ser respirados por los inspectores.	
<b>Efecto:</b> En este tipo de condiciones se imposibilita realizar el proceso de inspección de forma completa siguiendo los parámetros establecidos en la guía, por lo que el producto sería una inspección incompleta que eventualmente podría omitir algún deterioro importante que finalmente comprometería la integridad de la estructura.	
<b>Acciones correctivas:</b> Mediante la utilización de equipos especializados (tractor de inspección de alcantarillas) es posible realizar el proceso de inspección a lo interno de alcantarillas de mucha longitud o de diámetro reducido de una forma segura y sin arriesgar al personal a cargo. Este tipo de dispositivo cuenta con cámaras de alta resolución que pueden girar 360° sobre su eje permitiendo así observar la totalidad del interior de la alcantarilla. Mediante procesamiento posterior de las imágenes es posible identificar daños en zonas clave de los componentes.	
<b>Fotografías ilustrativas:</b> Esta foto corresponde a la condición de la alcantarilla en diagonal 18 en Barrio Roosevelt de San Pedro, en este caso la alcantarilla contaba con una longitud mayor de 50 m lo cual impedía el acceso a pie de los inspectores.	
	

<b>Código:</b> 303-001	<b>Proyecto:</b> Inspección alcantarilla Quebrada Chagüite
<b>Categoría:</b> Técnica	<b>Fecha en la que se presentó la situación descrita:</b>
<b>Naturaleza:</b> Amenaza para el proyecto	10/11/2015
<b>Circunstancias y causa raíz:</b> Si bien el enfoque de la inspección en la guía esta centrado en la alcantarilla y sus componentes es necesario considerar que las condiciones del cauce tanto a la entrada como en la salida tienen afectación sobre el desempeño de la estructura. No se puede omitir en los reportes de la inspección la existencia de condiciones externas que puedan reducir la capacidad de la alcantarilla.	
<b>Efecto:</b> En casos donde la presencia de daños en elementos conexos o cercanos a la estructura puedan afectar la integridad y buen desempeño de la misma es necesario extender el análisis a estos elementos de manera que sean incluidos en el diagnóstico. Caso contrario se podría omitir información valiosa para las autoridades a cargo de la gestión de los activos con lo cual se pierde la oportunidad de generar un verdadero impacto positivo en las estructuras.	
<b>Acciones correctivas:</b> Incluir en los aspectos a evaluar en la guía los taludes y estructuras de retención, anticipando posibles deslizamientos o fallas que puedan obstruir el cauce y afectar la alcantarilla.	
<b>Fotografías ilustrativas:</b> Esta fotografía corresponde a la alcantarilla ubicada en Calle La Marina en Villas de Ayarco, en la misma se observa una socavación importante en un muro de gaviones conexo a la alcantarilla que si colapasara obstruiría la salida de la alcantarilla.	
	

## 3 Metodología complementaria para a la toma de decisiones y priorización

### 3.1 Toma de decisiones

La finalidad de la inspección, además de tener una base de datos de las características y el estado de las alcantarillas es el de tener información para poder decidir qué acciones son necesarias en la alcantarilla. Mediante una serie de diagramas de flujo se puede llegar a una solución específica dada una inspección y un inventario. Dichos diagramas de flujo se presentan de la Figura 34 a la Figura. 41.

Antes de entrar a entender el funcionamiento de los diagramas es de utilidad tener una noción clara de qué significa cada una de las partes de un diagrama de flujo. Cada uno de los elementos tipo caja tiene un significado como se puede observar en el Cuadro 15. En los diagramas se presentan diferentes preguntas que guían mediante flechas al usuario a una respuesta o conclusión. Todas las preguntas presentes en dichos diagramas son dicotómicas, es decir de respuesta sí o no.

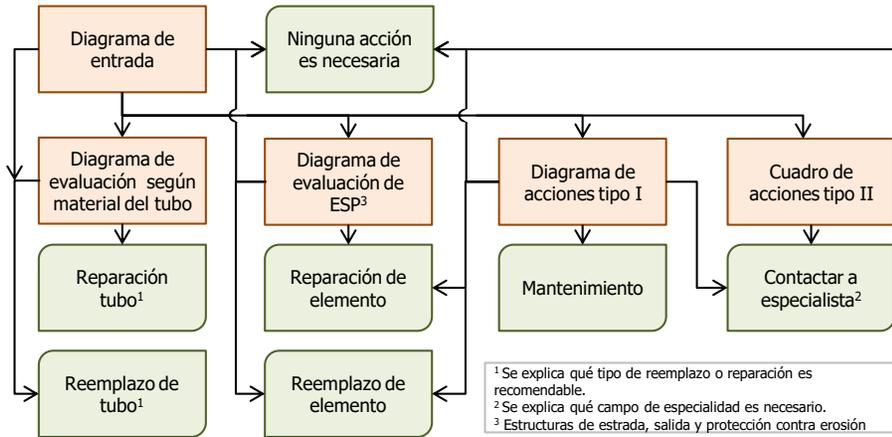
**Cuadro 15. Simbología básica de los diagramas de flujo**

Símbolo	Significado
	Inicio de un diagrama o evento.
	Pregunta dicotómica (sí o no)
	Acción recomendada
	Conexión a otro diagrama

Las preguntas hechas en estos diagramas son exactamente las mismas que se presentan en los formularios de inspección e inventario con excepción de las relacionadas con el proyecto de construcción ("¿Otras alcantarillas cercanas usan la metodología MRF?" "¿Otras alcantarillas cercanas usan metodologías de reemplazo sin trinchera?" y "¿Se puede permitir el cierre parcial o total de la vía?").

Cabe recordar que en caso de tener una duda sobre la condición, estado de la alcantarilla u otras como por ejemplo uso o no de tecnologías de reemplazo sin trinchera en el proyecto, se recomienda preguntarle al ingeniero encargado del proyecto, de lo contrario, tome siempre la decisión más conservadora.

**Comentado [LGVA47]:** Esta metodología no se incluye en el MP-2020, pero parece adecuada para el uso en alcantarillas ya que se basa en la referencia Culvert Assessment and Decision-Making Procedures Manual For Federal Lands Highway de FHWA (2010). En la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020) no se indica ninguna metodología para toma de decisiones. Se recomienda utilizar de los términos: Mantenimiento cíclico, Mantenimiento basado en la condición, Rehabilitación y Sustitución en la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas. Estos términos se presentan en el capítulo 8 del MP-2020 donde se utiliza una metodología de relación entre la calificación de la condición y las posibles acciones generales de intervención. Además, existe la posibilidad de inspecciones detalladas y estudios adicionales, como en las acciones de Nivel II de la Guía Lanamme de evaluación de alcantarillas



**Figura 33. Esquema general de la metodología complementaria a la toma de decisiones.**

La secuencia general que siguen los diagramas puede ser observada en la Figura 33, donde se explica que en función del primer diagrama o bien “Diagrama de entrada” se deben de cruzar o no los diagramas de evaluación del tubo, el diagrama de obras de entrada y salida, el diagrama de acciones tipo I o el cuadro de acciones tipo II. Cada uno de ellos conlleva a acciones específicas que son detalladas en dicha figura.

La forma de usar los diagramas es relativamente sencilla. Se deben responder las preguntas hasta llegar a un resultado final. En el camino es usual que el resultado llame a buscar otro diagrama o bien un cuadro para determinar qué solución tiene el problema de la alcantarilla analizada.

Es importante destacar que dentro de las posibilidades de arreglo del tubo de la alcantarilla se encuentra la metodología de reparación por medio de forro (MRF). Esta metodología permite reparar el tubo sin la necesidad del acceso de personal y adicionalmente permite reparar efectivamente extensiones considerables de daños en él. A pesar de que esta metodología podría no ser aplicable en la actualidad en la mayoría de los casos, este podría no ser el caso en el futuro.

Adicionalmente a los diagramas es de especial importancia notar que:

- Toda reparación con operarios debe incluir la reintegración del acero de refuerzo perdido y el rellenado de los huecos de la alcantarilla.

- Es necesario hacer un seguimiento en un periodo menor a un año de la alcantarilla si se decide reparar o reemplazar un accesorio o el tubo al menos hasta que se realice la reparación o reemplazo.
- Para alcantarillas de menos de 90 cm con cobertura menor a 120 cm es usual en EEUU realizar un proceso de tapado y construcción de un dren superficial.
- Para alcantarillas con terraplenes relativamente altos (> 6m) es usual en EEUU un proceso de tapado con la construcción de una alcantarilla debajo de la anterior.
- Si existe un problema de desempeño tipo II es necesario consultar al experto encargado de la investigación (geotecnista, hidrólogo, estructural, etc.) antes de realizar ninguna-alguna acción en la alcantarilla. Idealmente se debe de esperar a la conclusión completa de investigación antes de continuar con el proceso de construcción o reparación.
- Aunque no sean necesarias reparaciones en las obras de entrada y salida de la alcantarilla es una práctica usual cambiarlas en el caso de cambiar la alcantarilla.
- La responsabilidad sobre la decisión final que se tome a nivel de intervención recaerá sobre la Administración a cargo de la atención de la alcantarilla.

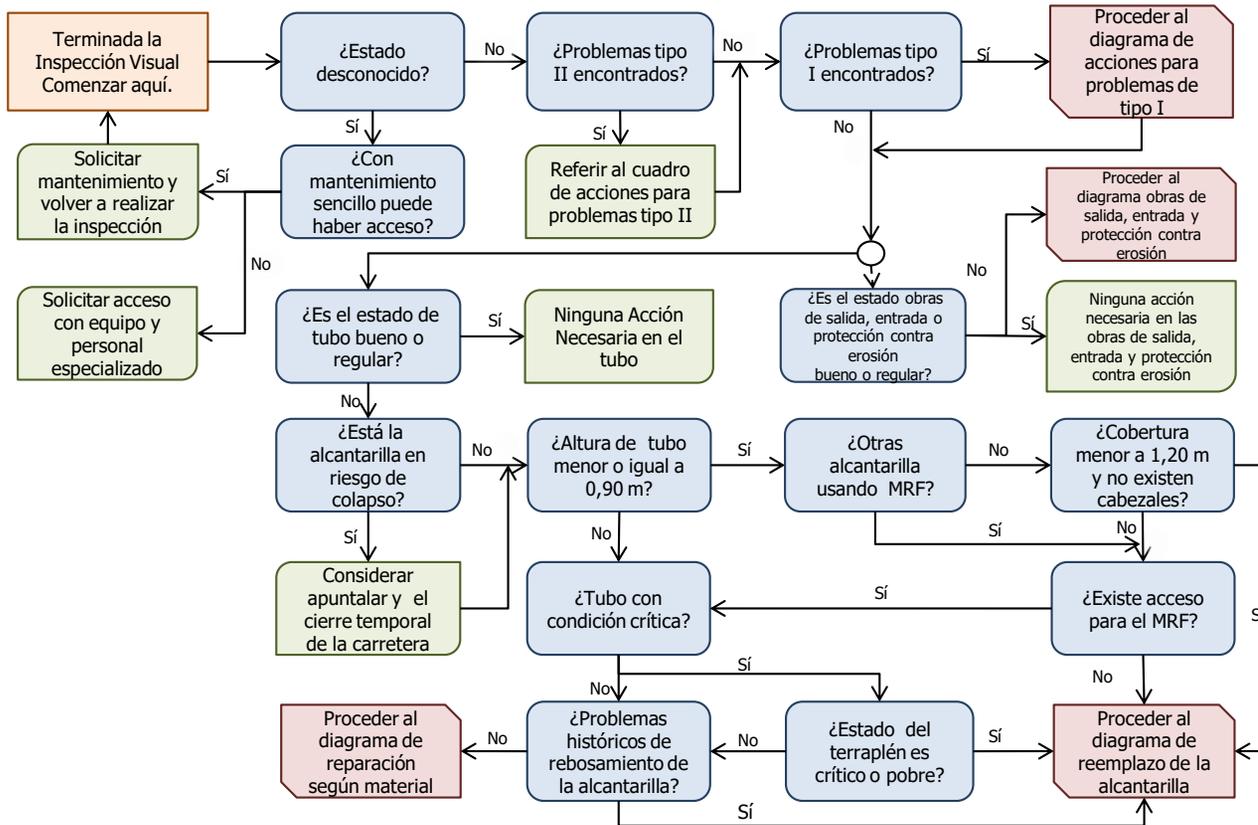


Figura 34. Diagrama de entrada del análisis posterior a la inspección.

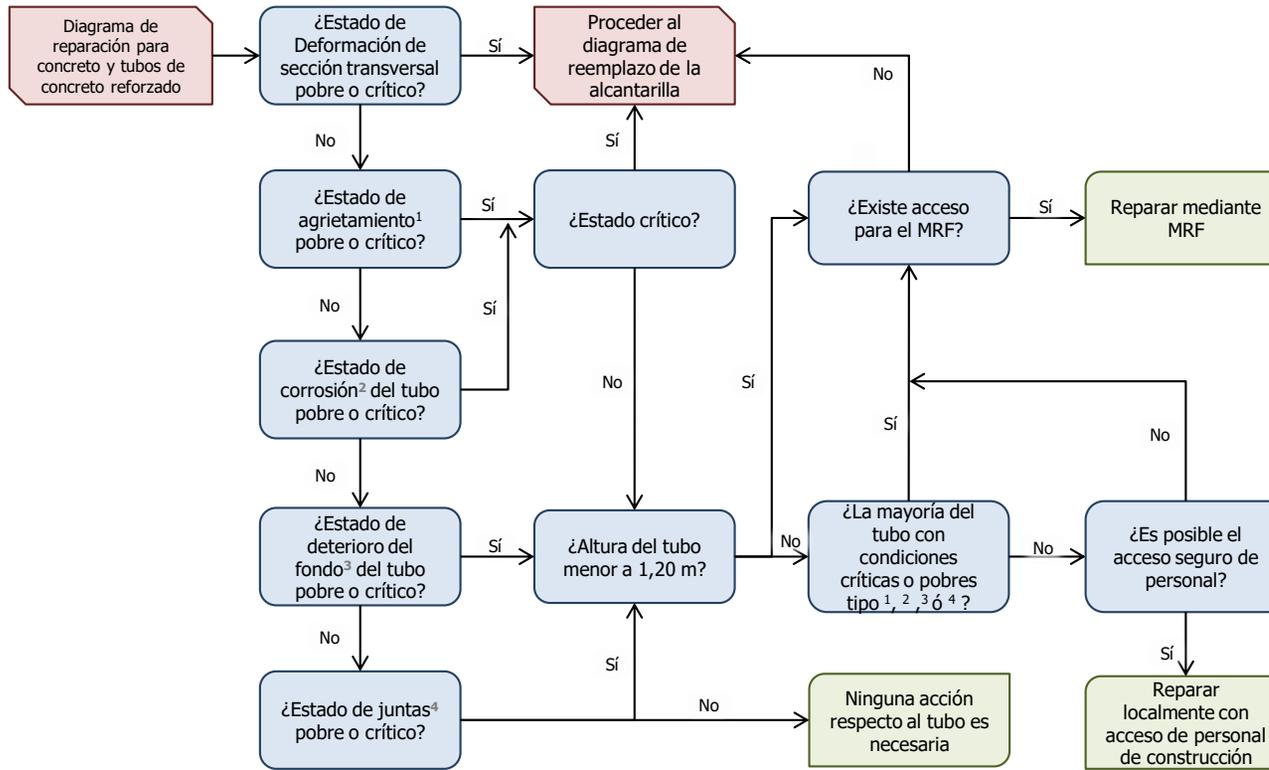


Figura 35. Diagrama de reparación (continuado) para concreto y tubos de concreto.

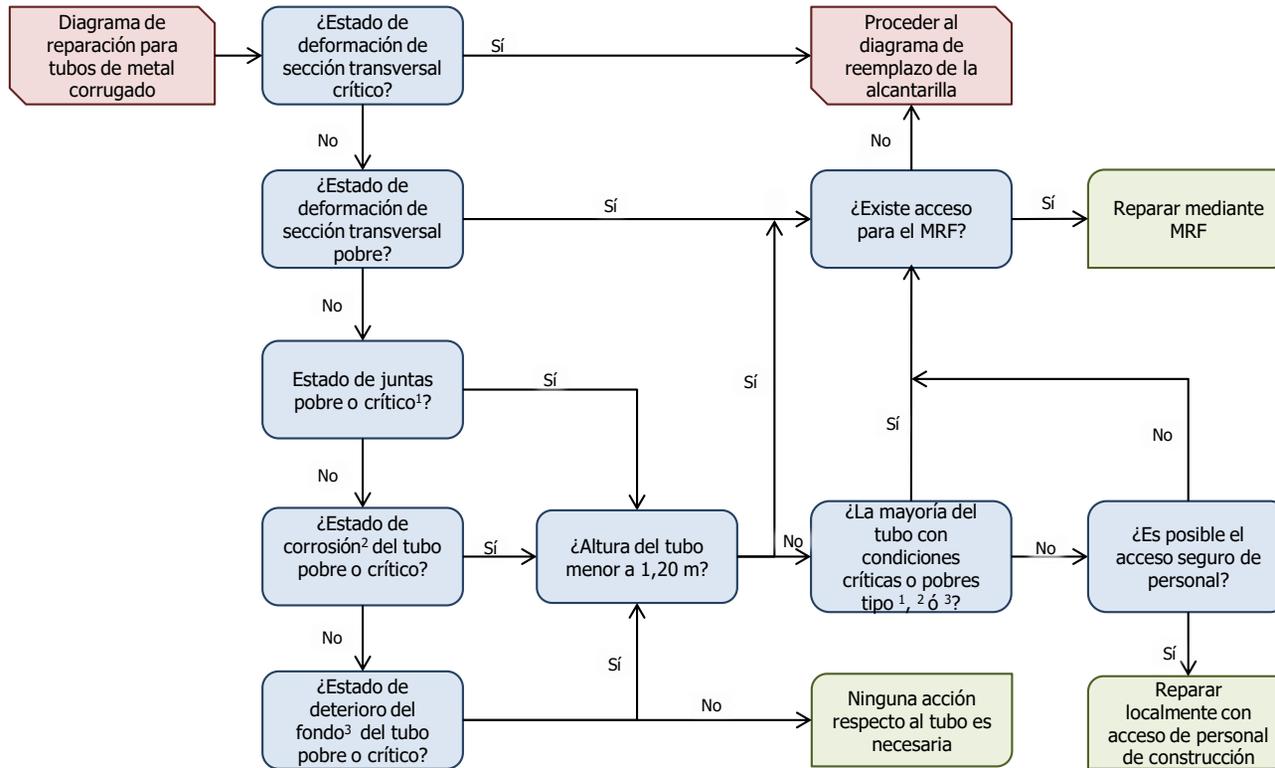


Figura 36. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de metal corrugado.

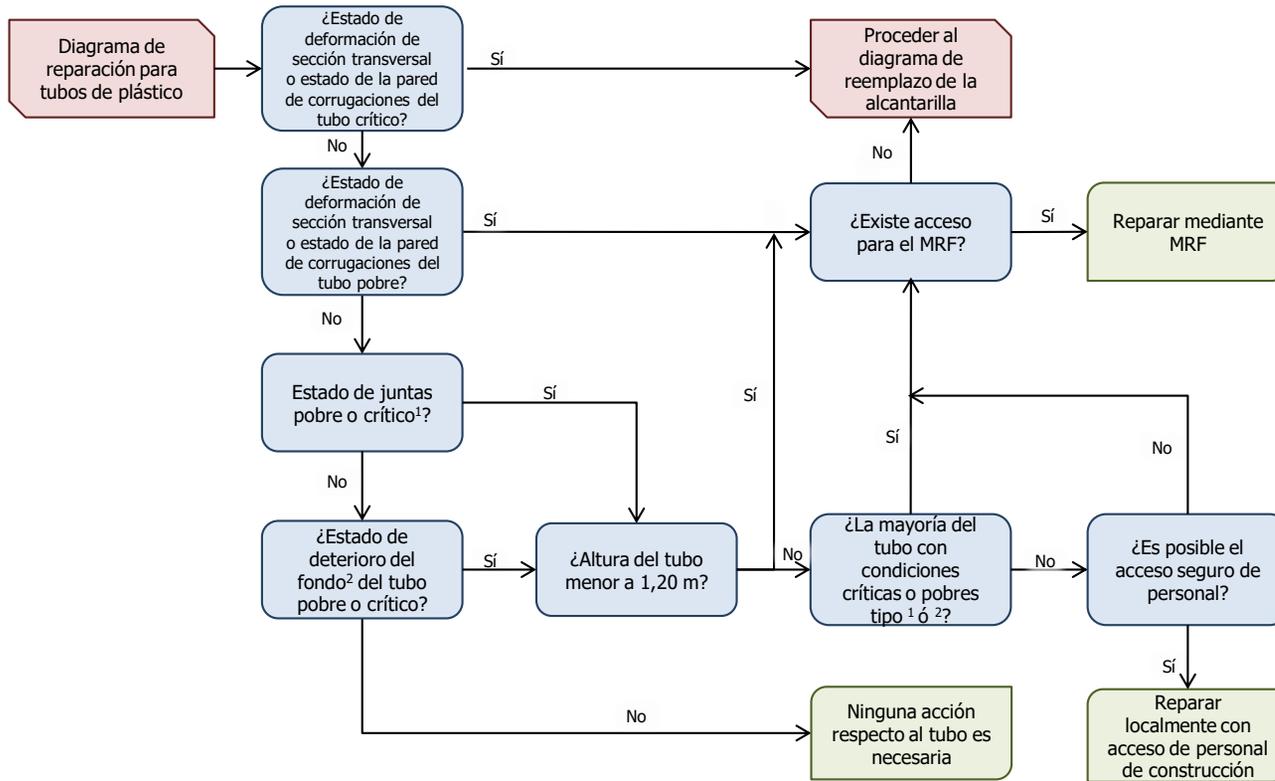


Figura 37. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de plástico.

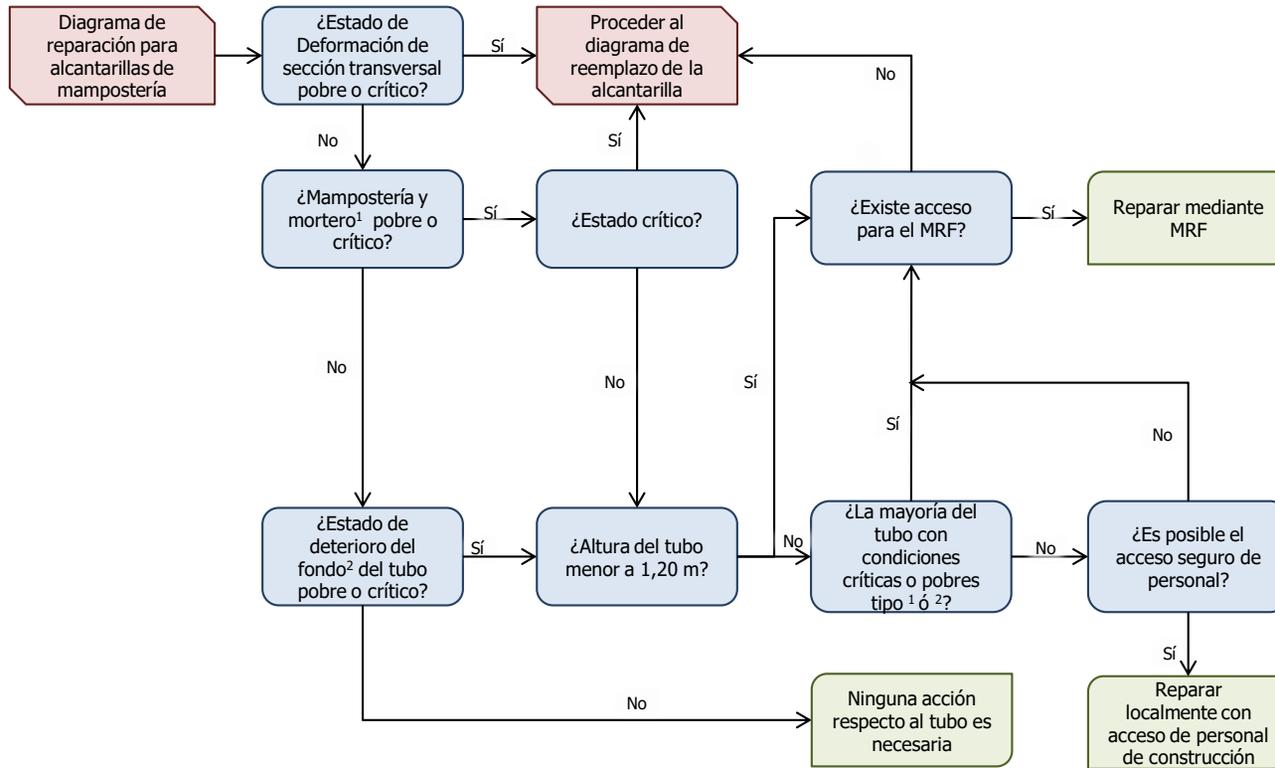


Figura 38. Diagrama de reparación (continuado) para alcantarillas de mampostería.

