

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN**

**“PROTOCOLO PARA LA INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y
EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS EN COSTA RICA”**

Realizado por:

Ing. Mauricio Sojo Quesada

Profesor Tutor:

Ing. Giannina Ortiz Quesada

San José, Enero 2016

Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios, a mis Padres, Hermano y toda mi familia que me han apoyado a lo largo de este proyecto y han estado a mi lado para ser un gran profesional; así como a todas las personas que brindaron comprensión, apoyo y paciencia en mi carrera profesional.

Agradecimiento

A todas las personas que de una manera u otra formaron parte y colaboraron durante la realización de este proyecto de graduación.

A la Ingeniera Giannina Ortiz, tutora de este proyecto de graduación, quien aportó sus conocimientos y me orientó en el desarrollo de la investigación.

Al grupo de trabajo de MSD Consultores y Constructores y CACISA Cartago, por su colaboración y ayuda incondicional.

Epígrafe

“Hay que hacer cosas útiles más bien que cosas admirables”

San Agustín (354-430)

Tabla de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Epígrafe	iv
Índice de Ilustraciones	3
Índice de Cuadros	4
Índice de Gráficos	5
Índice de Tablas	6
Glosario	7
Abreviaturas	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Capítulo I.....	12
1. Generalidades de la Investigación	13
1.1 Antecedentes y Justificación	13
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Alcances y Limitaciones	15
1.4.1 Alcances.....	15
1.4.2 Limitaciones.....	15
Capítulo II.....	16
2. Marco Teórico	17
2.1 Revisión Literaria	17
2.1 Obras de Arte y Drenajes de un camino.	20
Capítulo III.....	23
3. Marco Metodológico	24
3.1 Tipo de Investigación	24
3.2 Fuentes y Sujetos de información.	28
3.2.1. Fuentes.....	28

3.2.2.	Sujetos de información.....	28
3.3	Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	28
3.3.1.	Técnicas de la investigación.....	28
3.3.2.	Métodos estadísticos.....	28
3.4	Procesamiento y Análisis de Datos.....	28
3.4.1.	Procedimiento y análisis objetivo específico N° 1.....	28
3.4.2.	Procedimiento y análisis objetivo específico N° 2.....	29
3.4.3.	Procedimiento y análisis objetivo específico N° 3.....	29
Capítulo IV.....		30
4.	Análisis de Resultados.....	31
4.1	Resultado de encuesta e inventario de alcantarillas.....	31
4.2	Instrumentos para la Inspección de Alcantarillas.....	36
4.3	Estado de condición para la inspección y evaluación de alcantarillas.....	38
4.4	Plantillas para Inventario e Inspección de Alcantarillas.....	55
4.4	Evaluación de Alcantarillas.....	63
4.5	Inspección de campo.....	66
Capítulo V.....		71
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	72
5.1	Conclusiones.....	72
5.2	Recomendaciones.....	72
Capítulo VI.....		73
6.	Referencias Bibliográficas.....	74
6.1	Bibliografía.....	74
Capítulo VII.....		76
7.	Apéndices.....	77
Capítulo VIII.....		78
8.	Anexos.....	79

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Organigrama del Consejo Nacional de Vialidad. (conavi.go.cr, 2015).....	19
Ilustración 2: Alcantarilla Circular con Cabezales y Aletones.	21
Ilustración 3: Alcantarilla Circular de Arco.	21
Ilustración 4: Alcantarilla de Cuadro.	22
Ilustración 5: Alcantarilla de Cuadro Múltiple.	22
Ilustración 6: Diagrama de flujo Objetivo Especifico N° 1: Definir técnicas de inspección de alcantarillas en carretera para un adecuado mantenimiento de las estructuras proyecto de investigación (Fuente: Propia).....	25
Ilustración 7: Diagrama de flujo Objetivo Especifico N° 2: Definir métodos de mantenimiento de alcantarillas en carretera para un adecuado funcionamiento. (Fuente: Propia).	26
Ilustración 8: Diagrama de flujo Objetivo Especifico N° 3: Establecer un método de evaluación de las alcantarillas en carretera para dar una valoración de la estructuras. (Fuente: Propia).	27
Ilustración 9: Machete para corta de maleza o zacate.	37
Ilustración 10: Binoculares.	37
Ilustración 11: GPS Portátil.	38
Ilustración 12: Nivel.	38
Ilustración 13: Plantilla para inventario de las alcantarillas.	56
Ilustración 14: Plantilla para archivo fotográfico de alcantarillas inventariadas.	57
Ilustración 15: Instructivo para el llenado de plantilla de inventario.	58
Ilustración 16: Plantilla de inspección para alcantarillas circulares, arco y elípticas (Parte 1).....	59
Ilustración 17: Plantilla de inspección para alcantarillas circulares, arco y elípticas (Parte 2).....	60
Ilustración 18: Plantilla de Archivo fotográfico para inspección de alcantarillas circulares, arco y elípticas.	61
Ilustración 19: Instructivo de llenado para plantilla de inspección de alcantarillas circulares, arco y elípticas.	62
Ilustración 20 Mapas CONAVI, escala 1:50000, ubicación de tragante sobre la Y Griega, Alcantarilla sobre Río Ocloro, Ruta Nacional N° 39 y Alcantarilla sobre Quebrada Poro, Ruta Nacional N° 306.	66
Ilustración 21 Mapas CONAVI, escala 1:50000, Quebrada Quirazú sobre la Ruta Nacional N° 2.	67
Ilustración 22 Utilización de plantilla de inventario en campo.....	68
Ilustración 23 Modificación de plantilla de inventario para tragantes.....	69
Ilustración 24 Utilización de plantilla de inspección en campo.	70

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Tipo de empresa a la que pertenece las personas encuestadas.	31
Cuadro 2: Equipo y Herramientas para la inspección de alcantarillas.	36
Cuadro 3: Criterios de inspección de alcantarillas.	39
Cuadro 4: Elementos de evaluación de alcantarillas.	63
Cuadro 5: Nota mínima y máxima de las alcantarillas a evaluar.	64
Cuadro 6: Rangos de cada tipo de alcantarilla.	64
Cuadro 7: Recomendaciones para el mantenimiento o atención de la alcantarilla.	65
Cuadro 8 Considera práctico la utilización de la plantilla de inventario.	67
Cuadro 9 Considera que falta información en la plantilla de inventario.	68
Cuadro 10 Considera práctico utilización de la platilla de inspección.	69
Cuadro 11 Considera que las tablas para la utilización de la plantilla de inspección son clara.	70
Cuadro 12 Considera que faltan elementos a evaluar en la plantilla de inspección o inventario.	70

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Su puesto es de tipo?	32
Gráfico 2: Cuál metodología utiliza para la evaluación, inspección y mantenimiento de las alcantarillas sobre la Red Vial a su cargo?	32
Gráfico 3: Con qué frecuencia realiza la inspección de las estructuras de drenaje de la Red Vial a su cargo?.....	33
Gráfico 4: Qué elementos son más importante en la inspección de una estructura de drenaje.	34
Gráfico 5: Considera usted necesario el contar con un protocolo o guía para la evaluación, inspección y mantenimiento de estructuras de drenajes ?.	34
Gráfico 6: Diámetro en metros de alcantarillas en inventario en la Zona 1-1, San José.....	35
Gráfico 7: Tipo de Alcantarillas en inventario en la Zona 1-1, San José.....	36

Índice de Tablas

Tabla 1: Definición de los tipos de daños.	39
Tabla 2: Continuación de definición de los tipos de daños.	40
Tabla 3: Continuación de definición de los tipos de daños.	41
Tabla 4 : Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.....	42
Tabla 5: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.....	43
Tabla 6: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.....	44
Tabla 7: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.....	45
Tabla 8: Estructura de drenaje tipo Alcantarilla en Acero.	46
Tabla 9: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla en Acero.	47
Tabla 10: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla en Acero.	48
Tabla 11: Estructura de drenaje tipo Alcantarilla de Hormigón Reforzado y Tragantes.	49
Tabla 12: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla de Hormigón Reforzado y Tragantes.	50
Tabla 13: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla de Hormigón Reforzado y Tragantes.	51
Tabla 14: Cabezal y Aletones.	52
Tabla 15: Continuación de Cabezal y Aletones.....	53
Tabla 16: Capa de Rodamiento.	54
Tabla 17: Barandas de protección.....	55

Glosario

- **Aletones:** Paredes laterales del bastión cuya función es confinar la tierra o material de relleno.
- **Alcantarilla:** Conducto subterráneo para recoger las aguas llovidas o inmundas.
- **Acero de refuerzo expuesto:** Exposición de acero utilizado para el refuerzo de la estructura.
- **Agrietamiento en concreto reforzado y otros:** Formación de grietas en concreto reforzado.
- **Abrasión:** Desgaste que sufre una superficie debido a las fuerzas de fricción que experimenta en el transcurso del tiempo.
- **Asentamiento:** Movimiento vertical que experimenta una estructura a medida que se consolida el terreno situado bajo el mismo.
- **Ausencia (Acero):** Pérdida de la sección o elemento.
- **Bombeo y peralte:** Es la inclinación a la derecha y a la izquierda de la calzada de una vía para el drenaje superficial.
- **Barreras de Contención:** Sistema de contención longitudinal fijada al sistema de piso para evitar la caída al vacío o golpe contra algún obstáculo.
- **Baches:** Depresiones pequeñas en la superficie del pavimento.
- **Calzada o capa de rodamiento:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de uno o varios carriles.
- **Cuenca:** Territorio cuyas aguas fluyen todas a un mismo lugar.
- **Cuneta:** Zanja abierta en el terreno con el fin de recibir y canalizar aguas de lluvia.
- **Caudal:** Cantidad de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente líquida.
- **Cabezal:** Estructura de concreto construida a la entrada y/o salida de la alcantarilla con el fin de proteger los tubos, los rellenos y terraplenes; encauzando el agua.
- **Caños:** Tubos de sección circular construida para desaguar pequeños caudales de agua.
- **Drenaje:** Acción y efecto de avenar una obra o terreno.
- **Delantal:** Piso que se hace, generalmente de concreto o de mampostería, para afirmar el terreno falso o invadido por el agua, o para evitar la erosión y socavación de aletones.
- **Deterioro:** Desviación de la posición vertical u horizontal que ocupa una cosa.
- **Distorsión:** Distorsión de la línea o de la cuadrícula de los elementos originales; utilizados para capturar toda la distorsión independientemente de la causa.
- **Daño por impacto:** Impacto por algún tercero sobre algún elemento de la estructura.
- **Grietas:** Una grieta es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales.
- **Descascaramiento:** Rotura de la superficie de concreto por desprendimientos pequeños o fisuras capilares.
- **Deformación (Acero):** Máxima tensión que un material puede soportar al ser traccionado.
- **Eflorescencia:** Manchas de óxido en elementos de hormigón y mampostería.
- **Inclinación:** Desviación de la posición vertical u horizontal de la estructura.
- **Nidos de piedra:** Corresponde a concreto dañado o mal confeccionado, el cual se produce por una segregación de los áridos de la pasta, dejando espacios vacíos lo que hace perder la uniformidad del elemento.
- **Ondulaciones:** Relieve de un terreno en el que se suceden elevaciones y depresiones.
- **Oxidación (Acero):** Reacción química donde un metal o un no metal cede electrones y por tanto aumenta su estado de oxidación.
- **Pérdida del talud de protección:** Pérdida del relleno o talud de la estructura.
- **Socavación:** Excavación profunda causada por el agua.
- **Surcos:** Depresión en la superficie bajo las huellas de los neumáticos.

Abreviaturas

- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials.
- **CONAVI:** Consejo Nacional de Vialidad.
- **FHWA:** Federal Highway Administration.
- **GAM:** Gran Área Metropolitana.
- **LANAMMEUCR:** Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica.
- **MOPT:** Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Resumen

El aumento en los caudales, la falta de planificación urbana y directrices poco claras para el mantenimiento de los activos viales, han ocasionado el colapso parcial o total de las estructuras de drenaje, por lo cual el Gobierno de Costa Rica ha tenido que tomar decisiones drásticas para evitar que continúen este tipo de problemas, que han provocado que las carreteras sufran daños significativos en su estructura, dando como resultado pérdidas millonarias a usuarios y empresarios.

El objetivo de esta investigación es realizar un protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas que se encuentran en las carreteras de Costa Rica. Para ello se identificaron los diferentes tipos de alcantarillas y su entorno, se aplicaron encuestas a personas que trabajan en empresas e instituciones que le brindan mantenimiento a las estructuras, para poder identificar los principales problemas con los que se enfrentan en su día a día. A partir de la información recopilada y utilizando lineamientos y recomendaciones que aparecen en normas internacionales, se propuso la estandarización de procedimientos y técnicas, se elaboraron guías y fichas técnicas que ayuden a los encargados del mantenimiento e inspección, para poder implementar de manera efectiva y correcta la ejecución de las obras de mantenimiento de alcantarillas en Costa Rica.

Con la información que se obtuvo de la implementación del protocolo, las instituciones públicas y privadas podrán planificar de manera correcta los mantenimientos y sustituciones de las alcantarillas, al igual que maximizar los recursos que se inviertan en cada una de las estructuras.

Palabras clave:

Alcantarillas, mantenimiento, inspección.

Abstract

The increased of the flow rates, the lack of urban planning and some unclear guidelines for the maintenance of road assets, have caused the partial or total collapse of drainage structures, for which the Government of Costa Rica has had to make tough decisions to avoid further troubles, which have caused significant structural damage to the roads, resulting millions in losses to users and entrepreneurs.

The objective of this research is to perform a protocol for inspection, maintenance and evaluation of sewers that are on the roads of Costa Rica. To do that, different types of sewers and their environment were identified, surveys were applied to people working in companies and institutions that provide maintenance to structures, in order to identify the main problems they face in their daily basis. Based in the information collected from guidelines and recommendations in international standards, several proposals were given for the standardization of procedures and techniques as guidelines and technical guidelines specifications to help the people in charge of the maintenance and inspection, implement in the most effective and correct way to execute the maintenance of sewers in Costa Rica.

All information gained from the implementation of the protocol, the public and private institutions can plan correctly the maintenance and replacement of sewers, as well as maximize the resources invested in each of the structures.

Keywords:

Culverts, maintenance, inspection.

