



**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Licenciatura en Ingeniería Civil
Proyecto de Graduación**

**GUÍA METODOLÓGICA DE INSPECCIÓN PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS DE AGUA
POTABLE DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

Andrés Santana Chaves

**San José, Costa Rica
Setiembre, 2018**



“Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Santana, Chaves, Andrés Jesús

De la Carrera / Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo): Proyecto Final de Graduación
titulado:

GUÍA METODOLÓGICA DE INSPECCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS DE AGUA POTABLE DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 26 del mes Setiembre del año 2018 a las 3:00 pm. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores Según orden de mención al inicio de ésta carta:

COMITÉ ASESOR

ING. MIGUEL ARAYA VARGAS

TUTOR

ING. LEONARDO MOYA GONZÁLEZ

LECTOR

ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ

REPRESENTANTE DE RECTORÍA



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "GUÍA METODOLÓGICA DE INSPECCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS DE AGUA POTABLE DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS..", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

ING. MIGUEL ARAYA VARGAS

TUTOR

ING. LEONARDO MOYA GONZÁLEZ

LECTOR

ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 14 de setiembre de 2018

Señores.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad proyecto de graduación bajo el título "Guía metodológica de inspección para la construcción de acueductos de agua potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados" por parte del estudiante: Andrés Jesús Santana Chaves, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Miguel Araya Vargas

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 14 de setiembre de 2018

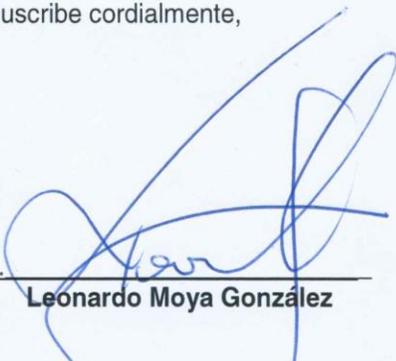
Señores.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad proyecto de graduación bajo el título "Guía metodológica de inspección para la construcción de acueductos de agua potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados" por parte del estudiante: Andrés Jesús Santana Chaves, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Leonardo Moya González

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi motor, por darme la sabiduría y el conocimiento para enfrentar este reto.

A mis padres, Marlene y Juan; a mis hermanos, Leonardo, Karla y Grettel, quienes con su amor, apoyo, dedicación, tenacidad y consejos nunca me han permitido abandonar mis metas y me han sacado adelante, han sido testigos del esfuerzo y dedicación con que se fueron superando cada uno de los peldaños. Sin ellos esto no hubiera sido posible, les estaré toda la vida agradecido por darme la herramienta más valiosa, el estudio; me han hecho el mejor regalo de vida, formar parte de esta hermosa familia al lado de ustedes, por lo que espero con el amor en Dios que me han inculcado retribuirles una parte de todo lo que me han dado, los amo por ser mi pilar.

Al ingeniero Miguel Araya Vargas, por su apoyo, guía y tiempo brindado durante este proceso para sacar lo mejor de mí.

DEDICATORIA

A mi familia, quienes han sido parte fundamental de mi proceso de formación personal y profesional como ingeniero civil.

A ellos quiero agradecerles por siempre enseñarme a hacer lo correcto, por inculcarme la perseverancia en mis sueños, el respeto hacia los demás y la disciplina para dar lo mejor de mí en todo lo que haga, lo cual me ha hecho mejor persona y me ha permitido salir adelante y alcanzar mis metas paso a paso.

A todas aquellas personas que se encuentran en camino de realizar sus sueños, quiero recordarles que el parabrisas siempre será más grande que el retrovisor, por lo que los insto a avanzar y no mirar atrás.

RESUMEN EJECUTIVO

Estandarizar los procedimientos constructivos es una práctica que brinda buenos resultados durante el proceso de ejecución de los proyectos, al tener una misma línea de trabajo en cada actividad y disminuir los costos, así como el tiempo de desarrollo. En el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y en la mayoría de las entidades que administran acueductos, la toma de decisiones técnicas es realizada con base en la experiencia obtenida en campo y no en una metodología o herramienta técnica de inspección, en la cual se apoyen para cumplir satisfactoriamente con las especificaciones técnicas y los diseños correspondientes.

Por lo tanto, en este proyecto se busca elaborar una guía metodológica para la inspección de acueductos, como sustento técnico para los inspectores de las instituciones encargadas de proyectos de abastecimiento de agua potable: AyA, ASADAS y las municipalidades, entre otros. Para el desarrollo de esta guía, se analizan los procesos que regulan lo referente a la inspección y seguimiento de obras de abastecimiento de agua potable. Dentro de los resultados obtenidos a través de este análisis, destaca la elaboración de listas de verificación de procesos, las cuales facilitan las labores del inspector.

Como conclusión, se puede mencionar que la guía establece las normas y procedimientos necesarios para velar por la calidad de las obras, así como cumplir con los indicadores de calidad, tiempo y costo establecidos. Por lo cual, se recomienda utilizar dicha guía como una herramienta para un adecuado proceso constructivo.

Palabras clave: acueducto, inspector, especificaciones técnicas, agua potable, listas de verificación, inspección, calidad, indicadores, proceso constructivo.

ABSTRACT

Standardize the construction procedures is a practice that collaborates to ensure good results during the execution of a project, this mean keeping the same line of work on each activity and reduce cost in addition to reduce the time of construction.

In the AyA and in most of the companies that manages aqueducts, the decision-making process is based on the field experience instead of an standard methodology or an inspection tool to support the choices made to meet the technical specifications and the design needs.

Therefore, the project looks to create an entirely new methodology for the aqueduct inspection process, this to support the work of the inspectors of institutions related with projects of supply of potable water: AYA, ASADAS and the Town City Halls between others.

The document creation will be based on the analysis of the process currently followed for inspection and follow up of the projects related to supply of potable water. Within the results to be presented we can highlight the creation of the verification list; this is meant to facilitate an expedite the work of the inspector.

As a conclusion, the guide will stablish mandatory norms and procedures required to maintain the expected quality level on the construction and overall project deliverables, also the idea is kept track of objective indicators such as quality, time and cost.

Keywords / Metadata: aqueducts, inspector, technical specifications, potable water, verification lists, inspection, quality, indicators and constructive process.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	15
1.1	ANTECEDENTES	15
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2.1	CRITERIOS PARA PLANTEAR EL PROBLEMA	17
1.2.2	ENUNCIADO DEL PROBLEMA	17
1.2.3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4	JUSTIFICACIÓN	19
1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES	19
1.6	IMPACTO	21
2	MARCO TEÓRICO.....	23
2.1	MARCO LEGAL	23
2.2	MARCO TÉCNICO.....	23
2.2.1	TEORÍA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.....	23
2.3	INSPECCIÓN TÉCNICA DE OBRAS.....	31
2.3.1	CONCEPTO DE INSPECCIÓN.....	31
2.3.2	RESPONSABILIDADES DEL INSPECTOR DE OBRA	32
2.4	SISTEMAS DE AGUA POTABLE.....	33
2.4.1	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	33
2.4.2	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD	33