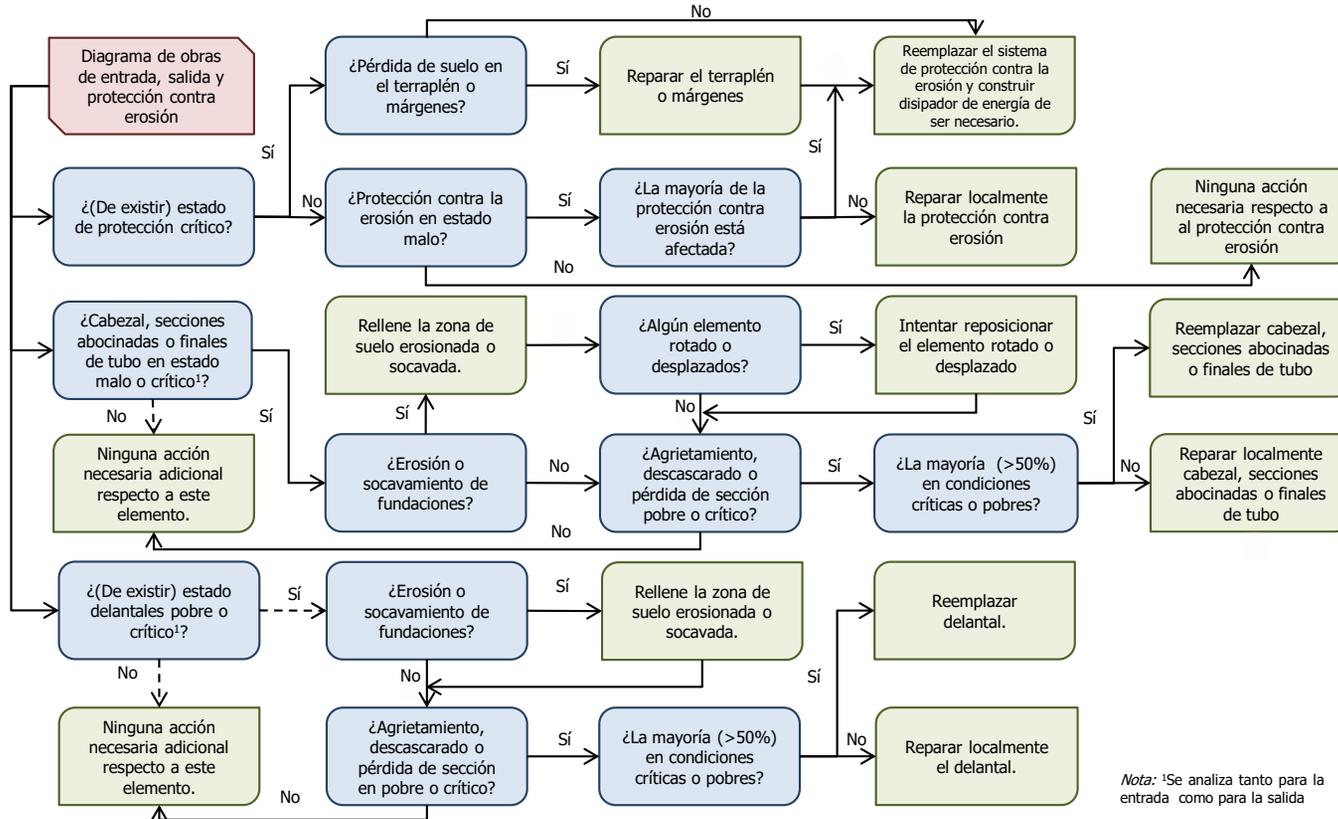


Figura 39. Diagrama de reparación o reemplazo ESP

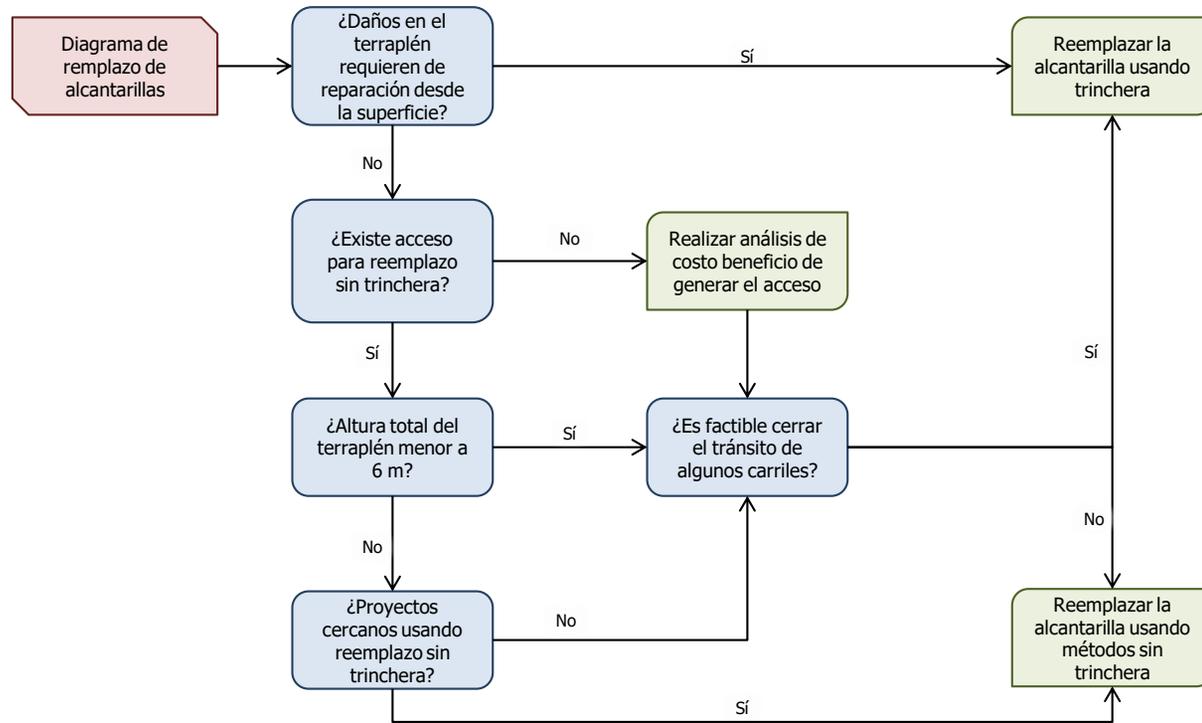


Figura 40. Diagrama para decidir método de reemplazo de alcantarillas.

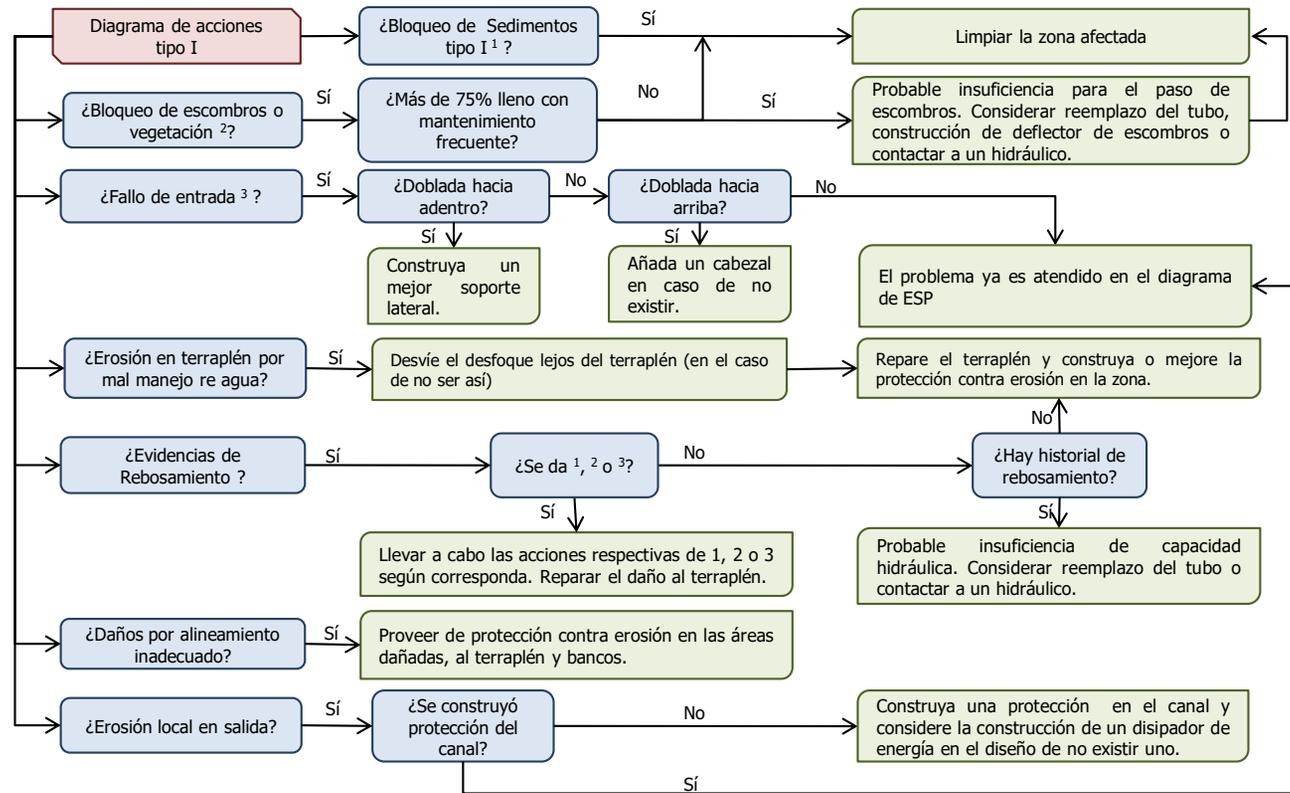


Figura. 41. Diagrama de acciones tipo I.

**Cuadro 16. Investigaciones y recursos para problemas de nivel 2 con sus indicadores de campo.**

Problema	Indicadores vistos en Campo	Disciplinas requeridas para la investigación
Tubificación del terraplén	Asentamientos o huecos en el terraplén y/o carretera sin problemas mayores encontrados en la alcantarilla	Geotecnista
Degradación del canal	Discontinuidad del nivel de fondo en la entrada o salida de la alcantarilla con erosión visible con los bancos laterales verticales o inestables	Hidráulico
Inestabilidad del terraplén	Falla en el terraplén de aguas arriba sin que haya un mal alineamiento entre el canal y la alcantarilla. Falla del terraplén aguas abajo sin que existan sobrepasos o un daño debido a la piscina de socavación.	Geotecnista
Bloqueo de sedimento con degradación del canal	Bloqueo local de sedimentos mayor a 3/4 del tubo. Toda la alcantarilla llena más de 1/3 de su altura en sedimentos y no está diseñada para funcionar así	Hidráulico
Sin acceso	Condición no puede ser corregida con una acción de nivel 1.	Especialistas con equipo y experiencia adecuada para entrar a la alcantarilla
Abrasión o corrosión agresiva	Condición mala o crítica en menos de 5 años de instalación o reparación	Especialista de materiales, hidráulico y geotecnista
Agrietamiento estructural	El agrietamiento aparenta estar causado por factores de carga	Estructural
Alcantarillas abiertas en el fondo, diseñadas para el paso de animales acuáticos o si pertenece al patrimonio histórico.	Cualquier problema crítico o malo encontrado y/o más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista ( fondo abierto) Hidráulico y ambiental (paso de organismos acuáticos) Hidráulico y Especialista en patrimonio (patrimonio histórico)

**Comentado [LGVA48]:** Este cuadro debería incluirse en la sección 2.2.2 cuando se explica lo que son las acciones de nivel II.  
En lugar de volver a escribir los indicadores se debería referenciar a los aspectos evaluados en la sección 2.2.1 y la calificación de condición que requiere aplicar estas acciones nivel II.

## 3.2 Priorización de acciones en múltiples alcantarillas

El uso eficaz de los recursos es uno de los parámetros más importantes en la gestión pública.

En el apartado anterior se mostró una metodología para determinar qué acciones son necesarias en una alcantarilla dada. En este apartado se muestra un procedimiento para de forma aproximada encontrar en qué orden de prioridad se deben de asignar los recursos, es decir, qué alcantarilla atender primero. Esto se puede lograr al tomar en cuenta costo del cierre de la carretera y qué tan probable es que se dé un colapso (falla) en cada alcantarilla del proyecto.

### 3.2.1 Importancia de una alcantarilla.

Debido a que se busca con la priorización desarrollar una herramienta para la gestión, se propone dividir la obtención de la importancia de una alcantarilla en dos ámbitos: Nacional y Municipal. Esto debido a que en dichos ámbitos existen diferentes herramientas para determinar la importancia y también esos dos ámbitos son los dos principales encargados de la gestión de caminos y carreteras en el país.

#### 3.2.1.1 Municipal

En el caso de las alcantarillas que se encuentren en la red vial cantonal se recomienda emplear el Índice de Viabilidad Técnico Social de la Vía (IVTS) como se explica en el Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal (Decreto No.38578-MOPT-21-10-2014) desarrollado por el MOPT.

$$I_c = \frac{IVTS}{100} \quad 1$$

Donde:

$I_c$  := Importancia de una ruta cantonal (adimensional)  
 IVTS := Índice de Viabilidad Técnico Social de la Vía (porcentaje %)

#### 3.2.1.2 Nacional

En el caso de las alcantarillas que se encuentren en la red vial nacional se recomienda el uso de la clasificación funcional que se encuentra en Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035. Para determinar la importancia de cada red. Por ejemplo, se tiene que las redes de Alta Capacidad tienen un nivel de importancia superior al de la red de Distribución Regional y esta mayor a la de Integración. La red básica de acceso se ubica en la última posición. Para

**Comentado [LGVA49]:** En el Apéndice G MP-2020 se incluye una metodología de priorización distinta a la indicada en la guía, la cual se basa en el método analítico por jerarquías de Saaty (1987) que utiliza los datos de inventario y de calificación de condición de los puentes. Esta metodología utiliza entre otras variables: la calificación de la condición de los componentes de un puente, la importancia de la ruta y la longitud de la ruta de desvío. Por esto, se recomienda cambiar la metodología por la indicada en el MP-2020. No obstante, la metodología del MP-2020 no corresponde con la única metodología de priorización y la que se muestra en esta sección de la guía podría ser aplicada para alcantarillas. Sin embargo, parece conveniente aclarar mejor su uso y referenciar mejor la metodología a las fuentes en las que se sustenta con el fin de que puedan ser consultadas por los usuarios de la guía, en caso de ser requerido.

**Con formato:** Subíndice

discernir entre la importancia de rutas con la misma clasificación funcional se puede emplear el TPD. Una manera de realizar dicho análisis se presenta en la ecuación 2.

$$I_n = F_{TPD} * F_{PNT} \quad 2$$

Donde:

- $I_n$  := Importancia de una ruta nacional (adimensional)
- $F_{TPD}$  := Factor de tránsito promedio diario donde  $F_{PNT} = \frac{TPD_{ruta}}{TPD_{max}}$  (adimensional)
- $F_{PNT}$  := Ajuste debido a clasificación funcional (adimensional)
- Alta capacidad = 1
  - Distribución Regional = 0.75
  - Conectores de integración = 0.5
  - Red básica de acceso = 0.25

Con formato: Subíndice

Note que el valor de importancia de la alcantarilla debe de ser actualizado cuando hay cambios de tránsito promedio diario pero en particular cuando hay una variación en la distribución relativa de viajes en el sistema de transporte. También deben de ser actualizado este valor o incluso esta metodología cuando haya un cambio significativo en el plan nacional de transportes o bien cuando haya un cambio significativo en la distribución relativa de viajes en la red.

### 3.2.1.3 Metodología opcional

En algunos casos un análisis mediante los métodos anteriores puede ser un poco grueso para las necesidades del proyecto o bien puede que la clasificación no exista para la ruta analizada. En este caso se puede emplear el siguiente procedimiento para determinar el nivel de importancia de la alcantarilla.

Como la principal función de una alcantarilla es la del paso de vehículos, conforme mayor cantidad de vehículos empleen la alcantarilla mayor será la importancia para la sociedad. Hay tres factores que pueden relacionarse con la importancia vial de una alcantarilla: el tránsito promedio diario (TPD), el porcentaje de vehículos pesados y la redundancia del sistema.

Los dos primeros factores pueden ser obtenidos de las bases de datos del MOPT, Lanamme o bien medirse en campo sin mucha complejidad. En el caso de la redundancia del sistema, es relativamente complejo medirla o calcularla de forma exacta. Se propone una forma aproximada para calcularla que se fundamenta en la medición de la diferencia entre la distancia recorrida por una ruta alterna respecto a la ruta original.

Para encontrar las llamadas rutas alternas se debe:

Comentado [LGVA50]: Recomiendo colocar una referencia que indique en qué se sustenta esta metodología.

1. Suponiendo que la alcantarilla ya no existe, establecer las intersecciones "A" y "B". de forma tal estar conectadas por otra ruta adicional a la ruta de la alcantarilla y de ser posible por 2. En caso de que no se tenga otra ruta alterna siga el procedimiento establecido al final de este apartado.
2. Establecer distancia mínima recorrida desde la intersección "A" hasta la intersección "B" normalmente (con la alcantarilla funcionando).
3. Determine las 2 o 3 rutas más cortas que vayan desde la intersección "A" hasta la intersección "B" en ambos sentidos (usualmente es más sencillo buscar los puentes o alcantarillas más cercanos que crucen el mismo cuerpo de agua). Las rutas no deben de usar el mismo paso de agua, es decir si una usa el puente o alcantarilla "X" la otra no debe hacerlo.

Una forma de encontrar el valor de importancia de es mediante la ecuación 3.

$$FCV_A = (TPD_A(1 + RP_A(C_1 - 1))) * \left( \sum_{i=1}^n \Delta L_{Ai} * P_i \right) \quad 3$$

Dónde:

- FCV<sub>A</sub> := Factor de costo vial por día del sentido A (km/día)
- TPD := Tránsito promedio diario (vehículos/día)
- RP := Razón de vehículos pesados, es decir:  $RP_A = \frac{\%Pesados}{100}$
- C<sub>1</sub> := Número de veces que es más costoso para un vehículo pesado que para uno liviano desviarse de su ruta regular y trasladarse una unidad adicional de distancia. Puede aproximarse como 35 veces.
- P<sub>i</sub> := Es la razón o porcentaje? de vehículos que al colapsar la alcantarilla se espera que use la ruta i Note que:  $\sum_{i=1}^n P_i = 1$
- ΔL<sub>Ai</sub> := Diferencias en la longitud en el sentido A entre la ruta original y la ruta alterna (km/vehículo)
- n := Número de rutas opcionales o alternas.

Los valores de Pi pueden aproximarse de varias maneras. Uno de ellos es considerando que el porcentaje de carros-vehiculos adicionales que tenga cada ruta opcional es inversamente proporcional a la distancia relativa entre dicha ruta y las demás. Así entonces:

$$P_i = \frac{1}{\Delta L_i} \frac{1}{\sum_{j=1}^n \Delta L_j} \quad 4$$

**Comentado [LGVA51]:** Se puede indicar que si se utiliza la información de las bases de datos del MOPT es posible obtener esta razón como la suma de los porcentajes de buses, y camiones de dos, tres, cuatro, cinco y seis ejes "C2E, C3E, C4E, C5E y C6E" Esto coincide con el mismo dato que el MP-2020 incluye entre los datos de inventario de la ruta a la que pertenece un puente

**Comentado [LGVA52]:** Explicar mejor esta indicación ya que no queda claro que quiere decir con las demás rutas. No queda claro si la distancia relativa sería la resta entre la distancia original (entre A y B sin colapso de alcantarilla) y la distancia de la ruta alterna.

En algunos casos las rutas con mayor capacidad de según llevar tráfico son más lejanas, entonces éstas con la formulación anterior llevan menor volumen de carros que el que realmente deberían de llevar. Una opción para obtener el valor de p en estos casos consiste en dar el mismo peso a todas las alternativas. Esto implicaría un promedio aritmético de las distancias adicionales.

$$P_i = \frac{1}{n} \quad 5$$

Luego, se suman los Factores de Costo Vial en cada sentido de la vía.

$$I_{ra} = FCV_A + FCV_B \quad 6$$

La  $I_{ra}$  (importancia usando rutas alternas) representa de forma general la cantidad de kilómetros equivalentes adicionales por día que recorren en conjunto los usuarios de la ruta principal al colapsar la alcantarilla.

Nótese que las unidades resultantes son:

$$FCV = \left[ \frac{\text{Vehículos}}{\text{Día}} \right] * \left[ \frac{\text{km}}{\text{Vehículo}} \right] = \left[ \frac{\text{km}}{\text{Día}} \right] \quad 7$$

### 3.2.1.3.1 Notas adicionales

En el caso de pasos que no tengan rutas alternas la importancia vial se puede obtener de forma relativa a los proyectos evaluados en el proceso de priorización. Para esto se recomienda aumentar al doble el FCV del proyecto con rutas alternas que tenga el FCV mayor y asignarlo a la alcantarilla evaluada sin rutas alternas.

$$FCV_{sinRuta} = \max\{FCVs\} * 2 \quad 8$$

## 3.2.2 Estado y desempeño de la alcantarilla

Es claro que aquellas alcantarillas que están en peor estado son aquellas que deben de repararse o reemplazarse primero. Se supone entonces que existe una función tal que mediante el uso de los criterios de estado y desempeño de la alcantarilla desarrollados en la inspección, se puede llegar a un valor de 0 a 1 que determine de forma aproximada la probabilidad de falla (APF). Mediante la función 9 se puede obtener dicho valor.

$$APF: \begin{cases} (1 - REs) + (Ma + Ex), & \text{si } (1 - REs) + (Ma + Ex) \leq 1 \\ 1, & \text{si } (1 - REs) + (Ma + Ex) > 1 \end{cases} \quad 9$$

#### Comentado [LGVA53]:

En general es necesario aclarar todas las variables que se utilizan en las ecuaciones. Además, se recomienda indicar las referencias bibliográficas en que se sustenta la metodología. Por ejemplo, en el cuadro 17 y la ecuación 10 no es claro si los porcentajes indicados en el cuadro corresponden a alguna de las variables que se requieren en la ecuación 10. Igualmente en la ecuación 9 no queda claro como usar las variables Ex y Ma y cómo obtenerlas, por ejemplo en el párrafo que antecede a la figura 42 se muestran valores de Ex = 16 % y Ma = 4 %, pero no se explica como se obtienen.

**Comentado [LGVA54]:** Esto es cierto, siempre que se use la metodología usual de gestión de atender el peor caso primero. Sin embargo, en el MP-2020 se intenta proponer una gestión integral donde se invierte en mantenimiento preventivo en lugar de atención reactiva. Claramente, esto sería un proceso paulatino que va atendiendo los casos más críticos sin dejar de lado los casos que solo requieren mantenimiento. Para ello se requiere de planes de gestión de activos. Se recomienda ajustar el texto para evitar confusiones con la metodología de atención del peor caso primero y referenciar ya sea al capítulo 2 del MP-2020 o incluir casos de buenas estrategias de gestión integral como se explica en la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020)

Dónde:

- REs := Razón de estado.
- Ex := Necesidad de contactar a experto o especialista.
- Ma := Necesidad de hacer mantenimiento en la alcantarilla.

La Razón de estado no es más que una calificación gruesa del porcentaje de la alcantarilla que se encuentra estructural y funcionalmente bien.

El porcentaje de estado se obtiene mediante el uso de los resultados de la metodología de toma de decisiones (diagramas de flujo). Se divide la estructura en sus elementos principales y se les asigna a cada uno un porcentaje del estado total de la alcantarilla. Si fuera necesario reparar un elemento se le rebaja la mitad de su porcentaje y si es necesario reemplazarlo se rebaja el total. En el caso del terraplén se emplea la calificación hecha en la inspección (Bueno → CT= 1, Regular → CT= 0.75, Malo→CT= 0.50, Crítico→CT= 0.00).

**Cuadro 17. Peso asignado a cada variable en el caso base donde se tienen todos los elementos de las estructuras de entrada y salida**

Elemento	% del Estado asignado	Resultados de inspección	
		%Estado si reparación	% Estado si reemplazo
Tubo	42%	21%	0%
Terraplén y carretera <sup>1</sup>	26%	N/A	N/A
Cabezal, extremo de tubo, o secciones abocinadas entrada.	8%	4%	0%
Cabezal, extremo de tubo, o secciones abocinadas salida.	8%	4%	0%
Delantales a la entrada <sup>2</sup>	4%	2%	0%
Delantales a la salida <sup>2</sup>	4%	2%	0%
Protección contra erosión <sup>2</sup>	8%	4%	0%
Total	100%	50%	0%

**Comentado [LGVA55]:** Esta metodología se puede fortalecer si se utiliza la metodología de obtener la extensión para cada severidad que se indica en la metodología de inspección rutinaria del MP-2020. Si se decide cambiar a la estimación de la extensión, se recomienda utilizar las descripciones de severidad de la Guía AASHTO para inspección de alcantarillas (AASHTO, 2020). Además, realizar un proceso sistemático para aplicar la metodología de calificación de condición del capítulo 8 y Apéndice F MP-2020.

Nota: 1. En el caso del terraplén y carretera se emplea su calificación (Bueno → CT= 1, Regular → CT= 0.75, Malo→CT= 0.50, Crítico→CT= 0.00) 2. En el caso de que no exista alguno de estos elementos se emplea la ecuación 10.

El caso de que alguno de los elementos no se encuentre en la alcantarilla se puede emplear la Ecuación 10 para determinar la razón de estado:

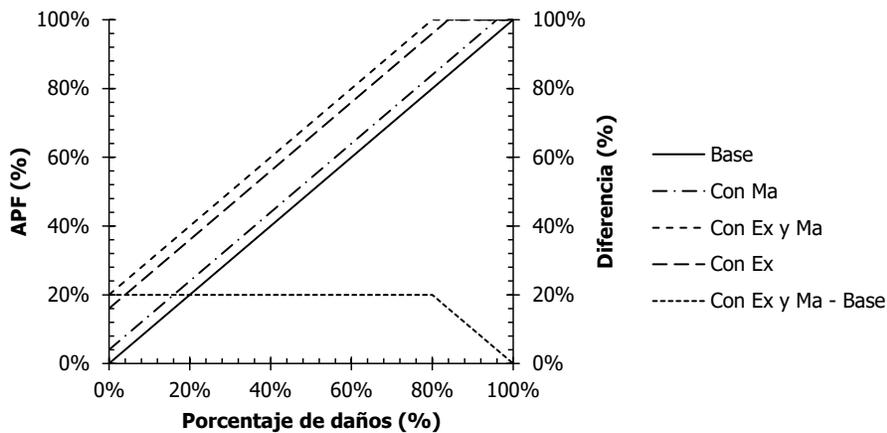
$$REs = (T * 0,618 + CT * 0,382) * \left( 1 - \sum_{i=1}^{n_E} p_i \right) + \sum_{i=1}^{n_E} E_i * p_i \tag{10}$$

Dónde:

- REs := Razón de estado
- T := Razón de estado en el tubo
- CT := Razón de estado en la carretera y el terraplén
- $n_E$  := Número de elementos presentes de la estructura de entrada, salida y protección contra erosión.
- $E_i$  := Razón de estado del elemento i. Nótese que  $E_i \leq 1$
- $p_i$  := Porcentaje asignado de la estructura al elemento i.