Introducción

Como parte importante de la Red Vial Nacional de Costa Rica, la cual es administrada por el Consejo Nacional de Vialidad, se encuentran los activos de la vía y entre ellas las estructuras de drenaje menor o alcantarillas, las cuales son de gran importancia ya que a raíz de la topografía y gran cantidad de ríos y quebradas que cruzan las Rutas Nacionales, logran dar un flujo libre del agua y evitan un daño importante en la red vial, sin embargo, a raíz de un aumento en los caudales, la falta de planificación urbana y directrices poco claras para el mantenimiento de los activos viales, han ocasionado el colapso parcial o total de las estructuras de drenaje sobre rutas tan importante como por ejemplo la Ruta Nacional N° 1, Autopista General Cañas y Ruta Nacional N° 39, Circunvalación.

Aunado a lo anterior el Gobierno de Costa Rica, en conjunto con el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LANAMMEUCR), publica el día 9 de mayo del 2014 el Decreto Ejecutivo N° 38489-MP-MOPT, para la intervención inmediata por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el CONAVI, de 9 de las estructuras de drenaje más vulnerables que se encuentran en el Gran Área Metropolitana (GAM). Dado lo anterior, el Consejo Nacional de Vialidad realiza una intervención de las estructuras antes mencionada de manera empírica, ya que en Costa Rica no se cuenta con una guía o manual que permita realizar una correcta evaluación, inspección y mantenimiento de las alcantarillas que se encuentren sobre Rutas Nacionales o Cantonales.

El objetivo de este proyecto de investigación será el desarrollar un protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas de carreteras en Costa Rica, con el fin de que el personal técnico y profesional de instituciones públicas o privadas puedan realizar de una manera correcta y a tiempo la gestión y planificación del mantenimiento de las alcantarillas. El proyecto abarcará un total de 8 capítulos, los cuales corresponden a un capítulo de Generalidades de la investigación, un marco teórico y metodológico, así como, un análisis de resultados obtenidos de la investigación y desarrollo del proyecto, de igual manera, un capítulo con las principales conclusiones obtenidas y recomendaciones para que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consejo Nacional de Vialidad, así como cualquier otra institución pública o privada las tome en cuenta para una adecuada gestión vial.

Capítulo I

1. Generalidades de la Investigación

1.1 Antecedentes y Justificación

Desde siglos pasados las carreteras y ferrocarriles han sido para la sociedad el principal medio de desarrollo de países, provincias, cantones y pueblos, dando acceso a los principales puntos de interés del área geográfica en la que nos encontremos, para que este desarrollo sea oportuno y adecuado (Lewis, 2002) tanto para los usuarios, como transportistas y empresarios; las carreteras se tienen que componer de activos, los cuales principalmente son alcantarillas y puentes. Para que dichos activos se encuentren en buen estado, es necesario construir desde un inicio estructuras adecuadas para cubrir las necesidades de las quebradas y ríos por los que pasan las carreteras.

Actualmente en Costa Rica el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), mediante la Licitación Pública N° 2009LN-000003-0CV00 “Conservación de la Red Vial Nacional Pavimentada”, así como los Gobiernos Locales con fondos de la Ley N° 8114 “Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias”, le permite al Gobierno de Costa Rica dar un mantenimiento oportuno a las carreteras nacionales y municipales y los activos viales que se encuentren en ellas, lo cual es importante para mantener en un perfecto estado la red vial. Al contar con un adecuado mantenimiento de las carreteras, puentes y alcantarillas, se pueden evitar situaciones de colapsos parciales o totales y corte de libre paso de los usuarios (Conesa y García, 2010). Sin embargo, su aplicación se ha centrado en la estructura del pavimento y se ha evidenciado la necesidad de contar con un protocolo para evaluar otros componentes de la red vial.

El mantenimiento de puentes y alcantarillas a nivel de EEUU se basa en el Manual de Inspección de Puentes (2006) de la Federación de Administración de Carreteras de Estados Unidos (FHWA), donde se establecen los conceptos principales para el mantenimiento de puentes y alcantarillas, en Costa Rica no se cuenta con manuales de procedimientos o protocolos que guíen al Ingeniero Carretero de Costa Rica en la implementación de técnicas adecuadas para las condiciones climatológicas, entorno y caudales de nuestro país.

Costa Rica es un país tropical que cuenta con climas diversos, muchos ríos y quebradas que atraviesan los principales cantones, pendientes altas en los causes y un alto desarrollo urbano, aunado a una mala planificación de nuestras ciudades (Méndez, 2012), todo esto ha provocado que los caudales de los ríos y quebradas aumenten significativamente su caudal en un corto tiempo, dando como resultado una incapacidad de las estructuras de drenaje de las carreteras para drenar adecuadamente los volúmenes de agua, provocando a menudo el colapso parcial o total de las alcantarillas, esto causa daños importantes a nivel social y económico, dado el colapso vial en las principales ciudades del país.

Como medida urgente, el Gobierno de Costa Rica, en conjunto con el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LANAMMEUCR), publica el día 9 de mayo del 2014 el Decreto Ejecutivo N° 38489-MP-MOPT, para la intervención inmediata por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el CONAVI, de 9 de las estructuras de drenaje más vulnerables que se encuentran en el Gran Área Metropolitana (GAM), como medida para evitar el colapso de las mismas. Evidenciado la situación anterior, los ingenieros ven la necesidad de implementar técnicas de inspección y mantenimiento de estructuras de bastante complejidad pero sin contar con una guía o protocolo que indique cuales son los trabajos necesarios para dar un adecuado mantenimiento a las estructuras.

En el marco del contexto en mención, el presente proyecto pretende desarrollar un protocolo de inspección y mantenimiento de alcantarillas en Costa Rica, iniciando con la identificación de las diferentes estructuras que se encuentran en las Rutas Nacionales, registrando los elementos que tiene cada una de las estructuras, su entorno y estado actual; realizando cuestionarios y entrevistas a técnicos y profesionales que estén inmersos en las actividades de inspección y mantenimiento de alcantarillas; revisando normas

internacionales y estándares de procedimientos y procesos, para desarrollar fichas técnicas y guías para la inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas en nuestro país. Se pretende estandarizar, no solo los trabajos necesarios que se tiene que realizar, sino establecer una guía oportuna para que personal técnico o especializado pueda determinar el grado de daño de las estructuras de drenaje de la carretera que se esté estudiando.

Guías como éstas, permitirán a los gestores viales tener inventarios actualizados de los activos, así como el estado real de la estructura y su importancia para intervención. Adicionalmente, le permitiría al MOPT y al CONAVI poder planificar de una manera adecuada y minimizar los gastos por mantenimiento y cambio de las estructuras, maximizando los fondos para poder intervenir otros tipos de activos que también son de gran importancia para una adecuada red de carreteras.

1.2 Planteamiento del problema

Con el alto crecimiento urbano que se vive en Costa Rica y principalmente en la zona de San José, una mala planificación por parte de los gobiernos locales y una falta de control de las aguas servidas, aguas negras, aguas pluviales en los ríos y quebradas, al igual que, una falta de mantenimiento para el control de sedimentos en los mismos y un calentamiento global en crecimiento exponencial, han provocado que las tormentas y avenidas máximas de los ríos y quebradas incrementen, afectando los activos viales y en especial las alcantarillas de la Red Vial Nacional.

De igual manera, el Gobierno de Costa Rica, en conjunto con el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LANAMMEUCR), publica el día 9 de mayo del 2014 el Decreto Ejecutivo N° 38489-MP-MOPT, el cual brindaba una voz de alerta al Ministerio de Obras Públicas y Transporte y al Consejo Nacional de Vialidad como entes encargados del mantenimiento y construcción de infraestructura vial, del colapso inminente de nueve estructuras de drenaje, las cuales urgían de mantenimiento o cambio de las mismas.

Analizando lo anterior, no se cuenta en Costa Rica con ningún protocolo o guía que permita la correcta inspección, evaluación y mantenimiento de las alcantarillas que actualmente se encuentran las Rutas Nacionales del país, lo que provoca la necesidad de contar con una herramienta que estandarice y permita el control de buena manera de las alcantarillas con las que cuenta la Red Vial Nacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas de carreteras en Costa Rica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer técnicas de inspección de alcantarillas en carretera para un adecuado mantenimiento de las estructuras.
- Establecer métodos de mantenimiento de alcantarillas en carretera para un adecuado funcionamiento.
- Establecer un método de evaluación de las alcantarillas en carretera para dar una valoración de la estructuras.

1.4 Alcances y Limitaciones

1.4.1 Alcances

- Realizar una guía para la inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas.

1.4.2 Limitaciones

- Estandarización de una norma internacional para la inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas.
- No se realizaran estudios hidráulicos ni hidrológicos que determinen la capacidad hidráulica de las alcantarillas.
- La guía se comprobará con personal que actualmente labora con el Consejo Nacional de Vialidad en la Zona 1-1, San José y Zona 1-7, Cartago del Consejo Nacional de Vialidad.
- Se identificarán el tipo y entorno de alcantarillas de la Zona 1-1, San José, del Consejo Nacional de Vialidad.
- Los pesos para los criterios de evaluación serán definidos por juicio del experto y el profesor tutor

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Revisión Literaria

La historia y estudios de la ciencia social atribuyen a la revolución en la comunicaciones la capacidad de elevar la tasa de crecimiento de la población (Lewis, 2002), teniendo desde la mitad del siglo XIX como uno de los principales medios de transporte al ferrocarril y los automóviles, principalmente con la aparición de la tecnología de vapor, el motor de combustión interna; en segundo lugar la tecnología del transporte y las comunicaciones, los cuales reducen el costo de gestiones importantes para la sociedad y de ahí el crecimiento de la sociedad en todas sus ramas sociales y económicas (Lewis, 2002).

En Costa Rica desde el año de 1958 se empezó a gestionar el “Plan Vial”, que recalca la importancia de un sistema de transporte y comunicaciones el cual serviría para alimentar y nutrir hasta los lugares más remotos del país (Angulo, 2010), con la construcción de alrededor de 300 km de carretera; dicho plan aunque era importante para el desarrollo del país en los años 80 tuvo un impulso importante, aun así, en las siguientes décadas decayó, por lo que en el año de 1999 se crea el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) con el fin de poder brindar mantenimiento a las carreteras, puentes y otros activos viales como son las alcantarillas (Angulo, 2010).

En las ciudades se tiene la necesidad de encausar y sacar el agua de lluvia para evitar la inundación de las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas comunes. El urbanismo en la población, con la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros modifican el entorno natural y se tiene como consecuencias, la creación de superficies impermeables (que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y la eliminación o modificación de los cauces de las corrientes naturales (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México, 2007). Provocando mayores caudales en quebradas y ríos, provocando un cambio importante en el ecosistema y como consecuencia la constante revisión, inspección o rehabilitación de los sistemas de drenaje de las ciudades y vivienda.

Como bien se menciona en el Folleto Informativo de Operación y Mantenimiento del Alcantarillado Rehabilitación sin Zanjas de Colectores del Alcantarillado (United States Environmental Protection Agency, 1999), a medida que las obras de infraestructura se hacen más antiguas, aumenta la importancia de la rehabilitación de los sistemas de alcantarillado para darle un correcto tratamiento a las aguas. Las grietas, los hundimientos, la intrusión de raíces de árboles y otras alteraciones que se desarrollan a medida que pasa el tiempo deterioran las tuberías y otras estructuras de conducción que conforman la red de alcantarillado.

Estas condiciones de deterioro pueden incrementar la cantidad de infiltración y afluencia que ingresa al sistema, especialmente durante los períodos de lluvia, ocasionando deterioros importantes. Los niveles crecientes de representan una carga adicional al sistema que disminuye su capacidad total. Además del caudal de las aguas pluviales pueden ingresar al alcantarillado a través de conexiones ilegales tales como canales de techos de viviendas y bombas para el drenaje (United States Environmental Protection Agency, 1999).

Para Fornaguera M. (2008) en la Propuesta de metodología para la operación y mantenimiento:

“El propósito de las actividades de operación y de mantenimiento, es asegurar que el sistema de alcantarillado funcione cumpliendo los siguientes requisitos específicos:

- a) Se mantenga la conducción libre sin desbordamientos.
- b) Las aguas recibidas deberán estar protegidas de la contaminación dentro de los límites requeridos.
- c) Las alcantarillas y colectores no pondrán en peligro estructuras adyacentes.

- d) Lograr la duración de vida del diseño.
- e) El sistema debe mantenerse impermeable.
- f) No provocar molestias debidas a malos olores ni toxicidad.
- g) Disponer de accesos apropiados para el mantenimiento.
- h) La salud y la seguridad del personal de explotación debe protegerse.”

Para verificar el estado de las tuberías debe realizarse un proceso de inspección visual, utilizando los equipos y recursos humanos adecuados, de acuerdo con el diámetro de la tubería así: Tuberías menores de 36": Se verificará utilizando un equipo adecuado de inspección. Tuberías mayores de 36": Se verificará mediante inspección visual directa y/o un adecuado equipo de inspección. La inspección de una red o estructura de alcantarillado consiste en la revisión del estado constructivo, operativo y estructural de las mismas, con el fin de evaluar daños, obstrucciones, conexiones erradas y otras alteraciones en las redes o estructuras. Es necesario verificar la climatología del sitio, dado que posibles lluvias en zonas afluentes de la tubería a inspeccionar pueden generar altos flujos que ocasionen el arrastre del operador o de los equipos en el momento de la inspección. El personal responsable de la inspección debe tener conocimientos técnicos sobre construcción, operación y materiales de las redes de alcantarillado, así como tener experiencia en este tipo de labores (Aspectos Técnicos para Inspección de Redes y Estructuras de Alcantarillado, 2007).

Si bien es cierto, el mantenimiento de los activos viales y carreteras es importante para evitar situaciones de colapsos parciales o totales y corte de libre paso de los usuarios (Conesa y García, 2010), se tiene que tomar en cuenta algunos factores importantes como lo es la expansión urbana, si bien es cierto es importante económicamente para el país, también afecta considerablemente en los ecosistemas adyacentes (Méndez, 2012), dar seguimiento a esos cambios a través del tiempo resulta de gran importancia en materia de planificación urbana y en la identificación del impacto hidrológico futuro, lo que se puede traducir en inundaciones, desbordamientos de ríos, erosión y difusión de contaminantes (Méndez, 2012).

Con el fin de aliviar la carga excesiva del alcantarillado, se sugiere construir una tubería paralela adicional o el remplazo de todo el sistema actual de tubería, lo cual requiere mayores movimientos de tierra, mayor inversión y afectación a los usuarios. Estos métodos de rehabilitación de alcantarillas requieren el desenterrar y reemplazar la tubería deficiente, los métodos de rehabilitación sin uso de zanjas utilizan el colector existente como una camisa receptora para la nueva tubería. Las técnicas sin zanja para la rehabilitación de colectores son un método de corrección de las deficiencias que requiere de un menor esfuerzo para la restauración del área, y que causa menos alteración y degradación ambiental que el método tradicional de excavación y reemplazo.