2.4.3	PROYECTOS PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE	35
2.5	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	36
2.6	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES	38
3	MARCO METODOLÓGICO.....	41
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN (FINALIDAD TEÓRICA O APLICADA).....	41
3.2	ENFOQUE SISTÉMICO (MACRO-META-MESO-MICRO).....	41
3.3	NATURALEZA (CUANTITATIVA Y/O CUALITATIVA).....	41
3.4	ADMINISTRACIÓN Y ABORDAJE DEL PROYECTO OBJETO.....	41
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO/SERVICIO	41
3.4.2	RESTRICCIONES Y RIESGOS	41
3.5	SUJETOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	42
3.5.1	SUJETOS DE INFORMACIÓN	42
3.5.2	FUENTES DE INFORMACIÓN	42
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
4.1	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	44
4.2	MANUAL TÉCNICO PARA EL MAESTRO DE OBRAS DE ACUEDUCTOS RURALES, AYA:.....	44
4.3	INSPECCIÓN DE OBRAS - UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, 2010.....	46
4.4	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ACUEDUCTOS, VOLUMEN 5:46	
4.5	MATERIAL ADICIONAL	46
4.6	GUÍA METODOLÓGICA DE INSPECCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS DE AGUA POTABLE DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS.....	47
5	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	49
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
6.1	CONCLUSIONES.....	51

6.2	RECOMENDACIONES	52
7	REFERENCIAS.....	54
8	ANEXOS	56

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Ante la necesidad de buscar una respuesta al manejo de los recursos hídricos, la Asamblea Legislativa integra una comisión especial para estudiar la Ley de aguas emitida el 27 de agosto de 1942, la cual establece en su artículo 41, que todos los acueductos del país son patrimonio del Estado, las nuevas obras de este tipo: sistemas de alcantarillado y cañerías, las operaría el Ministerio de Salubridad Pública. Este ente tendría la tarea de asignar responsabilidades, así como obligaciones a las municipalidades y juntas comunales para la correcta operación y mantenimiento de todos los sistemas.

A pesar de los constantes esfuerzos del Estado por crear un ente regulador, no se logró la operación prevista y el problema continuaba agravándose, debido a que la población crecía exponencialmente en la Gran Área Metropolitana (GAM).

Debido a la situación experimentada, por la falta de una entidad que se hiciera cargo del manejo de recurso hídrico y del desarrollo, mantenimiento e inversión de infraestructura hidráulica, así como de prestar servicios de acueductos para la población, se baraja la alternativa de fundar una entidad capaz de asumir el rol en el manejo de los sistemas de agua potable y saneamiento, en el ámbito técnico y operativo a nivel nacional. Por lo tanto, se crea el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SNAA), el 14 de abril de 1961. En 1975, la Asamblea Legislativa aprobó la ley número 5915, donde el nombre SNAA fue cambiado por el de Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados o AyA como se le conoce a nivel nacional.

Esta ley ha sido implementada con el propósito de instaurar un ente regulador del agua potable, capaz de determinar la viabilidad de proyectos, promover y aprovechar el recurso hídrico, financiar, desarrollar infraestructura, además de fijar las políticas que permiten resolver lo concerniente al suministro de agua potable, recolección, evacuación de aguas residuales y residuos industriales líquidos para todo el territorio nacional.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados asume las funciones como ente rector de la distribución de agua y saneamiento en Costa Rica. Se crearon varios departamentos administrativos y técnicos, entre ellos la Unidad Estratégica de Negocios – Programación y Control, encargada precisamente de la elaboración de los estudios básicos necesarios, diseños hidráulicos y planos finales. De igual manera, se crea la Unidad Estratégica de Negocios y Administración de Proyectos, la cual tiene como principal función ejecutar dichos proyectos, mediante la administración de los contratos con empresas privadas, realizando labores de inspección para el control de las obras. Por su parte, las Unidades Ejecutoras tienen departamentos de diseño, los cuales cumplen básicamente la misma función que el departamento institucional. Esta modalidad de construcción de infraestructura hidráulica se ha llevado a cabo desde la creación del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados hasta la actualidad.

Actualmente, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados desarrolla sus proyectos bajo dos modalidades de preinversión: la primera modalidad es desarrollar los diseños y especificaciones técnicas con personal de la institución, la otra modalidad consiste en contratar los diseños a entidades externas. De igual forma, hay dos modalidades de ejecución: en la primera de ellas, construye los proyectos bajo la modalidad de obras por administración, al utilizar recursos propios para construir la infraestructura; y la otra modalidad es contratar el servicio de la construcción de las obras a empresas constructoras.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Criterios para plantear el problema

El AyA cuenta con documentos propios de la inspección, sin embargo, los mismos están desactualizados u obsoletos en cuanto a nuevas tecnologías, procedimientos y estudios sobre nuevas técnicas, tanto de almacenaje como procesos constructivos. Ante esta situación, recurren a manuales o documentos de otras instituciones, para consultar criterios técnicos cuando así lo requieren.

Este documento tiene como finalidad desarrollar una guía técnica de inspección de obras durante la construcción de acueductos de agua potable, enfocada en sistemas por gravedad, la cual puede ser utilizada tanto por el AyA como las instituciones encargadas de la administración de acueductos, además, que sirva como herramienta para estandarizar la inspección de los proyectos y los criterios derivados de ella, a través de una correcta ejecución y control en campo.

1.2.2 Enunciado del problema

¿Cuáles aspectos deben incluirse en la guía metodológica de inspección, para que el inspector realice sus labores basado en criterio técnico vigente?

La inspección es desarrollada a través del control periódico de cada una de las etapas o actividades del proyecto, de manera que satisfaga los requerimientos de calidad de este y cumplir con el alcance establecido.

Para llevar a cabo la inspección desde un punto de vista preventivo, los procesos constructivos en una obra deben cumplir, además de los lineamientos, criterios técnicos y normativas vigentes, una serie de indicadores de alcance, tiempo y costo. Si el proyecto se mantiene bajo constante inspección, el margen de error y repetición de los procesos es menor, lo cual evita que el presupuesto y tiempo de cada actividad aumente.

El principal problema es que muy pocas entidades públicas o privadas cuentan con la posibilidad de desarrollar guías de inspección de campo, por tal motivo, las guías y documentos existentes se encuentran desactualizados, evitando que el inspector desarrolle

su labor, basado en un documento técnico de apoyo que le indique los aspectos técnicos por considerar durante la inspección.

1.2.3 Formulación del problema

Con base en lo que la teoría sugiere al respecto y las consideraciones teóricas planteadas en el apartado anterior, el presente trabajo se encuentra orientado a responder la siguiente pregunta: ¿Cuáles aspectos deben incluirse en la guía metodológica de inspección, para que el inspector realice sus labores basado en criterio técnico vigente?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una guía metodológica para la inspección de acueductos de agua potable e infraestructura hidráulica aplicable a los proyectos en el AyA e instituciones promotoras de proyectos para el abastecimiento de agua potable.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la información vigente en Costa Rica y a nivel internacional para la definición de los lineamientos, parámetros y normas técnicas, referentes a inspección de obras en la construcción de acueductos de agua potable.
- Establecer los procedimientos para la inspección y seguimiento de obras aplicados a la construcción de acueductos.
- Crear listas de verificación, las cuales indiquen al encargado de inspección los criterios que deben considerarse durante la ejecución de los procesos constructivos.
- Brindar una herramienta técnica a los inspectores de campo que permita la toma de decisiones con sustento técnico.