En el caso del desempeño se tiene que si hubiera que realizar un mantenimiento entonces  $Ma = 4\%$  y si no  $MA = 0\%$ , en el caso de la necesidad de llamar a un experto se tiene que si fuera necesario  $Ex = 16\%$  y de lo contrario  $Ex = 0\%$ . Esto lo que implica es que la probabilidad de falla aumenta conforme el estado y el desempeño sean peor de forma sumativa.

En Figura 42 se presenta la forma general de la función de aproximación de probabilidad de falla dados diferentes escenarios.



**Figura 42. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación 9.**

### 3.2.3 Unión de criterios

Una vez obtenidos ambos resultados se multiplican el uno por el otro para obtener un valor de prioridad cuyas unidades teóricas son iguales a las del valor de importancia de la alcantarilla. Esto indica que si en una alcantarilla la importancia vial es nueva o bien si no se encontraron problemas de desempeño o estado entonces no se debería realizar ninguna acción en ella antes de realizarla en otras alcantarillas del mismo proyecto. Mientras mayor es P entonces mayor es la necesidad de actuar.

$$P = APF * I$$

11

Dónde:

APF := Aproximación de la probabilidad de falla.  
I := Importancia Vial  
P := Prioridad relativa

Note que esto de ninguna manera implica que las alcantarillas con un puntaje menor no deben de ser atendidas, significa que si hay otra con un puntaje mayor probablemente es mejor atenderla antes.

Es importante resaltar que si se decide trabajar en una alcantarilla se dispone de mayor tiempo y recursos para planificar. Esto implica a su vez menor tiempo de construcción y mejores medidas de mitigación contra los problemas que podría causar una interrupción del tránsito; es decir, si por ejemplo se encontrara que una alcantarilla está a punto de colapsar, el hecho de atender dicha alcantarilla no sólo es importante para la seguridad de los usuarios de la vía, sino también permite efectuar los trabajos de forma eficiente para disminuir el impacto vial en el sistema.

## 4 Referencias bibliográficas

- AASHTO. (2020). *Culvert & Storm Drain System Inspection Guide*. Washington DC: AASHTO.
- BBC. (18 de Noviembre de 2008). *Culvert Collapses Under a Car Park*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2013, de [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/wales/north\\_west/7735066.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/wales/north_west/7735066.stm)
- Canal 7. (Setiembre de 2013). *Hundimiento en hatillo genera congestión en la ruta de Circunvalación*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.teletica.com/Noticias/22386-Hundimiento-en-Hatillo-genera-congestionamiento-en-ruta-de-Circunvalacion-.note.aspx>
- Colorado Department of Transportation. (06 de Mayo de 2013). *Sinkholes*. Recuperado el 23 de Setiembre de 2013, de <http://www.coloradodot.info/programs/geotech/geohazards-2/sinkholes.html>
- Cordero Carballo, D. A., Vargas Monge, W., & Garro Mora, J. F. (2010). *Metodologías de Evaluación de la Vulnerabilidad de la Infraestructura Vial Nacional*. Recuperado el 17 de Setiembre de 2013, de Latindex: <http://www.latindex.ucr.ac.cr/ingenieria-20/ingenieria-20-1-2-09.pdf>
- CrHoy. (30 de Junio de 2012). *Falta de Mantenimiento Provocó Hueco en la General Cañas*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.crhoy.com/falta-de-mantenimiento-provoco-hueco-en-la-general-canas/>
- CrHoy. (13 de Julio de 2012). *Mopt y Conavi sin solución para el hueco de la general cañas dice Lanamme*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.crhoy.com/mopt-y-conavi-sin-solucion-para-el-hueco-de-la-general-canas-dice-lanamme/>
- CrHoy. (12 de Setiembre de 2013). *Mopt y Conavi niegan errores en circunvalación dicen que todo fue un acto de Dios*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.crhoy.com/mopt-y-conavi-niegan-errores-en-circunvalacion-dicen-que-todo-fue-un-acto-de-dios/>
- Diario Extra. (10 de Setiembre de 2013). *Fallo de alcantarillas es por abandono de años*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.diarioextra.com/Dnew/noticiaDetalle/179693>

- Facundo J, A. (Abril de 2005). *Diseño Hidráulico de Alcantarillas*. Recuperado el 17 de setiembre de 2013, de <http://www.efn.uncor.edu/dep/hidraul/hidrologia/Auxiliar/Diseno%20de%20Alcantarillas.pdf>
- Federal Highway . (Abril de 2012). *Hydraulic Design Of Highway Culverts*. Recuperado el 10 de Setiembre de 2013, de <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/12026/hif12026.pdf>
- Federal Highway Administration (FHWA). (Setiembre de 2010). *Culvert Assessment and Decision Making Procedures Manual*. Recuperado el 12 de Setiembre de 2013, de <http://www.cflhd.gov/programs/techDevelopment/hydraulics/culvert-assessment/>
- Fernández, I. J. (26 de Marzo de 2014). Cómo obtener un nivel de importancia para un paso de agua tipo alcantarilla. (D. J. González, Entrevistador)
- Gharaibeh, N. G., Chiu, Y.-C., & Grurian, P. L. (2006). *researchgate.net*. Recuperado el 23 de Abril de 2015, de [http://www.researchgate.net/publication/245289026\\_Decision\\_Methodology\\_for\\_Allocating\\_Funds\\_across\\_Transportation\\_Infrastructure\\_Assets](http://www.researchgate.net/publication/245289026_Decision_Methodology_for_Allocating_Funds_across_Transportation_Infrastructure_Assets)
- La Prensa Libre. (12 de Agosto de 2012). *Hueco en general cañas creció y amenaza con cierre completo*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.prensalibre.cr/lpl/nacional/69120-hueco-en-general-canas-crecio-y-amenaza-con-cierre-completo.html>
- La Prensa Libre. (03 de Setiembre de 2013). *¿Tiene culpa el Conavi del fallo de la alcantarilla en Circunvalación?* Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.prensalibre.cr/lpl/comentarios/89429-itiene-culpa-el-conavi-del-fallo-de-la-alcantarilla-en-circunvalacion.html>
- MainRoads, Western Australia. (09 de Setiembre de 2010). *Detailed Visual Inspection Guidelines for Culverts*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2013, de (Level 2.Inspections): <https://www.mainroads.wa.gov.au/Documents/Detailed%20Visual%20Inspection%20Guidelines%20for%20Culverts%20-%20Rev1.PDF>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. Recuperado el 13 de Setiembre de 2013, de <http://www.mopt.go.cr/%5Cdocumentos%5Cpuentes%5Cmanual%5Cinspeccion.pdf>.

- New York State Department of Transportation (NYDOT). (Mayo de 2006). *Culvert Inventory and Inspection Manual*. Recuperado el 10 de Setiembre de 2013, de <https://www.dot.ny.gov/.../CulvertInventoryInspectionManual.pdf>
- Oregon Department of Transportation. (2013). *Culvert Inspection & Inventory Field Handbook*. Recuperado el 05 de Junio de 2014, de Culvert Inspection & Inventory Field Handbook: [http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/TECHSERV/AMI%20docs/Form\\_734-2728\\_web\\_03-28-13.pdf](http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/TECHSERV/AMI%20docs/Form_734-2728_web_03-28-13.pdf)
- Roast an Traffic Authority. (2010). *Culver Risk Assessment Guideline*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2013, de [http://www.rms.nsw.gov.au/doingbusinesswithus/downloads/lgr/culvert\\_risk\\_assessment\\_guideline\\_v3\\_02.pdf](http://www.rms.nsw.gov.au/doingbusinesswithus/downloads/lgr/culvert_risk_assessment_guideline_v3_02.pdf)
- S.A. Wether and Disaster Information Service (SAWSDI). (03 de Febrero de 2010). *N17 Bridge collapse between Bethal and Ermelo*. Recuperado el 23 de Setiembre de 2013, de <http://saweatherobserver.blogspot.com/2010/02/n17-bridge-collapse-between-bethal-and.html>
- SIECA, CEPREDENAC y SICA. (2010). *Manual centroamericano de la gestión de riezgo en puentes*. Recuperado el 17 de Setiembre de 2013, de [www.sinapred.gob.ni](http://www.sinapred.gob.ni)
- StarBulletin. (4 de Febrero de 2004). *Maui culvert collapse raises safety concerns*. Recuperado el 23 de Setiembre de 2013, de <http://archives.starbulletin.com/2004/02/04/news/index7.html>
- Xie, F., & Levinson, D. (2011). Evaluating the effect of the I-35W bridge collapse en road-users in the twin cities metropolitan region. *Transportation Planning and Technology*, 7(34), 691-703.
- Federal Highway Administration (FHWA). 2012. *Energy Dissipators*. Hydraulic Engineering Circular 14. Recuperado el 24 de junio de 2015, de: <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/06086/he14.pdf>
- Federal Highway Administration (FHWA). 2012. *Hydraulic Design Of Highway Culverts*. Recuperado el 10 de setiembre de 2014, de <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/12026/hif12026.pdf>

- Federal Highway Administration (FHWA). 2010. *Culvert Assessment and Decision Making Procedures Manual*. Recuperado el 12 de setiembre de 2014, de <http://www.cflhd.gov/programs/techDevelopment/hydraulics/culvert-assessment/>
- Jiménez, G. 2015. *Evaluación de Pasos de agua tipo alcantarilla*. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Escuela Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. 94pp.
- MainRoads, Western Australia. 09 de Setiembre de 2010. *Detailed Visual Inspection Guidelines for Culverts*. Recuperado el 20 de setiembre de 2014, de <https://www.mainroads.wa.gov.au/Documents/Detailed%20Visual%20Inspection%20Guidelines%20for%20Culverts%20-%20Rev1.PDF>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2007. *Manual de Inspección de Puentes*. Recuperado el 13 de setiembre de 2014, de <http://www.mopt.go.cr/%5Cdokumentos%5Cpuentes%5Cmanual%5Cinspeccion.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2011. PLAN NACIONAL DE TRANSPORTES. Recuperado el 10 de diciembre de 2015 de: <http://www.cnc.go.cr/content/documentos/acerca%20de/programa%20de%20transporte/s/PNT%20de%20Costa%20Rica.%20Memoria.pdf>
- New York State Department of Transportation (NYDOT). 2006. *Culvert Inventory and Inspection Manual*. Recuperado el 10 de setiembre de 2014, de <https://www.dot.ny.gov/.../CulvertInventoryInspectionManual.pdf>
- Oregon Department of Transportation (ODOT). (2013). *Culvert Inspection & Inventory Field Handbook*. Recuperado el 05 de junio de 2015, de [http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/TECHSERV/AMI%20docs/Form\\_734-2728\\_web\\_03-28-13.pdf](http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/TECHSERV/AMI%20docs/Form_734-2728_web_03-28-13.pdf)
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 2011. *Permit-required confined spaces*. Recuperado el 28 de julio de 2015, de: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9797](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9797)
- MOPT. 2014. *Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal*. Dirección de Planificación Sectorial Departamento Medios de Transporte. Recuperado el 12 de diciembre de 2015 de : <http://srvinternet.mopt.go.cr/carreteras/D-38578.pdf>

## 5 Ejemplos de ejecución de metodología

### 5.1 Alcantarilla 202---001

#### 5.1.1 Inventario

Inventario											
Código o Nombre	202---001			Fecha	16	11	2015				
Encargados:	1. Josué Quesada			2. Andrey Chavarria							
Datos obtenidos previamente											
Fechas				Ubicación							
Construcción	dia	mes	año	Coord.*	N.	111114 E.					* Es necesario corroborar dicha información en campo
Última reparación				Sist. Coord.	WGC	x	CRTM	Lamb.N	Lamb.S		
Último mantenimiento				Provincia	Alajuela						
Inventario previo	7	12	2014	Cantón	San Ramón						
Inspección previa	7	12	2014	Distrito	San Rafael						
Datos Viales				Datos de la Vecindad							
Código de ruta				Zona*	x	Residencial		Industrial		Comercial	
Número de carriles	1				x	Agrícola		Turística			
Tránsito promedio diario (veh/día)				Infra-estructura		Telecomunicaciones		Ctro. Educación			
Porcentaje de pesados (%)						Hospitales	x	Edif. Habitadas			
Velocidad máxima demarcada (km/h)				cercana	x	Servicios					
Importancia				x	Evidencia histórica de inundaciones						
Cálculo de importancia		PNT	x	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza			Quebrada rosa		
						Otros					
* Es necesario corroborar dicha información en campo						Paso de organismos acuáticos			Patrimonio histórico-cultural		
Datos generales obtenidos en sitio											
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo					
Tipo de entrada	Proyectada	Ajustada		Tipo de salida	Proyectada	Ajustada					
	x	Cabezal	Tipo bocina		x	Cabezal	Tipo bocina				
La entrada tiene	Delantal	x	Muros tipo ala	La salida tiene	Delantal	x	Muros tipo ala				
							Disipador de energía				
Protección canal	Concreto	Concreto lanzado		Protección canal	Concreto	x	Concreto lanzado				
	Gavion	Enrocado			Gavion		Enrocado				
	Geotextil				Geotextil						
Protección terraplén	Concreto	Concreto lanzado		Protección terraplén	Concreto		Concreto lanzado				
	Gavion	Enrocado			Gavion		Enrocado				
	Geotextil				Geotextil						
Material de fondo	x	Piedra grde.	Piedra peq.	Material de fondo	x	Piedra grde.	Piedra peq.				
		Arena	Limo o Arcilla			Arena	Limo o Arcilla				
		Concreto	Lajas			Concreto	Lajas				
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo							
Cobertura (m)	0,15			Cobertura (m)	0,35						
Pendiente talud (*)	90			Pendiente talud (*)	90						
Pendiente talud margen derecha (*)	34			Pendiente talud margen derecha (*)	50						
Pendiente talud margen izquierda (*)	38			Pendiente talud margen izquierda (*)	43						
Ángulo río tubo(s) (*)	17			Ángulo río tubo(s) (*)	0						
Nivel de crecientes (m) **	2			Nivel de crecientes (m) **	2,5						

\*\*Anoté en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 43. Inventario (pag1)

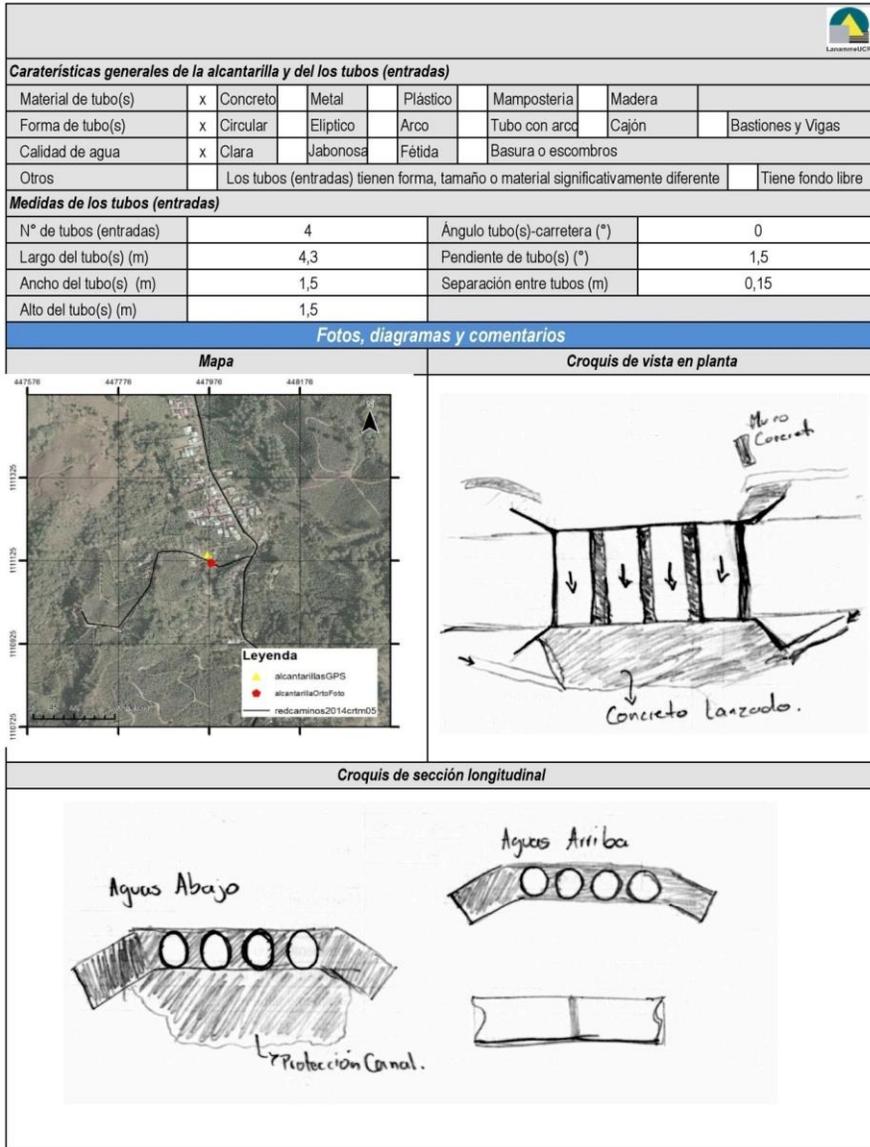


Figura 44. Inventario (pag2)

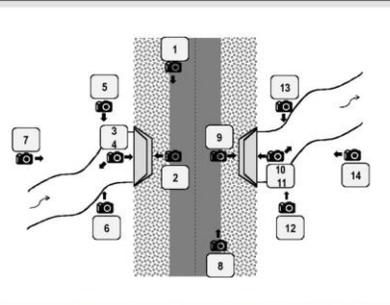
	
Comentarios	
Paso consta de 4 entradas, tubos 1.5 m de diámetro de concreto	
El material de relleno es concreto.	
Nótese que -No hay ruta alterna	
Quebrada arrastra material grande 1m diámetro.	
Previamente existía un vado	
	
	
N° 1	N° 2
N° 3.1	N° 3.2

Figura 45. Inventario (pag3)

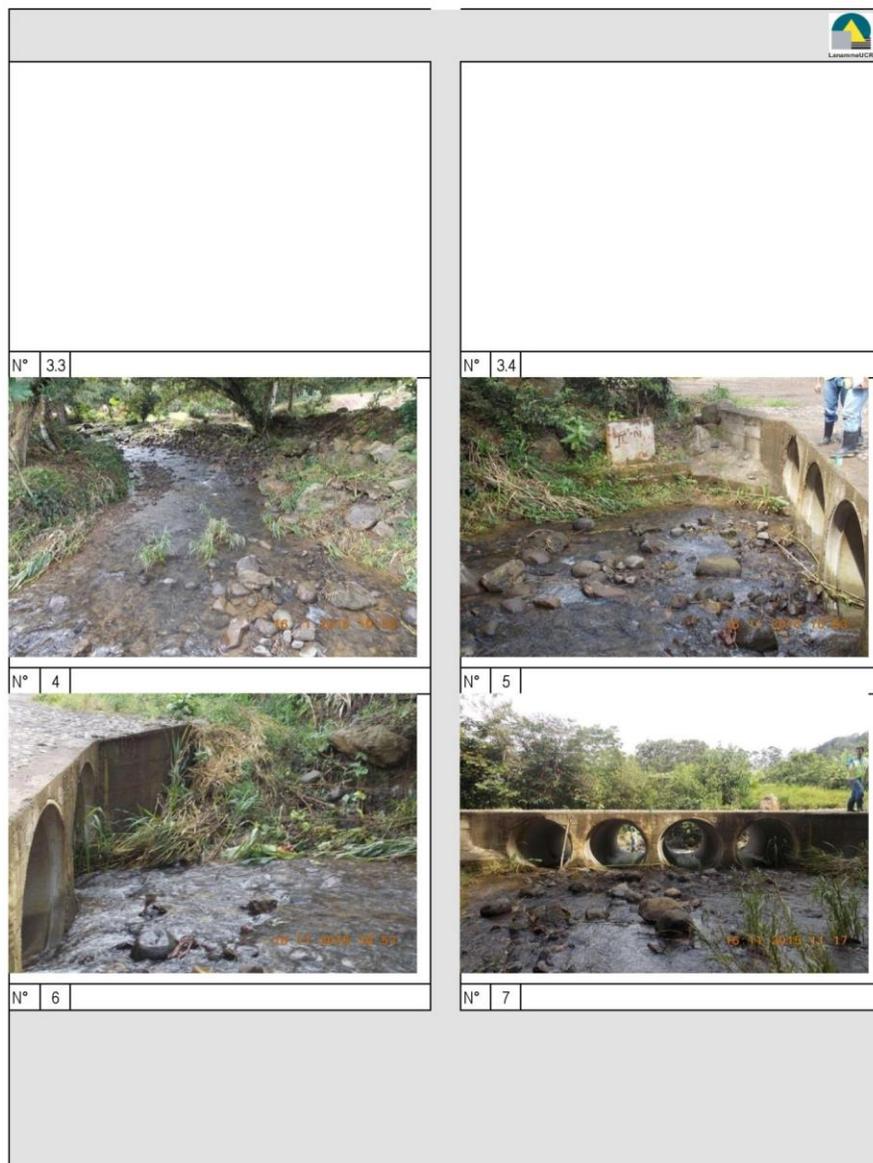


Figura 46. Inventario (pag4)



Figura 47. Inventario (pag5)



Figura 48. Inventario (pag6)

### 5.1.2 Inspección

Inspección		Código o Nombre:	202---001		Fecha			
Encargados:	1. Josué Quesada	2. Andrey Chavarria						
Estado Gen. Alcantarilla:	<input type="checkbox"/> Bueno-B	<input checked="" type="checkbox"/> Regular-R	<input type="checkbox"/> Malo-M	<input type="checkbox"/> Crítico-C	<input type="checkbox"/> Desconocido-D			
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses								
NO se puede acceder a toda la alcantarilla*								
Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*								
NO existe acceso a maquinaria pesada* <span style="float: right;">*debe explicarse en anotaciones</span>								
Evaluación del estado								
				B	R	M	C	NA
<b>Terraplén y Carretera</b>								
Carretera					x			
Terraplén				x				
Hay algún daño en el terraplén que invade la vía								
Condiciones antes y después del paso son diferentes								
<b>Tubo o apertura</b>					x			
Fondo					x			
Uniones					x			
Deformación				x				
Agrietamiento				x				
Corrosión				x				
Pared de corrugaciones								x
Mampostería y mortero								x
Más de 50% malo o crítico								
<b>Protección contra erosión</b>					x			
Más de 50% malo o crítico								
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?								
Evaluación del desempeño								
<b>Problemas de desempeño tipo I</b>				<b>Problemas de desempeño tipo II</b>				
Sedimentos entrada o salida > 33%				Sedimentos entrada o salida > 75%				
Escombros o vegetación de más de 33%				Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%				
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente				Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.				
Erosión local a la salida				Degradación del canal**				
x	Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla			Tubidificación en el terraplén**				
x	Erosión en el terraplén por mal manejo del aguas			Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**				
	Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento			Corrosión Agresiva**		Abrasión Agresiva**		
	Fallo Entrada Flotabilidad	Fallo Entrada Aplastamiento		Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**				

Figura 49. Inspección. (pag1)

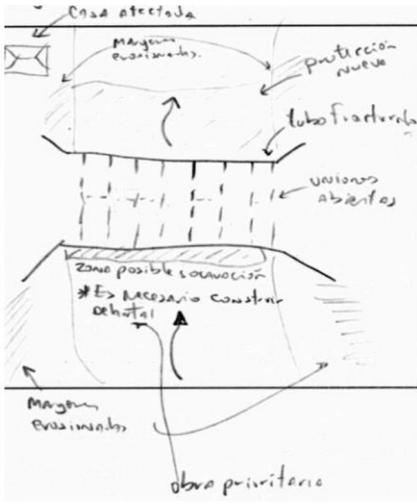
	
<b>Fotos, diagramas y comentarios</b>	
<b>Anotaciones sobre daños</b>	
Problema de socavación a la salida que fue corregido mediante una protección en concreto lanzado	
Salida del tubo extremo de la margen derecha fracturado	
Hay registros de desbordamientos en la alcantarilla	
Las condiciones aguas arriba y aguas abajo son de formas diferentes, superficie de ruedo inadecuada.	
<b>Comentarios</b>	
Podría darse socavación en la entrada debido a que no hay delantal	
No hay baranda	
<b>Diagramas</b>	
	

Figura 50. Inspección. (pag1)



### 5.1.3 Toma de decisiones

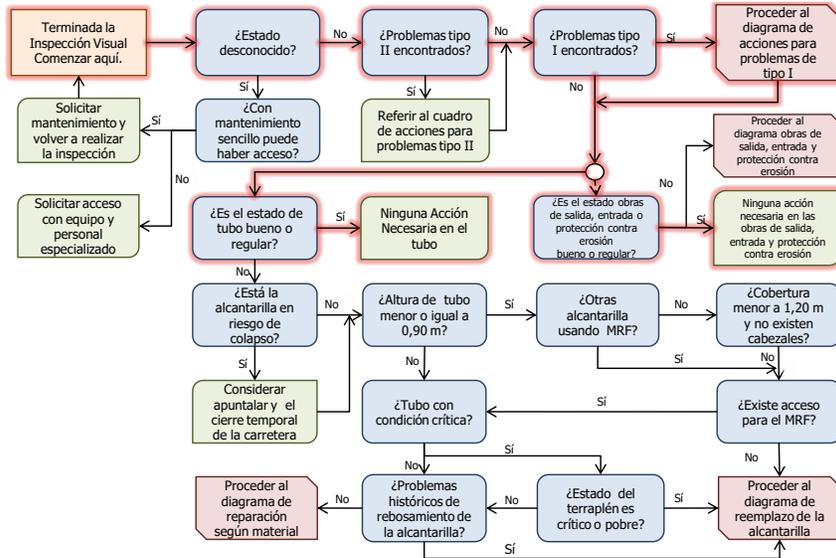


Figura 52. Toma de decisiones (pag1)