Como bien indica el Folleto informativo de operación y mantenimiento del alcantarillado rehabilitación sin zanjas de colectores del alcantarillado (United States Environmental Protection Agency, 1999).

“Los métodos sin zanja para la rehabilitación de colectores incluyen:

- La fractura de la tubería, o expansión dentro del colector.
- La inserción de revestimiento.
- La tubería endurecida en el punto de aplicación.
- El revestimiento con modificación de la sección transversal.”

Para garantizar que los sistemas funcionen satisfactoriamente, deben ser operados de forma adecuada y brindarles mantenimientos periódicos por lo que para Fornaguera M. (2008), la operación y mantenimiento de alcantarillas tienen los siguientes objetivos:

- Asegurar que todos los elementos del sistema estén en condiciones de funcionar en todo momento, según los requisitos de ejecución.
- Minimizar el impacto del fallo de un elemento del sistema sobre el funcionamiento de las otras partes.

Garantizar que el mantenimiento del sistema sea seguro, ambientalmente aceptable y económicamente eficiente.

El Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) es el ente encargado del mantenimiento, rehabilitación y construcción de rutas y puentes nacionales, tiene como objetivo principal:

“Planear, programar, administrar, financiar, ejecutar y controlar la conservación y la construcción de la red vial nacional, en concordancia con los programas que elabore la Dirección de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, administrar su patrimonio, ejecutar las obras mediante la contratación de los servicios y suministros requeridos, para el proceso de conservación y construcción de la totalidad de la red vial nacional. Fiscalizar la ejecución correcta de los trabajos, incluyendo el control de la calidad.

Promover la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, en el campo de la construcción y conservación viales. Suscribir contratos o prestar los servicios necesarios para el cumplimiento de sus objetivos y funciones.” (conavi.go.cr, 2015).

Como se muestra en la ilustración N° 1, Organigrama del CONAVI, se cuenta con una estructura organizacional paralela que tiene como gerencias principales la Gerencia Contrataciones de Vías y Puentes, Conservación de Vías y Puentes y la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, las cuales cumplen un papel importante en el cumplimiento de los objetivos de la Institución.

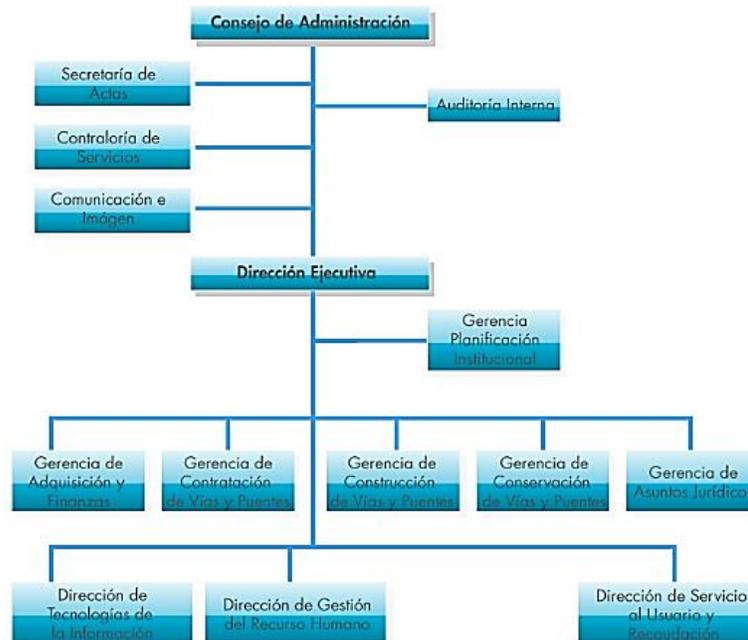


Ilustración 1: Organigrama del Consejo Nacional de Vialidad. (conavi.go.cr, 2015).

Como medida para evitar situaciones como las antes descritas, como son los posibles colapsos de estructuras de drenaje en la carreteras de Costa Rica, el Gobierno en conjunto con el Laboratorio Nacional de Materiales

y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LANAMMEUCR), publica el día 9 de mayo del 2014 el Decreto Ejecutivo N° 38489-MP-MOPT el cual indica en su Artículo 1° “Declarar de interés público la intervención de las obras de infraestructura...”, para que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el CONAVI, de atención a 9 de las estructuras de drenaje más vulnerables que se encuentran en el Gran Área Metropolitana (GAM), ya sean con obras de mitigación o intervenciones profundas si fuera necesario.

Con el fin de dar cumplimiento a la directriz antes mencionada el CONAVI mediante contratos adjudicados en la Licitación Pública N° 2009LN-000003-0CV00 “Conservación de la Red Vial Nacional Pavimentada”, los cuales son administrados por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, da atención inmediata a las estructuras declaradas de interés público, invirtiendo un monto aproximado a los ₡ 170.000.000,00 (Ciento setenta millones de colones), distribuido en tres zonas o proyecto diferentes de la Gerencia de Conservación de Vía y Puentes.

Debido a lo anterior, la tarea difícil que de por si es la gestión de infraestructura vial, la inadecuada inspección de los activos viales y las malas prácticas de mantenimiento, pueden dar lugar a un colapso de las estructuras, provocando un deterioro importante en la red vial (Najafi, 2010); por lo que la investigación que se realizará en este proyecto de graduación estará enfocada principalmente a buscar una estandarización en Costa Rica para la inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas en carreteras. A partir de la revisión de normas internacionales como lo es el Manual de Inspección de Puentes (2006) de la Federación de Administración de Carreteras de Estados Unidos (FHWA). Para realizar la investigación planteada se efectuarán encuestas y cuestionarios a expertos y técnicos que se encargan de la inspección y mantenimiento de alcantarillas; al realizar la identificación de las estructuras y su entorno y al estandarizar el procedimiento a partir de normas internacionales, con la información recopilada se puede crear un protocolo para la inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas (Najafi, 2010).

Es importante destacar que al tener elementos vulnerables en las carreteras de Costa Rica, aumenta la inversión que se tiene que realizar para el mantenimiento o construcción de infraestructura (Mora, 1997) por lo que tener un protocolo para el mantenimiento de las alcantarillas de las carreteras de Costa Rica (Najafi, 2010), le permitiría al Gobierno de Costa Rica poder planificar de una manera adecuada y minimizar los gastos por mantenimiento y cambio de las estructuras, pudiendo tener fondos necesarios para poder intervenir en otros tipos de activos que también son de gran importancia para una adecuada red de carreteras (Mora, 1997).

2.1 Obras de Arte y Drenajes de un camino.

Con el fin de poder identificar de manera correcta los componentes de un adecuado sistema de drenaje en carretera se exponen las siguientes definiciones de los elementos más importantes según la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales de España (1990), el “Bridge Inspector’s Reference Manual” del “U.S. Department of Transportation” (2006) y el Manual de especificaciones generales para la construcción de carretera, caminos y puentes; CR-2010 (2010):

- **Alcantarilla:** Conducto subterráneo para recoger las aguas llovedizas o inmundas.

- **Alcantarillas Circulares:** La forma circular es la forma más común fabricado para alcantarillas de tubería. Es hidráulicamente y estructuralmente eficiente bajo la mayoría de condiciones. Posibles inconvenientes hidráulicos son que tubo circular generalmente causa una reducción en la anchura corriente durante flujos bajos. También puede ser más propenso a la obstrucción que algunas otras formas debido a la superficie libre disminuyendo a medida que el tubo se llena más allá del punto medio. Con diámetro corrugado muy grandes tubos de metal, la flexibilidad de las paredes laterales dicta que debe tener cuidado especial durante la construcción de relleno para mantener la curvatura uniforme.



Ilustración 2: Alcantarilla Circular con Cabezales y Aletones.

- **Alcantarillas de Arco:** Alcantarillas de arco ofrecen menos de una obstrucción de la vía acuática de arcos de tubería y se pueden utilizar para proporcionar un fondo de la corriente natural donde el fondo de la corriente es naturalmente resistente a la erosión. Condiciones de cimentación deben ser adecuados para apoyar las zapatas. Enrocado se utiliza con frecuencia para la protección de socavación.



Ilustración 3: Alcantarilla Circular de Arco.

- **Alcantarilla Sección Caja, Cuadro o Rectangulares de sección transversal:** Son fácilmente adaptables a una amplia gama de condiciones del lugar, incluyendo sitios que requieren estructuras de perfil bajo. Debido a los lados planos y superior, formas rectangulares no son estructuralmente eficiente como otras formas de alcantarilla. Además, las secciones de la caja tienen un piso integral.



Ilustración 4: Alcantarilla de Cuadro.

- **Alcantarillas Múltiples:** Las alcantarillas múltiples se utilizan para obtener la capacidad hidráulica adecuada bajo terraplenes bajos o por vías navegables de ancho. En algunos lugares pueden ser propensos a la obstrucción como el área entre los barriles tiende a atrapar los desechos y sedimentos.

Cuando un canal se amplía artificialmente, múltiples barriles colocados más allá del canal dominante están sujetos a la sedimentación excesiva. El lapso de apertura o longitud de múltiples alcantarillas barril incluye la distancia entre barriles tan larga como la distancia es inferior a la mitad de la longitud de la abertura de los barriles adyacentes.

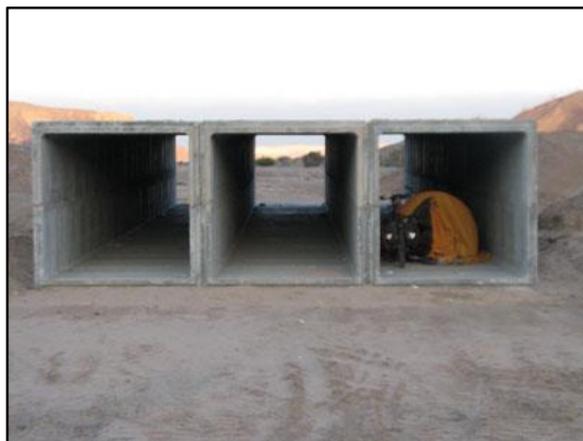


Ilustración 5: Alcantarilla de Cuadro Múltiple.

Capítulo III

3. Marco Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El objetivo del presente trabajo de graduación es realizar un protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas, a raíz de lo anterior la investigación será de tipo descriptivo, con la cual se pretende describir o determinar la manera correcta con la que se deben realizar la inspección, evaluaciones y mantenimiento de las estructuras de drenaje sobre carretera.

Según Deobold B. Van Dalen y William J. Meyer (2006), indica “El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.”.

La metodología de esta investigación se enfocó de manera mixta, en la cual se encaminó mayormente de forma cualitativa por el tipo de información que abarca, ahora bien, algunos de los resultados fueron cuantitativos para poder demostrar algunos resultados de la investigación. Para desarrollar la investigación fue necesario la identificación de los diferentes tipos de alcantarillas en Costa Rica así como su entorno, realizar encuestas a aquellas personas que le brindan mantenimiento a las estructuras. A partir de la información recopilada y con algunas normas internacionales, se realizaron guías y fichas técnicas que ayuden a los encargados del mantenimiento e inspección poder implementar de manera efectiva y correcta los mantenimientos de alcantarillas en Costa Rica.

Como se muestra en la ilustración N° 2, 3 y 4, los diagramas de flujo donde se desarrollan las actividades necesarias para la investigación y el desarrollo de los objetivos específicos establecidos, se puede definir que la investigación es en su mayoría de forma cualitativa como se mencionaba anteriormente, la cual es necesario algún tipo de información cuantitativa para demostrar algunos procesos de la investigación.

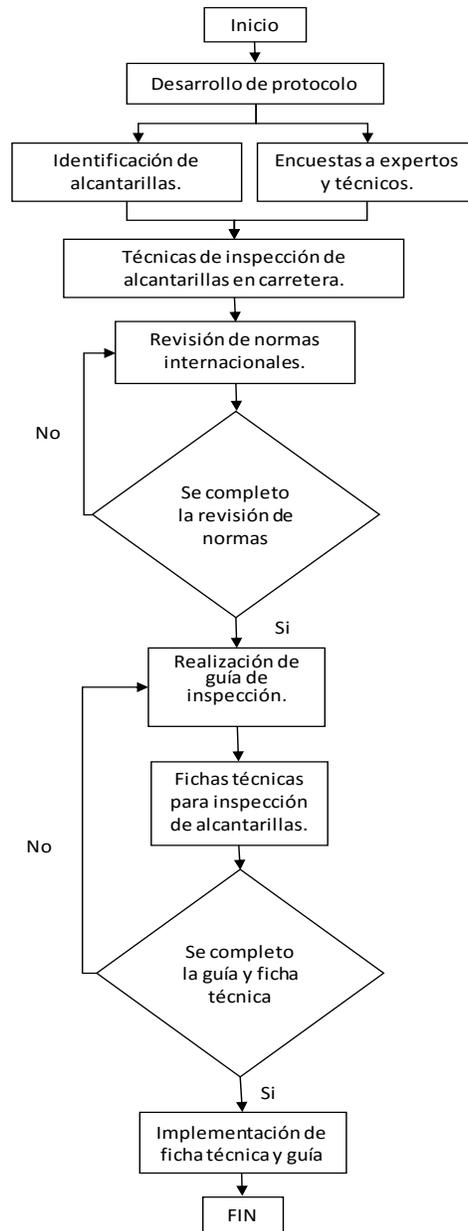


Ilustración 6: Diagrama de flujo Objetivo Especifico N° 1: Definir técnicas de inspección de alcantarillas en carretera para un adecuado mantenimiento de las estructuras proyecto de investigación (Fuente: Propia).