1.4 Justificación

El problema radica en crear una guía metodológica de inspección para la construcción de acueductos de agua potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Surge la necesidad institucional de contar con una herramienta de apoyo para una adecuada gestión de los proyectos en el área de inspección de obras. Por lo tanto, se plantea una guía que establece los lineamientos, funciones, normas técnicas y procedimientos para tener en cuenta por parte de los inspectores de campo, tanto de la institución como de las entidades administradoras de acueductos.

El propósito es garantizar la calidad y correcta ejecución de cada uno de los proyectos del AyA, las ASADAS, municipalidades y entes administradores de acueductos, para cumplir con los indicadores de calidad, tiempo y costo de los proyectos, a través de una adecuada inspección de obras. Con el desarrollo de este documento, se busca generar los siguientes beneficios:

- Evitar que se produzcan errores durante el proceso constructivo, de manera tal que la guía sea una herramienta de inspección preventiva.
- Establecer un documento base de consulta para inspectores de campo, sobre las normativas y procedimientos constructivos vigentes.
- Beneficiar al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, aportando un documento técnico específico para la ejecución de proyectos en los que se involucre la inspección de obras de infraestructura hidráulica.

1.5 Alcances y limitaciones

- Los criterios técnicos que resulten del desarrollo de esta guía únicamente son aplicables a Costa Rica.
- La guía abarca únicamente lo referente a sistemas e infraestructura para acueductos de agua potable por gravedad.
- No son tomados en cuenta en el desarrollo de la guía: los sistemas por bombeo, el diseño estructural hidráulico, diseño de pavimentos, colocación de la carpeta asfáltica, sistemas electromecánicos, pluviales y sanitarios.

- Los tipos de estructuras que contempla la guía son: obras de captación, desarenadores, tanques quiebragradientes, tuberías de conducción, tanques de almacenamiento superficiales y prevista de conexiones domiciliarias.
- Únicamente se considera la fase de seguimiento y control en la inspección del proceso constructivo de proyectos de infraestructura hidráulica, por lo que no abarca aspectos administrativos, administración de proyectos.
- Se parte del hecho de que los estudios y permisos para el desarrollo del proyecto han sido realizados previamente por la institución.

1.6 Impacto

Se busca minimizar las posibles deficiencias en los procesos de inspección unificando el criterio de los inspectores a la hora de tomar decisiones, mediante un documento de apoyo que contiene los aspectos técnicos e ingenieriles por considerar durante el proceso de inspección, de manera que se cumpla con los estándares de calidad de los proyectos constructivos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y de las demás instituciones que administran infraestructura para el abastecimiento de agua potable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2 Marco teórico

2.1 Marco legal

En este apartado, se cita el conjunto de leyes, decretos ejecutivos, reglamentos y normas que regulan el diseño y la construcción de acueductos:

- Ley constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*, desarrollada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, sobre todo lo referente a normas técnicas para tubos, accesorios y válvulas.
- Reglamento para la contratación de servicios de consultoría en Ingeniería y Arquitectura.
- Normas generales para ejecución de contratos de obra pública del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Especificaciones técnicas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, volumen 4 y 5.
- Reglamentación técnica para diseño y construcción de edificaciones, condominios y fraccionamientos: diario oficial La Gaceta N°8.

2.2 Marco técnico

2.2.1 Teoría de Administración de Proyectos

2.2.1.1 ¿Qué es un proyecto?

Un proyecto es un esfuerzo temporal llevado a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, tiene un inicio y un final definidos (Project Management Institute [PMI], 2013, p.3). Un proyecto es considerado como un conjunto de acciones capaces de crear, recopilar y analizar un conjunto de datos y antecedentes para brindar una solución eficiente a un determinado problema o necesidad humana. Con el desarrollo de un proyecto ya sea habitacional, administrativo, hidráulico, entre otros, lo que se busca es una solución capaz de garantizar el cumplimiento de los objetivos, a través de acciones enfocadas al logro y la satisfacción de los usuarios.

Para que los proyectos sean exitosos desde su conformación hasta la fase de cierre, deben considerarse: la programación de cada una de las actividades por desarrollar, metas definidas, conocimiento a fondo por parte del administrador del proyecto y con ello obtener un resultado concreto y único, a través de su gestión.

2.2.1.2 Administración de Proyectos

La administración de proyectos es una disciplina que permite gestionar adecuadamente un proyecto en cada una de sus fases, por medio de conocimientos y la integración de técnicas que permiten desarrollarlo de manera exitosa. Para el Project Management Institute [PMI] (2013): “La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este” (p.5).

Se denomina administración de proyectos al aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles por medio de acciones concretas, es decir, se establece un método y lenguaje común entre los miembros del equipo, con base en objetivos conocidos y claros para dar solución a un problema o salir de una crisis.

2.2.1.3 Ciclo de vida de un proyecto

El ciclo de vida de un proyecto se conoce como la serie de fases por las que atraviesa este desde su inicio hasta su cierre. Generalmente, son secuenciales y sus indicadores son determinados en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza del mismo y el área de aplicación (PMI, 2013, p. 38).

El concepto de ciclo de proyecto desarrollado por Rosales (2006) indica: “En el ciclo de vida de un proyecto independientemente de la forma en que se conceptualice y de su naturaleza, es posible identificar las fases o etapas sucesivas, las cuales se denominan: necesidad, prefactibilidad, preinversión; factibilidad, inversión o ejecución, operación y desecho” (p. 22).

Los proyectos tienen su inicio en una idea, con base en una necesidad identificada, para solucionar un determinado problema, por lo tanto, finalizan cuando el mismo ha sido satisfecho.

2.2.1.4 Procesos en la Administración de Proyectos

El PMI (2013, p. 49) define cinco grupos de procesos para la administración de proyectos, los cuales se indican a continuación:

Proceso de iniciación: en este proceso se identifica la necesidad del proyecto y los requisitos para ejecutarlo, se gestionan los recursos y permisos necesarios que permiten obtener la autorización de inicio del proyecto.

Proceso de planificación: se establecen cada una de las actividades y procesos enfocados en alcanzar los objetivos propuestos, plazo de las actividades, presupuesto, situaciones de riesgo, entre otros. Esta fase considera el proyecto de manera integral, analizando los aspectos positivos y negativos de su realización, para posteriormente ejecutarlo y evitar que este se vea afectado. Durante la planificación, deben contemplarse los grupos sociales representativos a nivel local, político o estratégico, para evitar que sean

perjudicados y en caso de surgir problemas, responder oportunamente con soluciones acertadas.

Proceso de ejecución: este involucra la dirección de cada uno de los procesos para un correcto desarrollo del proyecto, garantizando que se cumplan los objetivos y la calidad deseada, a través de las especificaciones técnicas y términos de referencia necesarios para poner en marcha el proyecto.

Proceso de seguimiento y control: tal como lo indica el PMI (2013), esta fase incluye aquellos procesos requeridos para rastrear, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto e identificar áreas de intervención, de acuerdo con el plan de trabajo.

Proceso de cierre: consiste en cerrar formalmente el proyecto y cada uno de los documentos de este (actas, bitácoras, protocolos), de manera que se asegure que todas las actividades han sido realizadas.

2.2.2 Áreas de conocimiento de la gestión de proyectos

Las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos son muchas, sin embargo, para efectos de la presente guía, se consideran únicamente las áreas de gestión y control de calidad, alcance, tiempo y costo de un proyecto. A continuación, se describen cada una de ellas.