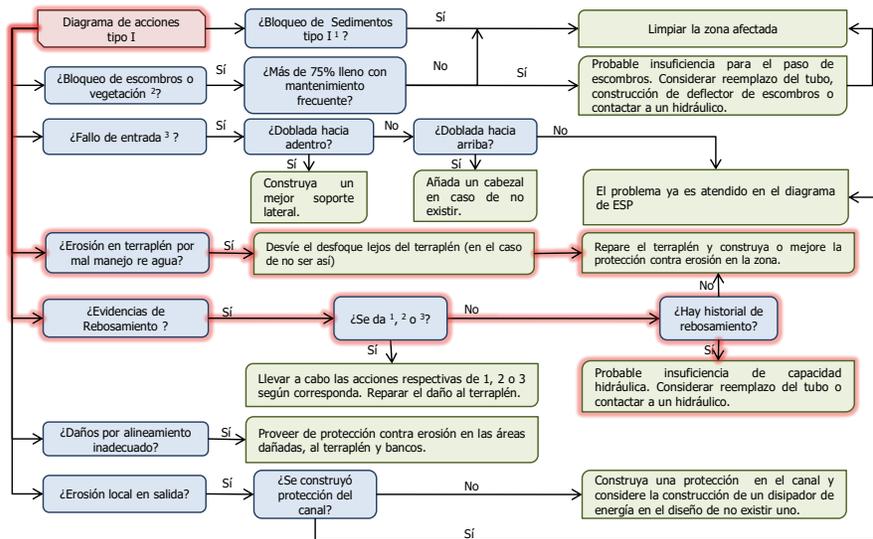


Figura 53. Toma de decisiones (pag2)

## 5.2 Alcantarilla 205---001

### 5.2.1 Inventario

Inventario												
Código o Nombre	205---001			Fecha	9	15	2015					
Encargados:	1.	Josué Quesada			2.	Andrey Chavarria						
Datos obtenidos previamente												
Fechas	día	mes	año	Ubicación								
Construcción			2014	Coord.*	N.	9°56'06,5"		E.	84°22'43,0"			
Última reparación				Sist. Coord.	x	WGC		CRTM		Lamb.N	Lamb.S	
Último mantenimiento				Provincia	Alajuela							
Inventario previo	11	8	2015	Cantón	Atenas							
Inspección previa	11	8	2015	Distrito	Concepción							
Datos Viales				Datos de la Vecindad								
Código de ruta				Zona*		Residencial		Industrial		Comercial		
Número de carriles	2				x	Agrícola		Turística				
Tránsito promedio diario (veh/día)				Infra-estructura		Telecomunicaciones	x	Ctro. Educación				
Porcentaje de pesados (%)						Hospitales	x	Edif. Habitadas				
Velocidad máxima demarcada (km/h)				cercana	x	Servicios						
Importancia				Evidencia histórica de inundaciones								
Cálculo de importancia		PNT	x	IVTS		ARA	Cuerpo de agua que cruza					Sin Nombre
				Otros								
* Es necesario corroborar dicha información en campo								Paso de organismos acuáticos		Patrimonio histórico-cultural		
Datos generales obtenidos en sitio												
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo						
Tipo de entrada		Proyectada		Ajustada		Tipo de salida		Proyectada		Ajustada		
	x	Cabezal		Tipo bocina				Cabezal		Tipo bocina		
La entrada tiene	x	Delantal	x	Muros tipo ala		La salida tiene		Delantal		Muros tipo ala		
								Disipador de energía				
Protección canal		Concreto		Concreto lanzado		Protección canal		Concreto		Concreto lanzado		
		Gavion		Enrocado				Gavion		Enrocado		
		Geotextil						Geotextil				
Protección terraplén		Concreto		Concreto lanzado		Protección terraplén		Concreto		Concreto lanzado		
		Gavion		Enrocado				Gavion		Enrocado		
		Geotextil						Geotextil				
Material de fondo		Piedra grde.	x	Piedra peq.		Material de fondo		Piedra grde.	x	Piedra peq.		
		Arena		Limo o Arcilla				Arena		Limo o Arcilla		
		Concreto		Lajas				Concreto		Lajas		
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo								
Cobertura (m)			0,6	Cobertura (m)			0,76					
Pendiente talud (°)			40	Pendiente talud (°)			35					
Pendiente talud margen derecha (°)			30	Pendiente talud margen derecha (°)			30					
Pendiente talud margen izquierda (°)			35	Pendiente talud margen izquierda (°)			30					
Ángulo río tubo(s) (°)			0	Ángulo río tubo(s) (°)			0					
Nivel de crecientes (m) **			1	Nivel de crecientes (m) **			1,4					

\*\*Anoté en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 54. Inventario (pag1) .

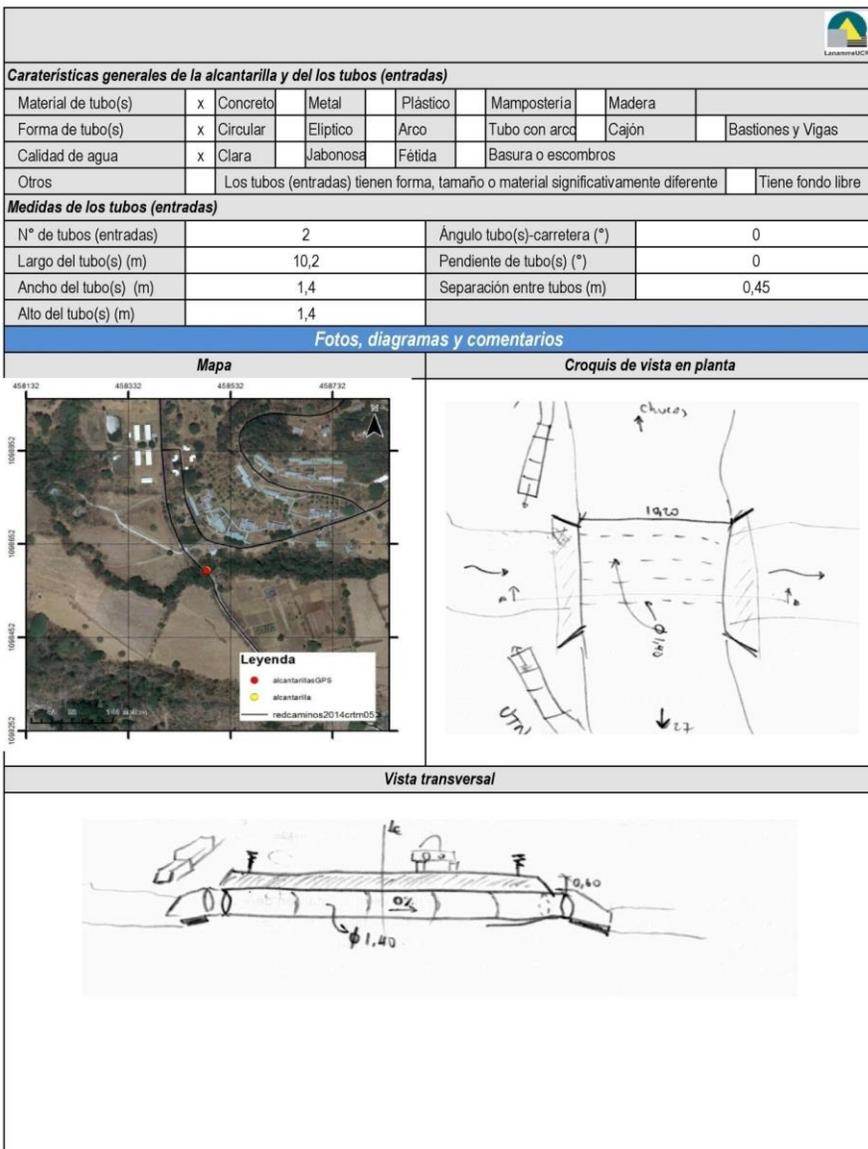


Figura 55. Inventario (pag2)

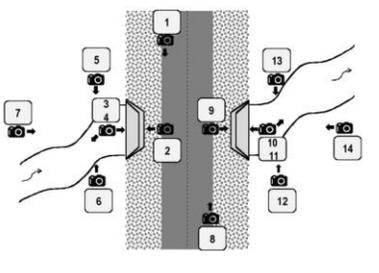
	
Comentarios	
<p>En la entrada se encontraron ramas en un tubo de agua potable que pasa por dentro de la alcantarilla. Se anota entonces la altura del agua dentro de la alcantarilla en dicho punto que es aproximadamente 1 m.</p> <p>La medida aguas abajo del nivel de crecientes se da a partir del nivel de basura máximo encontrado aguas arriba y a partir del nivel de la vegetación.</p> <p>A pesar de que CNE tiene el sitio como un lugar propenso a inundarse al consultarle a los vecinos se pudo corroborar que la alcantarilla (según su experiencia) no ha sido sobre pasada por ninguna creciente. Al menos desde su reciente construcción por parte de los encargados del proyecto hidroeléctrico Chucuz.</p>	
	
	
N° 1	N° 2
	
N° 3.1	N° 3.2

Figura 56. Inventario (pag3)



Figura 57. Inventario (pag4)

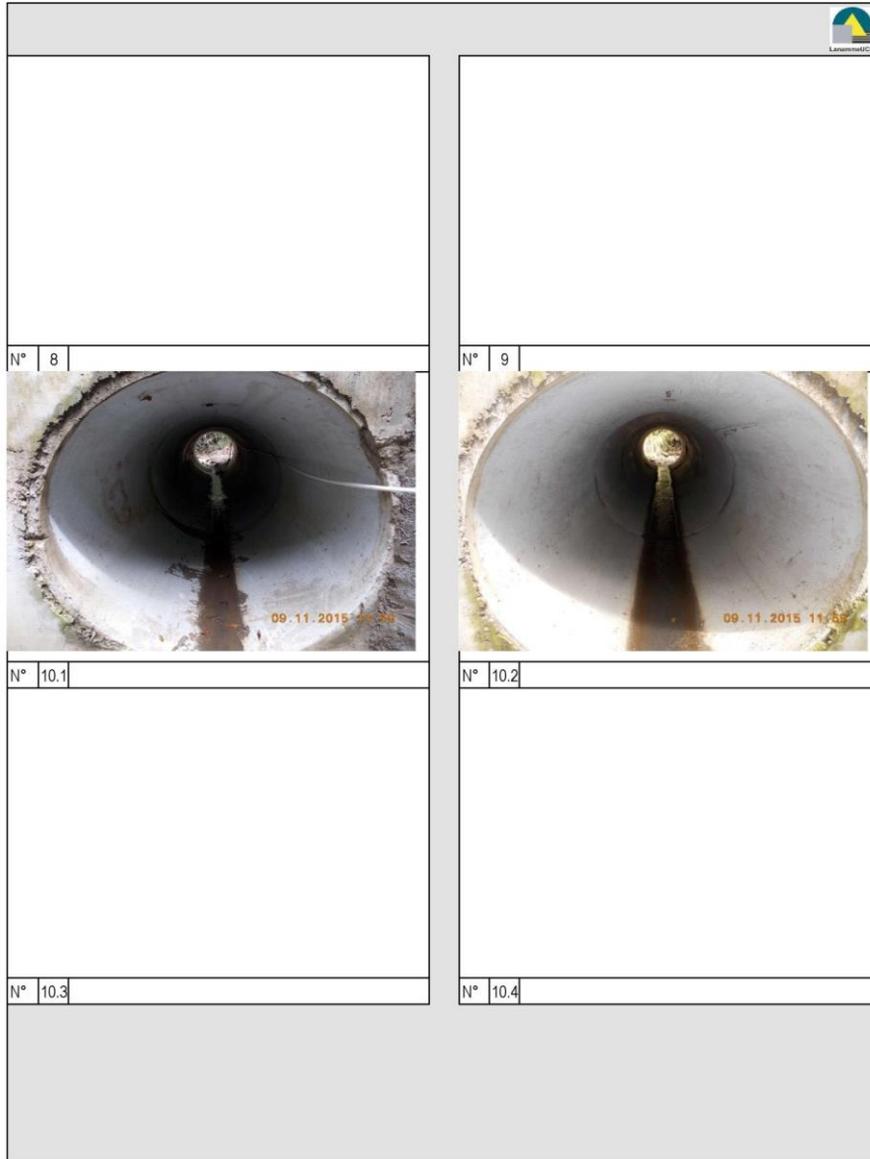


Figura 58. Inventario (pag5)

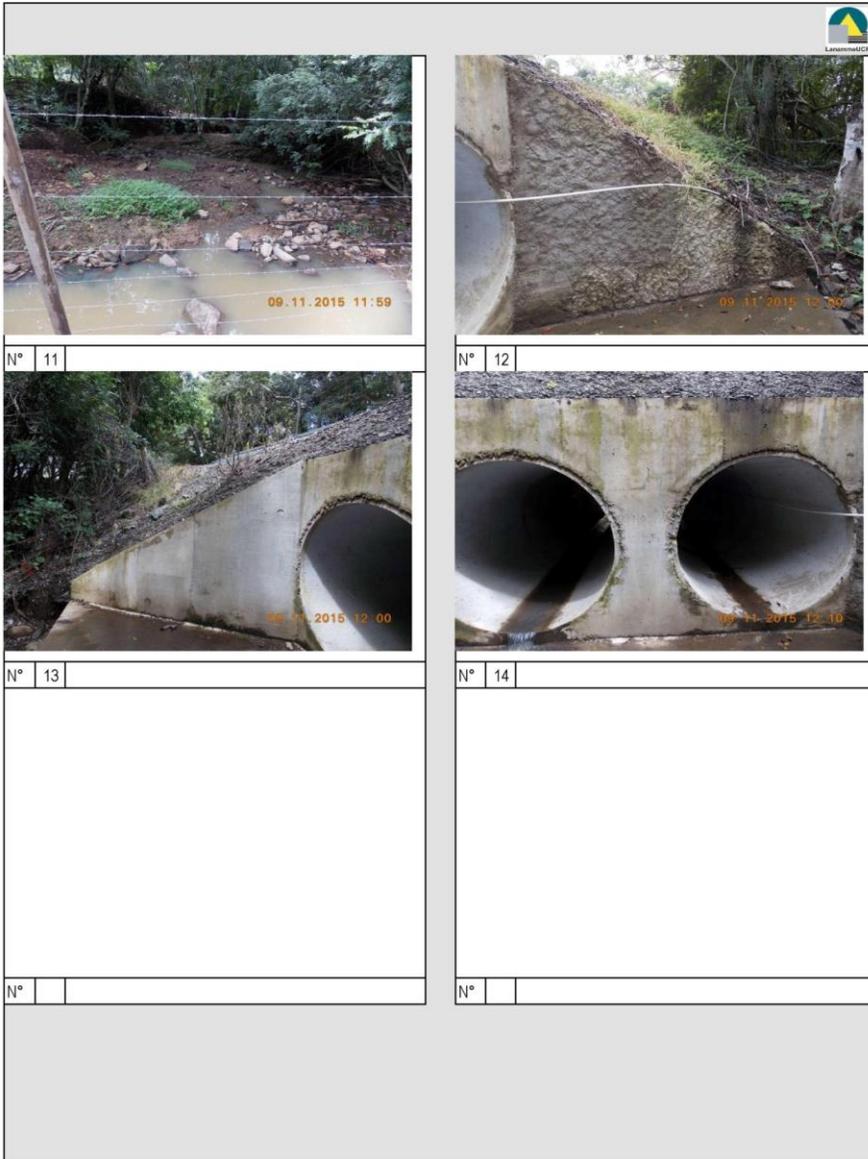


Figura 59. Inventario (pag6)

### 5.2.2 Inspección

Inspección											
Código o Nombre:	205---001				Fecha:						
Encargados:	1. Josué Quesada				2. Andrey Chavarria						
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	x	Regular-R	Malo-M	Critico-C	Desconocido-D					
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses											
NO se puede acceder a toda la alcantarilla*											
Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*											
NO existe acceso a maquinaria pesada* <span style="float:right">*debe explicarse en anotaciones</span>											
Evaluación del estado											
	B	R	M	C	NA		B	R	M	C	NA
<b>Terraplén y Carretera</b>		x				<b>Estructura de entrada</b>	x				
Carretera	x					Cabezal, ajuste, proyección o bocina	x				
Terraplén			x			Socavación de fundaciones					
Hay algún daño en el terraplén que invade la vía						Accesorio rotado					
Condiciones antes y después del paso son diferentes						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
<b>Tubo o apertura</b>		x				<b>Delantal</b>	x				
Fondo	x					Socavación de fundaciones					
Uniones		x				Agrietamiento crítico					
Deformación	x					Más de 50% malo o crítico					
Agrietamiento		x				<b>Estructura de salida</b>		x			
Corrosión	x					Cabezal, ajuste, proyección o bocina	x				
Pared de corrugaciones					x	Socavación de fundaciones					
Mampostería y mortero					x	Accesorio rotado					
Más de 50% malo o crítico						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
<b>Protección contra erosión</b>					x	<b>Delantal</b>		x			
Más de 50% malo o crítico						x Socavación de fundaciones					
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
Evaluación del desempeño											
<b>Problemas de desempeño tipo I</b>					x	<b>Problemas de desempeño tipo II</b>					
Sedimentos entrada o salida > 33%						Sedimentos entrada o salida > 75%					
Escombros o vegetación de más de 33%						Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%					
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente						Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.					
x Erosión local a la salida						Degradación del canal**					
Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla						Tubidificación en el terraplén**					
x Erosión en el terraplén por mal manejo del aguas						Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**					
Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento						Corrosión Agresiva**			Abrasión Agresiva**		
Fallo Entrada Flotabilidad						Fallo Entrada Aplastamiento					
						Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**					

Figura 60. Inspección. (pag1)





Figura 62. Inspección. (pag1)

### 5.2.3 Toma de decisiones

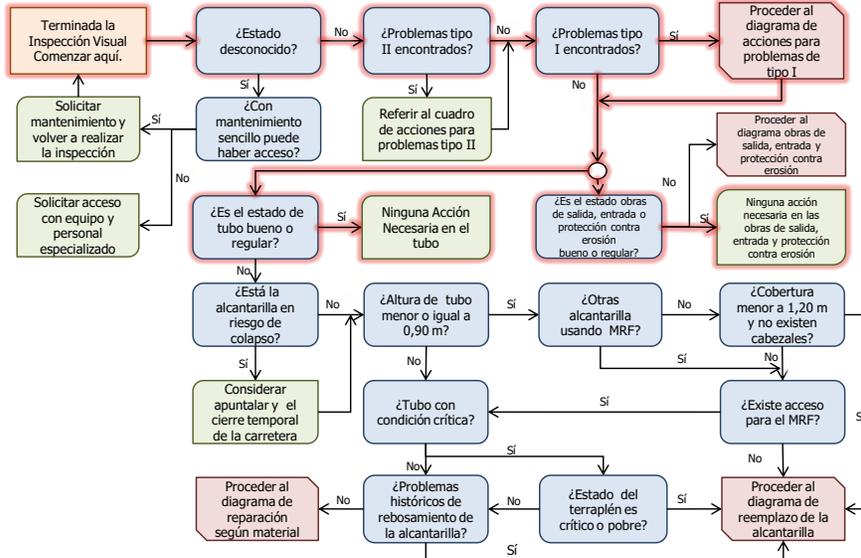


Figura 63. Toma de decisiones (pag1)

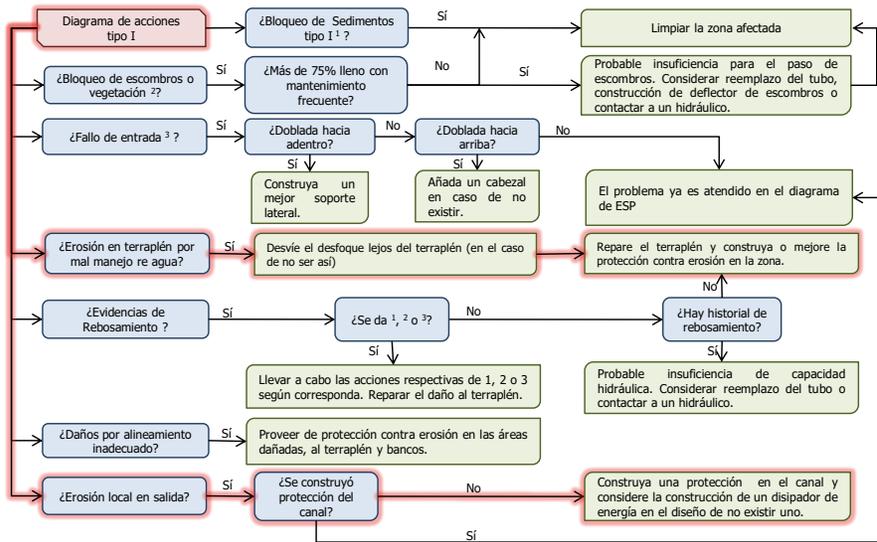


Figura 64. Toma de decisiones (pag2)

### 5.3 Alcantarilla 303---001

#### 5.3.1 Inventario

													
Inventario		Código o Nombre			303---001			Fecha		16 11 2015			
Encargados:		1. Josué Quesada			2. Andrey Chavarria								
Datos obtenidos previamente													
Fechas		día	mes	año	Ubicación		* Es necesario corroborar dicha información en campo						
Construcción					Coord.*	N.	1095577		E.	448287			
Última reparación					Sist. Coord.	WGC	x	CRTM	Lamb.N	Lamb.S			
Último mantenimiento					Provincia	Cartago							
Inventario previo					Cantón	La Unión							
Inspección previa					Distrito	San Juan							
Datos Viales				Datos de la Vecindad									
Código de ruta				Zona*		x	Residencial	Industrial	x	Comercial			
Número de carriles							Agrícola	Turística					
Tránsito promedio diario (veh/día)				1		Infra-estructura		Telecomunicaciones		Ctro. Educación			
Porcentaje de pesados (%)						Hospitales		x	Edif. Habitadas				
Velocidad máxima demarcada (km/h)						x		Servicios		x RN Alta Capacidad			
Importancia						x		Evidencia histórica de inundaciones					
Cálculo de importancia				PNT	x	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza		Rio Chaguite			
Otros													
* Es necesario corroborar dicha información en campo						Paso de organismos acuáticos		Patrimonio histórico-cultural					
Datos generales obtenidos en sitio													
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo							
Tipo de entrada		Proyectada		Ajustada		Tipo de salida		Proyectada		Ajustada			
x		Cabezal		Tipo bocina		x		Cabezal		Tipo bocina			
La entrada tiene		Delantal		x Muros tipo ala		La salida tiene		Delantal		x Muros tipo ala			
Protección canal		Concreto		x Concreto lanzado		Protección canal		Concreto		Concreto lanzado			
		Gavion		Enrocado				Gavion		Enrocado			
		Geotextil						Geotextil					
Protección terraplén		Concreto		x Concreto lanzado		Protección terraplén		Concreto		Concreto lanzado			
		Gavion		Enrocado				Gavion		Enrocado			
		Geotextil						Geotextil					
Material de fondo		x Piedra grde.		Piedra peq.		Material de fondo		x Piedra grde.		Piedra peq.			
		Arena		Limo o Arcilla				Arena		Limo o Arcilla			
		Concreto		Lajas				Concreto		Lajas			
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo									
Cobertura (m)				0,25		Cobertura (m)				0,25			
Pendiente talud (°)				90		Pendiente talud (°)				90			
Pendiente talud margen derecha (°)				35		Pendiente talud margen derecha (°)				78			
Pendiente talud margen izquierda (°)				38		Pendiente talud margen izquierda (°)				75			
Ángulo río tubo(s) (°)				0		Ángulo río tubo(s) (°)				27			
Nivel de crecientes (m) **				1,4		Nivel de crecientes (m) **				1,4			

\*\*Anoté en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 65. Inventario (pag1) .

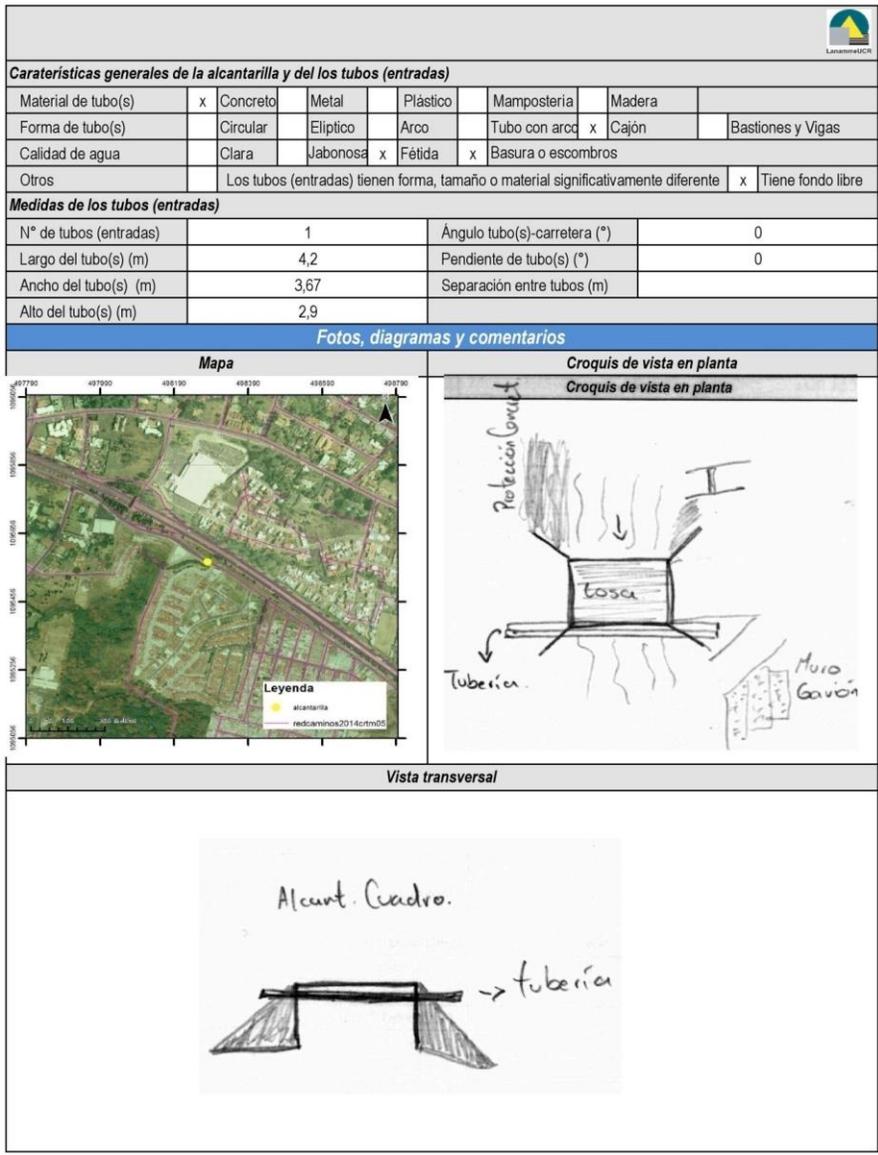


Figura 66. Inventario (pag2)

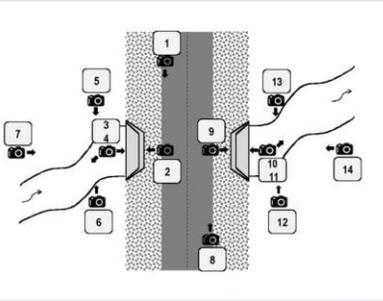
	
Comentarios	
La alcantarilla tiene fondo móvil aparentemente (es posible que sea una estructura tipo cajón con una cama de sedimento).	
Margenes con protección en concreto.	
Se observan tres defogues cerca de la entrada.	
	