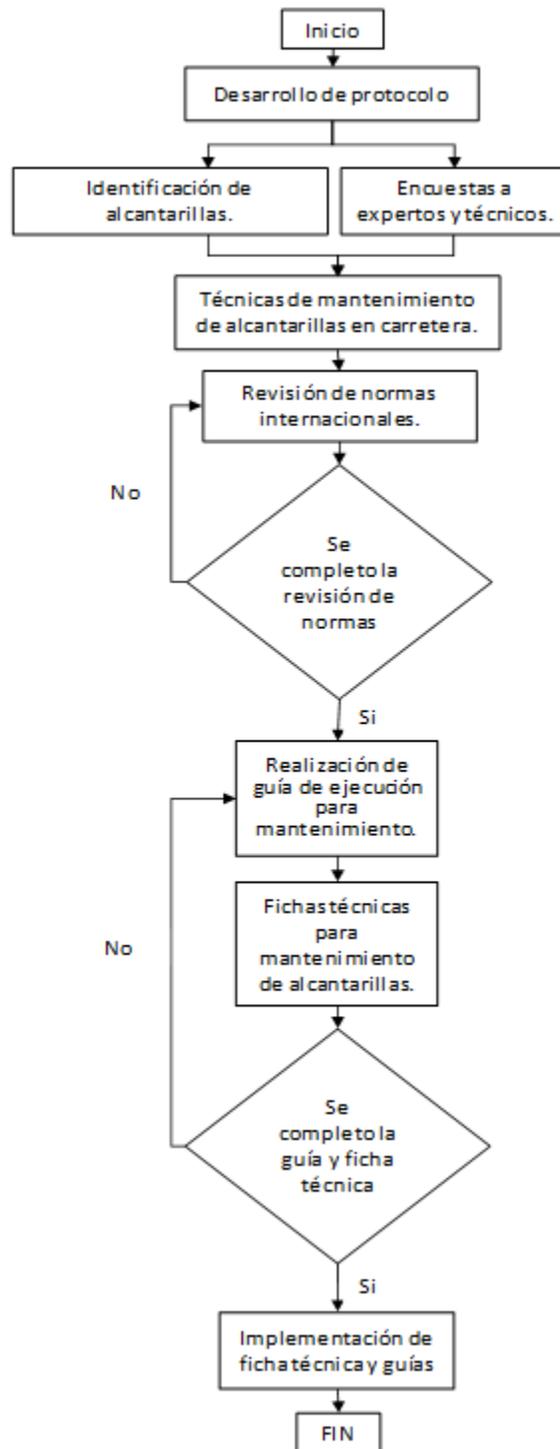


Ilustración 7: Diagrama de flujo Objetivo Especifico N° 2: Definir métodos de mantenimiento de alcantarillas en carretera para un adecuado funcionamiento. (Fuente: Propia).

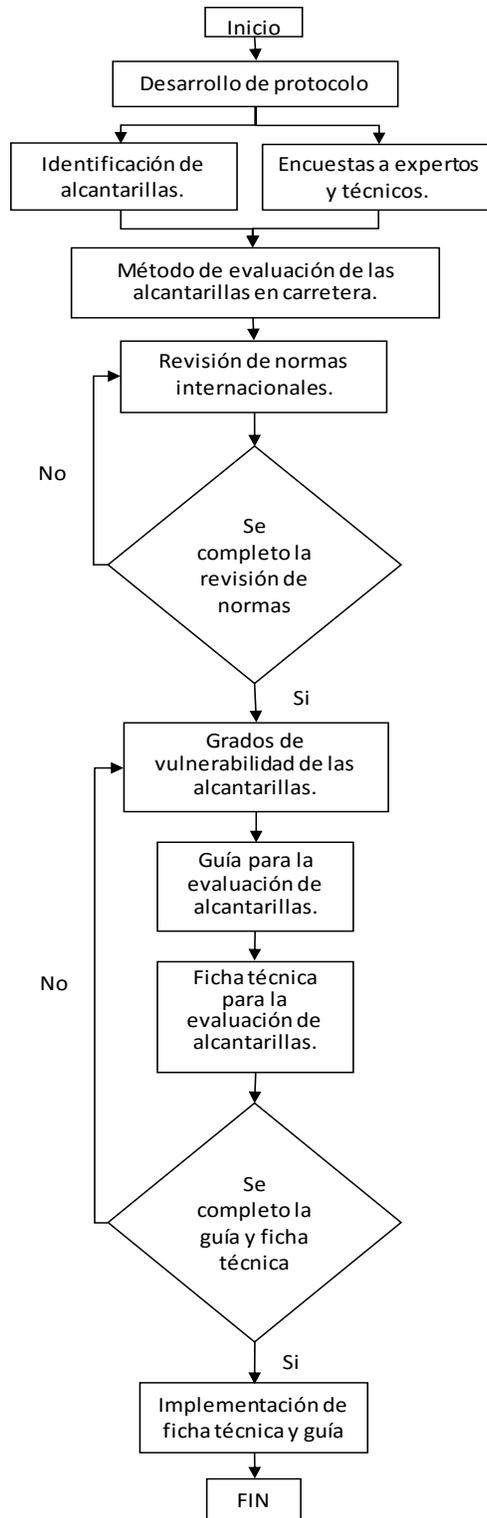


Ilustración 8: Diagrama de flujo Objetivo Especifico N° 3: Establecer un método de evaluación de las alcantarillas en carretera para dar una valoración de la estructuras. (Fuente: Propia).

3.2 Fuentes y Sujetos de información.

En la investigación a desarrollar se han tomado parámetros mínimos que se deben cubrir para el desarrollo de la investigación como a continuación se pueden describir:

3.2.1. Fuentes.

La principal fuente de esta investigación fueron los datos obtenidos con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y las normas de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

3.2.2. Sujetos de información:

Los sujetos a los cuales se les realizaron encuestas, consultas y entrevistas, fueron principalmente Ingenieros del CONAVI y MOPT, Administradores Viales, expertos en el área de la hidráulica de carreteras y conservación de vías, inspectores de obras viales.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Investigación

Para lo que son las técnicas e instrumentos de proyecto de graduación podemos mencionar:

3.3.1. Técnicas de la investigación:

Se realizará revisión de literatura exhaustiva con palabras claves como mantenimiento, inspección y valoración de alcantarillas en carretera para obtener información de valor; se realizaran entrevistas con una serie de preguntas a una o varias personas, para sustentar de manera oportuna información dentro de la investigación; se realizarán encuestas para recaudar datos por medio de cuestionario, a la población meta de la investigación y tener opinión del tema que se pretende desarrollar.

3.3.2. Métodos estadísticos:

En cuanto a la estadística que se implementara estadística simple, para determinar la cantidad de alcantarillas con sus diferentes diámetros y ubicación, así como características que tengan en común y condiciones de su entorno.

3.4 Procesamiento y Análisis de Datos

El procesamiento y análisis de datos para el presente proyecto de graduación se realizó de la siguiente manera:

3.4.1. Procedimiento y análisis objetivo específico N° 1: Establecer técnicas de inspección de alcantarillas en carretera para un adecuado mantenimiento de las estructuras.

Con el fin de poder establecer algunas técnicas de inspección en alcantarillas con las que actualmente cuenta Costa Rica, se procedió a revisar documentación con la que cuenta CONAVI y el MOPT, verificar el tipo de estructuras con las que se cuenta, así como su entorno, de igual manera se realizaron encuestas y entrevistas a expertos y personal técnico que sea el responsable de la inspección y mantenimiento de las alcantarillas para identificar problemas comunes a la hora de la inspección de las estructuras. Una vez realizada esta labor se revisaron las normas internacionales AASTHO y a partir de estas poder estandarizar su aplicación a nuestra región y las condiciones de Costa Rica.

Con la información recopilada, se definió una guía de inspección de este tipo de estructuras que pueda ayudar a la población meta en la buenas prácticas de la ingeniería vial, concluidas estas labores se pudo realizar fichas técnicas que ayuden a recopilar información valiosa para la ingeniería de proyecto, gerencia o institución en la toma de decisiones.

3.4.2. Procedimiento y análisis objetivo específico N° 2: Establecer métodos de mantenimiento de alcantarillas en carretera para un adecuado funcionamiento.

Para poder establecer algunas técnicas de mantenimiento rutinario o periódico en alcantarillas, se procedió a realizar encuestas y entrevistas a personal a cargo de la ejecución de proyectos de mantenimiento tanto ingenieros de proyectos como personal técnico de campo calificado y así identificar problemas comunes a la hora de la ejecución del mantenimiento de las estructuras. Una vez realizada esta labor se revisaron las normas internacionales AASTHO y a partir de estas poder estandarizar su aplicación a nuestra región y las condiciones de Costa Rica.

Con la información recopilada, se definió una guía de mantenimiento de este tipo de estructuras que pueda ayudar a la población meta en la buenas prácticas de la ingeniería vial, concluida esta labor se podrán realizar fichas técnicas que ayuden a recopilar información valiosa para la ingeniería de proyecto, gerencia o institución y llevar un adecuado control de los activos y sus intervenciones.

3.4.3. Procedimiento y análisis objetivo específico N° 3: Establecer un método de evaluación de las alcantarillas en carretera para dar una valoración de la estructuras.

Para poder definir el grado de daño de las estructura de alcantarilla, se realizan encuestas y entrevistas a personal calificado para poder recopilar información valiosa de los elementos o circunstancias que puedan afectar mayormente la estructura. Una vez realizada esta labor se revisaron las normas internacionales AASTHO para poder estandarizar su aplicación a nuestra región y las condiciones de Costa Rica. Con la información recopilada con la guía de inspección y mantenimiento se definió una guía que pueda definir el grado de daño de las estructuras y que pueda ayudar a la población meta en la buenas prácticas de la ingeniería vial, concluida esta labor se podrán realizar fichas técnicas que ayuden a recopilar información valiosa para la ingeniería de proyecto, gerencia o institución en la toma de decisiones.

Capítulo IV

4. Análisis de Resultados

4.1 Resultado de encuesta e inventario de alcantarillas

Con el fin de conocer la opinión de profesionales y técnicos que participan de la Conservación de la Red Vial Nacional y Cantonal, se hicieron entrevistas para este proyecto de graduación con el fin de poder tomar en cuenta ciertos factores importantes que pueden influir en una adecuada inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas.

Se realizó la encuesta a 19 personas involucradas en la construcción de carreteras como lo son Ingenieros Municipales, Ingenieros del CONAVI, Administradores Viales, Ingenieros de Empresa Privada, como se muestra en el Cuadro 1.

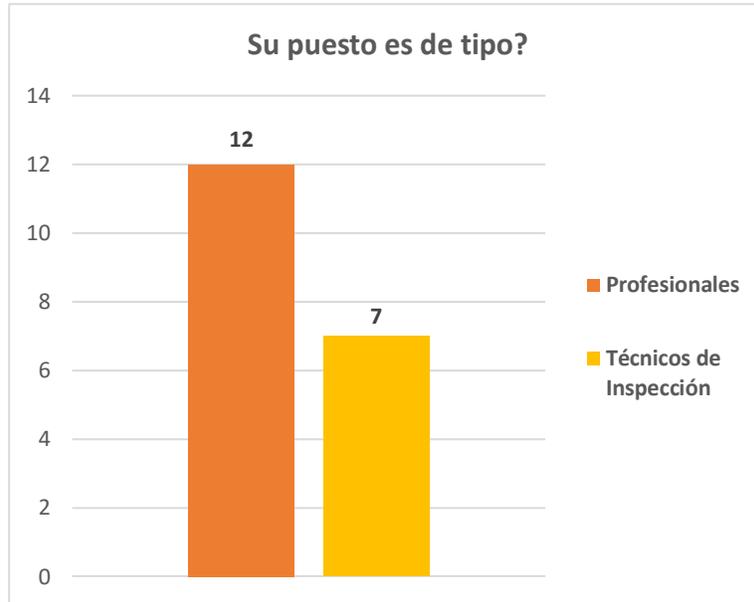
Cuadro 1: Tipo de empresa a la que pertenece las personas encuestadas.

Total de Personas encuestadas:	Tipo de empresa	Cantidad de Personas	Porcentaje
19 personas	Administrador Vial	9 personas	47%
	Empresa Privada	6 personas	32%
	MOPT / CONAVI	3 personas	16%
	Municipalidad	1 personas	5%

Como se muestra en el Cuadro 1, el 47 % de las personas encuestadas pertenece a los Administradores Viales que contrata el Consejo Nacional de Vialidad para la inspección de todas las obras de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, la cual le exige a su personal una amplia experiencia y estudios para garantizar obras de calidad.

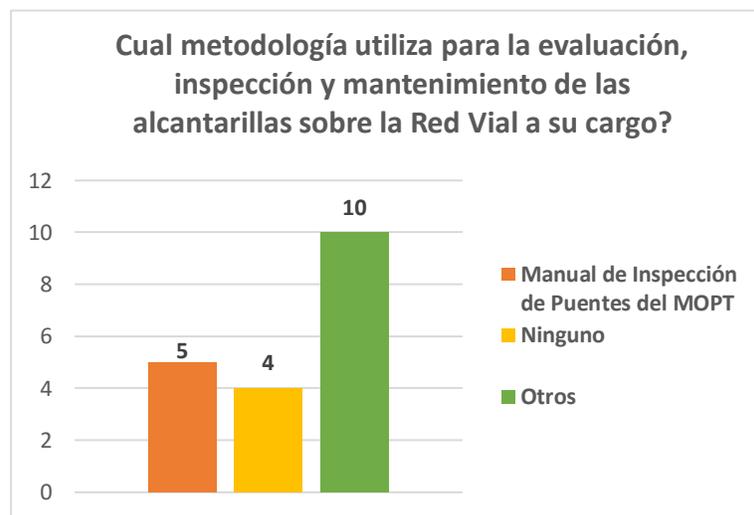
En el Gráfico 1, a las personas encuestadas se les solicitó que indicaran que tipo de puesto desempeñan en las empresas mostradas en el Cuadro 1, con el fin de conocer el perfil de cada encuestado, dando como resultado que el 63% de los encuetados son profesionales como se muestra en el Gráfico 1.

Gráfico 1: Su puesto es de tipo?.



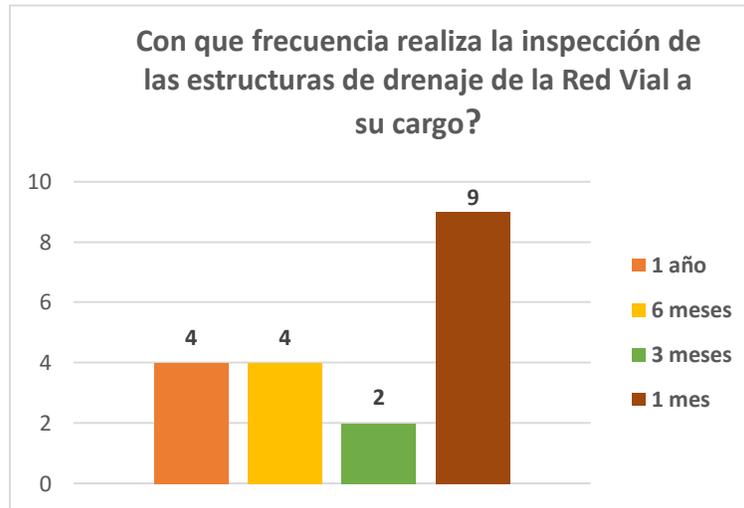
Como parte de la investigación realizada y con el fin de poder utilizar fuentes acertadas para la estandarización de normas o manuales utilizados para la inspección, evaluación y mantenimiento de alcantarillas se le solicitó a los encuestados que nos indicaran si utilizaban, el “Bridge Inspector's Reference Manual” del “Federal Highway Administration”, el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, ningún tipo de manual o norma u otros, como se observa en el Gráfico 2, 10 personas encuestadas nos indicaron que utilizan otro tipo de manuales o normas y ninguna persona utiliza el “Bridge Inspector's Reference Manual” del “Federal Highway Administration”.