2.2.2.1 Gestión y control de calidad

La gestión de la calidad del proyecto trabaja para asegurar que se alcancen y se validen los requisitos de este (PMI, 2013, p.227). De acuerdo con la definición anterior, el control de calidad se entiende como el conjunto de esfuerzos, principios, prácticas de una organización, institución o persona para garantizar la calidad de un producto, proceso, estructura o material, al menor costo posible y sin poner en riesgo la integridad del proyecto.

El control de calidad y la inspección de obras se funden en un solo concepto, debido a que la inspección es una búsqueda de la calidad. La calidad de la construcción inicia con

la elaboración de planos constructivos y las especificaciones técnicas, por lo que el inspector de la obra debe conocer e interpretar toda la información para llevar a cabo inspecciones conforme a un criterio bien fundamentado desde el punto de vista técnico. La gestión de la calidad del proyecto incluye los procesos y actividades de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades, con el fin de que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue diseñado.

El inspector de obra debe realizar un control periódico del trabajo o proceso, mediante pruebas y ensayos en obra, para tener conocimiento y dar testimonio de que los elementos analizados cumplen o no con los requisitos constructivos solicitados en las especificaciones técnicas, pudiendo solicitar alguna prueba no contemplada, si fuera necesario. A continuación, se muestra una descripción general de los procesos de gestión de calidad del proyecto según el PMI (2013):

- **Planificar la gestión:** identificar los requisitos y estándares de calidad del proyecto y a la vez documentar la manera en que van a cumplirse.
- **Aseguramiento de la calidad:** consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de cada uno de los procesos, garantizando que se utilicen las normas de calidad y las definiciones operacionales establecidas previamente.
- **Controlar la calidad:** proceso en el que se monitorea y registran los resultados de la ejecución de las actividades ejecutadas, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios. (p.227)

2.2.2.2 Gestión de alcance del proyecto

La gestión del alcance del proyecto contiene los procesos necesarios para garantizar que este incluya el trabajo requerido para completarlo con éxito, además de delimitar su extensión, es decir, definir y controlar lo que se incluye y lo que no en el proyecto (PMI, 2013, p. 63). Uno de los factores para garantizar el éxito de un proyecto es la gestión del alcance, al delimitar los requerimientos mínimos para cada proceso, evitando agregar trabajo no autorizado, alterar tiempo de ejecución de las actividades y el presupuesto inicial del proyecto.

Es responsabilidad del encargado del proyecto de gestionar cambios, agregar, modificar y eliminar requisitos que considere necesarios para llevar una gestión responsable de sus funciones, durante la ejecución del proyecto. En el PMI (2013), proporciona una descripción general de los procesos de gestión del alcance del proyecto:

- **Planificar la gestión del alcance:** proceso de crear un plan de gestión del alcance que documente cómo se va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto.
- **Recopilar requisitos:** determina, documenta y gestiona las necesidades y los requisitos de los interesados para cumplir con los objetivos del proyecto.
- **Definir el alcance:** consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto.
- **Crear la estructura de desglose de trabajo:** proceso de dividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.
- **Validar el alcance:** proceso de formalizar la aceptación de los entregables del proyecto completados.
- **Controlar el alcance:** monitorea el estado del proyecto y la línea base de alcance del producto, para gestionar los cambios que sean necesarios. (p.105)

2.2.2.3 Gestión del tiempo del proyecto

Incluye todos los procedimientos o procesos que garantizan la finalización a tiempo del proyecto, a través de una adecuada gestión de este (PMI, 2013, p. 141). Dependiendo de las necesidades del proyecto, cada proceso implica el esfuerzo de un grupo o persona para ser realizado satisfactoriamente. Cada actividad es ejecutada mínimo una vez en cada proyecto y dependiendo de las etapas constructivas, pueden repetirse varias veces.

El PMI (2013) señala cada uno de los procesos para gestionar adecuadamente el tiempo de la siguiente manera:

- Planificar la gestión del cronograma a través de las políticas, procedimientos y la documentación que permitan ejecutarlo. El beneficio clave de este proceso es que proporciona guía y dirección sobre cómo gestionar los plazos de ejecución de cada actividad a lo largo del proyecto.
- Definir y documentar las actividades por medio de acciones específicas que permitan la visualización de los resultados y entregables del proyecto. El objetivo de este proceso es el desglose de los paquetes de trabajo en actividades que proporcionan una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto.
- Establecer una secuencia de las actividades con base en la prioridad de ejecución.
- Estimar los recursos de las actividades, el tipo y las cantidades de materiales, recursos humanos, equipos o suministros requeridos, permite llevar a cabo las actividades exitosamente, definiendo el costo y la duración con precisión.
- El tiempo de ejecución de cada actividad debe contemplarse de manera que la repetición de los procesos no se produzca, para cumplir con el plazo y presupuesto establecido.
- Debe monitorearse el estado de las actividades del proyecto, actualizando el avance de este y gestionando los cambios a la línea base del cronograma, a fin de cumplir con el plan de proyecto establecido. (p.141)

2.2.2.4 Gestión de los costos del proyecto

La gestión de los costos del proyecto incluye los procesos relacionados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, gestionar y controlar los costos, de modo que al finalizar el proyecto se mantenga dentro del presupuesto aprobado (PMI, 2013, p. 193).

La gestión de costos debe aplicarse en todo el ciclo del proyecto, desde su inicio y posterior planificación, hasta el cierre, estableciendo el marco de referencia para cada uno de los procesos con base en el alcance del proyecto. Si no se ha definido bien el alcance de este, la probabilidad de tener desviaciones en la estimación de costos es mayor. El esfuerzo de planificación temprana del alcance del proyecto se revela como una tarea crítica, debido a que la capacidad de influir en los costos es mucho mayor en las primeras etapas.

El PMI (2013) considera los siguientes criterios de los procesos para la gestión de costos del proyecto:

- Establecer las políticas, documentación y los procedimientos para el balance y control de las actividades del proyecto.
- Desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios, para llevar a cabo cada una de las actividades del proyecto, hasta su finalización.
- Determinar el presupuesto a través de cada uno de los costos estimados para cada actividad.
- Realizar la gestión de cambios a la línea base de costos, por medio del monitoreo y control constante del estado de cada una de las actividades que conforman el proyecto. (p.193)

2.3 Inspección técnica de obras

2.3.1 Concepto de inspección

El concepto de inspección encuentra su significado en la labor de examinar detalladamente un elemento, a través de las acciones que aseguran la calidad de una actividad o proceso. El trabajo de un inspector está enfocado en el cumplimiento de los requisitos establecidos en los planos constructivos, las especificaciones y normativas utilizadas, sean nacionales o internacionales, para garantizar su buena ejecución.

El Reglamento para la Contratación de Servicios de Consultoría e Ingeniería y Arquitectura indica:

Se entiende por Inspección como la vigilancia o atención que el inspector suministra durante el proceso de ejecución de una obra, con el fin de que esta se realice de conformidad con las mejores normas de trabajo, planos de construcción, especificaciones técnicas y demás documentos que conforman el contrato. Si bien el profesional que realiza la inspección asume la responsabilidad que le corresponde en virtud de la tarea encomendada, su actuación no libera al constructor o contratista de su responsabilidad contractual. El servicio de inspección se presta mediante visitas periódicas a la obra por parte del equipo técnico. No implica una permanencia obligatoria en el proyecto, dependiendo más bien del alcance, complejidad o necesidad de inspección. En aquellos casos que sea necesario contar con un profesional residente para realizar labores de inspección, el servicio debe ser objeto de una contratación especial, e independiente al honorario profesional indicado en el arancel. (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 2003, artículo 17.f).