	
N° 1	N° 2
	
N° 3.1	N° 3.2

Figura 67. Inventario (pag3)



Figura 68. Inventario (pag4)



Figura 69. Inventario (pag5)

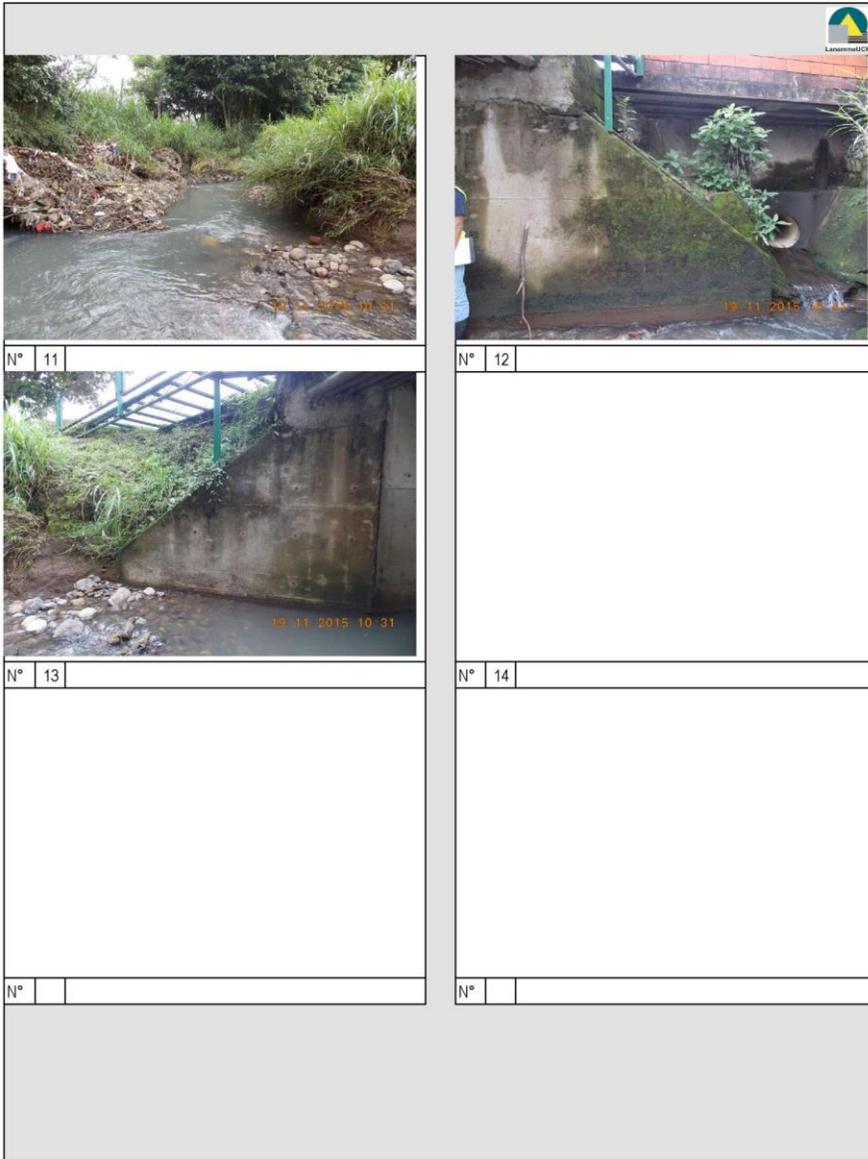


Figura 70. Inventario (pag6)

### 5.3.2 Inspección

Inspección		Código o Nombre:	303---001		Fecha						
Encargados:	1. Josué Quesada	2. Andrey Chavarría									
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	<input checked="" type="checkbox"/>	Regular-R	<input type="checkbox"/>	Malo-M	<input type="checkbox"/>	Crítico-C	<input type="checkbox"/>	Desconocido-D	<input type="checkbox"/>	
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses											
NO se puede acceder a toda la alcantarilla*											
Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*											
NO existe acceso a maquinaria pesada* <span style="float: right;">*debe explicarse en anotaciones</span>											
Evaluación del estado											
					B	R	M	C	NA		
<b>Terraplén y Carretera</b>											
Carretera						<input checked="" type="checkbox"/>					
Terraplén						<input checked="" type="checkbox"/>					
Hay algún daño en el terraplén que invade la vía											
Condiciones antes y después del paso son diferentes											
<b>Tubo o apertura</b>							<input checked="" type="checkbox"/>				
Fondo										<input checked="" type="checkbox"/>	
Uniones						<input checked="" type="checkbox"/>					
Deformación						<input checked="" type="checkbox"/>					
Agrietamiento							<input checked="" type="checkbox"/>				
Corrosión								<input checked="" type="checkbox"/>			
Pared de corrugaciones										<input checked="" type="checkbox"/>	
Mampostería y mortero										<input checked="" type="checkbox"/>	
Más de 50% malo o crítico											
<b>Protección contra erosión</b>							<input checked="" type="checkbox"/>				
Más de 50% malo o crítico											
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?											
<b>Estructura de entrada</b>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Cabezal, ajuste, proyección o bocina						<input checked="" type="checkbox"/>					
<input checked="" type="checkbox"/> Socavación de fundaciones											
Accesorio rotado											
Agrietamiento crítico											
Más de 50% malo o crítico											
<b>Delantal</b>										<input checked="" type="checkbox"/>	
Socavación de fundaciones											
Agrietamiento crítico											
Más de 50% malo o crítico											
<b>Estructura de salida</b>							<input checked="" type="checkbox"/>				
Cabezal, ajuste, proyección o bocina								<input checked="" type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Socavación de fundaciones											
Accesorio rotado											
Agrietamiento crítico											
Más de 50% malo o crítico											
<b>Delantal</b>										<input checked="" type="checkbox"/>	
Socavación de fundaciones											
Agrietamiento crítico											
Más de 50% malo o crítico											
Evaluación del desempeño											
<b>Problemas de desempeño tipo I</b>											
Sedimentos entrada o salida > 33%											
Escombros o vegetación de más de 33%											
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente											
<input checked="" type="checkbox"/> Erosión local a la salida											
Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla											
Erosión en el terraplén por mal manejo del aguas											
<input checked="" type="checkbox"/> Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento											
Fallo Entrada Flotabilidad										Fallo Entrada Aplastamiento	
<b>Problemas de desempeño tipo II</b>											
Sedimentos entrada o salida > 75%											
Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%											
Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.											
<input checked="" type="checkbox"/> Degradación del canal**											
Tubidificación en el terraplén**											
<input checked="" type="checkbox"/> Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**											
Corrosión Agresiva**										Abrasión Agresiva**	
Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**											

Figura 71. Inspección. (pag1)

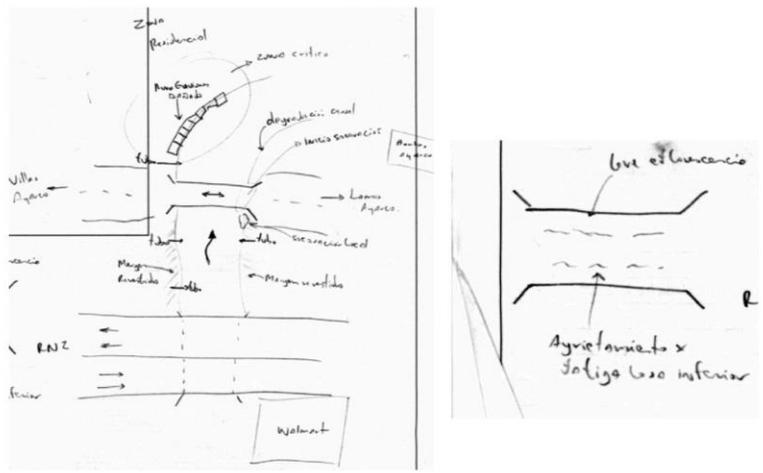
	
Fotos, diagramas y comentarios	
Anotaciones sobre daños	
Margenes con protección en concreto con leve agrietamiento.	
Vegetación en unión entre el cajón y el aletón o el muro de ala	
Socavación local la entrada por un cambio de altura en la margen derecha a la entrada	
Daños en la margen izquierda e la salida.	
Socavación en los muros de gavión cerca de otro defogee adicional encontrado en la margen izquierda a la salida.	
Se observa una barra de acero expuesta en la corona aguas abajo	
Hay agrietamiento que aparenta estar ocasionado por problemas de carga, (fatiga)	
Comentarios	
Posible afectación de la capacidad hidráulica de la alcantarilla aguas arriba si esta alcantarilla colapsa.	
La alcantarilla aguas arriba pertenece a la Ruta Nacional 2	
Diagramas	
	

Figura 72. Inspección. (pag1)



Figura 73. Inspección. (pag1)

### 5.3.3 Toma de decisiones

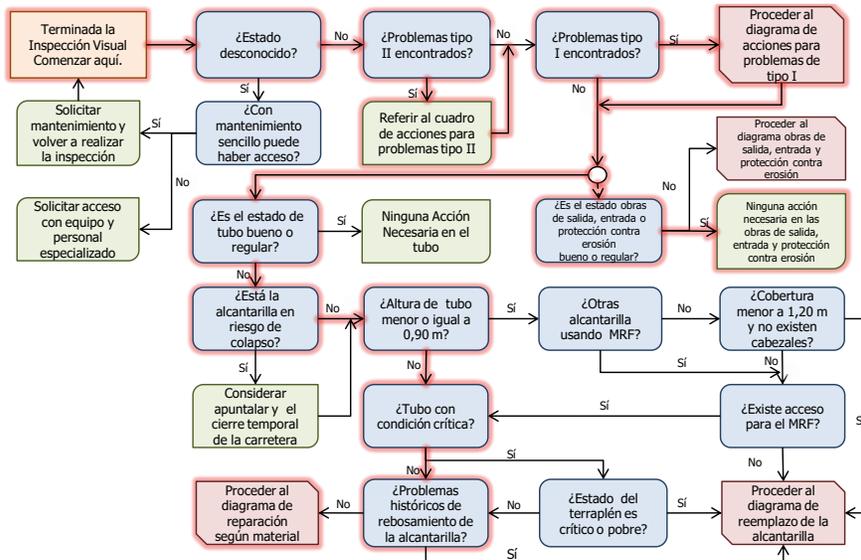


Figura 74. Toma de decisiones (pag1)

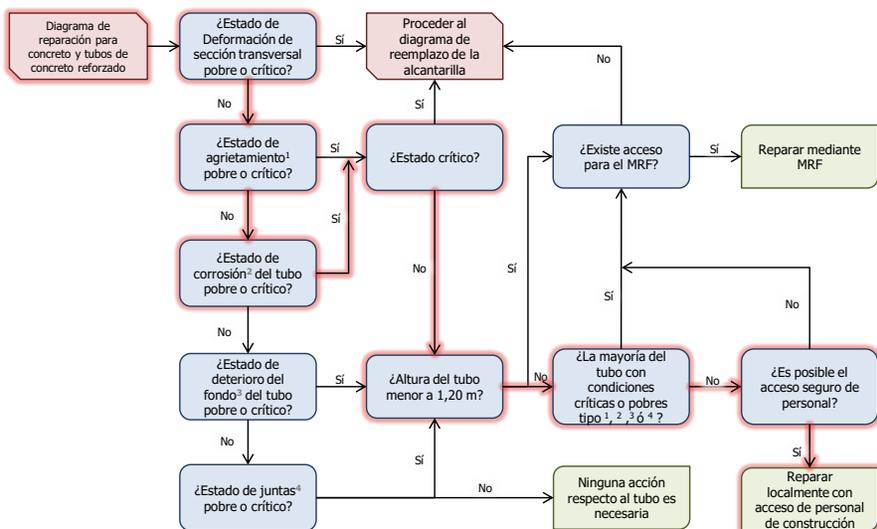


Figura 75. Toma de decisiones (pag2)

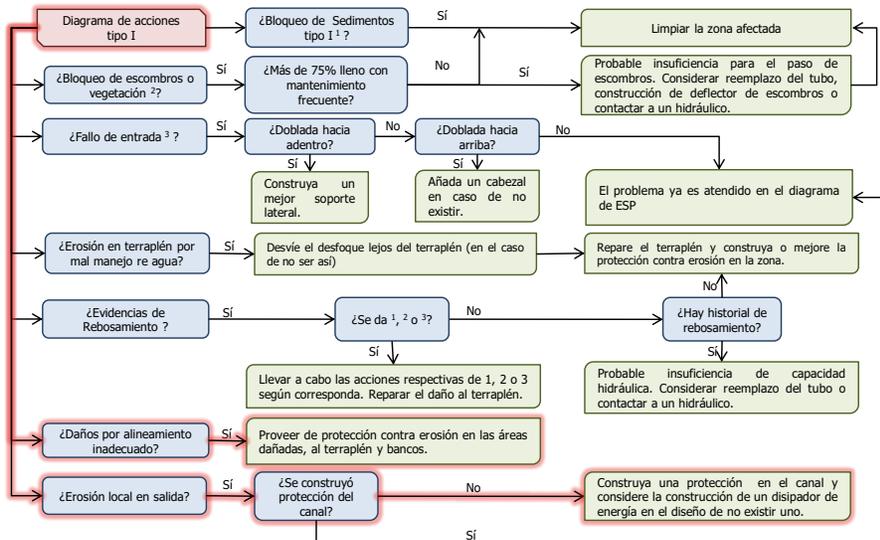


Figura 76. Toma de decisiones (pag1)

Problema	Indicadores vistos en Campo	Disciplinas requeridas para la investigación
Tubificación del terraplén	Asentamientos o huecos en el terraplén y/o carretera sin problemas mayores encontrados en la alcantarilla	Geotecnista
Degradación del canal	Discontinuidad del nivel de fondo en la entrada o salida de la alcantarilla con erosión visible con los bancos laterales verticales o inestables	Hidráulico
Inestabilidad del terraplén	Falla en el terraplén de aguas arriba sin que haya un mal alineamiento entre el canal y la alcantarilla. Falla del terraplén aguas abajo sin que existan sobrepasos o un daño debido a la piscina de socavación.	Geotecnista
Bloqueo de sedimento con degradación del canal	Bloqueo local de sedimentos mayor a 3/4 del tubo. Toda la alcantarilla llena más de 1/3 de su altura en sedimentos y no está diseñada para funcionar así	Hidráulico
Sin acceso	Condición no puede ser corregida con una acción de nivel 1.	Especialistas con equipo y experiencia adecuada para entrar a la alcantarilla
Abrasión o corrosión agresiva	Condición mala o crítica en menos de 5 años de instalación o reparación	Especialista de materiales, hidráulico y geotecnista
Agrietamiento estructural	El agrietamiento aparenta estar causado por factores de carga	Estructural
Alcantarillas abiertas en el fondo, diseñadas para el paso de animales acuáticos o si pertenece al patrimonio histórico.	Cualquier problema crítico o malo encontrado y/o más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista ( fondo abierto) Hidráulico y ambiental (paso de organismos acuáticos) Hidráulico y Especialista en patrimonio (patrimonio histórico)

Figura 77. Toma de decisiones (pag2)

## 5.4 Alcantarilla 203052001

### 5.4.1 Inventario

																			
Inventario		Código o Nombre			Fecha			30			11		2015						
1. Josué Quesada				2. Andrey Chavarria															
Datos obtenidos previamente																			
Fechas		día	mes	año	Ubicación		* Es necesario corroborar dicha información en campo												
Construcción					Coord.*	N.	10°24'48.1"		E.	-84°09'51.4"									
Última reparación					Sist. Coord.	x	WGC		CRTM		Lamb.N	Lamb.S							
Último mantenimiento					Provincia	Alajuela													
Inventario previo					Cantón	Grecia													
Inspección previa					Distrito	Rio Cuarto													
Datos Viales				Datos de la Vecindad															
Código de ruta				2-03-052		Zona*	x	Residencial		Industrial		Comercial							
Número de carriles				2			x	Agrícola		Turística									
Tránsito promedio diario (veh/día)						Infra-estructura		Telecomunicaciones		Ctro. Educación									
Porcentaje de pesados (%)								Hospitales		x	Edif. Habitadas								
Velocidad máxima demarcada (km/h)						cercana	x	Servicios											
Importancia				56		Evidencia histórica de inundaciones													
Cálculo de importancia					PNT	x	IVTS		ARA	Cuerpo de agua que cruza									
						Sin Nombre													
Otros																			
* Es necesario corroborar dicha información en campo								Paso de organismos acuáticos				Patrimonio histórico-cultural							
Datos generales obtenidos en sitio																			
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo													
Tipo de entrada		Proyectada		Ajustada		Tipo de salida		Proyectada		Ajustada									
		x		Cabezal				x		Cabezal		Tipo bocina							
La entrada tiene		x		Delantal		x		Muros tipo ala		La salida tiene		x		Delantal		x		Muros tipo ala	
Protección canal				Concreto		Concreto lanzado		Protección canal				Concreto		Concreto lanzado					
				Gavion		Enrocado						Gavion		Enrocado					
				Geotextil								Geotextil							
Protección terraplén		x		Concreto		Concreto lanzado		Protección terraplén		x		Concreto		Concreto lanzado					
				Gavion		Enrocado						Gavion		Enrocado					
				Geotextil								Geotextil							
Material de fondo				Piedra grde.		Piedra peq.		Material de fondo				Piedra grde.		Piedra peq.					
				Arena		x		Limo o Arcilla				Arena		x		Limo o Arcilla			
				Concreto		Lajas						Concreto		Lajas					
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo															
Cobertura (m)				0,9		Cobertura (m)				0,98									
Pendiente talud (*)				90		Pendiente talud (*)				90									
Pendiente talud margen derecha (*)				31		Pendiente talud margen derecha (*)				36									
Pendiente talud margen izquierda (*)				28		Pendiente talud margen izquierda (*)				32									
Ángulo rio tubo(s) (*)				12		Ángulo rio tubo(s) (*)				34									
Nivel de crecientes (m) **				1		Nivel de crecientes (m) **				1									

\*\*Anote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 78. Inventario (pag1) .

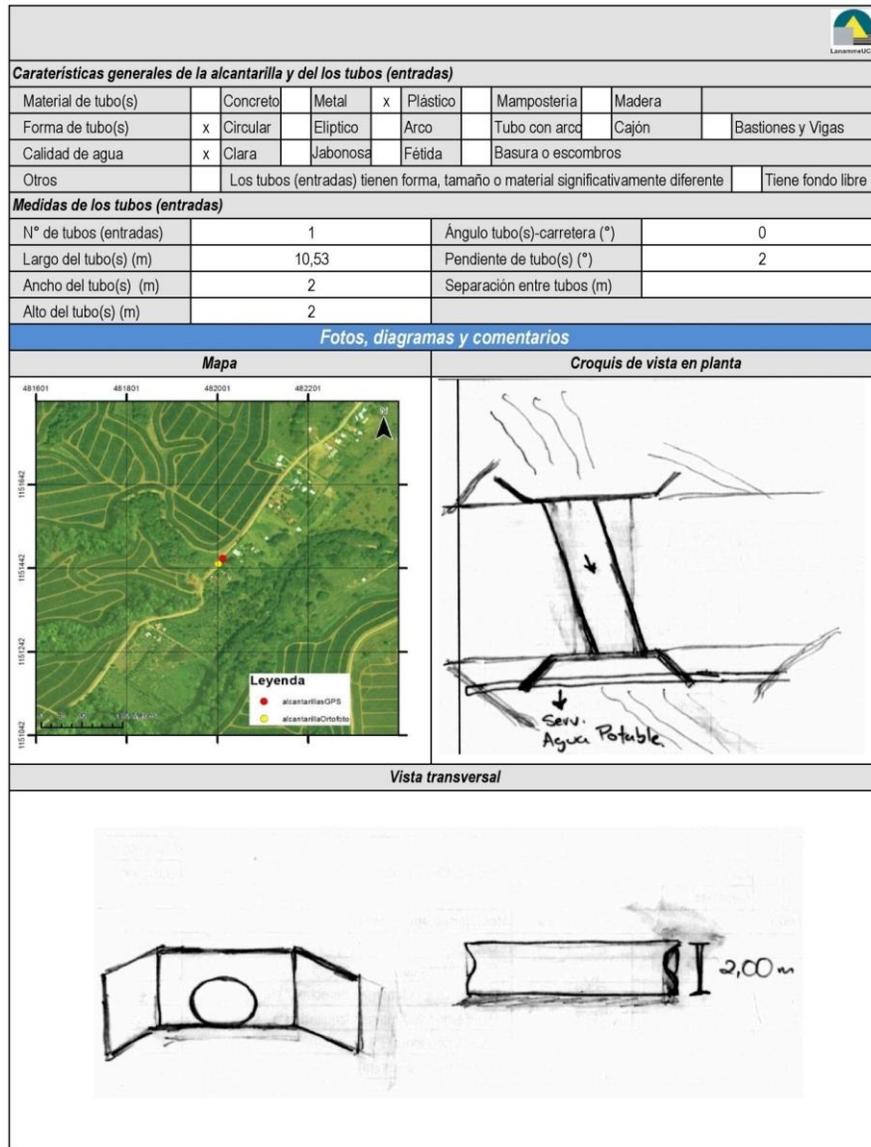


Figura 79. Inventario (pag2)



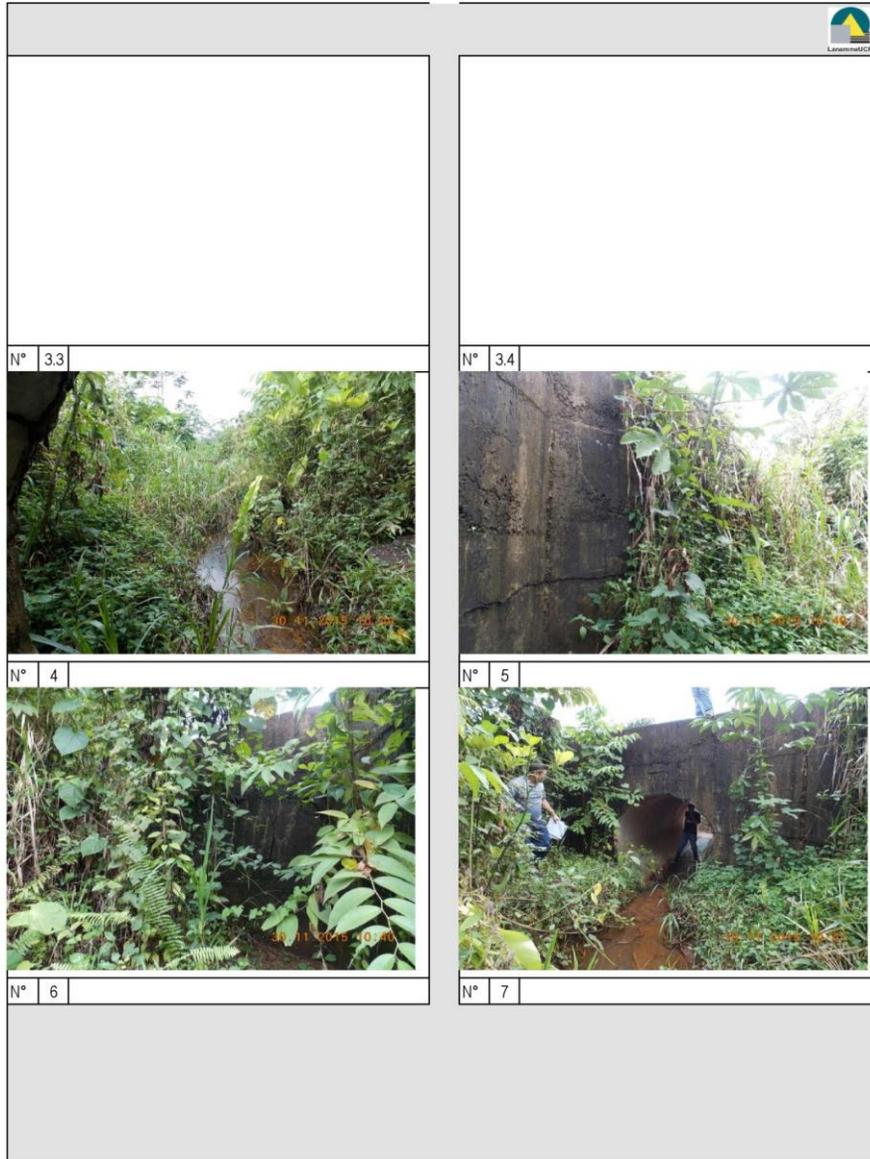


Figura 81. Inventario (pag4)