Gráfico 2: Cuál metodología utiliza para la evaluación, inspección y mantenimiento de las alcantarillas sobre la Red Vial a su cargo?



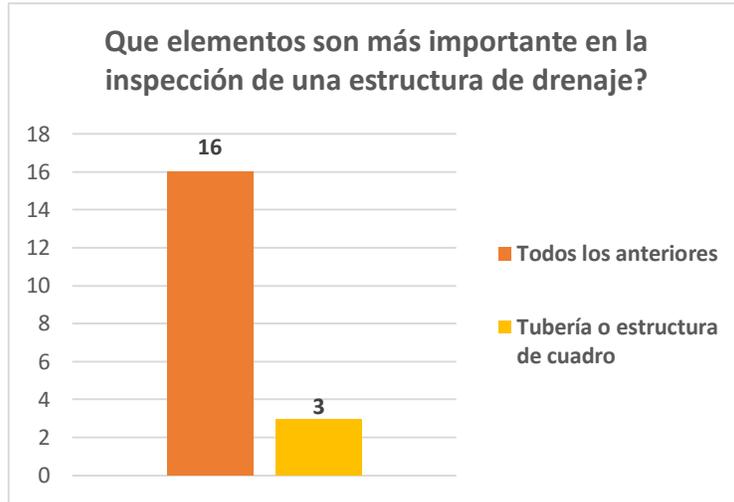
Parte de los aspectos importantes de conocer para la investigación realizada, era conocer la frecuencia con la que cada profesional o técnico realiza la inspección de las estructuras de drenaje de la Red Vial que les es asignada, obteniendo que el 47% de las personas realiza dicha actividad mensualmente como se puede observar en el Gráfico 3.

Gráfico 3: Con qué frecuencia realiza la inspección de las estructuras de drenaje de la Red Vial a su cargo?.



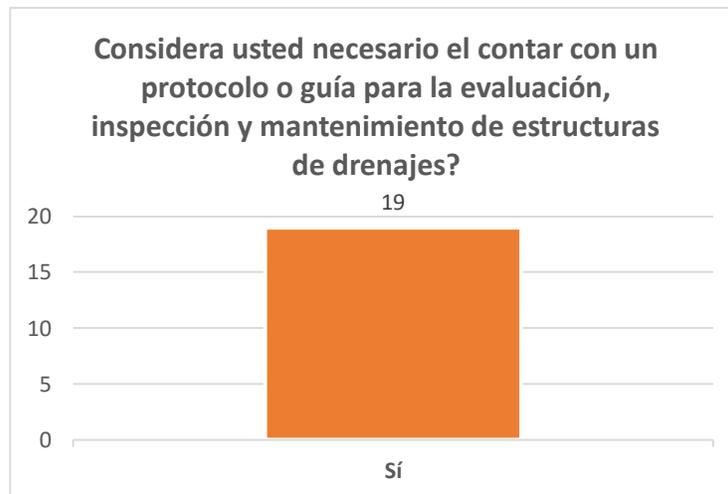
Dentro de los parámetros que influyen a la hora de la inspección de una alcantarilla o brindar el mantenimiento de la misma son sus elementos, por lo que para poder brindar recomendaciones y realizar investigación en este proyecto de investigación se solicitó a los encuestados, que mencionaran que elementos son más importantes a la hora de inspeccionar una alcantarilla (Cabezales, Aletones y escolleras, Tubería o estructura de cuadro, Taludes superiores y laterales, Todos los anteriores), lo cual brindo una respuesta que 16 personas (84 por ciento) encuestadas consideran que todos los elementos son importantes, como se muestra en el Gráfico 4.

Gráfico 4: Qué elementos son más importante en la inspección de una estructura de drenaje.



Por último, se les solicitó a los encuestados que indicaran si era necesario o no contar con un protocolo o guía para la evaluación, inspección y mantenimiento de estructuras de drenajes, de la cual se obtiene un resultado que el 100% de las personas considera necesario contar con una guía o protocolo, ya que actualmente no se tiene dicho insumo en el país, como se puede observar en el Gráfico 5.

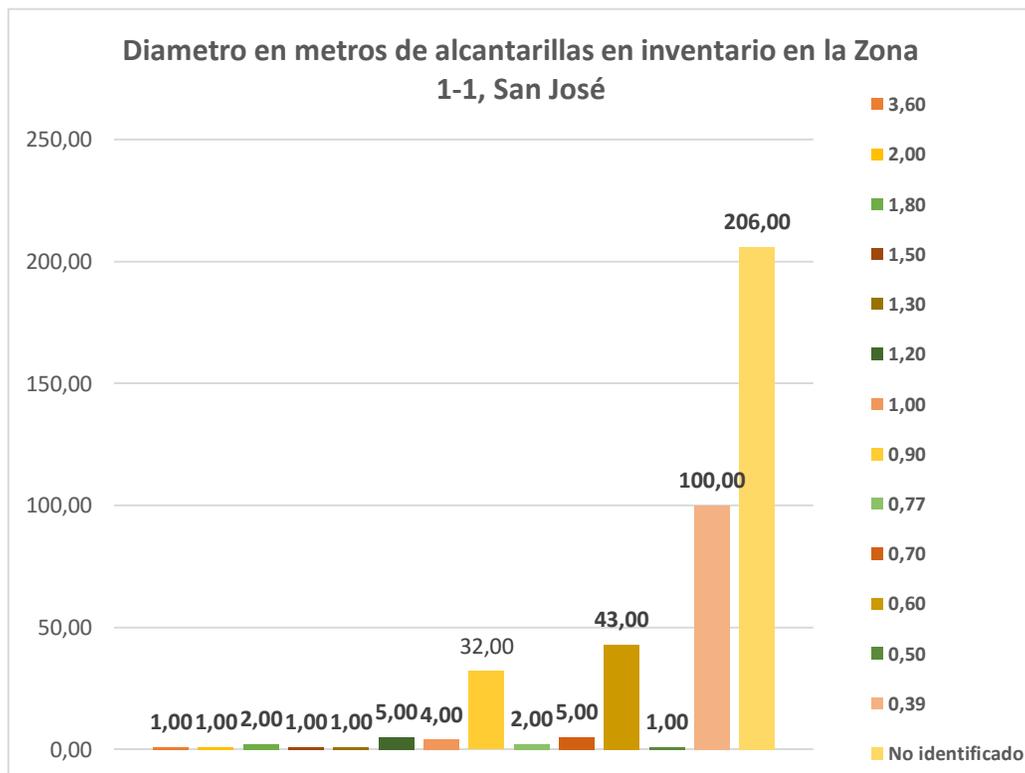
Gráfico 5: Considera usted necesario el contar con un protocolo o guía para la evaluación, inspección y mantenimiento de estructuras de drenajes ?.



Parte de la investigación realizada y como insumo importante sobre este proyecto de graduación se realiza una estadística del inventario de alcantarillas que el Consejo Nacional de Vialidad y en especial la Zona 1-1, San José, de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes posee, lo anterior es de suma importancia para este proyecto de graduación ya que brinda información de diámetros, longitudes y tipos de alcantarillas, lo anterior con el fin de poder dar recomendaciones de mantenimiento adecuadas a lo que las carreteras nacionales tienen colocadas.

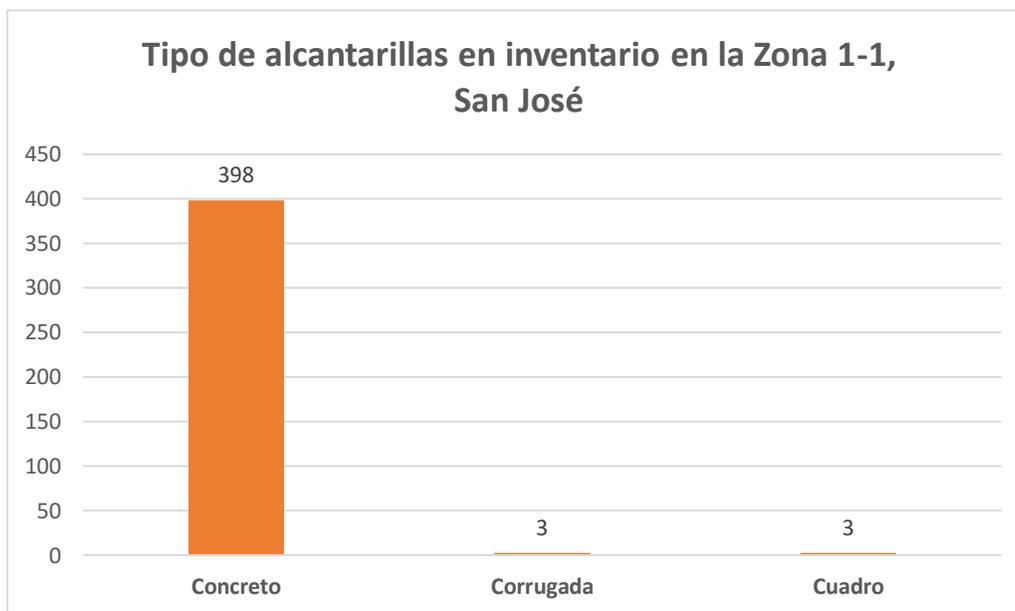
Dentro de la Zona 1-1 de San José, se cuentan con 404 alcantarillas de todo tipo, diámetro y longitud, sin embargo, 206 alcantarillas o mejor dicho el 51% del total no es posible identificar el diámetro de los tubos colocados, lo que puede suponerse que es necesario una intervención urgente de limpieza sobre las mismas para que tengan un correcto funcionamiento y poder identificar si las mismas poseen capacidad hidráulica, pero 100 de las 404 alcantarillas son de diámetros bastante pequeños, lo que puede ser un indicativo de poca capacidad hidráulica de las mismas, como se puede observar en el Gráfico 6.

Gráfico 6: Diámetro en metros de alcantarillas en inventario en la Zona 1-1, San José



Con el inventario que posee CONAVI, se puede identificar el tipo de alcantarillas que se tiene actualmente sobre las rutas nacionales de San José, la cual en su mayoría son de concreto, sin embargo no se puede identificar si las mismas son reforzadas o no debido a su antigüedad, como se puede observar en el Gráfico 7.

Gráfico 7: Tipo de Alcantarillas en inventario en la Zona 1-1, San José



4.2 Instrumentos para la Inspección de Alcantarillas.

Con el fin de poder llevar a cabo una buena labor de inspección sobre las alcantarillas de la vial nacional, cantonal o cualquier tipo de proyecto a desarrollar, es importante contar con todo el equipo y herramientas, las cuales el inspector de campo o ingeniero deben preparar previo a su visita. Herramientas que algunas de ellas son recomendadas por el Manual de Inspección de Puentes del MOPT (2007), las cuales se detallan en el Cuadro 2, dicho cuadro puede ser utilizado por el Inspector o Ingeniero como chequeo previo.

Cuadro 2: Equipo y Herramientas para la inspección de alcantarillas.

Equipo o Herramienta	Chequeo
Escoba para quitar polvo o escombros.	
Pala para remover escombros.	
Machete o cuchilla para corta de maleza o zacate.	
Binoculares para realizar inspección a distancia en caso de no tener un accesos al elemento.	
Foco para iluminar en lugares oscuros.	
Cinta de bolsillo y cinta de 50m o más para medición de dimensiones	
Nivel para medir pendientes o niveles.	

Regla para medir o dibujar.	
GPS portátil para obtener coordenadas geográficas.	
Cámara digital para documentación de la visita.	
Casco para protección.	
Chaleco para seguridad y visualización.	
Tabla para apuntes	
Formularios de inventario o inspección.	

En la ilustración 9, ilustración 10, ilustración 11 e ilustración 12, se muestran algunos de los equipos o herramientas que son necesarias para una adecuada inspección de alcantarillas.



Ilustración 9: Machete para corta de maleza o zacate.



Ilustración 10: Binoculares.



Ilustración 11: GPS Portátil.



Ilustración 12: Nivel.

4.3 Estado de condición para la inspección y evaluación de alcantarillas.

Como parte de la investigación realizada y con el fin de poder brindar una guía o protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas en Costa Rica, se realizó una revisión bibliográfica de los principales manuales de inspección tanto a nivel nacional como internacional. Con el fin de brindar parámetros que ayuden a identificar los principales daños que se pueden presentar en una estructura de drenaje, se realizó una extracción de los parámetros más importantes del Manual de Inspección de Puentes

(2007) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), así como, “Manual for Bridge Element Inspection” (2013) del “American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO).

Los manuales antes descritos fueron utilizados como parámetro para las guías de estado de condición, ya que presentan características importantes a nivel de elementos de una estructura de drenaje y puntualizan de manera importante cada uno de los daños que podemos encontrar, dependiendo del tipo de material de cada una de las alcantarillas.

Como parte del trabajo de estandarización de los manuales de Inspección de Puentes del MOPT y el Manual for Bridge Element Inspection de AASTHO, se establecieron cinco criterios de inspección de las estructuras las cuales van de “Muy Bueno” a “Grave” y del “1” al “5”, así como, del color “Azul” al “Rojo”, como se muestra en el siguiente Cuadro 3.

Cuadro 3: Criterios de inspección de alcantarillas.

1	2	3	4	5
MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE

El criterio de “Muy Bueno”, “Bueno”, “Regular”, “Malo” y “Grave”, tiene como objetivo que el personal que se dedique a la inspección pueda identificar de manera clara que tan severo es el daño que se presenta en la estructura. Los colores que representan cada uno de los criterios anteriores ayudan a que visualmente sea más sencillo identificar cada daño de las 14 tablas que se presentan a continuación.

En cuanto al criterio numérico, el objetivo principal es poder brindar una nota a cada una de las alcantarillas que se realice una inspección, teniendo una nota mínima y máxima, dependiendo del tipo de alcantarilla y estructura que se realice la inspección, detalle que se realiza más adelante. En la tabla 15 se muestra la definición de los daños descritos en las tablas de la 1 a la 14.

Tabla 1: Definición de los tipos de daños.