En el campo de la construcción, la inspección de la obra es de gran ayuda, ya que permite desarrollar técnicas, procedimientos o herramientas desde el punto de vista preventivo, que garanticen la adecuada ejecución de los procesos y actividades desarrolladas, con la finalidad de que todo avance de acuerdo con el cronograma de trabajo y evitar retrasos, gastos o algún inconveniente que afecte el proyecto.

Para garantizar una correcta ejecución de la inspección, es necesario contar con personal capacitado o un equipo de inspección integrado por profesionales en distintas áreas, este último utilizado en obras de mayor complejidad donde la cantidad de trabajo y la magnitud del proyecto así lo requieran.

2.3.2 Responsabilidades del inspector de obra

El inspector de obras es copartícipe de la responsabilidad técnica y civil en sus labores, conforme a la ética, profesionalismo, honestidad y conocimiento de causa, respetando los derechos y haciendo cumplir los requerimientos técnicos y profesionales mínimos para una correcta ejecución de su función. Según las Normas generales para ejecución de contratos de obra pública del AyA (2016), se establecen una serie de responsabilidades relevantes para una adecuada inspección de obras:

- Fiscalizar permanentemente la obra e informar todas las incidencias de su ejecución.
- Verificar la calidad de los materiales y proceso de construcción.
- Elaborar informes de avance de obra y las órdenes de cambio, sujetas a aprobación.
- El inspector tiene plena autoridad para decidir en relación con la aceptación del equipo, materiales suplidos y trabajo ejecutado.
- Velar por el cumplimiento de los requisitos, contenido, especificaciones, planos del proyecto y documentos del contrato, para girar instrucciones enfocadas en el desarrollo de buenas prácticas constructivas.
- Controlar el progreso de la obra para cumplimiento de los plazos de construcción fijados.

El inspector debe manejar dentro de su conocimiento, dos aspectos fundamentales para la realización de su trabajo:

- **Metodológico:** desarrollar un método para resolver las situaciones en campo, con la mayor eficiencia y productividad posible.
- **Técnico:** debe conocer el conjunto de normas, especificaciones ensayos y pruebas requeridas del proyecto, con el fin de verificar la calidad de las actividades, procesos y la obra en general.

2.4 Sistemas de agua potable

2.4.1 Sistema de abastecimiento de agua potable

Es un conjunto de fuentes del recurso hídrico, infraestructura y equipamiento para la captación, potabilización y distribución. Los sistemas de agua potable se encuentran constituidos por los siguientes tipos de estructuras: obras de captación, desarenadores (si es necesario), tanques de almacenamiento, tuberías de conducción, previstas domiciliarias y demás elementos necesarios para el suministro de agua potable a un núcleo de población (Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial, 2017, p. 6).

El principal objetivo de un sistema de agua potable es brindar un servicio eficiente que cumpla con los estándares de calidad, cantidad y continuidad. Para poner en marcha este tipo de proyectos, es necesario definir cada una de las obras que los integran, de acuerdo con criterios constructivos, operativos, sociales, económicos y con ello seleccionar la propuesta más conveniente.

Según Jiménez (2013), los sistemas de agua potable se definen como un conjunto de recursos, infraestructura y equipos que se interrelacionan para realizar el suministro de agua potable a un núcleo de población con el fin de satisfacer sus necesidades.

2.4.2 Componentes de los sistemas de agua potable por gravedad

Los componentes de los sistemas de agua potable, según Jiménez (2013), son los siguientes:

Captación: es realizada por medio de obras o estructuras que permiten captar el agua de manera controlada, para abastecer una determinada población. Durante esta etapa es necesario obtener la cantidad de agua necesaria que requiere la comunidad, es decir, el caudal óptimo para satisfacer la demanda actual y futura, según los cálculos de crecimiento. En fuentes superficiales se denomina “toma” y en aguas subterráneas “pozos”.

Potabilización: consiste en tratar el agua cruda mediante una serie de procesos que hacen que el agua sea apta para su consumo, sin riesgos para la salud. El proceso de potabilización usualmente es realizado por medio de un desarenador. Este tipo de estructuras se construye únicamente cuando las nacientes “arenan”; esto quiere decir que el agua sale por una veta de rocas y arena. El agua trae consigo partículas de suelo, por lo que se requiere una estructura que la almacena de forma temporal disminuyendo considerablemente su velocidad. Justamente por el área de dispersión de esta estructura, provoca en este proceso que los agregados finos, gruesos y algunos metales pesados se precipiten.

En la mayoría de los casos, no se construye un desarenador, ya que las nacientes o las cajas de reunión cumplen esta función o si es mucha la turbulencia y velocidad, el tanque de almacenamiento cumple esa función.

Líneas de conducción: consiste en todas las estructuras hidráulicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo.

Tanques quiebra gradiente: este tipo de estructuras sirven para disminuir la presión que trae el agua cuando es captada, por lo tanto, su función es disminuir los daños que se puedan presentar en las tuberías, producto de presiones excesivas y que sobrepasan los límites de diseño. Usualmente se ubican entre las líneas de conducción y los depósitos o tanques de almacenamiento. Algunos de ellos son sustituidos por válvulas reductoras de presión o válvulas de alivio.

Depósitos de almacenamiento: estructura que permite almacenar agua, pueden ser construidas de concreto o mampostería. Una de sus funciones es almacenar el agua en las horas de menor consumo, por lo cual su volumen depende del tamaño de la población. El

tanque de almacenamiento es útil para compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia como incendios o interrupciones provocadas por daños del acueducto.

Red de distribución: este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, mediante un flujo constante las 24 horas del día, de acuerdo con la demanda y la calidad requerida según el tipo de zonas que se desea abastecer de agua, ya sean de tipo comercial, residencial e industrial, entre otros.

Previstas domiciliarias: consiste en la conexión por medio de tuberías, la cual se deriva de la red de distribución principal hacia las viviendas o edificaciones que requieren ser abastecidas.

2.4.3 Proyectos para la conducción de agua potable

El agua, al satisfacer las necesidades básicas del ser humano o las actividades industriales, contribuye al desarrollo de la humanidad. Por este motivo, las entidades a cargo de distribuir el agua a cada una de las viviendas deben llevar un control de calidad estricto, para evitar problemas asociados con la potabilización del agua, que afecten la salud de las personas. En Costa Rica, los encargados de facilitar infraestructura para la conducción de agua potable y proveer a las distintas comunidades de un servicio digno son:

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia – ESPH S.A.
- Algunas municipalidades.
- ASADAS.
- Comités de agua (en algunos territorios indígenas).

2.5 Materiales de construcción

Los materiales de construcción constituyen parte del conocimiento que deben tener los profesionales de la ingeniería civil o las personas relacionadas con proyectos constructivos. Por lo tanto, ante la diversidad de áreas civiles, como la geotecnia, los pavimentos, la hidráulica, la administración y gestión de proyectos, entre otros, requieren de conocimientos básicos que permitan ahondar y conocer sobre los tipos de materiales empleados en la industria de la construcción. Un aspecto clave por considerar es la optimización de recursos disponibles para construir las obras, esto puede lograrse, entre otras acciones, apegándose siempre a las especificaciones y reglamentos de construcción vigentes, así como haciendo buen uso de los materiales, manteniendo la calidad de la obra y, por ende, la seguridad de los futuros usuarios. A continuación, se describen los materiales evaluados.