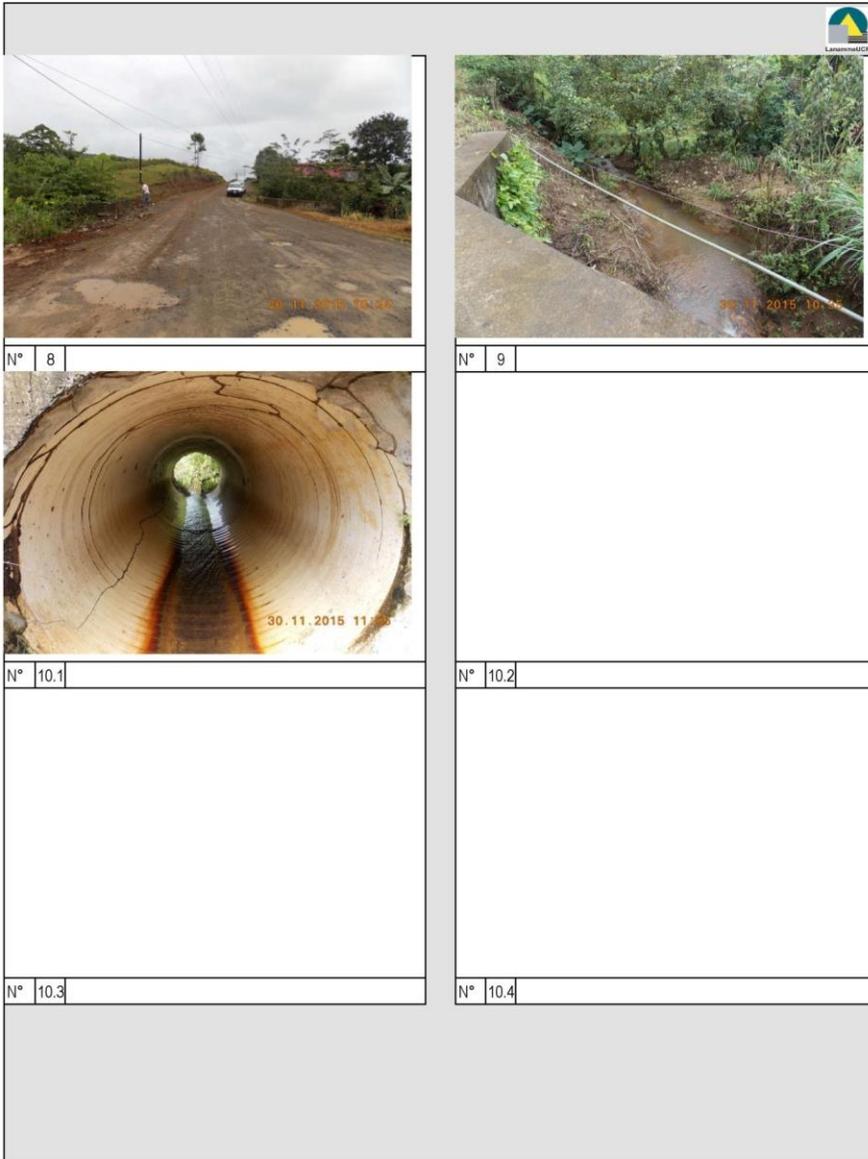


Figura 82. Inventario (pag5)

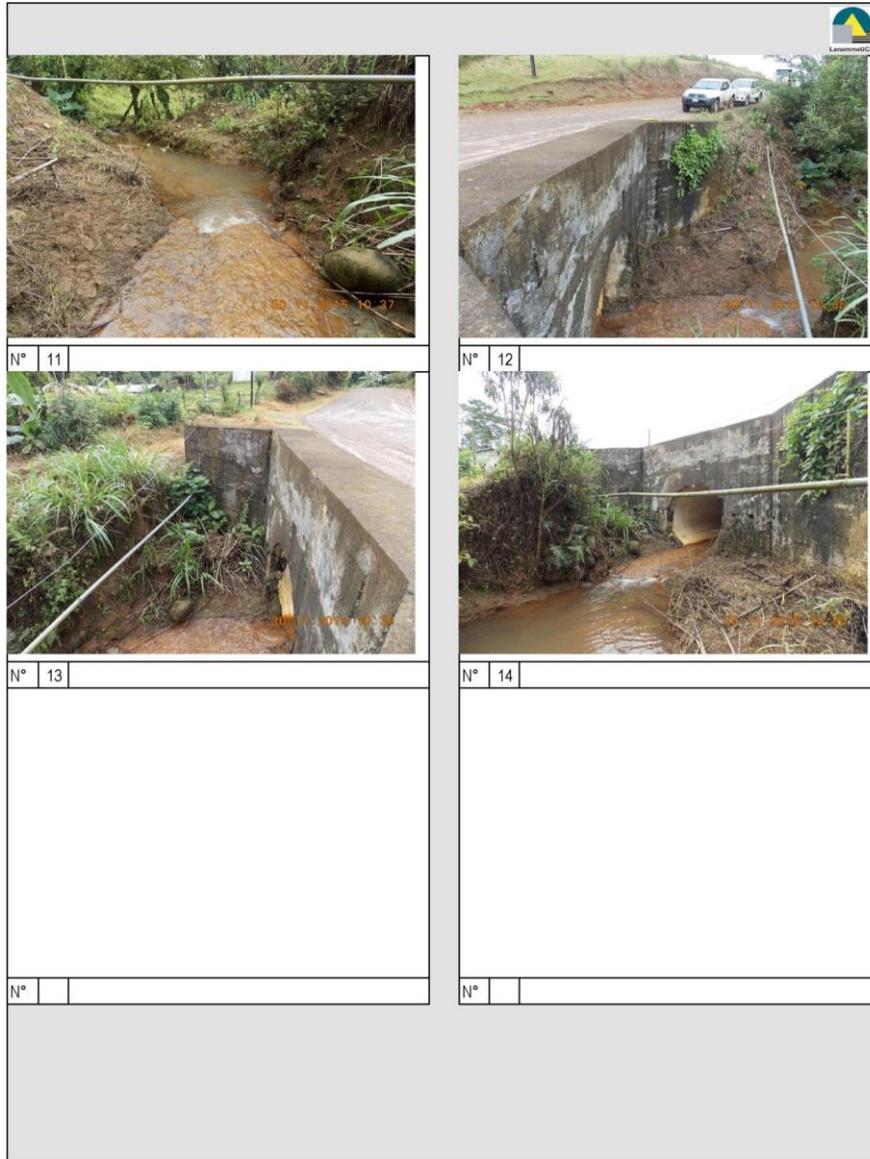


Figura 83. Inventario (pag6)



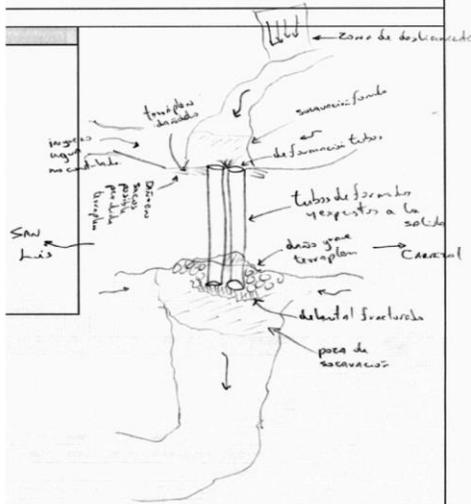
	
Fotos, diagramas y comentarios	
Anotaciones sobre daños	
Alcantarilla en estado crítico, a puntod e colapsar.	
Tubos deformados considerablemente en la entrada, salida y sección central.	
Socavación crítica en la salida (delantal y hueco de socavación)	
Afectación por derrumbe en cono cercano (cambio en el sedimento del canal)	
Evidencia de que la alcantarilla es sobrepasada usualmente y que por tanto carece de capacidad suficiente.	
No hay cabezales, hay pérdida de relleno y existe afectación de la vía.	
Comentarios	
Es posible que el paso colapse en la próxima creciente.	
Diagramas	
	

Figura 85. Inspección. (pag1)



Figura 86. Inspección. (pag1)

### 5.4.3 Toma de decisiones

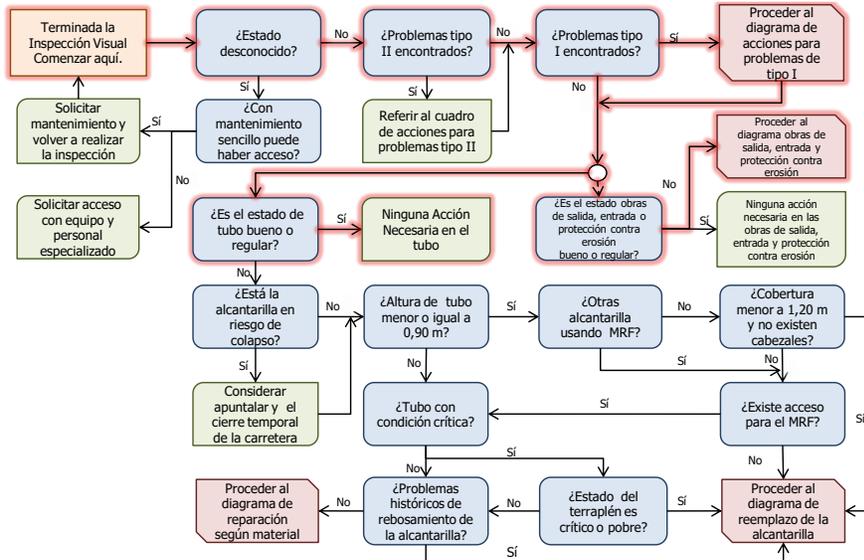


Figura 87. Toma de decisiones (pag1)

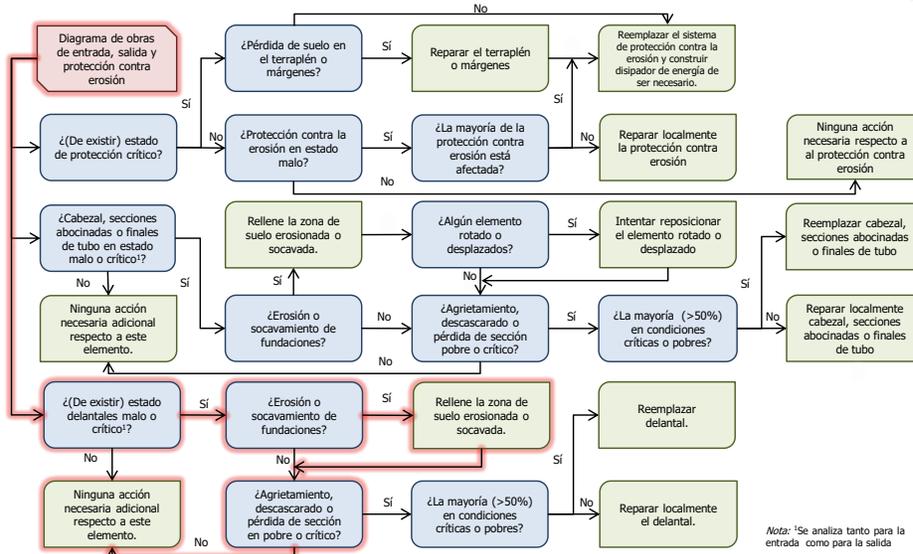


Figura 88. Toma de decisiones (pag2)

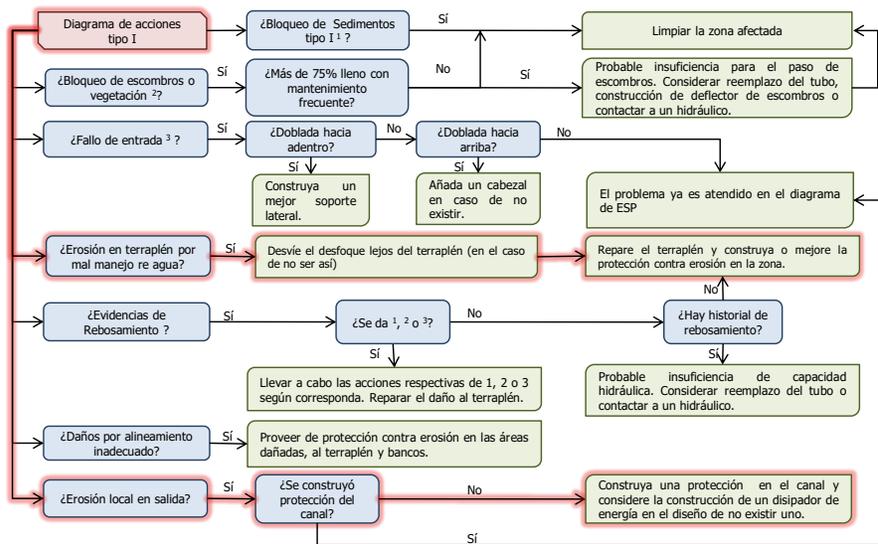


Figura 89. Toma de decisiones (pag3)

## 5.5 Alcantarilla 203052002

### 5.5.1 Inventario

													
Inventario		Código o Nombre			Fecha								
		203052002			30 11 2015								
Encargados:		1. Josué Quesada			2. Andrey Chavarria								
Datos obtenidos previamente													
Fechas		día	mes	año	Ubicación								
Construcción					Coord.*	N.	E.						
Última reparación					Sist. Coord.	x	WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S			
Último mantenimiento					Provincia	Alajuela							
Inventario previo					Cantón	Grecia							
Inspección previa					Distrito	Rio Cuarto							
Datos Viales				Datos de la Vecindad									
Código de ruta				2-03-052		Zona*		Residencial	Industrial	Comercial			
Número de carriles				1		x		Agrícola	Turística				
Tránsito promedio diario (veh/día)						Infra-estructura		Telecomunicaciones	Ctro. Educación				
Porcentaje de pesados (%)						cercana		Hospitales	Edif. Habitadas				
Velocidad máxima demarcada (km/h)						x		Servicios					
Importancia				56		x		Evidencia histórica de inundaciones					
Cálculo de importancia				PNT	x	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza		Quebrada Gómez			
Otros													
* Es necesario corroborar dicha información en campo								Paso de organismos acuáticos		Patrimonio histórico-cultural			
Datos generales obtenidos en sitio													
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo							
Tipo de entrada		x	Proyectada	Ajustada	Tipo de salida		x	Proyectada	Ajustada				
			Cabezal	Tipo bocina				Cabezal	Tipo bocina				
La entrada tiene			Delantal	Muros tipo ala	La salida tiene		x	Delantal	Muros tipo ala				
								Disipador de energía					
Protección canal			Concreto	Concreto lanzado	Protección canal			Concreto	Concreto lanzado				
			Gavion	Enrocado				Gavion	Enrocado				
			Geotextil					Geotextil					
Protección terraplén			Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén			Concreto	Concreto lanzado				
			Gavion	Enrocado				Gavion	Enrocado				
			Geotextil	x Sacos con material				Geotextil	x Sacos con material				
Material de fondo			Piedra grde.	Piedra peq.	Material de fondo			Piedra grde.	Piedra peq.				
			Arena	x Limo o Arcilla				Arena	x Limo o Arcilla				
			Concreto	Lajas				Concreto	Lajas				
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo									
Cobertura (m)				0,4		Cobertura (m)				0,6			
Pendiente talud (°)				82		Pendiente talud (°)				90			
Pendiente talud margen derecha (°)				77		Pendiente talud margen derecha (°)				36			
Pendiente talud margen izquierda (°)				34		Pendiente talud margen izquierda (°)				24			
Ángulo río tubo(s) (°)				30		Ángulo río tubo(s) (°)				0			
Nivel de crecientes (m) **				2		Nivel de crecientes (m) **				2			

\*\*Anoté en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 90. Inventario (pag1) .

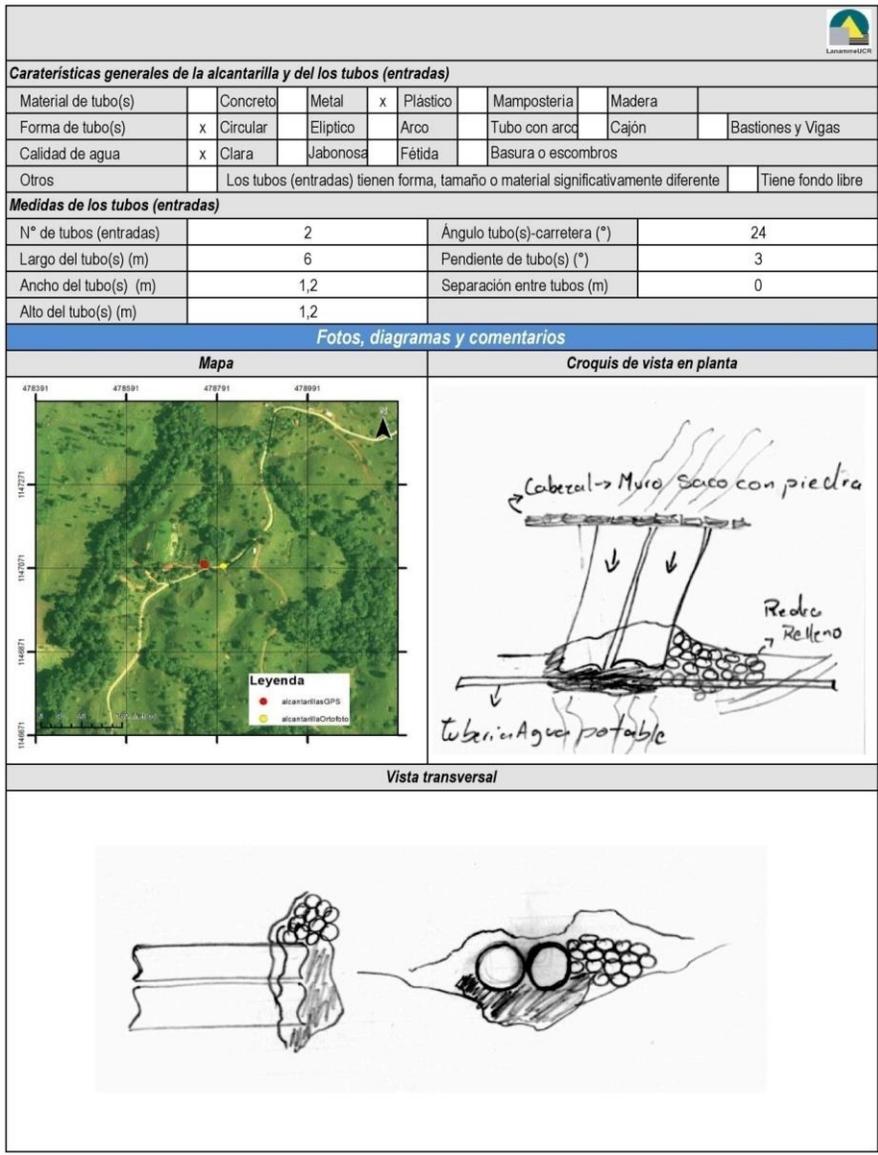


Figura 91. Inventario (pag2)

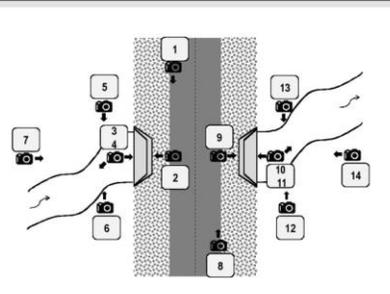
Comentarios	
	
	
N° 1	N° 2
	
N° 3.1	N° 3.2

Figura 92. Inventario (pag3)

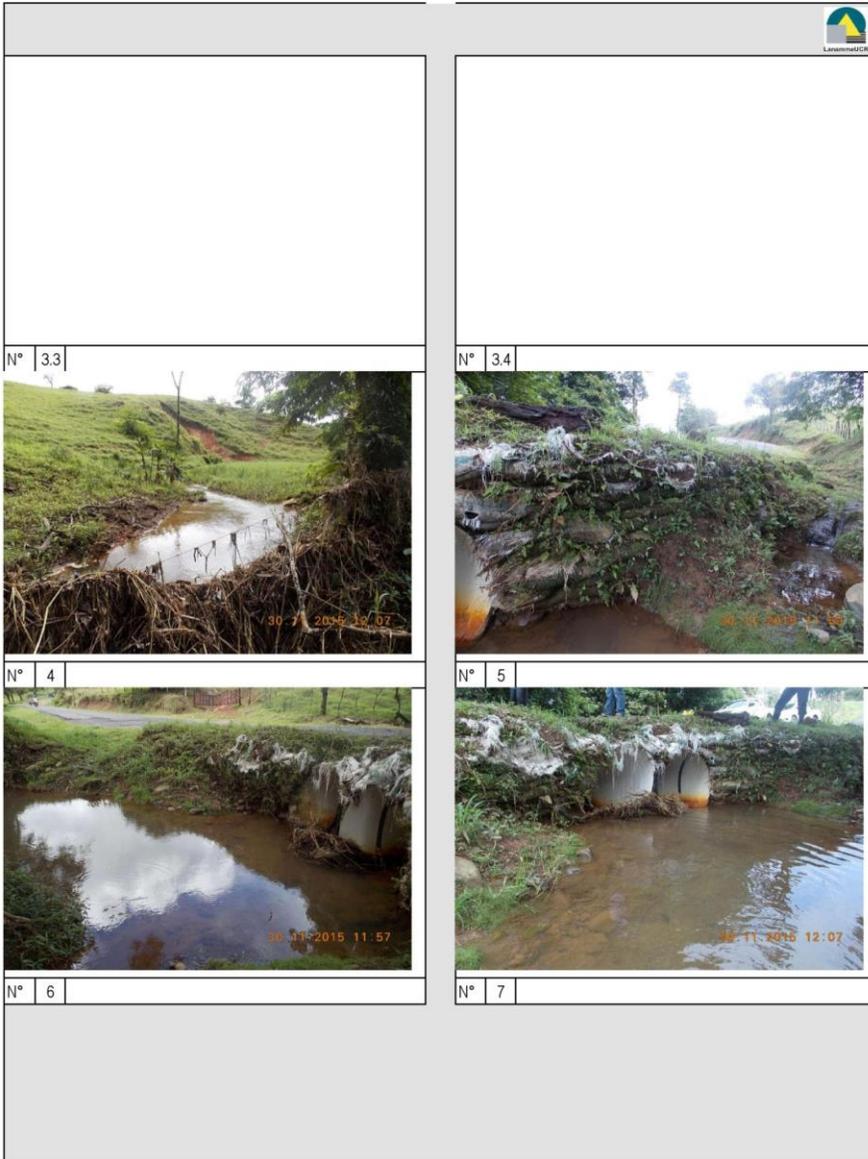


Figura 93. Inventario (pag4)



Figura 94. Inventario (pag5)



Figura 95. Inventario (pag6)

### 5.5.2 Inspección

Inspección										
Código o Nombre:	203052002				Fecha:	30	11	15		
Encargados:	1. Josué Quesada				2. Andrey Chavarria					
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	Regular-R	Malo-M	x	Crítico-C	Desconocido-D				
x Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses NO se puede acceder a toda la alcantarilla* Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso* NO existe acceso a maquinaria pesada* <span style="float: right;">*debe explicarse en anotaciones</span>										
Evaluación del estado										
					B	R	M	C	NA	
<b>Terraplén y Carretera</b>										
Carretera									x	
Terraplén									x	
x Hay algún daño en el terraplén que invade la vía										
x Condiciones antes y después del paso son diferentes										
<b>Tubo o apertura</b>									x	
Fondo						x				
Uniones						x				
Deformación									x	
Agrietamiento										x
Corrosión										x
Pared de corrugaciones								x		
Mampostería y mortero										
x Más de 50% malo o crítico										
<b>Protección contra erosión</b>										x
Más de 50% malo o crítico										
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?										
Evaluación del desempeño										
<b>Problemas de desempeño tipo I</b>					<b>Problemas de desempeño tipo II</b>					
Sedimentos entrada o salida > 33%					Sedimentos entrada o salida > 75%					
Escombros o vegetación de más de 33%					Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%					
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente					Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.					
x Erosión local a la salida					Degradación del canal**					
x Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla					Tubidificación en el terraplén**					
x Erosión en el terraplén por mal manejo del agua					Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**					
Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento					Corrosión Agresiva**		Abrasión Agresiva**			
Fallo Entrada Flotabilidad					Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**					
Fallo Entrada Aplastamiento										

Figura 96. Inspección. (pag1)

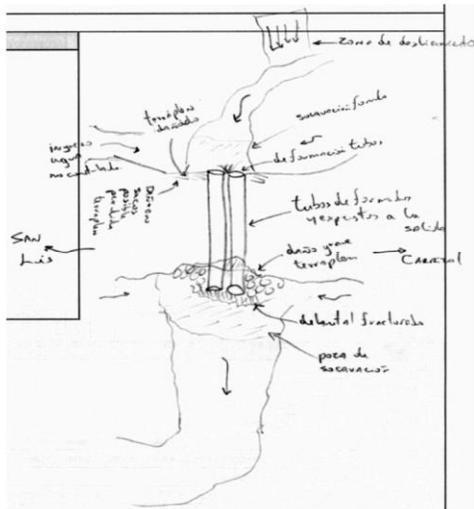
	
Fotos, diagramas y comentarios	
Anotaciones sobre daños	
Alcantarilla en estado crítico, a punto de colapsar.	
Tubos deformados considerablemente en la entrada, salida y sección central.	
Socavación crítica en la salida (delantal y hueco de socavación)	
Afectación por derrumbe en cono cercano (cambio en el sedimento del canal)	
Evidencia de que la alcantarilla es sobrepasada usualmente y que por tanto carece de capacidad suficiente.	
No hay cabezales, hay pérdida de relleno y existe afectación de la vía.	
Comentarios	
Es posible que el paso colapse en la próxima creciente.	
Diagramas	
	

Figura 97. Inspección. (pag1)



Figura 98. Inspección. (pag2)

			
N°	7	No hay relleno entre tubos.	
		N° 8 Tubos con deformación crítica	
N° 9		N° 10	
Terraplén en entrada en estado malo.			
N° 11		N° 12	