Tipo de Daño	Descripción
Corrosión	Dstrucción de los metales y sus aleaciones, provocado por la acción química o electroquímica.
Agrietamiento	Formación de grietas en acero.
Conexión	Pérdida de conexión en el cuerpo principal.
Delaminación	Astillas, delaminación y áreas remendados en hormigón, mampostería y otros elementos materiales.

Tabla 2: Continuación de definición de los tipos de daños.

Tipo de Daño	Descripción
Eflorescencia	Manchas de óxido en elementos de hormigón y mampostería.
Agrietamiento en concreto reforzado y otros	Formación de grietas en hormigón armado.
Deterioro	Desviación de la posición vertical u horizontal que ocupa una cosa.
Distorsión	Distorsión de la línea o de la cuadrícula de los elementos originales; utilizados para capturar toda la distorsión independientemente de la causa.
Acero de refuerzo expuesto	Exposición de acero utilizado para el refuerzo de la estructura
Abrasión	Desgaste que sufre una superficie debido a las fuerzas de fricción que experimenta en el transcurso del tiempo.
Asentamiento	Descenso que experimenta una estructura a medida que se consolida el terreno situado bajo el mismo. También llamado asiento.
Daño por impacto	Impacto por algún tercero sobre algún elemento de la estructura.
Grietas	Una grieta es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales.
Descascaramiento	Rotura de la superficie de concreto por desprendimientos pequeños o fisuras capilares.
Nidos de piedra	Corresponde a hormigón dañado o mal confeccionado, el cual se produce por una segregación de los áridos de la pasta, dejando espacios vacíos lo que hace perder la uniformidad del elemento.
Pérdida del talud de protección	Pérdida del relleno o talud de la estructura.

Tabla 3: Continuación de definición de los tipos de daños.

Tipo de Daño	Descripción
Inclinación	Desviación de la posición vertical u horizontal de la estructura.
Socavación	Excavación profunda causada por el agua. Puede deberse al embate de las olas contra un acantilado, a los remolinos del agua, especialmente allí donde encuentra algún obstáculo la corriente, y al roce con las márgenes de las corrientes que han sido desviadas por los lechos sinuosos.
Ondulaciones	Relieve de un terreno en el que se suceden elevaciones y depresiones.
Surcos	Depresión en la superficie bajo las huellas de los neumáticos.
Baches	Depresiones pequeñas en la superficie del pavimento.
Deformación (Acero)	Máxima tensión que un material puede soportar al ser traccionado.
Oxidación (Acero)	Reacción química donde un metal o un no metal cede electrones, y por tanto aumenta su estado de corrosión.
Ausencia (Acero)	Pérdida de la sección o elemento.

A continuación se presentan los cuadros de cada uno de los elementos y tipos de alcantarillas que se presentan en Costa Rica, con los parámetros dados por el Manual de inspección de Puentes (2007) del MOPT, así como, “Manual for Bridge Element Inspection” (2013) de AASTHO:

Tabla 4 : Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Corrosión	No aplica.	No se observa corrosión.	Óxido puntual. La corrosión del acero ha iniciado.	Pérdida de la sección es evidente pero no garantiza revisión estructural.	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Agrietamiento	No aplica.	No se observa agrietamiento.	La grieta se ha auto-detenido o ha sido detenida con agujeros de detención eficaces, duplicando placas, o similar.	Se identifica grieta que no está detenida, pero no garantiza revisión estructural.	
Conexión	No aplica.	La conexión se realiza en el lugar y funcionando según lo previsto.	Sujetadores sueltos o paquete de óxido sin distorsión está presente pero la conexión está en su lugar y funcionando según lo previsto.	Faltan pernos, remaches y sujetadores; soldaduras rotas; o empacar el óxido con una distorsión pero no justifica una revisión estructural.	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”.

Tabla 5: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Delaminación	No aplica.	No se observa Delaminación.	Cascajo de 2,54 cm o menos o 15,24 cm o menos de diámetro.	Cascajo mayor que 2,54 cm o mayor que 15,24 cm de diámetro. Área defectuosa, poco sólida o mostrando parcheado. Tampoco garantiza revisión estructural.	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Eflorescencia	No aplica.	No se observa eflorescencia.	Superficie sin acumulación o lixiviación y sin manchas de óxido.	Pesada acumulación con manchas de óxido.	
Agrietamiento en concreto reforzado y otros	No aplica.	Ancho menor que 0,030cm de espaciamiento mayor que 91,44 cm	Ancho menor que 0,030 cm – 0,127 cm de espaciamiento mayor que 30,48 –91,44 cm.	Ancho mayor que 0,127 cm de menos de 30,48 cm	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 6: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Deterioro (otro)	No aplica	No se observa Deterioro.	Avería o deterioro iniciado	Deterioro significativo o una avería, pero no garantiza revisión estructural	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Distorsión	No aplica	No se presentan distorsión	Distorsión no requieren mitigación o distorsión mitigado	Distorsión que requiere mitigación que no ha sido abordado, pero no garantiza revisión estructural	
Asentamiento	No aplica	No se presenta asentamiento	Existe dentro de límites tolerables o se detiene sin dificultad estructural observada	Supera los límites tolerables, pero no garantiza revisión estructural	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 7: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarillas Redondas, Arco y Elípticas.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Socavación	No aplica	No se observa socavación.	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación.	Aparece socavación por la fundación	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Daño por impacto	No aplica	No presenta daño por impacto	El elemento tiene daños por impacto. El daño específico causado por el impacto ha sido capturado en el estado de la Condición 2 en la entrada de defecto de material apropiado	El elemento tiene daños por impacto. El daño específico causado por el impacto ha sido capturado en la condición 3 en la entrada de defecto de material apropiado	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 8: Estructura de drenaje tipo Alcantarilla en Acero.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Corrosión	No aplica	No se observa corrosión	Óxido puntual. La corrosión del acero ha iniciado.	Pérdida de la sección es evidente pero no garantiza revisión estructural.	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Agrietamiento	No aplica	No se presentan grietas	La grieta que se auto-detuvo o ha sido detenida con agujeros de detención eficaces, duplicando placas, o similar	Identificado grieta que no está detenido, pero no garantiza revisión estructural.	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 9: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla en Acero.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Conexión	No aplica	La conexión se realiza en el lugar y funcionando según lo previsto.	Sujetadores sueltos o paquete de óxido sin distorsión está presente pero la conexión está en su lugar y funcionando según lo previsto.	Faltan pernos, remaches y sujetadores; soldaduras rotas; o empacar el óxido con una distorsión pero no justifica una revisión estructural.	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Distorsión	No aplica	No se presentan distorsión	Distorsión no requieren mitigación o distorsión mitigado	Distorsión que requiere mitigación que no ha sido abordado, pero no garantiza revisión estructural	
Asentamiento	No aplica	No se presenta asentamiento	Existe dentro de límites tolerables o se detiene sin dificultad estructural observada	Supera los límites tolerables, pero no garantiza revisión estructural	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 10: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla en Acero.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Socavación	No aplica	No se observa socavación.	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación.	Aparece socavación por la fundación	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Daño por impacto	No aplica	No presenta daño	El elemento tiene daños por impacto. El daño específico causado por el impacto ha sido capturado en el estado de la Condición 2 en la entrada de defecto de material apropiado	El elemento tiene daños por impacto. El daño específico causado por el impacto ha sido capturado en la condición 3 en la entrada de defecto de material apropiado	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 11: Estructura de drenaje tipo Alcantarilla de Hormigón Reforzado y Tragantes.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Delaminación	No aplica	No presenta delaminación	Cascajo de 2,54 cm o menos o 15,24 cm o menos de diámetro.	Cascajo mayor que 2,54 cm o mayor que 15,24 cm de diámetro. Área defectuosa, poco sólida o mostrando parcheado. Tampoco garantiza revisión estructural.	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha
Acero de refuerzo expuesto	No aplica	No presenta Acero de refuerzo expuesto	Presente sin pérdida de sección medible	Presente con la pérdida de sección medible pero no garantiza revisión estructural	completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla.

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 12: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla de Hormigón Reforzado y Tragantes.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Eflorescencia	No aplica	No presenta Eflorescencia	Blanco Superficie sin acumulación o lixiviación y sin manchas de óxido	Pesada acumulación con manchas de óxido	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Agrietamiento de concreto reforzado y otros materiales	No aplica	Ancho menor que 0,030cm de espaciamiento mayor que 91,44 cm	Ancho menor que 0,030 cm – 0,127 cm de espaciamiento mayor que 30,48 –91,44 cm.	Ancho mayor que 0,127 cm de menos de 30,48 cm	
Abrasión	No aplica	No presenta abrasión.	Abrasión o desgaste ha expuesto agregado grueso, pero el agregado permanece seguro en el hormigón	El agregado grueso está suelto o se sale de la matriz de hormigón debido a la abrasión o desgaste	
Distorsión	No aplica	No presenta daño	Distorsión no requieren mitigación o distorsión mitigado	Distorsión que requiere mitigación que no ha sido abordado, pero no garantiza revisión estructural	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”

Tabla 13: Continuación de Estructura de drenaje tipo Alcantarilla de Hormigón Reforzado y Tragantes.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Asentamiento	No aplica	No presenta daño	Existe dentro de límites tolerables o se detiene sin dificultad estructural observada	Supera los límites tolerables, pero no garantiza revisión estructural	La condición amerita una revisión estructural para determinar el efecto sobre la fuerza o capacidad del elemento alcantarilla; o una revisión estructural se ha completado y defectos de fuerza, impacto o capacidad de servicio del elemento o alcantarilla
Socavación	No aplica	No se observa socavación.	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación.	Aparece socavación por la fundación	
Daño por impacto	No aplica	No presenta daño por impacto.	El elemento tiene daños por impacto. El daño específico causado por el impacto ha sido capturado en el estado de la Condición 2 en la entrada de defecto de material apropiado	El elemento tiene daños por impacto. El daño específico causado por el impacto ha sido capturado en la condición 3 en la entrada de defecto de material apropiado	

Fuente: “Manual for Bridge Element Inspection” (2013). “American Association of State Highway and Transportation Officials”.

Tabla 14: Cabezal y Aletones.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Grietas en una dirección	No se observan grietas.	El ancho de las grietas es menor a 0.2 mm en intervalos de más de 1.0 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0.2 mm en intervalos de más de 1.0 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0.2 mm en intervalos entre 1.0 m y 0.5 m.	El ancho de las grietas es mayor a 0.2 mm en intervalos de menos de 0.5 m.
Grietas en dos direcciones	No se observan grietas.	No aplica.	El ancho de la grieta es menor a 0.2 mm con intervalos mayores a 50 cm.	El ancho de la grieta es mayor a 0.2 mm con intervalos menores a 50 cm.	El ancho de la grieta es mayor a 0.2 mm y el concreto se está descascarando.
Descascaramiento	No se observa descascaramiento en la superficie de la estructura.	Se observa el principio del descascaramiento.	Ha crecido el descascaramiento en algunas partes de la superficie de la estructura.	Se observa un considerable descascaramiento.	Se observa un considerable descascaramiento y oxidación.
Acero de refuerzo expuesto	Descascaramiento en la superficie de concreto.	Se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal.	El refuerzo está expuesto en pequeñas partes.	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado.	Se observa el acero principal expuesto y con reducción de la sección.

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual de inspecciones de puentes.

Tabla 15: Continuación de Cabezal y Aletones.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Nidos de piedra	No se observaron nidos de piedra.	Se observaron nidos de piedra en algunos sitios.	Se observan más de diez nidos de piedra.	Se observan nidos de piedra en muchos sitios.	No aplica.
Eflorescencia	No se observó eflorescencia.	Se observan pequeñas manchas blancas en la superficie de concreto.	Se observó eflorescencia a lo largo de la grieta en menos de la mitad del área de losa.	Se observó eflorescencia en más de la mitad del área de losa.	Se observaron estalactitas en muchos lugares causadas por el cloruro de calcio.
Pérdida del talud de protección	No hay daño en el talud.	No aplica.	El talud en frente del bastión está deformado ligeramente.	No aplica.	El talud en frente del bastión colapsó.
Inclinación	No se observa movimiento.	No aplica.	Se confirma visualmente el movimiento ligero.	No aplica.	La inclinación es notable.
Socavación	No se observa socavación.	No aplica.	Se observa socavación pero no se extiende a la fundación.	No aplica.	Aparece socavación por la fundación.

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual de inspecciones de puentes.

Tabla 16: Capa de Rodamiento.

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Ondulaciones	Sin ondulaciones	La profundidad de la ondulación es menor a 2cm	La profundidad de la ondulación esta entre 2.0 y 4 cm	La profundidad de la ondulación es mayor a 4 cm	Es necesario detener el vehículo para esquivar la ondulación
Surcos	No hay surcos	La profundidad de los surcos es menor a 2.0cm	La profundidad de los surcos es entre 2.0 y 4.0 cm	La profundidad de los surcos es mayor a 4cm.	Es necesario detener el vehículo para esquivar los surcos.
Grietas	No se observan grietas	El espesor de la grieta es menor a 5.0mm	El espesor de la grieta es entre 5.0mm y 10.0mm	Se observan grietas en red	Se observan grietas en red y en algunas partes hay desprendimiento del concreto
Baches	No se observan baches	La profundidad del bache es menor que 20.0mm	La profundidad del bache es entre 20.0mm y 50.0mm	La profundidad del bache es mayor que 50.0mm	Es necesario detener el vehículo para esquivar los baches

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual de inspecciones de puentes.

Tabla 17: Barandas de protección

Defectos	ESTADO DE LA CONDICIÓN				
	1	2	3	4	5
	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	GRAVE
Deformación (Acero)	No se observan daños de deformación en el elemento.	Deformación menor a 5.0cm	Deformaciones entre 5.0 y 10.0 cm con respecto al original	Deformaciones entre 10.0 y 20.0 cm con respecto al original	Deformaciones mayor a 20cm con respecto al original
Oxidación (Acero)	No se observa oxidación en el elemento	Se observa comienzos de oxidación	20% del elemento está cubierta con oxidación	50% del elemento está cubierto con oxidación	Más del 50% de la superficie del elemento está cubierto con oxidación
Corrosión (Acero)	No se observa corrosión en el elemento	Se observa el principio de la corrosión	La corrosión creció y ha ocasionado orificios en partes del elemento	Algunas partes del elemento están reducidas por corrosión	Algunas partes del elemento se han perdido por la corrosión
Ausencia (Acero o concreto)	Se cuenta con la totalidad de la baranda	Algunas partes de la baranda están dañadas	Hace falta menos del 10% de la baranda	Hace falta entre 10% y 30% de la baranda	Hace falta más del 30% de la baranda
Agrietamiento (Concreto)	No hay grietas	Se observan algunas grietas	El espesor de la grieta es menos a 0.3mm con intervalos de 50cm.	El espesor de la grieta es mayor a 0.3mm con intervalos de 50cm.	Se observan grietas con espesores de varios mm
Acero de refuerzo expuesto (Concreto)	Descascaramiento en la superficie del concreto	Se observan cáscaras a lo largo del refuerzo principal	El refuerzo está expuesto en pequeñas partes	Se observa el refuerzo principal expuesto y oxidado	Se observa el acero principal expuesto y con reducción de la sección

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual de inspecciones de puentes.