2.5.1 Concreto

El concreto reforzado es básicamente una mezcla que une dos componentes: los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada) y la pasta compuesta de cemento Portland y agua. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua (Portland Cement Association (PCA), 2004).

Se le denomina concreto reforzado o estructural, a la unión de la pasta (cemento, agua y agregados) junto con varillas de acero estructural para soportar esfuerzos de tensión y de compresión, lo cual hace que tenga un comportamiento estructural adecuado ante las cargas de sismo.

2.5.2 Cemento

Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen por la reacción química con el agua. Durante la reacción, llamada hidratación, el cemento es combinado con el agua para formar una masa similar a una piedra, llamada pasta (PCA, 2004, p. 25).

El cemento es un material fabricado a altas temperaturas, producto de la fusión de silicatos hidráulicos de calcio, reacciona cuando hace contacto con el agua,

endureciéndose con el tiempo hasta convertirse en una piedra artificial, por lo que recibe también el nombre de cemento hidráulico.

2.5.3 Agregados

Los agregados son partículas de diversos tamaños que se encuentran en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas. Cuando el agregado se transforma en arena natural, debido a la acción de desintegración de las rocas, se le llama agregado fino y cuando proviene de la desintegración provocada por la mano del hombre, se le denomina agregado grueso.

2.5.4 Agua para mezcla de concreto

El agua natural que sea para consumo humano y no presente fuerte sabor, olor y libre de cualquier tipo de partícula, puede utilizarse como agua de mezcla para la preparación del concreto.

2.5.5 Aditivos

Los aditivos son una sustancia líquida o en polvo que se agrega al concreto antes o durante el mezclado, para dar características deseadas, tales como hacer al concreto más manejable en su estado fresco, resaltar alguna propiedad en el estado endurecido o para modificar las etapas de hidratación. No deben utilizarse en proporciones mayores a las establecidas, debido a que puede resultar desastroso para la mezcla y no lograr los efectos deseados.

2.5.6 Acero de refuerzo

El acero estructural es uno de los materiales básicos utilizados en la industria de la construcción. Este material cuenta con las propiedades idóneas que garantizan un buen desempeño y comportamiento sísmico de las estructuras, como lo son: la ductilidad y la alta resistencia; estas propiedades permiten que la varilla de refuerzo sea apta para soportar cargas en tensión y compresión. Al combinarlas con el concreto resulta beneficioso para que la estructura se mantenga en pie ante las sollicitaciones de carga estáticas y dinámicas.

2.5.7 Bloques de concreto (Mampostería)

Los bloques de concreto son pequeñas piezas fabricadas a base de concreto, las cuales sirven para conformar elementos estructurales y no estructurales, reforzando las paredes con varillas de acero en ambos sentidos (horizontal y vertical) y rellenando con concreto sus celdas.

La unión de los bloques junto con el mortero y la manera en que son colocados los bloques dan origen al concepto que se conoce como mampostería. La forma en la que se construye la mampostería en Costa Rica es realizada generalmente por medio de paños o paredes confinadas por las placas de fundación, vigas medianeras, vigas corona o de entrepiso y columnas de concreto reforzado (Manual Técnico Productos de concreto, 2012).

2.5.8 Tuberías de PVC

Las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) están diseñadas para transportar agua a presión desde las captaciones hasta los tanques de almacenamiento y finalmente a la población. Las siguientes características hacen de este material apto para ser utilizado en la construcción de acueductos:

- Transporte: fácil de transportar durante el almacenamiento, colocación e instalación.
- Hermeticidad: los diferentes tipos de unión y material que se usan en la tubería hidráulica minimizan la presencia de fugas en el sistema.
- Facilidad de instalación: por su ligereza y facilidad de acople, no se requiere maquinaria sofisticada para su instalación, además, se tiene un avance de obra mayor por los tramos de seis metros en que se fabrica el tubo.

2.6 Almacenamiento de materiales

Toda obra de construcción, sin importar su magnitud, requiere ser administrada eficientemente para culminarla con éxito. El almacenamiento de los materiales juega un rol importante en la calidad final que pueda tener un proyecto, debido a que, si no son

manejados y protegidos adecuadamente, pueden ocasionarse daños en el mismo y afectar la calidad final del proyecto.

Por lo tanto, según el tipo de material, se requieren condiciones específicas para su almacenamiento, dependiendo de si el material es apto para estar o no a la intemperie, deben considerarse las características de cada material, ya que algunos reaccionan ante las condiciones atmosféricas, por lo tanto, deben tener cuidados de almacenamiento especiales, como estar bajo techo, en lugares ventilados, no estar en contacto con la superficie del suelo, entre otros. Por el contrario, si son materiales a granel y que requieren ser colocados cerca del frente de trabajo, pueden ubicarse en un espacio abierto, recubriéndolos con lonas en caso de ser necesario, para evitar que sus propiedades se vean afectadas. Los materiales que se consideran para ser almacenados son los siguientes: cemento, agregados, acero de refuerzo, bloques de concreto y tuberías de PVC.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3 Marco metodológico

3.1 Tipo de investigación (finalidad teórica o aplicada)

La finalidad aplicada de este proyecto se basa en resolver un problema común en el ejercicio profesional, especialmente en el campo de inspección de obras para sistemas de agua potable.

3.2 Enfoque sistémico (Macro- meta- meso- micro)

La extensión del tema se clasifica como mega, por cuanto es de aplicación en el ámbito del sector de la construcción costarricense, específicamente en el área de acueductos de agua potable, por lo tanto, su extensión no se limita a una determinada longitud del proyecto.

3.3 Naturaleza (Cuantitativa o cualitativa)

La naturaleza de la investigación es cualitativa, al recoger la información de las normativas, leyes y especificaciones técnicas del ámbito nacional e internacional, con el fin de interpretarlos, analizar su aplicación y efecto producido en los procesos de inspección en obras e instalaciones hidráulicas para sistemas de agua potable.

3.4 Administración y abordaje del proyecto objeto

3.4.1 Descripción del producto/servicio

El producto esperado es la estandarización del proceso de inspección en obra, a través de lineamientos que guíen al inspector a realizar adecuadamente su trabajo, por medio de una correcta ejecución de los procedimientos constructivos y control en campo.

3.4.2 Restricciones y riesgos

La restricción y el riesgo asumido es que los encargados de la inspección no implementen la guía ni tomen en cuenta los criterios técnicos derivados de ella, aplicando el criterio propio basado en la experiencia profesional.

3.5 Sujetos y fuentes de información

3.5.1 Sujetos de información

Se utiliza como estrategia la investigación de carácter documental, al analizar la información relacionada con el área de inspección de obras, con el objetivo de establecer diferencias, etapas, relaciones o posiciones sobre los criterios actuales respecto al tema de estudio.

3.5.2 Fuentes de información

Las fuentes primarias de información por investigar según sean requeridas son: los procedimientos referentes a inspección de obras, las normativas, enciclopedias, tesis, informes técnicos, especificaciones y métodos constructivos empleados tanto a nivel del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados como a nivel nacional e internacional. Otros recursos disponibles que aportan información son: libros de texto, publicaciones periódicas referentes a inspección de obras, folletos, guías bibliográficas, catálogos, reseñas, ensayos, y manuales técnicos de empresas dedicadas a la fabricación de tuberías.