Figura 99. Inspección. (pag3)

### 5.5.3 Toma de decisiones

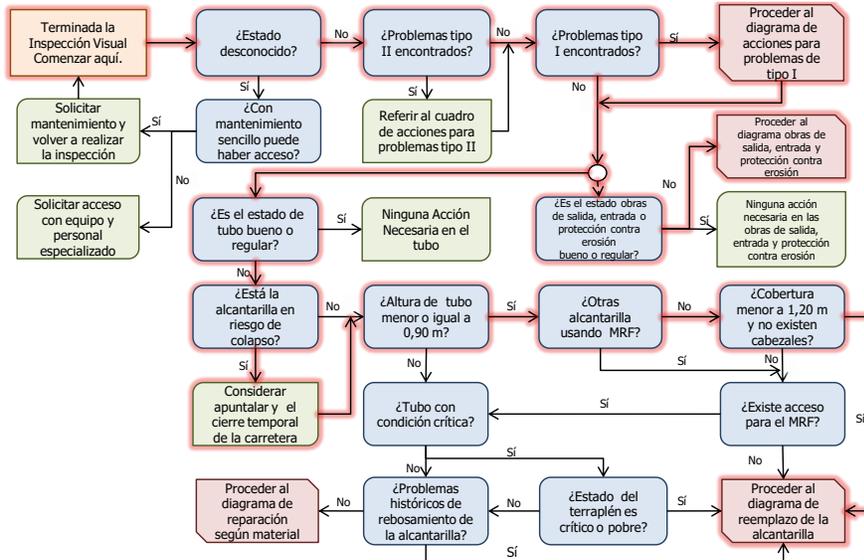


Figura 100. Toma de decisiones (pag1)

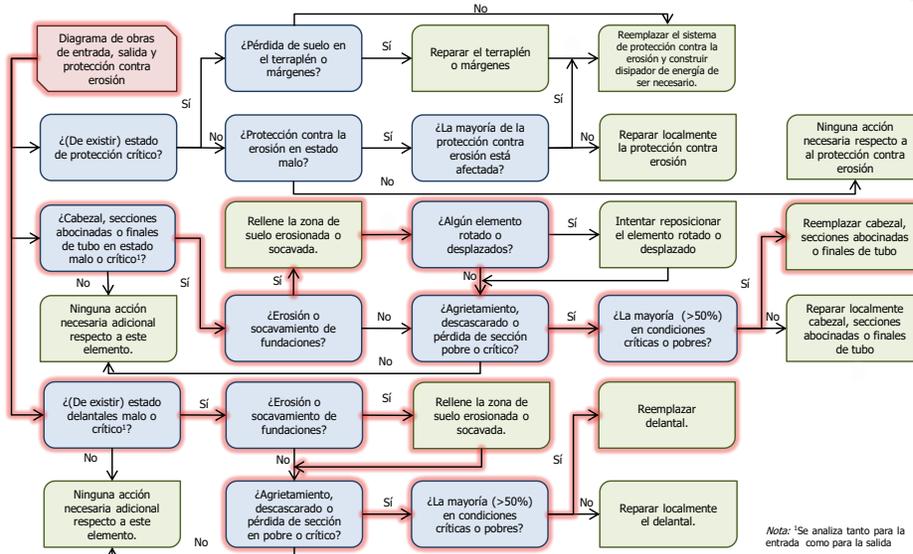


Figura 101. Toma de decisiones (pag2)

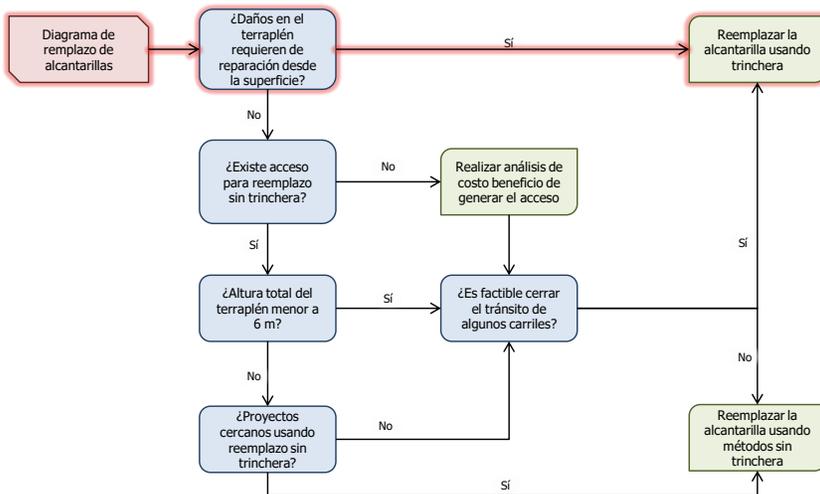


Figura 102. Toma de decisiones (pag3)

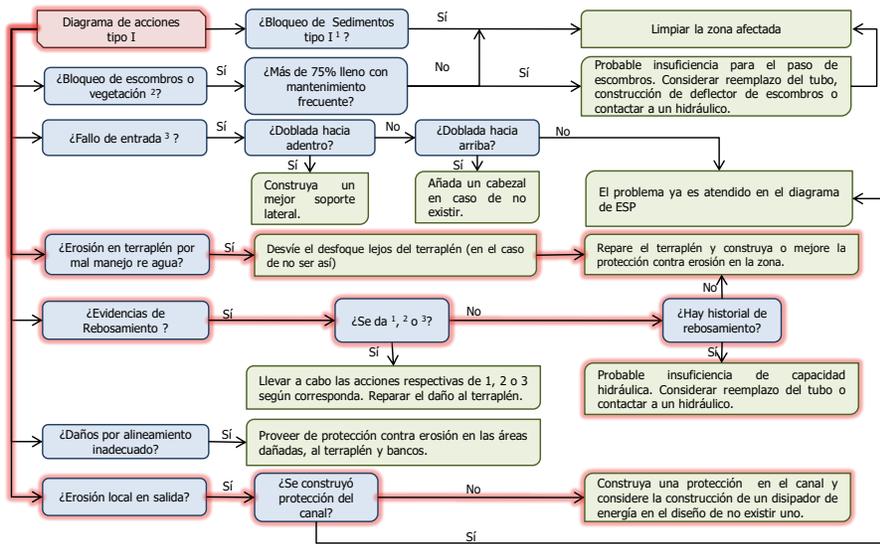


Figura 103. Toma de decisiones (pag4)

## 5.6 Alcantarilla 03919101001

### 5.6.1 Inventario

															
Inventario		Código o Nombre			03919101001			Fecha		23 4 2015					
Encargados:		1. David Jiménez González			2. Miguel Angel Jiménez Mercaldal										
Datos obtenidos previamente															
Fechas		día	mes	año	Ubicación							* Es necesario corroborar dicha información en campo			
Construcción				1980	Coord.*	N.	1099693		E.	49604					
Última reparación			2	2015	Sist. Coord.	WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S						
Último mantenimiento			2	2015	Provincia	San José									
Inventario previo					Cantón	San José									
Inspección previa					Distrito	Zapote		San Francisco							
Datos Viales				Datos de la Vecindad											
Código de ruta				39-19101			Zona*		x	Residencial	x	Industrial	x	Comercial	
Número de carriles				8			Agricultura			Turística					
Tránsito promedio diario (veh/día)				34857.5			Infra-estructura		Telecomunicaciones		Ctro. Educación				
Porcentaje de pesados (%)				20.54			cercana		Hospitales		x		Edif. Habitadas		
Velocidad máxima demarcada (km/h)				80			x		Servicios						
Importancia				0.353			x		Evidencia histórica de inundaciones						
Cálculo de importancia				x	PNT	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza		Río María Aguilar					
Otros															
* Es necesario corroborar dicha información en campo															
								Paso de organismos acuáticos		Patrimonio histórico-cultural					
Datos generales obtenidos en sitio															
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo									
Tipo de entrada		Proyectada		x		Ajustada		Tipo de salida		Proyectada		x		Ajustada	
		Cabezal				Tipo bocina				Cabezal				Tipo bocina	
La entrada tiene		x		Delantal		Muros tipo ala		La salida tiene		x		Delantal		Muros tipo ala	
														Disipador de energía	
Protección canal		Concreto		Concreto lanzado		Protección canal		Concreto		Concreto lanzado		Gavion		Enrocado	
		Gavion		Enrocado				Geotextil							
Protección terraplén		x		Concreto		Concreto lanzado		Protección terraplén		x		Concreto		Concreto lanzado	
				Gavion		Enrocado						Gavion		Enrocado	
				Geotextil								Geotextil			
Material de fondo		Piedra grde.		x		Piedra peq.		Material de fondo		Piedra grde.		x		Piedra peq.	
		Arena		Limo o Arcilla						Arena		Limo o Arcilla			
		Concreto		Lajas						Concreto		Lajas			
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo											
Cobertura (m)				1.2				Cobertura (m)				1.4			
Pendiente talud (°)				40				Pendiente talud (°)				40			
Pendiente talud margen derecha (°)				30				Pendiente talud margen derecha (°)				55			
Pendiente talud margen izquierda (°)				45				Pendiente talud margen izquierda (°)				50			
Ángulo río tubo(s) (°)				<5				Ángulo río tubo(s) (°)				80			
Nivel de crecientes (m) **								Nivel de crecientes (m) **							
**Anote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes															

Figura 104. Inventario (pag1) .

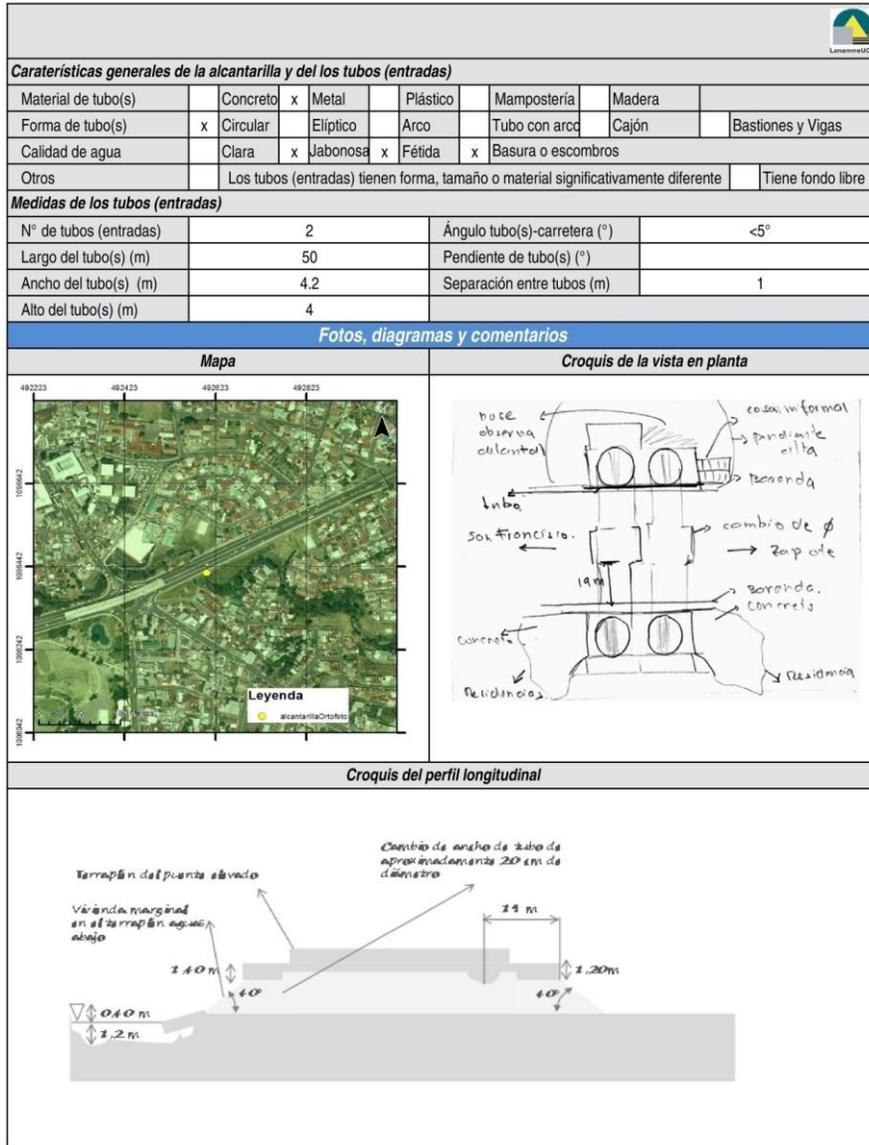


Figura 105. Inventario (pag2)



			
Nº	3.3	Nº	3.4
			
Nº	4	Nº	5
			
Nº	6	Nº	7

Figura 107. Inventario (pag4)

			
Nº	8	Nº	9
Nº	10.1	Nº	10.2
Nº	10.3	Nº	10.4

Figura 108. Inventario (pag5)

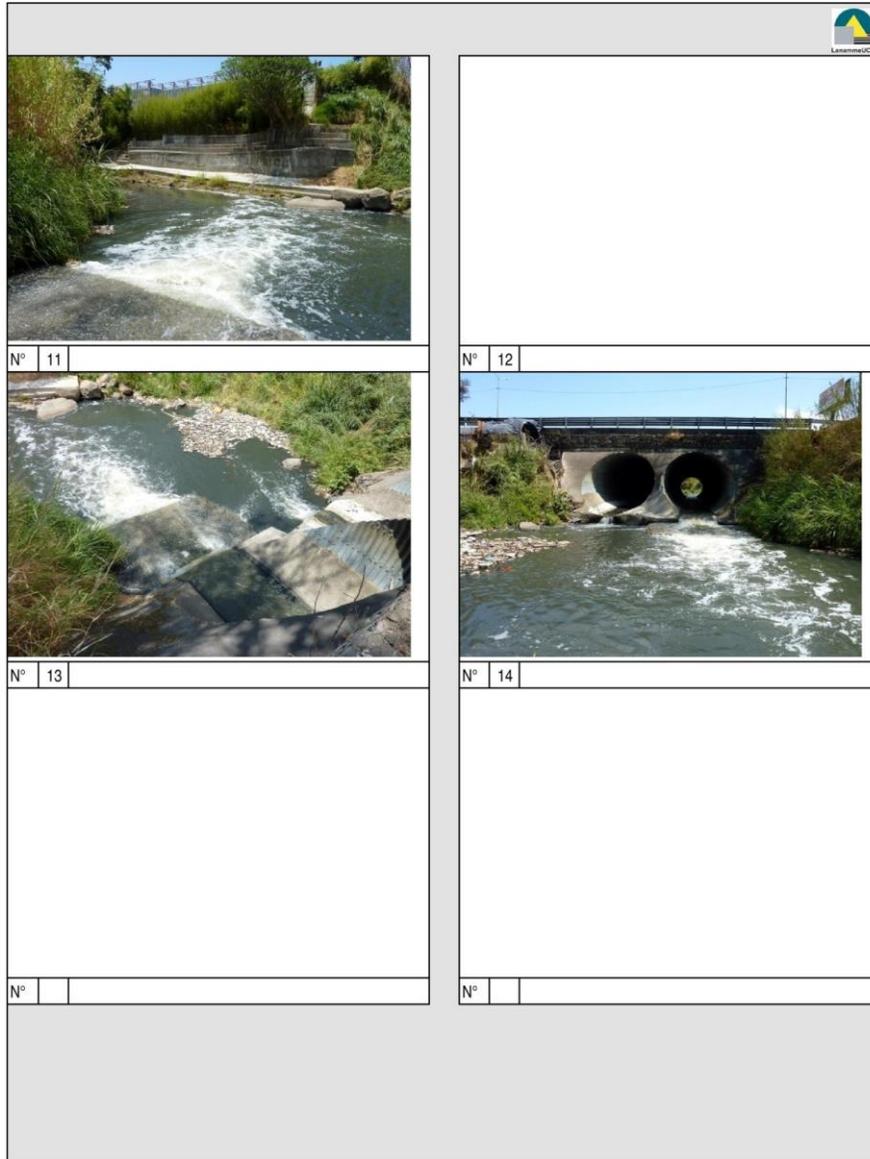


Figura 109. Inventario (pag6)

### 5.6.2 Inspección

Inspección		Código o Nombre:	03919101001			Fecha	23	4	2015
Encargados:	1.	David Jiménez González	2.	Miguel Angel Jiménez Mercadal					
Estado Gen. Alcantarilla:		Bueno-B	Regular-R	Malo-M	x	Crítico-C	Desconocido-D		
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses									
NO se puede acceder a toda la alcantarilla*									
Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*									
NO existe acceso a maquinaria pesada* <span style="float:right">*debe explicarse en anotaciones</span>									
Evaluación del estado									
					B	R	M	C	NA
<b>Terraplén y Carretera</b>									
Carretera					x				
Terraplén						x			
Hay algún daño en el terraplén que invade la vía									
Condiciones antes y después del paso son diferentes									
<b>Tubo o apertura</b>						x			
Fondo					x				
Uniones					x				
Deformación						x			
Agrietamiento									x
Corrosión					x				
Pared de corrugaciones									x
Mampostería y mortero									x
Más de 50% malo o crítico									
<b>Protección contra erosión</b>					x				
Más de 50% malo o crítico									
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?									
Evaluación del desempeño									
Problemas de desempeño tipo I					Problemas de desempeño tipo II				
Sedimentos entrada o salida > 33%					Sedimentos entrada o salida > 75%				
Escombros o vegetación de más de 33%					Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%				
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente					Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.				
x	Erosión local a la salida				x	Degradación del canal**			
Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla					Tubidificación en el terraplén**				
Erosión en el terraplén por mal manejo del agua					Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**				
x	Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento				Corrosión Agresiva**		Abrasión Agresiva**		
Fallo Entrada Flotabilidad		Fallo Entrada Aplastamiento			Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**				

Figura 110. Inspección. (pag1)

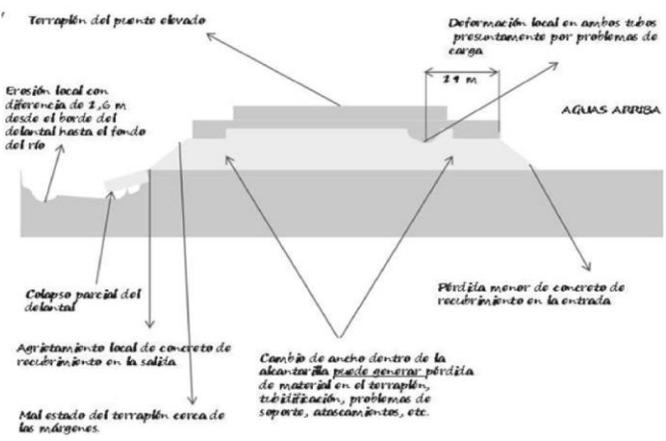
	
Fotos, diagramas y comentarios	
Anotaciones sobre daños	
Aparentemente la zona de la margen derecha del delantal se socavó, colapsó y se hundió.	
Se observan señales de erosión en el canal.	
Se realizó la inspección hasta 6 metros dentro de cada tubo ya que de ese tamaño era la cuerda empleada.	
La velocidad no permitía un acceso seguro sin cuerda.	
Se puede observar que aguas abajo ha habido erosiones de las márgenes por un tiempo considerable dado el número de construcciones para prevenirlas.	
El daño a las márgenes ha llegado a dañar propiedad pública. (plaza)	
Comentarios	
Diagramas	
	

Figura 111. Inspección. (pag1)



Figura 112. Inspección. (pag2)

### 5.6.3 Toma de decisiones

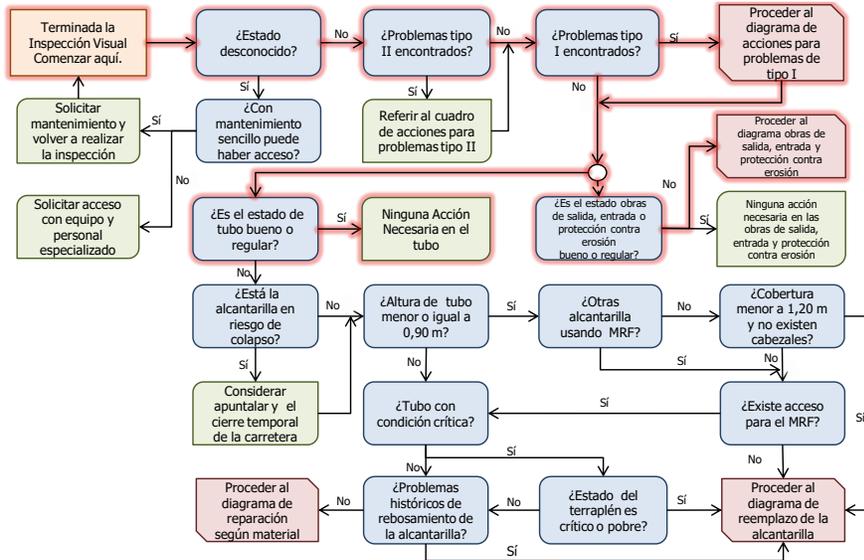


Figura 113. Toma de decisiones (pag1)

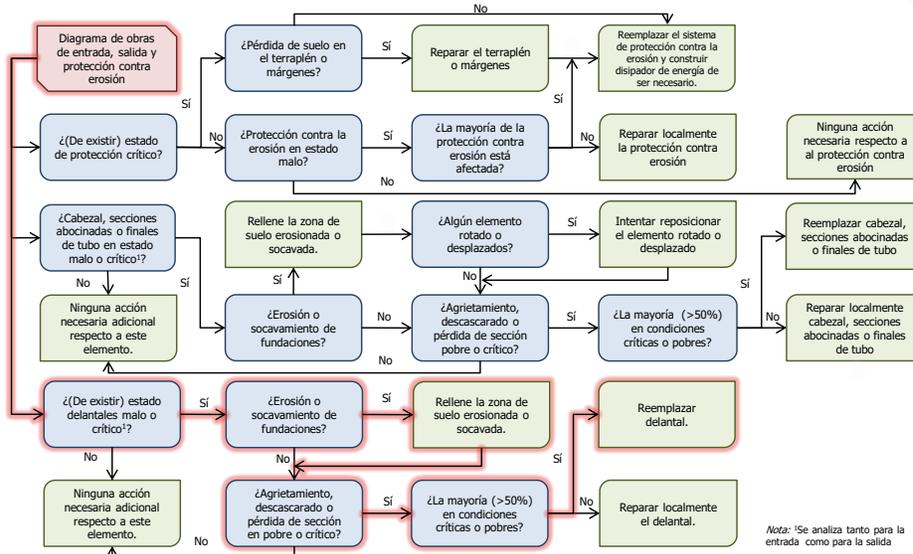


Figura 114. Toma de decisiones (pag2)

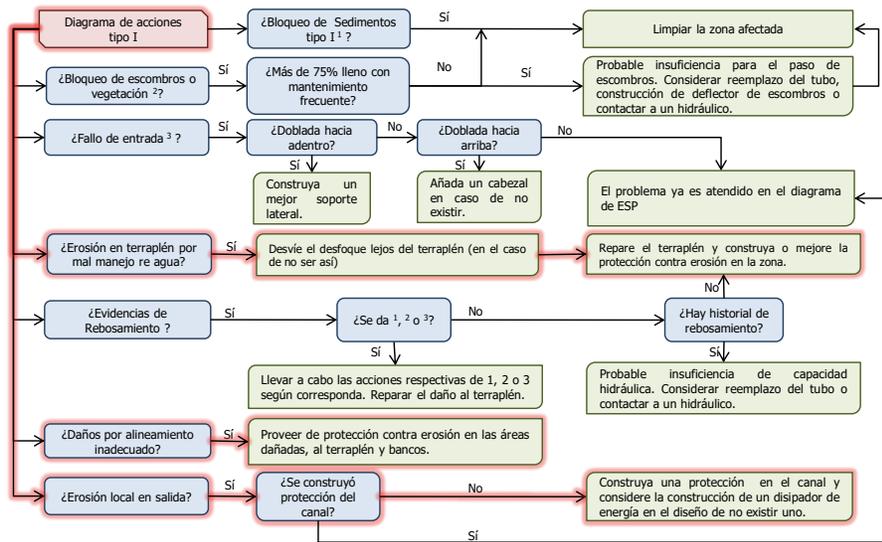


Figura 115. Toma de decisiones (pag3)

Problema	Indicadores vistos en Campo	Disciplinas requeridas para la investigación
Tubificación del terraplén	Asentamientos o huecos en el terraplén y/o carretera sin problemas mayores encontrados en la alcantarilla	Geotecnista
Degradación del canal	Discontinuidad del nivel de fondo en la entrada o salida de la alcantarilla con erosión visible con los bancos laterales verticales o inestables	Hidráulico
Inestabilidad del terraplén	Falla en el terraplén de aguas arriba sin que haya un mal alineamiento entre el canal y la alcantarilla. Falla del terraplén aguas abajo sin que existan sobrepasos o un daño debido a la piscina de socavación.	Geotecnista
Bloqueo de sedimento con degradación del canal	Bloqueo local de sedimentos mayor a 3/4 del tubo. Toda la alcantarilla llena más de 1/3 de su altura en sedimentos y no está diseñada para funcionar así	Hidráulico
Sin acceso	Condición no puede ser corregida con una acción de nivel 1.	Especialistas con equipo y experiencia adecuada para entrar a la alcantarilla
Abrasión o corrosión agresiva	Condición mala o crítica en menos de 5 años de instalación o reparación	Especialista de materiales, hidráulico y geotecnista
Agrietamiento estructural	El agrietamiento aparenta estar causado por factores de carga	Estructural
Alcantarillas abiertas en el fondo, diseñadas para el paso de animales acuáticos o si pertenece al patrimonio histórico.	Cualquier problema crítico o malo encontrado y/o más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista ( fondo abierto) Hidráulico y ambiental (paso de organismos acuáticos) Hidráulico y Especialista en patrimonio (patrimonio histórico)

Figura 116. Toma de decisiones (pag4)

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la aproximación de la probabilidad de falla para cada uno de los casos descritos en este apartado.