4.4 Plantillas para Inventario e Inspección de Alcantarillas.

Como parte importante de la guía o protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas, es poder contar con una plantilla o formulario que estandarice la información necesaria para recopilar datos importantes de cada estructura. Para obtener la información real los informes o formularios deben ser claros y completos (Manual de Inspección de Puentes del MOPT (2007)).

Las plantillas cuentan con la información necesaria para identificar todo el entorno de una estructura de drenaje, así como cada elemento que la conforma, cada formulario o plantilla contará con un archivo fotográfico como se muestra a continuación.

Institución:		Fecha de Inventario				Mapa de ubicación	
		DIA		MES	AÑO		
Departamento:							
Inspector:							
Información de la Ruta		Localidad		Coordenadas Geográficas			
No. de Ruta	Clasificación de la Ruta	Provincia		Latitud Norte	'	"	'''
Estacionamiento (Km)	Superficie de nuevo	Cantón		Longitud Este	'	"	'''
Sección de Control		Distrito		Alineación			
INVENTARIO BASICO DE ALCANTARILLAS							
Tipo de la estructura	N° de aperturas	Dimensiones de la Estructura		Elementos de Entrada	Observaciones	Elementos de Salida	Observaciones
Tubería Concreto		Largo		Cabezal		Cabezal	
Tubería Corrugada		Dímetro		Alerones		Alerones	
Tubería Plástico			Alto Máximo	Escollera		Escollera	
Alcantarilla de Cuadro		Dimensiones Alto / Ancho *		Taludes revestidos		Taludes revestidos	
Alcantarilla de Arco			Ancho	Barreras de Contención		Barreras de Contención	
				Contracunetas		Contracunetas	
OBSERVACIONES ADICIONALES							
*En caso de ser alcantarilla de cuadro o arco							

Ilustración 13: Plantilla para inventario de las alcantarillas.

<i>Archivo Fotografico Entrada de Alcantarilla</i>											
Foto No.	1	Elemento	Cabezal	Foto N°	2	Elemento	Akiones	Foto No.	3	Elemento	Esollera
<i>Archivo Fotografico Salida de Alcantarilla</i>											
Foto No.	4	Elemento	Cabezal	Foto N°	5	Elemento	Akiones	Foto No.	6	Elemento	Esollera
*En caso de ser alcantarilla de cuadro o arco											
OBSERVACIONES ADICIONALES											

Ilustración 14: Plantilla para archivo fotográfico de alcantarillas inventariadas.

INSTRUCTIVO DE LLENADO

Los Formularios serán llenados de acuerdo al Machote que se suministra.

El archivo correspondiente a cada alcantarilla debe ser gravado como respaldo antes de iniciar el próximo inventario.

Institución	<i>Institución que solicita o realiza la Inspección.</i>
Departamento	<i>Gerencia o Departamento que solicita o realiza la Inspección.</i>
Inspector	<i>Personal de la Institución que realiza la Inspección.</i>
Fecha de Inventario	<i>Se debe indicar la fecha con la que se realiza el inventario.</i>
Información de la Ruta	<i>En este apartado se dará la información básica de la ruta a inventariar.</i>
No. de Ruta	Identificación de la ruta a inventariar según su número.
Estacionamiento	Kilometraje de la alcantarilla según de 0+000 de la ruta.
Sección de Control	Sección de control de la ruta según el kilometraje.
Clasificación de la Ruta	Clasificación de la ruta en: Primaria, Secundaria, Terciaria, Travesía.
Superficie de ruedo	Superficie de ruedo de cada ruta: Asfalto, Lastre o Tierra.
Localidad	<i>Identificación geográfica de la alcantarilla a inventariar.</i>
Provincia	Provincia en la que se encuentra la estructura.
Cantón	Cantón en la que se encuentra la estructura.
Distrito	Distrito en la que se encuentra la estructura.
Coordenadas Geográficas	<i>Identificación espacial de la alcantarilla a inventariar.</i>
Latitud Norte	Latitud en la que encuentra la estructura en grados, minutos y segundos.
Longitud Este	Longitud en la que encuentra la estructura en grados, minutos y segundos.
Alineación	Alineamientos según la superficie de ruedo: Trasversal, longitudinal, diagonal.
Tipo de la estructura	<i>Identificar el tipo de estructura que se a inventariar.</i>
Tubería Concreto	Tubería prefabricadas de concreto reforzado o sin refuerzo.
Tubería Corrugada	Tubería prefabricadas de acero corrugado.
Tubería Plástico	Tubería prefabricadas de PVC.
Alcantarilla de Cuadro	Alcantarilla de sección cuadrada o rectangular.
Alcantarilla de Arco	Alcantarilla de sección en arco.
Elementos Entrada y Salida	<i>Identificar los elementos principales de la estructura a inventariar.</i>
Cabezal	Estructura de concreto construida a la entrada y/o salida de la alcantarilla con el fin de proteger los tubos, los rellenos y terraplenes; encauzando el agua.
Aletones	Paredes laterales cuya función es confinar la tierra o material de relleno.
Escollera	Piso a la entrada o salida de la alcantarilla.
Taludes Revestidos	Taludes alrededor de la alcantarilla impermeabilizados.
Barreras de Contención	Elementos de Seguridad Vial para contención Vehicular.
Contracunetas	Cuneta en la parte superior de la alcantarilla para control de aguas.
Archivo Fotográfico	<i>Realizar un archivo fotográfico de los principales elementos de la estructura a inventariar.</i>

Ilustración 15: Instructivo para el llenado de plantilla de inventario.

En cuanto a las plantillas para la inspección de alcantarillas las mismas están ligadas al aparte 4.3 Estado de condición para la inspección y evaluación de alcantarillas, el cual contiene las tablas de la 1 a la 14, que contiene las descripción de cada condición según el elemento inspeccionado, las cuales son necesarias para el llenado de las plantillas propuestas, a continuación se muestra un ejemplo de las plantillas propuestas para la inspección de alcantarillas, en la sección de apéndices se muestran todas a las plantillas según el tipo de alcantarilla.

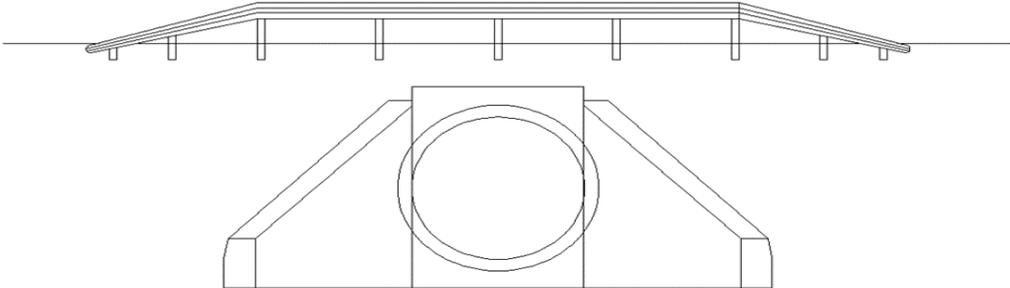
Institución:		Fecha de Inspección	DÍA	MES	AÑO	Motivo de inspección	Rutinario	
Departamento:							Emergencia	
Inspector:		Información de la Ruta	No. de Ruta			Estacionamiento		km
Lado de Inspección:	Entrada		Salida					
INSPECCIÓN DE ALCANTARILLAS CIRCULARES, ARCO Y ELIPTICAS								
<i>Daños Visibles de Alcantarilla</i>								
								
Daños en Estructura de drenaje								
Tipo de Daño	Calificación de Daños					Observaciones		
	1	2	3	4	5			
Corrosión								
Agrietamiento								
Conexión								
Delaminación								
Eflorescencia								
Agrietamiento en concreto reforzado y otros								
Deterioro								
Distorsión								
Asentamiento								
Daño por impacto								
Daños en Cabezas y Aletones								
Tipo de Daño	Calificación de Daños					Observaciones		
	1	2	3	4	5			
Grietas en una dirección								
Grietas en dos direcciones								
Descascaramiento								
Acero de refuerzo expuesto								
Nidos de piedra								
Eflorescencia								
Perdida del talud de protección								
Inclinación								
Socavación								

Ilustración 16: Plantilla de inspección para alcantarillas circulares, arco y elípticas (Parte 1).

Institución:		Fecha de Inspección	DIA	MES	AÑO	Motivo de inspección	Rutinario	
Departamento:							Emergencia	
Inspector:		Información de la Ruta	No. de Ruta			Estacionamiento		km
Lado de Inspección:	Entrada		Salida					
Daños en capa de Rodamiento								
Tipo de Daño	Calificación de Daños					Observaciones		
	1	2	3	4	5			
Ondulaciones								
Surcos								
Grietas								
Baches								
Daños en Barandas de Protección								
Tipo de Daño	Calificación de Daños					Observaciones		
	1	2	3	4	5			
Deformación (Acero)								
Oxidación (Acero)								
Corrosión (Acero)								
Ausencia (Acero)								
Agrietamiento (Concreto)								
Acero de refuerzo expuesto (Concreto)								
OBSERVACIONES ADICIONALES								

Ilustración 17: Plantilla de inspección para alcantarillas circulares, arco y elípticas (Parte 2).

Institución:		Fecha de Inspección	DIA	MES	AÑO	Motivo de inspección	Rutinario				
Departamento:							Urgencia				
Inspector:		Información de la Ruta	No. de Ruta			Estacionamiento		km			
<i>Archivo Fotografico Entrada de Alcantarilla Circulares, Arco y Elipticas</i>											
Foto No.	1	Elemento		Foto N°	2	Elemento		Foto No.	3	Elemento	
<i>Archivo Fotografico Salida de Alcantarilla Circulares, Arco y Elipticas</i>											
Foto No.	4	Elemento		Foto N°	5	Elemento		Foto No.	6	Elemento	
OBSERVACIONES ADICIONALES											

Ilustración 18: Plantilla de Archivo fotográfico para inspección de alcantarillas circulares, arco y elípticas.

INSTRUCTIVO DE LLENADO INSPECCIÓN ALCANTARILLAS CIRCULARES, ARCO Y ELIPTICAS.	
Los Formularios serán llenados de acuerdo al Machote que se suministra. El archivo correspondiente a cada alcantarilla debe ser gravado como respaldo antes de iniciar la próxima inspección.	
Institución	<i>Institución que solicita o realiza la Inspección.</i>
Departamento	<i>Gerencia o Departamento que solicita o realiza la Inspección.</i>
Inspector	<i>Personal de la Institución que realiza la Inspección.</i>
Fecha de Inventario	<i>Se debe indicar la fecha con la que se realiza el inventario.</i>
No. de Ruta	<i>Identificación de la ruta a inventariar según su numero.</i>
Estacionamiento	<i>Kilometraje de la alcantarilla según el 0+000 de la ruta.</i>
Motivo de Inspección	<i>Razón por la cual se realiza la inspección de la Estructura: Rutinario o Emergencia</i>
Lado de inspección	<i>Se debe marcar si la inspección es para la Entrada o Salida de la Alcantarilla</i>
Daños Visibles de Alcantarilla	<i>Se deberá marcar en la figura en donde se presentan los principales daños de la estructura a inspeccionar.</i>
Calificación de Daños	<i>Se calificará el daño según el elemento a inspeccionar en una escala del 1 al 5 según los parámetros que a continuación se detallan.</i>
Tipo de daño	<i>Se detallara cada daño según el elemento a inspeccionar.</i>
Daños en estructura de drenaje	<i>Se debe utilizar las tablas N° 1, 2, 3 y 4.</i>
Daños en Bastiones y Aletones	<i>Se debe utilizar las tablas N° 11 y 12.</i>
Daños en capa de rodamiento	<i>Se debe utilizar las tablas N° 13.</i>
Daños en barandas de protección	<i>Se debe utilizar las tablas N° 14.</i>
Archivo Fotográfico	<i>Realizar un archivo fotográfico de los principales elementos de la estructura a inspeccionar.</i>

Ilustración 19: Instructivo de llenado para plantilla de inspección de alcantarillas circulares, arco y elípticas.

Como se mostró en las ilustraciones 16, 17, 18 y 19, para el llenado de las plantillas es necesario únicamente marcar con una “X”, el grado de daño según su tipo, para cual es necesario las tablas del aparte 4.3, mencionado anteriormente, una vez realizado este ejercicio, se puede proceder a realizar la evaluación de la estructura y aplicar las técnicas de mantenimiento que sean necesarias.

4.4 Evaluación de Alcantarillas.

Una vez realizado el inventario e inspección de las alcantarillas según lo expuesto en el apartado 4.3, se procede a la evaluación de cada una de las estructuras de drenaje, dicha evaluación será realizada en tres grandes grupos, los cuales nos brindaran una nota final. Los grupos para la evaluación se dividirán en Accesorios, Cuerpo Principal y Aletones/Cabezales, los cuales corresponden a los siguientes elementos según el Cuadro 4:

Cuadro 4: Elementos de evaluación de alcantarillas.

Código	Grupo	Elementos	Porcentaje de importancia
A	Accesorios	Barreras de Protección	5%
		Capa de Rodamiento	
B	Cuerpo Principal	Estructura de Drenaje	35%
C	Cabezales/Aletones	Cabezales y Aletones	60%

Los porcentajes presentados anteriormente se establecen según la importancia de cada elemento, así como la afectación que podría producirse de colapsar cada grupo o elemento, así bien, al ser los Aletones y Cabezales, los elementos que reciben los embates del agua, encausas la misma, así como que retienen o protegen el relleno del cuerpo principal, recibe la mayor importancia con un 60%, ya que si los mismos colapsan o se deterioran podrían afectar el cuerpo principal llevando al colapso y de lavarse el relleno del mismo podemos perder de manera completa el paso por la carretera causando afectaciones al libre tránsito de los usuarios, dando la menor importancia a los Accesorios ya que los mismo no van a afectar la correcta funcionalidad de la estructura, sin embargo, son necesarios para la seguridad y transitabilidad de los usuarios.