Así mismo, para el desarrollo de la investigación, se ha realizado una extensa consulta bibliográfica y recolección de datos sobre normativas, leyes, aspectos constructivos y especificaciones técnicas vigentes, relacionados con la inspección de obras, aplicando dichos conceptos a acueductos de agua potable. De ahí surge la propuesta de acciones de mejora en el área de inspección de obras, con el propósito de regular los procesos constructivos y de gestión de proyectos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4 Análisis de resultados

4.1 Análisis de información

Según lo indicado en el objetivo 1: Analizar la información vigente en Costa Rica y a nivel internacional para la definición de los lineamientos, parámetros y normas técnicas, referentes a inspección de obras para la construcción de acueductos de agua potable, con el fin de desarrollar una guía metodológica que ordene y unifique las normativas, manuales, conceptos técnicos, reglamentos y todo lo referente al tema de inspección de obras aplicado a la construcción de acueductos de agua potable por gravedad, lo mencionado anteriormente fue posible con el análisis de los siguientes documentos:

4.2 Manual técnico para el maestro de obras de acueductos rurales, AyA:

Este manual es el eje de partida, donde se realiza el análisis de la información, por medio del cual se determinan los criterios mínimos que debe contener la guía metodológica de inspección. Posteriormente, se identifican las áreas o temas que se pueden agregar y son presentados en la propuesta de solución. Por lo tanto, la información por desarrollar se respalda con lo indicado en el manual técnico, pero con un enfoque al tema de interés.

Los temas utilizados como punto de partida para el análisis y desarrollo de la información son los siguientes:

Materiales de construcción: en este apartado se incluyen especificaciones técnicas de los materiales más comunes, como lo son: cemento, agregados, acero de refuerzo, bloques de concreto (mampostería) y tuberías de PCV. Sin embargo, se decide enfocar de una manera integral donde se exponen cada uno de los materiales desde un punto de vista conceptual, para que el usuario de la guía comprenda la definición de los conceptos de cada uno de ellos, además, por qué es necesaria la inspección y el cumplimiento de normas, especificaciones y planos del proyecto.

Obras de concreto: se estudia y analiza este apartado determinando que únicamente menciona los tipos de obras construidas en concreto, tales como captaciones, tanques de almacenamiento, tanques quiebra gradientes, desarenadores, entre otros, sin profundizar en el tema. Por lo tanto, se decide agregar la sección 3: inspección de los sistemas de

acueducto para agua potable, donde se desarrollan de manera detallada los criterios técnicos de los materiales que deben considerarse durante la inspección de obras en la construcción de acueductos.

Manejo y control de calidad: se analizan y mencionan de manera muy general los cuidados que deben tener los materiales como el acero, cemento, la arena e incluye algunos conceptos sobre la realización y su método de aplicación para garantizar la calidad en las mismas, tales como la prueba de revenimiento y preparación de cilindros para muestras de concreto. El análisis de este apartado permite identificar la necesidad de crear un apartado exclusivo para el manejo y almacenamiento de los materiales, dando origen a la sección 2: *Descripción general de materiales para la construcción*, donde se define cada material y la manera en que estos deben ser almacenados en obra, para cumplir con los estándares de calidad de los materiales y del proyecto.

Tuberías: se indaga el proceso de instalación de tuberías de PVC y se extrae de esta sección lo que involucra procesos ejecutados en campo, los cuales son de aporte para el desarrollo de esta guía, como son: preparación de la zanja, instalación de las tuberías, protección y encamado de las tuberías, válvulas, ensamble, entre otros. Sin embargo, este apartado no considera en su totalidad cada uno de los procesos para instalación de tuberías, desde la función de un inspector de obra, sino que brinda recomendaciones generales sobre cómo debe realizarse el proceso constructivo de las tuberías.

Por medio del análisis y la información recabada, se identifica que el documento contiene únicamente el proceso de instalación de tuberías y deja por fuera los demás componentes que conforman un sistema de agua potable, permitiendo clasificar el contenido, de manera tal que guíe al usuario o al inspector de campo, desde los aspectos básicos de los conceptos de los sistemas de agua potable hasta la inspección técnica de los acueductos.

4.3 Inspección de Obras - Universidad de Costa Rica, 2010

Para la elaboración de esta guía, el contenido de dicho documento permite abarcar la inspección de obras desde diferentes aristas, comenzando por las responsabilidades de un inspector en el ejercicio de su trabajo; el cual tiene como eje principal de sus funciones velar porque el proceso de ejecución de la obra sea realizado de acuerdo con las mejores normas de trabajo, las especificaciones técnicas, los planos constructivos y demás documentos que forman parte integral del proyecto. De igual manera, han sido considerados aspectos de control de calidad, los cuales para efectos de esta guía se orientan hacia el control de las etapas de los procesos constructivos, por medio de listas de verificación.

4.4 Operación y Mantenimiento de los Acueductos, Volumen 5

Este módulo analiza de manera muy general los componentes de los sistemas que conforman los acueductos de agua potable. Sin embargo, la información contenida en este documento es de aporte para identificar dichos sistemas y a partir de ahí desarrollar la guía con los temas mencionados anteriormente.

4.5 Material adicional

Además, se cuenta con algunos manuales y documentos, los cuales se utilizan como referencia. Estos manuales poseen información técnica que contiene los procedimientos, las normas y pautas de los materiales para la construcción:

- Manual de consejos prácticos sobre el concreto – ICCYC.
Manual para la elaboración de concreto – ICCYC.
- Manual técnico Durman Esquivel, guía de Instalación.
- Manual técnico Amanco Novafort, 2013.
- Manual técnico tubo sistemas, Amanco.
- Volumen 4, rubros de pago para la contratación de obras.

4.6 Guía metodológica de inspección para la construcción de acueductos de agua potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Por medio de esta guía, se definen los lineamientos mínimos en el área de inspección para acueductos de agua potable, así como las recomendaciones en cuanto cada uno de los procedimientos constructivos, de manera que facilite el trabajo de los inspectores durante la ejecución de este tipo de obras de ingeniería.

La guía está conformada por tres secciones, planteadas para satisfacer cada uno de los criterios que componen la inspección en obra de acueductos para agua potable. Abarca aspectos desde conocimientos básicos sobre la composición de los sistemas de acueductos, hasta criterios técnicos constructivos y de gestión de proyectos que debe considerar el inspector de obras.

Los temas desarrollados en la presente guía deben ser tomados en cuenta para una correcta inspección, durante la construcción de sistemas de agua potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados e instituciones administradoras de acueductos, de manera tal que el contenido contribuya con la calidad en cada uno de sus proyectos.