**Cuadro 18. Obtención de APF de cada una de las alcantarillas.**

Código	F <sub>Te</sub>	F <sub>Ts</sub>	D <sub>Ee</sub>	D <sub>Es</sub>	PE	T	CT	Es	Da	MAN	EXP	APF
202--001	1.00	1.00			0.00	1.00	0.75	0.85	0.15		x	0.31
205--001	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.82	0.19			0.19
303--001	1.00	1.00			0.00	0.50	0.75	0.61	0.39		x	0.55
203052001	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.75	0.82	0.19			0.19
203052002	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			1.00
03919101001	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.82	0.19		x	0.35

Nota: FT:= Razón de estado de la salida o entrada del tubo, DE:= Razón de estado del delantal, PE:= Razón de estado de la protección contra erosión, T:= Razón de estado del tubo, CT:= Razón de estado de la carretera y el terraplén, Es:= Razón de estado global, e:= entrada; s:= salida; Da:= Razón de daños, Ma:= mantenimiento, Ex:= Expertos, APF:= Aproximación de la probabilidad de falla.

## 5.7 Alcantarilla 00140710005\_20220906\_INV

### 5.7.1 Inventario

Inventario										
Código o Nombre:	00140710005_20220906_INV				Fecha	06	09	2022		
Encargados:	1.	Ronald Naranjo Ureña			2.	Paulo Ruiz Cubillo				
Datos obtenidos previamente										
Fechas	día	mes	año	Ubicación						
Construcción				Coord*	N.	9.988834		E.	-84.16517	
Última reparación				Tipo Coord.	x	WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S	
Último mantenimiento				Provincia	Alajuela					
Inventario previo	13	09	2013	Cantón	Belén					
Inspección previa	13	09	2013	Distrito	La Asunción					
Datos Viales				Datos de la Vecindad						
Cód. Ruta	001			Zona*	Residencial	x	Industrial		Comercial	
TPD	78072				Agrícola		Turística			
Porcentaje de pesados				Infra-estructura	x	Telecomunicaciones	Ctro. Educación			
Importancia	Alta capacidad					Hospitales	Edif. Habitadas			
Cálculo de importancia	Plan Nacional de Transporte			cercana	x	Servicios				
	Índice de Viabilidad TS			x	Evidencia histórica de inundaciones					
	Análisis de rutas alternas			Cuerpo de agua que cruza		Quebrada Seca				
Datos generales obtenidos en sitio										
Características generales aguas arriba					Características generales aguas abajo					
Tipo de entrada	Proyectada	Ajustada			Tipo de salida	Proyectada	Ajustada			
	x Cabezal	Tipo bocina				x Cabezal	Tipo bocina			
La entrada tiene	x Delantal	x Muros tipo ala			La salida tiene	x Delantal	x Muros tipo ala			
						Disipador de energía				
Material de fondo	x Piedra grde.	Piedra peq.			Material de fondo	x Piedra grde.	Piedra peq.			
	Arena	Limo o Arcilla				Arena	Limo o Arcilla			
	Concreto	Lajas				Concreto	Lajas			
Protección canal	Concreto	Concreto lanzado			Protección canal	Concreto	Concreto lanzado			
	Gavion	Enrocado				Gavion	Enrocado			
	Geotextil					Geotextil				
Protección terraplén	x Concreto	Concreto lanzado			Protección terraplén	x Concreto	Concreto lanzado			
	Gavion	Enrocado				Gavion	Enrocado			
	Geotextil					Geotextil				
Mediciones aguas arriba					Mediciones aguas abajo					
**Añote en comentarios el nivel										
Cobertura (m)	2				Cobertura (m)	2				
Pendiente talud (°)	90				Pendiente talud (°)	90				
Pendiente talud margen derecha (°)	35				Pendiente talud margen derecha (°)	25				
Pendiente talud margen izquierda (°)	50				Pendiente talud margen izquierda (°)	35				
Ángulo río tubo(s) (°)	30				Ángulo río tubo(s) (°)	35				
Nivel de crecientes (m) **	1.5				Nivel de crecientes (m)	1				

Figura 117. Inventario (pag1)

						
<b>Características generales de la alcantarilla y de las entradas (tubos)</b>						
Material de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Metal	<input type="checkbox"/>	Plástico
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Mampostería
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Madera
Forma de tubo(s)	<input type="checkbox"/>	Circular	<input type="checkbox"/>	Elíptico	<input type="checkbox"/>	Arco
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Tubo con arco
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Cajón
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Bastiones y Vigas
Calidad de agua	<input type="checkbox"/>	Clara	<input checked="" type="checkbox"/>	Jabonosa	<input type="checkbox"/>	Fétida
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Basura o escombros
<b>Medidas de las entradas (tubos)</b>						
N° de tubos (entradas)	3			Ángulo tubo(s)-carretera (°)	90	
Largo del tubo(s) (m)	28			Pendiente de tubo(s) (°)		
Ancho del tubo(s) (m)	2			Separación entre tubos (m)	0.2	
Alto del tubo(s) (m)	2			Las entradas (tubos) tienen forma, tamaño o material diferente.		
<b>Fotos, diagramas y comentarios</b>						
<b>Mapa</b>			<b>Croquis de vista en planta</b>			
						
<b>Vista transversal</b>						
Empty space for the cross-section view						

Figura 118. Inventario (pag2)

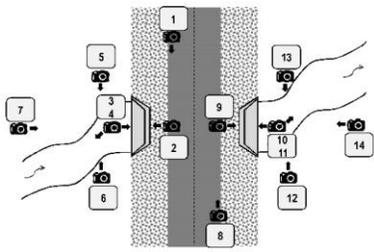
			
<b>Comentarios</b>			
En la entrada aguas arriba se observan obstrucciones como ramas, maleza y un poco de basura arrastradas por la corriente			
Tanto aguas arriba como aguas abajo no se pudo acceder a la estructura caminando, sobretudo por el tamaño y la densidad de maleza.			
Para lograr obtener imágenes de la alcantarilla fue necesario el uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT)			
Se observaron evidencias de crecidas recientes que han cubierto por completo la entrada de la alcantarilla.			
Con excepción de la conformación de un pequeño terraplén en la margen izquierda a la entrada de la alcantarilla, no se observó evidencia de labores de mantenimiento para mejorar la condición del concreto o algún otro elemento tanto a la entrada como a la salida de la alcantarilla.			
			
			
N° 1		N° 2	
			
N° 3.1		N° 3.2	

Figura 119. Inventario (pag3)

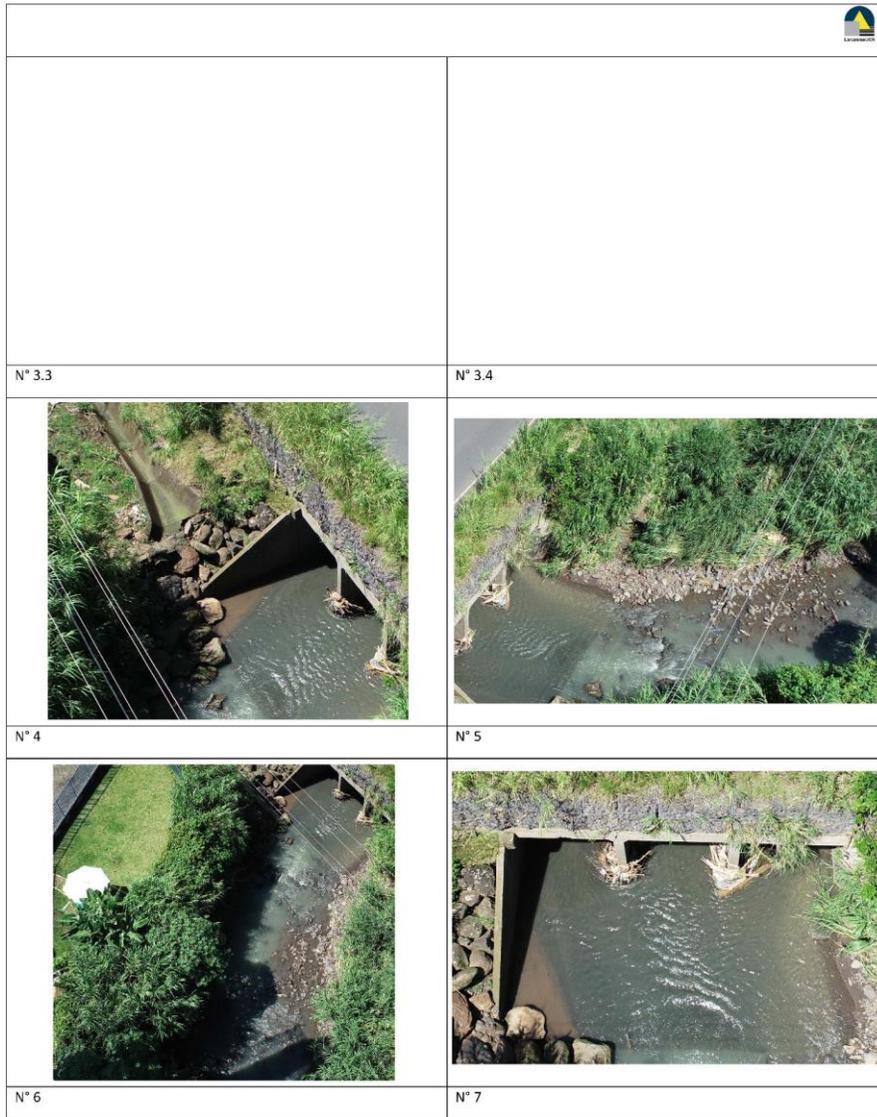


Figura 120. Inventario (pag4)

	
	
N° 8	N° 9
	
N° 10.1	N° 10.2
N° 10.3	N° 10.4

Figura 121. Inventario (pag5)

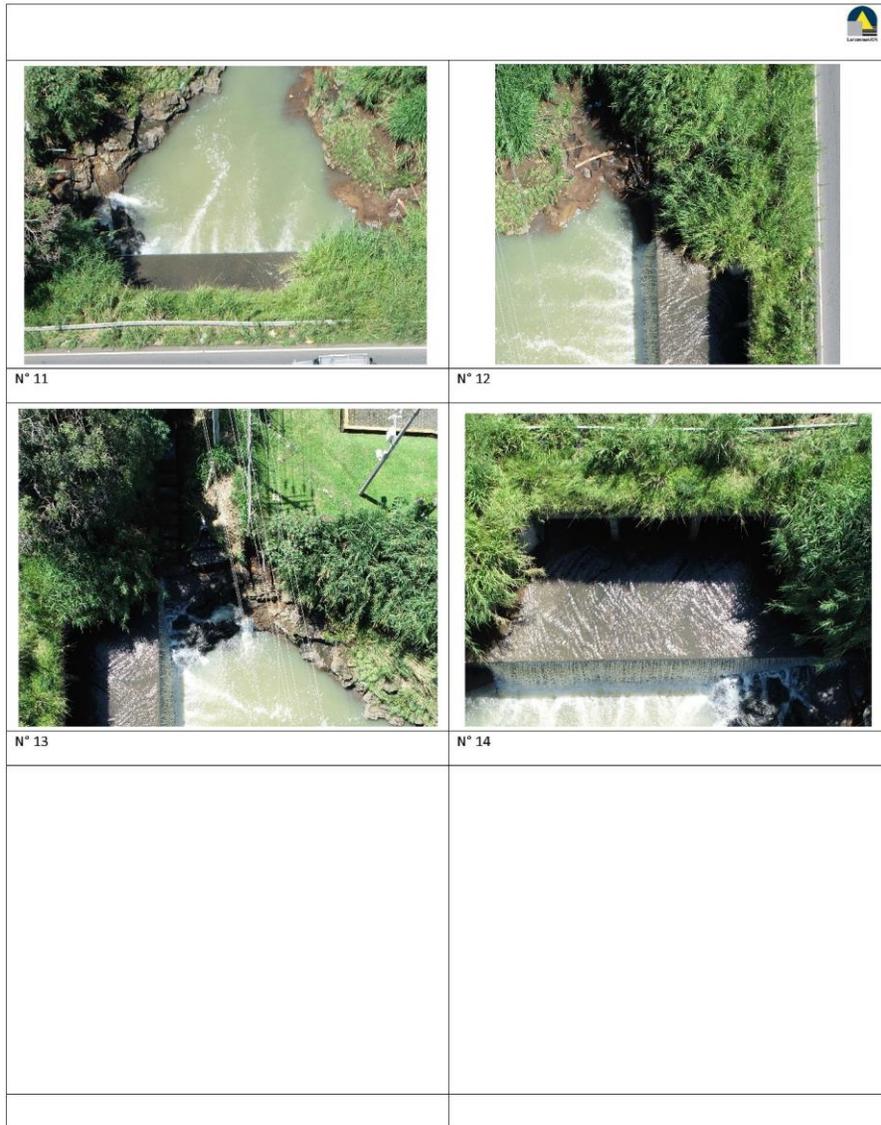


Figura 122. Inventario (pag6)

Inspección												
Código o Nombre:	00140710005_20220906_INV				Fecha	12	9	2022				
Encargados:	1.					2.						
Estado Gen. Alcantarilla:	<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno-B	<input type="checkbox"/>	Regular-R	<input type="checkbox"/>	Malo-M	<input type="checkbox"/>	Crítico-C	<input type="checkbox"/>	Desconocido-D		
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses												
<input checked="" type="checkbox"/>	NO se puede acceder a toda la alcantarilla* →				Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*							
NO existe acceso a maquinaria pesada*				*Explique en la zona de comentarios qué evita el acceso al personal o maquinaria								
Evaluación del estado												
	B	R	M	C	NA		B	R	M	C	NA	
<b>Terraplén y Carretera</b>						<b>Estructura de entrada</b>						
Carretera	<input checked="" type="checkbox"/>					Cabezal, ajuste, proyección o bocina	<input checked="" type="checkbox"/>					
Terraplén	<input checked="" type="checkbox"/>					Socavación de fundaciones						
Hay daño en el terraplén que invade la vía						Accesorio rotado						
Condiciones diferentes antes y después del paso						Agrietamiento crítico						
						Más de 50% malo o crítico						
<b>Tubo o apertura</b>						<b>Delantal</b>						
Fondo	<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Uniones	<input checked="" type="checkbox"/>					Socavación de fundaciones						
Deformación	<input checked="" type="checkbox"/>					Agrietamiento crítico						
Agrietamiento		<input checked="" type="checkbox"/>				Más de 50% malo o crítico						
Corrosión					<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Estructura de salida</b>						
Pared de corrugaciones					<input checked="" type="checkbox"/>	Cabezal, ajuste, proyección o bocina	<input checked="" type="checkbox"/>					
Mampostería y mortero					<input checked="" type="checkbox"/>	Socavación de fundaciones						
Más de 50% malo o crítico						Accesorio rotado						
						Agrietamiento crítico						
						Más de 50% malo o crítico						
<b>Protección contra erosión</b>						<b>Delantal</b>						
	<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>					
Más de 50% malo o crítico						Socavación de fundaciones						
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?						Agrietamiento crítico						
						Más de 50% malo o crítico						
Evaluación del desempeño												
<b>Problemas de desempeño</b>					<input checked="" type="checkbox"/>	Problemas tipo I		<input type="checkbox"/>				Problemas tipo II
Bloqueo de escombros o vegetación	<input checked="" type="checkbox"/>	> 33%	> 75% →		¿Ha habido mantenimiento reciente?							
Bloqueo de sedimentos en entrada o salida		> 33%	> 75% **									
Bloqueo de sedimentos a lo largo del tubo		> 33%	> 75% **									
Falla de entrada		Aplastamiento (doblada hacia adentro)		Flotabilidad (doblada hacia arriba)								
Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?												
Señales de rebosamiento en la alcantarilla												
Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla												
Degradación del canal**												
Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento**												
Tubificación en el terraplén**												
Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil**												
Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**			Corrosión Agresiva**			Abrasión Agresiva**						

Figura 123. Inspección (pag1)



## 5.8 Alcantarilla 00230730002\_20220218\_INV

### 5.8.1 Inventario

Inventario										
Código o Nombre:	00230730002_20220218_INV				Fecha	18	02	2022		
Encargados:	1.	Ronald Naranjo Ureña			2.	Paulo Ruiz Cubillo				
Datos obtenidos previamente										
Fechas	día	mes	año	Ubicación						
Construcción				Coord*	N.	9.901262		E.	-83.953498	
Última reparación				Tipo Coord.	x	WGC		CRTM	Lamb.N	Lamb.S
Último mantenimiento				Provincia	Cartago					
Inventario previo	10	09	2013	Cantón	Cartago					
Inspección previa	10	09	2013	Distrito	San Nicolás					
Datos Viales					Datos de la Vecindad					
Cód. Ruta	002			Zona*	Residencial	x	Industrial	x	Comercial	
TPD	30730				Agrícola		Turística			
Porcentaje de pesados				Infra-estructura	x	Telecomunicaciones	x	Ctro. Educación		
Importancia	Alta capacidad			cercana	x	Hospitales		Edif. Habitadas		
Cálculo de importancia	Plan Nacional de Transporte				x	Servicios				
	Índice de Viabilidad TS				x	Evidencia histórica de inundaciones				
	Análisis de rutas alternas			Cuerpo de agua que cruza		Quebrada Sin Nombre				
Datos generales obtenidos en sitio										
Características generales aguas arriba					Características generales aguas abajo					
Tipo de entrada	Proyectada		Ajustada	Tipo de salida	Proyectada		Ajustada			
	x	Cabezal	Tipo bocina		x	Cabezal	Tipo bocina			
La entrada tiene	x	Delantal	x	Muros tipo ala	La salida tiene	x	Delantal	x	Muros tipo ala	
								Disipador de energía		
Material de fondo	Piedra grde.		Piedra peq.	Material de fondo	Piedra grde.		Piedra peq.			
	Arena		Limo o Arcilla		Arena		Limo o Arcilla			
	x	Concreto	Lajas		x	Concreto	Lajas			
Protección canal	Concreto		Concreto lanzado	Protección canal	x	Concreto	Concreto lanzado			
	Gavion		Enrocado		Gavion	x	Enrocado			
	Geotextil				Geotextil					
Protección terraplén	x	Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén	Concreto		Concreto lanzado			
		Gavion	Enrocado		Gavion		Enrocado			
		Geotextil			Geotextil					
Mediciones aguas arriba					Mediciones aguas abajo					
Cobertura (m)			1.0	Cobertura (m)			1.5			
Pendiente talud (°)			90	Pendiente talud (°)			60			
Pendiente talud margen derecha (°)			45	Pendiente talud margen derecha (°)			35			
Pendiente talud margen izquierda (°)			50	Pendiente talud margen izquierda (°)			40			
Ángulo río tubo(s) (°)			0	Ángulo río tubo(s) (°)			0			
Nivel de crecientes (m) **			2	Nivel de crecientes (m)			1.5			

Figura 125. Inventario (pag1)

						
<b>Características generales de la alcantarilla y de las entradas (tubos)</b>						
Material de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Metal	<input type="checkbox"/>	Plástico
Forma de tubo(s)	<input type="checkbox"/>	Circular	<input type="checkbox"/>	Elíptico	<input type="checkbox"/>	Arco
Calidad de agua	<input type="checkbox"/>	Clara	<input checked="" type="checkbox"/>	Jabonosa	<input type="checkbox"/>	Fétida
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Basura o escombros
<b>Medidas de las entradas (tubos)</b>						
N° de tubos (entradas)	2		Ángulo tubo(s)-carretera (°)		45	
Largo del tubo(s) (m)	26		Pendiente de tubo(s) (°)			
Ancho del tubo(s) (m)	4		Separación entre tubos (m)		0.5	
Alto del tubo(s) (m)	2		<input checked="" type="checkbox"/> Las entradas (tubos) tienen forma, tamaño o material diferente.			
<b>Fotos, diagramas y comentarios</b>						
<b>Mapa</b>			<b>Croquis de vista en planta</b>			
						
<b>Vista transversal</b>						

Figura 126. Inventario (pag2)

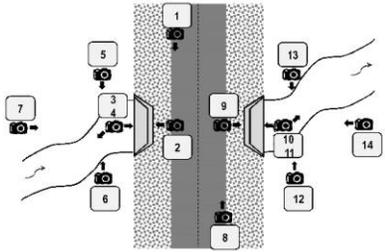
	
<b>Comentarios</b>	
<p>Los suelos presentes en este sitio son de origen volcánico y están muy alterados.</p>	
<p>Hay un cambio de ángulo de casi 90 grados aguas abajo, esto podría socavar el talud y generar una obstrucción. En la zona aguas arriba donde el cauce hace un giro también podrían llegar a socavarse.</p>	
	
	
N° 1	N° 2
	
N° 3.1	N° 3.2

Figura 127. Inventario (pag3)

	
N° 3.3	N° 3.4
	
N° 4	N° 5
	
N° 6	N° 7

Figura 128. Inventario (pag4)

	
	
N° 8	N° 9
	
N° 10.1	N° 10.2
N° 10.3	N° 10.4

Figura 129. Inventario (pag5)

	
	
N° 11	N° 12
	
N° 13	N° 14
	

Figura 130. Inventario (pag6)

Inspección											
Código o Nombre:	00230730002_20220218_INV				Fecha	18	2	2022			
Encargados:	1.					2.					
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	<input checked="" type="checkbox"/>	Regular-R	<input type="checkbox"/>	Malo-M	<input type="checkbox"/>	Critico-C	<input type="checkbox"/>	Desconocido-D	<input type="checkbox"/>	
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses											
NO se puede acceder a toda la alcantarilla* →					Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*						
NO existe acceso a maquinaria pesada*					*Explique en la zona de comentarios qué evita el acceso al personal o maquinaria						
Evaluación del estado											
	B	R	M	C	NA		B	R	M	C	NA
<b>Terraplén y Carretera</b>	<input checked="" type="checkbox"/>					<b>Estructura de entrada</b>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Carretera	<input checked="" type="checkbox"/>					Cabezal, ajuste, proyección o bocina	<input checked="" type="checkbox"/>				
Terraplén	<input checked="" type="checkbox"/>					Socavación de fundaciones					
Hay daño en el terraplén que invade la vía						Accesorio rotado					
Condiciones diferentes antes y después del paso						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
<b>Tubo o apertura</b>						Delantal	<input checked="" type="checkbox"/>				
Fondo	<input checked="" type="checkbox"/>					Socavación de fundaciones					
Uniones	<input checked="" type="checkbox"/>					Agrietamiento crítico					
Deformación	<input checked="" type="checkbox"/>					Más de 50% malo o crítico					
Agrietamiento		<input checked="" type="checkbox"/>				<b>Estructura de salida</b>					
Corrosión					<input checked="" type="checkbox"/>	Cabezal, ajuste, proyección o bocina	<input checked="" type="checkbox"/>				
Pared de corrugaciones					<input checked="" type="checkbox"/>	Socavación de fundaciones					
Mampostería y mortero					<input checked="" type="checkbox"/>	Accesorio rotado					
Más de 50% malo o crítico						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
<b>Protección contra erosión</b>	<input checked="" type="checkbox"/>					Delantal	<input checked="" type="checkbox"/>				
Más de 50% malo o crítico						Socavación de fundaciones					
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
Evaluación del desempeño											
<b>Problemas de desempeño</b>					Problemas tipo I	Problemas tipo II					
Bloqueo de escombros o vegetación	> 33%	>75% →	¿Ha habido mantenimiento reciente?								
Bloqueo de sedimentos en entrada o salida	>33%	>75%**									
Bloqueo de sedimentos a lo largo del tubo	>33%	>75%**									
Falla de entrada	Aplastamiento (doblada hacia adentro)				Flotabilidad (doblada hacia arriba)						
Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo>45°)?											
Señales de rebosamiento en la alcantarilla											
Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla											
Degradación del canal**											
Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento**											
Tubificación en el terraplén**											
Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil**											
Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**				Corrosión Agresiva**			Abrasión Agresiva**				

Figura 131. Inspección (pag1)



## 6 Anexos

**Cuadro 19. Glosario de términos técnicos.**

Elemento	Explicación
Abrasión	Desgaste debido a choque o fricción del material de fondo del río.
Creciente	Aumento del nivel del río causa de un proceso de precipitación.
CRTM-05	Proyección geográfica específicamente diseñada para Costa Rica tipo Transversal Mercator.
Disipador de energía	Estructura usualmente encontrada luego de una estructura de control hidráulico (como una alcantarilla) para disminuir el impacto de la energía liberada en el salto hidráulico en el cuerpo de agua.
Eflorescencia	Exudación blanca en el concreto.
Erosión	Proceso de desgaste de los materiales.
Escarificación	Desgaste
Fondo móvil	Aquellas alcantarillas cuyo fondo no está construido. Es el mismo fondo que el del río.
Fundación	Estructura de apoyo usualmente presente en alcantarillas tipo arco o bastiones y vigas donde el fondo es móvil.
GPS	Sistema de posicionamiento global .
GSC WGS (1984)	Sistema Godésico— Mundial empleado actualmente para obtener coordenadas en el mundo.
Lambert	Proyección tipo Lambert cónico conforme previamente empleado en Costa Rica.
MRF	Metodología de reparación por forro se refiere a una tecnología que permite arreglar la alcantarilla usualmente mediante una nueva cubierta en el tubo e inyección de concreto.
Reemplazo sin trinchera	Conjunto de procesos que sin necesidad de realizar una trinchera logran cambiar la alcantarilla.
Socavación	Tipo particular de erosión asociada a una excavación profunda en un cuerpo de agua como un río.
TPD	Cantidad de vehículos que pasan por un punto en un día. De medirse en un año es TPDA.
Tubificación	Proceso de infiltración de agua a lo largo de un cuerpo de suelo asociado a pérdida de material y posteriores colapsos.
Camino Rural	Se le dice rural a aquellos caminos de muy bajo volumen usualmente relacionado con zonas agrícolas o de poco desarrollo de infraestructura. Es usual encontrarlos hechos en lastre o en tierra.
Rebalse o rebosamiento	Fenómeno en que debido a una creciente el agua pasa por encima de la alcantarilla o estructura hidráulica (sin que esta esté diseñada para esto).
Tubo	Apertura de la alcantarilla por donde pasa el caudal del cuerpo de agua que va de un lado a otro del terraplén.