De acuerdo con las notas dadas y de acuerdo a la inspección específica de cada una de las estructuras a evaluar, así con el porcentaje o peso de cada uno de los daños evaluados, se dará una nota final de la estructura la cual será sacada de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Nota final: } A * 5\% + B * 35\% + C * 60\%$$

En donde:

A: *Accesorios*

B: *Cuerpo Principal*

C: *Aletones/Cabezales*

Con la nota final, el personal técnico o profesional podrá identificar el grado de daño de las estructuras y poder aplicar las técnicas de mantenimiento necesarias para evitar eventuales problemas en la estructura. Dado el porcentaje anterior y el criterio de evaluación según una nota final, es importante señalar que cada

una de las alcantarillas contará como un mínimo y máximo de calificación según el Cuadro 5. Si bien es cierto el rango que a continuación se presenta debe ser respetado, la nota específica de cada estructura será dada según su inspección:

Cuadro 5: Nota mínima y máxima de las alcantarillas a evaluar.

Tipo de alcantarilla	Grupos de Evaluación	Puntaje Mínimo	Puntaje Máximo	Nota Mínima	Nota Máxima
Redondas , Arco y elípticas	Accesorios	10	50	9,00	49,00
	Cuerpo Principal	11	55		
	Cabezales/Aletones	9	45		
Acero	Accesorios	10	50	8,00	42,00
	Cuerpo Principal	7	35		
	Cabezales/Aletones	9	45		
Cuadro	Accesorios	10	50	9,00	46,00
	Cuerpo Principal	9	45		
	Cabezales/Aletones	9	45		
Tragante	Accesorios	10	50	9,00	47,00
	Cuerpo Principal	10	50		
	Cabezales/Aletones	9	45		
Múltiples	Accesorios	10	50	11,00	53,00
	Cuerpo Principal	13	65		
	Cabezales/Aletones	9	45		

Dadas las notas mínimas y máximas, se establecen rangos y recomendaciones mínimas para el mantenimiento o atención de cada alcantarilla, las cuales tienen que ser evaluadas por el profesional responsable del proyecto ya que es importante atender zonas específicas según los deterioros encontrados, en el cuadro 6 se muestran los rangos de cada alcantarilla:

Cuadro 6: Rangos de cada tipo de alcantarilla.

Tipo de alcantarilla	LEVE	MEDIO	GRAVE
Redondas , Arco y Elípticas	9 a 22	23 a 36	37 a 49
6 Acero	8 a 19	20 a 31	32 a 42
Cuadro	9 a 21	22 a 34	35 a 46
Tragante	9 a 21	22 a 34	35 a 47
Múltiple	11 a 25	26 a 40	41 a 53

En el cuadro 7 se mencionan las recomendaciones mínimas para el mantenimiento o atención de la alcantarilla según los rangos establecidos en la tabla anterior, es importante que el profesional responsable de los proyectos, realice las técnicas específicas de mantenimiento con forme a la inspección y los deterioros encontrados.

Cuadro 7: Recomendaciones para el mantenimiento o atención de la alcantarilla.

Rango	Recomendaciones
LEVE	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza profunda del cuerpo principal. • Limpieza profunda de cabezales y aletones. • Eliminación de obstáculos. • Revestimiento de taludes (de no estarlo). • Colocación de elementos de seguridad vial (de no estarlo). • Mantenimiento específico según inspección.
MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza profunda del cuerpo principal. • Limpieza profunda de cabezales y aletones. • Eliminación de obstáculos. • Revestimiento de taludes (de no estarlo). • Colocación de elementos de seguridad vial (de no estarlo). • Sellado de grietas en cabezales y aletones con repellos o técnicas similares. • Revestimiento de piso de cuerpo principal (de ser acero). • Reposición de concreto y eliminación de nidos de piedra según norma nacional. • Sellado de conexiones. • Construcción de escollera a la entrada y salida de la estructura (de no estarlo). • Mantenimiento específico según inspección.
GRAVE	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza profunda del cuerpo principal. • Limpieza profunda de cabezales y aletones. • Eliminación de obstáculos. • Revestimiento de taludes (de no estarlo). • Colocación de elementos de seguridad vial (de no estarlo). • Reposición de rellenos (de estar colapsados). • Reconstrucción de Cabezales y Aletones (de estar colapsados). • Construcción de escollera a la entrada y salida de la estructura (de no estarlo). • Reposición de acero y concreto en cuerpo principal (Concreto Reforzado). • Reposición, soldadura de pernos de conexiones (Acero). • Estudio hidrológico e hidráulicos para reconstrucción total de la estructura. • Mantenimiento específico según inspección.

4.5 Inspección de campo.

Con el fin de poder poner en prueba las plantillas de inventario e inspección descritas anteriormente, se le solicitó a los Administradores Viales de la Zona 1-1, San José y Zona 1-7, Cartago de CONAVI, realizar una inspección a diferentes alcantarillas como se puede observar en la ilustración 20 y 21, dentro de las alcantarillas inspeccionadas se encontraban, Quebrada Quirazú sobre la Ruta Nacional N° 2, cerca de la estación de pesaje de CONAVI; Río Ocloro sobre la Ruta Nacional N° 39; Tragante sobre la Ruta Nacional N° 39, cerca de paso a desnivel de la Y Griega y por ultimo Quebrada Poro sobre la Ruta Nacional N° 306.



Ilustración 20 Mapas CONAVI, escala 1:50000, ubicación de tragante sobre la Y Griega, Alcantarilla sobre Río Ocloro, Ruta Nacional N° 39 y Alcantarilla sobre Quebrada Poro, Ruta Nacional N° 306.



Ilustración 21 Mapas CONAVI, escala 1:50000, Quebrada Quirazú sobre la Ruta Nacional N° 2.

Al final de cada inspección, se solicitó también completar un cuestionario para que el personal que realizó la actividad, indicara que tan satisfactorio o práctico consideraban el protocolo planteado, dando como resultado lo indicado en el cuadro 8:

Cuadro 8 Considera práctico la utilización de la plantilla de inventario.

Posible Respuesta	Cantidad de Respuestas	Justificación
Sí, Por qué?	4	<ul style="list-style-type: none"> • Por Facilidad a la hora de tomar datos. • Porque nos sirve como una guía para poder dar o hacer el inventario. • Se puede observar todos los elementos que conforman la alcantarilla. • Tiene toda la información más relevante.
No	0	
Otro	0	

Como se puede observar en el cuadro 8 el 100% de las personas que utilizaron el formulario de inspección lo consideraron práctico, así como que se contaba con la información necesaria de una alcantarilla.



Ilustración 22 Utilización de plantilla de inventario en campo

De igual manera se preguntó si hacía falta algún tipo de información en la plantilla de inventario, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 9 Considera que falta información en la plantilla de inventario.

Possible Respuesta	Cantidad de Respuestas	Justificación
Sí, Por qué?	3	<ul style="list-style-type: none"> • Definir cada uno de sus términos. • Sugerencias. • Cuando es un tragante cuantas entradas y salidas tiene y donde descarga.
No	1	
Otro	0	

En el cuadro 9 podemos observar algunas observaciones realizadas, con base en estas observaciones se procedió a realizar algunas modificaciones a la plantilla de inventario, para poder dejar claro las alcantarillas en tragante, como se puede observar en la ilustración 20.

Tubería Plástico				Alto Mínimo		Escollera			Escollera		
Alcantarilla de Cuadro			Largo			Taludes revestidos			Taludes revestidos		
Alcantarilla de Arco			Ancho			Barreras de Contención			Barreras de Contención		
Tragante			Profundidad **			Contracunetas			Contracunetas		
						Parrillas **			Parrillas**		
OBSERVACIONES ADICIONALES											
En caso de ser alcantarilla de cuadro o arco.											
** En caso de ser un tragante.											

Ilustración 23 Modificación de plantilla de inventario para tragantes

Al igual que con los inventarios, se solicitó al personal que realizó la inspección de las alcantarillas su criterio sobre lo práctico que es la plantilla propuesta para la inspección de las diferentes alcantarillas, teniendo como resultado:

Cuadro 10 Considera práctico utilización de la platilla de inspección.

Posible Respuesta	Cantidad de Respuestas	Justificación
Sí, Por qué?	4	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita la toma de datos. • Toda persona que realice o utilice la plantilla lo realiza de la misma manera. • Se puede observar todo tipo de daño y marca la condición de la alcantarilla. • Por ser más ágil a la hora de toma de datos.
No	0	
Otro	0	

Como podemos observar en el cuadro 10, al 100% del personal técnico se le hace más sencillo y ágil la toma de datos así como la observación de los daños. Como parte importante para la utilización de la plantilla de inspección son las tablas presentadas en el apartado 4.3, por lo que también se consultó si las tablas dadas son claras para su utilización, teniendo como resultado:

Cuadro 11 Considera que las tablas para la utilización de la plantilla de inspección son clara.

Posible Respuesta	Cantidad de Respuestas	Justificación
Sí, Por qué?	1	<ul style="list-style-type: none"> Sí son claras, nos brinda toda la información y daños que se pueden existir.
No	2	
Otro	1	<ul style="list-style-type: none"> Falta aclarar un poco más en cuanto al tema de tragantes.

Como se observa en el cuadro 11, el 50% de los técnicos no considero clara la información de cada tabla, sin embargo, es importante brindar capacitación previa a la implementación del protocolo, con el fin de que todo el personal se familiarice con el mismo. De igual manera, la información de cada tabla es tomada de manuales con investigación previa.

Por último y con el fin de poder contener toda la información dentro de las plantillas propuestas se ha solicitado a los técnicos, que nos indiquen si falta algún tipo de información dentro de las plantillas propuestas teniendo como resultado:

Cuadro 12 Considera que faltan elementos a evaluar en la plantilla de inspección o inventario.

Posible Respuesta	Cantidad de Respuestas	Justificación
Sí, Por qué?	0	
No	4	
Otro	0	

Como se puede observar en el cuadro 12, el 100% de los técnicos considera que si se cuenta con toda la información y elementos a evaluar en las estructuras de alcantarillas y sus elementos.



Ilustración 24 Utilización de plantilla de inspección en campo.

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Con las plantillas y tablas planteadas en el presente proyecto de graduación se pueden establecer técnicas y parámetros claros para la inspección de alcantarillas en carretera y así como tener un criterio más amplio del estado real de cada estructura.
- Con la identificación especificada de cada daño, según las plantillas de inventario e inspección planteadas, se le brinda a los profesionales responsables del mantenimiento de alcantarillas, los trabajos específicos a realizar en cada estructura dependiendo del daño identificado.
- Con el método de evaluación planteado en el presente proyecto, se puede brindar una valoración de las estructuras de alcantarilla, así como un grado de daño para la toma correcta de decisiones.
- La guía o protocolo para el mantenimiento de alcantarillas es una herramienta necesaria en la inspección y mantenimiento de alcantarillas ya que da mecanismos claros que permite una adecuada gestión de las alcantarillas.
- Con la guía o protocolo planteado se puede brindar un seguimiento adecuado a cada una de las estructuras de drenaje y así poder verificar que las inversiones realizadas mejoran el estado de cada una de ellas.

5.2 Recomendaciones

- Implementar el protocolo para la inspección, mantenimiento y evaluación de alcantarillas en las 22 zonas de Conservación Vial del Consejo Nacional de Vialidad.
- Implementar un código para cada alcantarilla con el fin de que se puedan identificar de manera clara cada estructura.
- Iniciar con la gestión de un Sistema de Información Geográfica de cada alcantarilla en las 22 zonas de Conservación Vial del Consejo Nacional de Vialidad.
- Exigir a los Administradores Viales o a todo aquel personal que se dedique a la conservación de alcantarillas en carretera el curso de trabajos en altura y seguridad laboral.
- Es necesario un estudio integral de la zona de San José que permita la rehabilitación del sistema de drenaje pluvial, el cual permita un adecuado manejo de las aguas de lluvia y evite las inundaciones en la zona.

Capítulo VI

6. Referencias Bibliográficas

6.1 Bibliografía.

- Angulo, E. (2010), *Presente y Futuro de la Infraestructura en Costa Rica*. San José: Congreso CIC-2010.
- Conesa, C., García, R. (2010), *Criterios hidromorfológicos para la mejora de la eficiencia de obras de drenaje pequeñas en pasos de carreteras sobre ramblas*. Murcia: ISSN: 0213-1781-2010, 51-52; pp. 85-94.
- Lewis, C.M (2002), *Transporte y Comunicaciones*. Buenos Aires: Tomo IX.
- Méndez, M. (2012), *Predicción del impacto del cambio temporal en el uso del suelo cuencas hidrológicas de alta pendiente en Costa Rica*. Cartago: Tecnología en Marcha. Vol. N° 26, N° 3. Pág. 13-25.
- Najafi, M. (2010), *Development of a culvert inventory and inspection framework for asset management of road structures*. Arlington: Elsevier B. V.
- Mendes, G. A., da Silva, L. R., Herrmann, H. J. (2011), *Traffic gridlock on complex networks*. Natal, Fortaleza y Zurich: Elsevier B. V.
- Pujol, R., Pérez, E. (2010), *Impacto de la planificación regional de la Gran Área Metropolitana sobre el crecimiento urbano y el mercado inmobiliario*. San José: Estado de la Nación.
- Thomas, W. R., Raymond A. H., Mann, E., Danovich, L. J. (2006), *Bridge Inspector's Reference Manual*. Virginia: Volume 2.
- Subdirección General de Agua Potable, Drenajes y Saneamiento (2007) *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, Coyoacán, México.
- Environmental Protection Agency, (1999), *Folleto Informativo de Operaciones y Mantenimiento de Alcantarillado*, Washington D.C., United States.
- Keller, G. y Sherar, J.,(2004), *Guía de campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica (2011), *Manual de Inspección de Puentes*, San José, Costa Rica.
- Hernández, L (2011), *Modelo decisiones para la reposición y rehabilitación de redes de Alcantarillado del Valle de Alburra, Medellín, Colombia*.
- Empresa de Servicios Públicos (2009), *Normas de diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM*, Colombia.

- Fornaguera, M. y Vega, T., (2008), *Propuesta de Metodología para la Operación y Mantenimiento de la Redes de Alcantarillado*, Cuba.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la Republica de Perú, (2007), *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras*, Lima, Perú.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, (2013), *Manual for Bridge Element Inspection*, Washington D.C., United States.

Capítulo VII

7. Apéndices

Capítulo VIII

8. Anexos