CAPÍTULO V
PROPUESTA DE SOLUCIÓN

5 Propuesta de solución

La propuesta para solucionar la necesidad planteada anteriormente consiste en el desarrollo de una guía para la inspección de acueductos enfocada en proyectos de agua potable. Se presenta en el Anexo 1, la Guía de inspección para la construcción de acueductos del AyA, dentro de los temas que se abarcan están los siguientes:

- La descripción general de los sistemas de agua potable, esta permite que el encargado de inspección del proyecto o usuario conozca la conformación de un acueducto desde el punto de vista conceptual, la gestión del proyecto, donde se indican los aspectos por considerar para gestionar un acueducto desde el momento en que se inicia, hasta el cierre y entrega del mismo; finalmente, los componentes de los sistemas de agua potable, desde su captación hasta la dotación domiciliar.
- La descripción de los materiales para la construcción se establece para barras de acero, bloques de concreto, tuberías de PVC y concreto estructural, dando un enfoque que permite conocer sus principales características, tipos, usos y normas de construcción.
- El almacenamiento para cada tipo de material como el cemento, los agregados, las barras de acero, los aditivos, bloques de concreto y tuberías de PVC. Esto con el propósito de llevar a cabo una inspección preventiva desde antes del inicio de los procesos constructivos, garantizando la calidad de los materiales durante la ejecución de los procesos y el cumplimiento de los indicadores del alcance, tiempo y costo del proyecto.
- La inspección para los proyectos de acueductos de agua potable se desarrolla de manera tal que el inspector conozca los criterios técnicos por considerar en cada uno de los procedimientos constructivos, para tal efecto ha sido considerada la infraestructura que compone los sistemas de agua potable, tales como obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción (líneas de conducción y redes de distribución), tanques de almacenamiento y previstas domiciliarias.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Con el fin de evaluar si se cumplieron los objetivos del proyecto, se van a clasificar las conclusiones de esta sección según cada objetivo establecido en el capítulo de Introducción:

- Se logra establecer el criterio técnico y los procedimientos de inspección necesarios para una excelente inspección y control del proyecto, inicialmente se tenía la idea de realizar la guía para ingenieros de campo con conceptos y criterios técnicos adecuados a su perfil, sin embargo, durante el desarrollo de la guía, el enfoque hacia el usuario meta varió y es necesario modificarla para que su contenido sea amigable a personas no capacitadas en el área de ingeniería civil y en caso de que alguna entidad, como lo son las ASADAS, no cuente con los recursos económicos para contratar un profesional, puedan realizar la inspección en campo tomando como referencia la guía.
- Con base en los procedimientos y criterios de inspección, se desarrollaron listas de verificación para reforzar e identificar fácilmente cada uno de los criterios de inspección que deben considerarse en cada proceso o actividad, estandarizando los aspectos por revisar. Por medio de esta metodología de trabajo, se ha desarrollado un documento técnico, el cual facilita las labores de inspección que deben realizarse en campo.
- Brindar una herramienta técnica a los inspectores de campo que permita la toma de decisiones con sustento técnico, esto ha sido desarrollado a través del contenido de la guía metodológica, el cual permite que el usuario comprenda cómo se componen los acueductos de agua potable por gravedad y la manera en que pueden inspeccionarse los procesos constructivos. Se logra con ello que las zonas rurales, donde se construyen acueductos y los medios tecnológicos son limitados, cuenten con material de apoyo para realizar las labores de inspección adaptadas a sus necesidades.
- La guía se considera un instrumento técnico de interés, para el uso de inspectores de campo, ya que permite que las labores de inspección sean

desarrolladas desde un punto de vista preventivo, con el fin de mejorar el control de calidad durante la fase constructiva de los acueductos de agua potable.

- Con el desarrollo de esta guía, se logra identificar el aporte de la inspección técnica de obras en el desarrollo de un proyecto; al realizar los procesos conforme a lo establecido en los planos, especificaciones técnicas y contrato, el inspector contribuye al cumplimiento de los plazos de entrega y presupuesto global del proyecto.
- Mediante el desarrollo de la guía, se logra determinar el valor del inspector dentro del engranaje de un proyecto, debido a que debe conocer la conformación de un acueducto y cada uno de los criterios de inspección del proceso constructivo, por lo tanto, se concluye que al contar con sustento técnico facilita la toma de decisiones acertadas para evitar que se incurra en errores constructivos.

6.2 Recomendaciones

Con base en la elaboración de la presente guía y los resultados obtenidos, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Dado que los criterios técnicos presentes en la guía se enfocan en sistemas de agua potable por gravedad y cada uno de los tipos de estructuras que los componen, como lo son: obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción en PVC, tanques de almacenamiento en concreto o mampostería superficiales y prevista de conexiones domiciliarias, se recomienda ahondar más en sistemas por gravedad, los cuales pueden incluir: pasos elevados de tuberías, estructuras metálicas, tuberías de conducción en hierro dúctil, polietileno de alta densidad, así como tanques de acero vitrificado y tanques metálicos.
- De igual manera, el alcance de esta guía puede ampliarse, además de los sistemas por gravedad, a sistemas de acueducto de agua potable por bombeo que tomen en cuenta aspectos electromecánicos y sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.
- Debido a que las listas de verificación se realizaron para la inspección de obras basada en los componentes de los sistemas de agua potable por gravedad,

específicamente para aquellos procesos que incluyen colocación de varillas de refuerzo, colocación del acero, colocación de bloques de concreto, instalación de tuberías, entre otros, se recomienda ampliar el desarrollo de estas listas, a las diferentes áreas de especialización referentes a los procesos de inspección del AyA y las distintas entidades a cargo de acueductos, como lo son sistemas por bombeo, instalación de tuberías de alcantarillado y mantenimiento de acueductos, esto para que el encargado de la inspección realice una verificación en forma fácil, rápida y segura, basada en criterios con sustento técnico.

- Se recomienda divulgar esta guía de inspección entre los operadores de sistemas de infraestructura hidráulica e instituciones promotoras de la gestión de sistemas de agua potable como el AyA e instituciones académicas, además, ampliarla, con el propósito de que los criterios técnicos en los encargados de inspección de obras se unifiquen y con ello disminuir las prácticas inadecuadas durante el desarrollo de los procesos constructivos que incidan en la calidad de los proyectos.

7 Referencias

- Colegio Federado de Ingeniero y Arquitectos (1988). Reglamento para la Contratación de Servicios de Consultoría e Ingeniería y Arquitectura. Recuperado de <http://www.cfia.or.cr>
- Editorial Ceac. (2001). *Materiales de construcción* (2a Ed). Madrid, España: Editorial Ceac.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2010). *Reseña histórica del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2011). *Manual para la Gestión de Proyectos de Inversión en AyA*. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2016). *Normas generales para ejecución de contratos de obra pública*. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). *Misión, visión y valores del AyA*. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). *Norma técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*. Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion>
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (2009). *Manual de consejos prácticos sobre concreto en Obra*. Recuperado de <https://www.iccyc.com>
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (2013). *Manual de elaboración de concreto en Obra*. Recuperado de <https://www.iccyc.com>
- Jiménez, J. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Recuperado de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. y Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.

Productos de Concreto. (2012). *Manual Técnico*. Recuperado de <http://www.productosdeconcretocr.com>

Project Management Institute (PMI). (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (5ta ed.).

Rojas, R. (2001). *Manual Técnico Para el Maestro de Obras de Acueductos Rurales. Costa Rica*. San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Rosales, R. (2006). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. San José, Costa Rica: ICAP.

CAPÍTULO VIII

8 ANEXOS

ANEXO I

GUÍA METODOLÓGICA DE INSPECCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ACUEDUCTOS DE AGUA POTABLE DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Cartago, 24 de setiembre de 2018

Señores:

Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

Guía metodológica de inspección para la construcción de acueductos de agua potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Dicho documento fue elaborado por Andrés Santana Chaves, cédula de identidad 1-1488-0648. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr

