



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN FASE II**

**DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE  
CEIBITA, SAN ANTONIO DE CORTÉS, Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERÍA CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**21511083 KAREN MARIELA PEÑA TORRES**

**21611127 RICARDO ERNESTO PORTILLO SANDRES**

**ASESOR TEMÁTICO: ING. JOSÉ VELÁSQUEZ**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**ENERO, 2020**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA**

**UNITEC**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DESIRÉE TEJADA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**JEFE ACADÉMICO CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**HÉCTOR WILFREDO PADILLA**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS**

**EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO**

**INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO FASE I**

**“ING. MICHAEL JOB PINEDA CANALES”**

**ASESOR METODOLÓGICO FASE II**

**“ING. HECTOR WILFREDO PADILLA”**

**ASESOR TEMÁTICO**

**“ING. JOSÉ VELÁSQUEZ”**

**INTEGRANTES TERNA**

**ING. REINA MONTES**

**ING. SERGIO PAREDES**

**ING. OTTO FLORES**

## **DERECHOS DE AUTOR**

©Copyright 2020

**KAREN MARIELA PEÑA TORRES**

**RICARDO ERNESTO PORTILLO**

Todos los derechos son reservados

## **AUTORIZACIÓN**

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores:

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)

San Pedro Sula, Cortés, Honduras

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Karen Mariela Peña Torres y Ricardo Ernesto Portillo Sandres, de San Pedro Sula autores del trabajo de grado titulado: DIAGNOSTICO TÉCNICO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE SAN ANTONIO, presentado y aprobado en el año 2020, como requisito previo para optar al título de Profesional de Ingeniería Civil, autorizamos a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 30 días del mes de enero del dos mil veinte.

Enero, 2020

---

Karen Mariela Peña Torres  
21511083

---

Ricardo Ernesto Portillo Sandres  
21611127

## HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

---

Ing. Michael Job Pineda

Asesor Metodológico UNITEC

---

Ing. José Velásquez

Asesor Temático UNITEC

---

Ing. Reina Montes

Coordinador de Terna

---

Ing. Sergio Paredes

Miembro de Terna

---

Ing. Otto Flores

Miembro de Terna

---

Ing. Héctor Wilfredo Padilla Sierra

Jefe Académico de Ingeniería Civil

## **DEDICATORIA**

Dedico primeramente este proyecto a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida. El que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. Dedicado a mis padres, Edgardo Peña y Karen Torres, quienes han sido el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo sin importar las circunstancias. Gracias por brindarme una oportunidad para mi futuro. Así mismo, al Ing. Michael Pineda, por impulsarnos a dar lo mejor para ser buenos profesionales, al Ing. Sergio Paredes, por brindarme su apoyo y darme consejos que serán útiles para la vida cotidiana y al Ing. José Velásquez, por brindarnos su apoyo, entrega y disposición en los momentos más arduos en el transcurso de nuestro proyecto. Finalmente, y no menos importante, al Ing. Héctor Jiménez, por siempre escucharme, aconsejarme y apoyarme en cada una de mis ideas y proyectos, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

**Karen M. Peña**

Primeramente, quiero dedicar este logro a Dios, que me ha hecho prevalecer ante toda lucha y me ha dado la sabiduría para llegar a esta etapa de mi vida. De igual forma dedicar a mis padres Eva Carolina Sandres Gonzales y Dagoberto Portillo Anduray, ya que sin ellos no sería la persona que soy ahora; formado entorno a valores morales, educación y un ímpetu por cumplir mis metas. Reconocimiento al Ing. Michael Job, quien me apoyó a lo largo de la carrera con temas educativos, pero aparte de ello con consejos que determinarían el proseguir de mi futuro. Al Ing. Padilla por asesoramientos educativos conforme a la culminación de mis estudios. Y de igual manera, dar gracias a todos los catedráticos que han aportado una semilla para despertar esas ganas de superación y de hacer ingeniería. A todos y cada uno de ustedes, gracias totales.

**Ricardo E. Portillo**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la fuerza en los momentos de debilidad, sabiduría para poder completar esta enorme prueba y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad.

Gracias a nuestros familiares, por el apoyo incondicional en todo momento. Por darnos la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de nuestras vidas. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

De igual manera estamos sumamente agradecidos por la dedicación y esfuerzo de todos los ingenieros involucrados en este proceso formativo, desde nuestros asesores temáticos, el Ing. Otto Flores y el Ing. Sergio Paredes por su ayuda invaluable y su notable predisposición hacia nuestra persona y nuestro trabajo, así mismo, al Ing. Michael Pineda por su dedicación, tiempo, apoyo y empeño en la contribución desinteresada de nuestra tesis.

Y a todos aquellos ingenieros que nos brindaron el conocimiento base para nuestra formación profesional, les brindamos nuestro más sincero agradecimiento.

## RESUMEN EJECUTIVO

En la comunidad de La Ceibita, San Antonio de Cortés, se cuenta con un sistema de agua potable poco eficiente, debido a ello, Water for People efectuó un convenio con la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) que a través de la carrera de Ingeniería Civil se realiza el proyecto de graduación en el cual se presenta una propuesta de diseño eficiente y económica para el sistema de agua potable ya que es un problema que aqueja a los habitantes de la zona.

El sistema de abastecimiento de agua potable ya cumplió con su vida útil y presenta deficiencias, por ello, es necesario diagnosticar y rediseñar la línea de conducción actual de agua potable en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés, mediante las normativas del SANAA y fichas técnicas de Water for People, por medio de un plan de operación y mantenimiento de los componentes del sistema.

En el proyecto se ha tomado un enfoque cuantitativo como principal método para este proyecto. El tipo de estudio es no experimental debido a que no se puede manipular ninguna variable independiente. El tipo de diseño es transversal ya que se desarrolla el proyecto en un periodo establecido. El alcance del proyecto es orden descriptivo ya que se especificarán las propiedades, las características y los perfiles del Sistema de Agua Potable de la Comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés. El método empleado es análisis técnico.

Con respecto a los cálculos para el diseño del sistema de abastecimiento se obtuvieron diámetros de 2" para la línea de conducción con pérdidas de 7.95MCA. Está compuesta por tres tramos, dos de PVC y uno de HG. De igual manera se realizó el análisis de la red de abastecimiento en Epanet para la determinación de los diámetros necesarios para el cumplimiento de las presiones y velocidades regidas por la Normativa de diseño SANAA.

Finalmente, se concluyó que el sistema de agua potable de la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés es ineficiente para el correcto funcionamiento de este. Por ello, se recomienda el adicionamiento de válvulas y medidores en cada casa para tener un mejor control del aprovechamiento del recurso, macro medidores, en la salida del tanque y salida de la red de abastecimiento de agua. El costo total del proyecto asciende a Lps. 1,411,410.38 el cual tendrá una duración de 6 meses.

## **ABSTRACT**

In the community of La Ceibita, San Antonio de Cortés, there is an inefficient drinking water system, because of this, the municipality of Water for People signed an agreement with the Central American University of Technology (UNITEC) that through the race of civil Engineering. A graduation project is carried out in which a proposal for efficient and economical design for the drinking water system is presented, since it is a problem that affects the inhabitants of the area.

The drinking water supply system has already fulfilled its useful life and has deficiencies, so it is necessary to diagnose and redesign the current drinking water conduction line in the community of Ceibita, San Antonio de Cortés, through SANAA regulations and Water for People fact sheets, through a plan to operate and maintain hydraulics works.

The project has adopted a quantitative approach as the main method for this project. The type of study is not experimental because independent variables cannot be manipulated. The type of design is transversal since the project is developed during a certain period. The scope of the project is in descriptive order because will specified the properties, characteristics and profiles of the Drinking Water System of the Community of Ceibita, San Antonio de Cortés, are specified. The method used is the technical analysis.

with respect to the calculations for the design of the supply system, two-inch measurers were obtained for the loss conduction line of 7.95MCA. This is composed of three sections, two of PVC and one of HG. Similarly, the network analysis of Epanet supply was performed to determine the diameters necessary to comply with the pressures and speeds governed by the SANAA Design Regulation.

Finally, it was concluded that the drinking water system of the community of Ceibita, San Antonio de Cortés, is inefficient for its proper functioning. Therefore, it is recommended to add valves and meters in each house to have a better control of the use of resources, macro measurers, at the exit of the tank and at the exit of the water supply network.

The total cost of the project amounts to Lps. 1,411,410.38 which will last 6 months.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del Problema .....	2
2.1.	Precedentes del Problema .....	2
2.2.	Definición del Problema.....	4
2.2.1.	Enunciado del Problema.....	4
2.2.2.	Formulación del Problema .....	4
2.3.	Justificación.....	5
2.4.	Preguntas de Investigación.....	6
2.5.	Objetivos.....	6
2.5.1.	Objetivo General.....	7
2.5.2.	Objetivos Específicos.....	7
III.	Marco Teórico.....	8
3.1.	Análisis De La Situación.....	8
3.1.1.	Análisis Del Macroentorno.....	8
3.1.2.	Análisis Del Microentorno.....	15
3.1.3.	Análisis Interno .....	17
3.2.	Teorías de Sustento .....	19
3.2.1.	Sistema Autónomo Nacional De Acueductos Y Alcantarillados (SANAA) .....	20
3.2.2.	Manual para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA).....	35
3.3.	Marco Conceptual .....	47
3.4.	Marco Legal .....	51

IV.	Metodología.....	53
4.1.	Enfoque .....	53
4.2.	Variables de Investigación.....	53
4.2.1.	Diagrama de Variable de Operacionalización .....	55
4.2.2.	Tabla de Operacionalización .....	56
4.3.	Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	64
4.3.1.	Instrumentos .....	64
4.3.2.	Técnicas.....	72
4.4.	Metodología de Estudio.....	76
4.4.1.	Tipo de Diseño.....	76
4.5.	Cronograma de Actividades .....	77
V.	Análisis y Resultados.....	78
5.1.	DIAGNÓSTICO TÉCNICO.....	78
5.1.1.	Fuente de Captación .....	78
5.1.2.	Línea de Conducción.....	79
5.1.3.	Tanque de Almacenamiento Viejo.....	80
5.1.4.	Línea de Conducción.....	81
5.1.5.	Tanque de Filtración .....	83
5.1.6.	Tanque Hipo clorador.....	85
5.1.7.	Tanque de Almacenamiento .....	85
5.1.8.	Línea de Distribución.....	88
5.1.9.	Red de Distribución .....	88
5.2.	Aforo de la Fuente, Filtro y Tanque de Almacenamiento.....	92

5.3.	Cálculo de Población.....	93
5.4.	Coeficiente y Variación de Consumo.....	93
5.5.	Línea de Conducción.....	94
5.6.	Hipo clorador .....	98
5.7.	Tanque de Almacenamiento .....	99
5.8.	Red de Distribución .....	101
5.9.	Procesos de Diseño.....	112
5.10.	Resultados Obtenidos por el Software Epanet.....	124
5.11.	Tabla Resumen del Diagnóstico Técnico .....	132
5.12.	Plan de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable.....	134
5.12.1.	Operación.....	134
5.12.2.	Mantenimiento.....	134
5.12.3.	Responsable de la Operación y Mantenimiento.....	134
5.12.4.	Captación de Manantiales.....	135
5.12.5.	Línea de Conducción.....	137
5.12.6.	Sedimentador y Filtros.....	140
5.12.7.	Hipo clorador .....	143
5.12.8.	Tanque de Almacenamiento .....	144
5.12.9.	Red de Distribución .....	147
5.12.10.	Válvulas de Aire .....	151
5.12.11.	Válvulas de Limpieza.....	152
5.12.12.	Válvulas de Control .....	153
5.12.13.	Medidor de Agua.....	153

5.12.14.	Pasos de zanjón.....	155
5.12.15.	Pasos Aéreos.....	155
5.13.	Presupuesto del Proyecto .....	155
5.13.1.	Estructura de Cálculo de Costo Indirecto.....	155
5.13.2.	Estructura Organizativa de la Empresa.....	156
5.13.3.	Presupuesto De Cantidades de Obra.....	158
5.13.4.	Fichas De Costo.....	159
5.13.5.	Cantidades De Materiales.....	174
5.13.6.	Cantidades De Mano de Obra.....	175
5.13.7.	Cantidades De Herramientas y Equipo.....	175
5.13.8.	Presupuesto Consolidado Del Proyecto .....	175
VI.	Conclusiones .....	176
VII.	Recomendaciones.....	178
VIII.	Bibliografía.....	180
Anexos	.....	188

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Pasos para el Desarrollo de los PSA.....	38
Ilustración 2-Puntuación de la Probabilidad de Ocurrencia.....	42
Ilustración 3-Puntuación de la Gravedad.....	42
Ilustración 4-Characterización o Valorización del riesgo .....	43
Ilustración 5-Identificación de Peligros y Cuantificación del Riesgo en un Sistema Rural .....	43
Ilustración 6-Google Earth Pro con puntos tomados por un GPS .....	64
Ilustración 7-"Pointst from file" .....	65
Ilustración 8-Ventana para insertar los puntos.....	66
Ilustración 9-Ejemplo de puntos con hoja cartográfica .....	67
Ilustración 10- Ejemplo de tubería en Epanet.....	68
Ilustración 11-GPS utilizado en levantamiento de la Línea de Conducción.....	69
Ilustración 12-Formato de Ficha de Aforo.....	70
Ilustración 13-Formato de Encuesta Básica .....	71
Ilustración 14-Levantamiento Topográfico en La Ceibita, San Antonio de Cortés.....	72
Ilustración 15-Aforo realizado en la fuente Las Perdices.....	73
Ilustración 16-Censo en la comunidad de La Ceibita.....	74
Ilustración 17-Fuga en tubería de la red de distribución.....	75
Ilustración 18-Cronograma de Actividades.....	77
Ilustración 19-Fuente de captación de la comunidad de La Ceibita .....	78
Ilustración 20-Tubería inicial de la línea de conducción expuesta.....	79
Ilustración 21-Tanque de Almacenamiento Viejo.....	80
Ilustración 22-Línea de Conducción .....	81

Ilustración 23-Línea de Conducción aérea .....	82
Ilustración 24-Tubería expuesta y enmendada con bolsas.....	83
Ilustración 25-Salida de agua del filtro que presenta fugas.....	84
Ilustración 26-Agregado reutilizado en el filtro .....	84
Ilustración 27-Tanque Hipo clorador.....	85
Ilustración 28-Escaleras para subir al tanque en mal estado .....	86
Ilustración 29-Tubería de entrada de agua al tanque.....	87
Ilustración 30-Válvula de control en la salida del tanque de almacenamiento.....	87
Ilustración 31-Tubería de salida del tanque de HG .....	88
Ilustración 32-Tubería de la Red de Distribución expuesta .....	89
Ilustración 33-Tubería de la Red de Distribución de PVC expuesta .....	89
Ilustración 34-Tubería de PVC de paso aéreo en la red de distribución .....	90
Ilustración 35-Tubería que cruza por propiedades privadas.....	90
Ilustración 36-Tramo de laja que impide la excavación para la colocación de la tubería.....	91
Ilustración 37- Icono para Layer Properties .....	101
Ilustración 38-Botón para asignar nombre a los layers.....	102
Ilustración 39-Comando para hacer polilíneas.....	102
Ilustración 40-Comando "Save As" para guardar el documento .....	103
Ilustración 41-Guardar el documento con el nombre deseado .....	103
Ilustración 42-Programa de Epcad para convertir el archivo de Civil 3D.....	104
Ilustración 43-Comando "Vertex Mode" en Epcad.....	104
Ilustración 44-Software Epanet para las presiones y caudales de la red de distribución.....	105
Ilustración 45-Comando para inserción de elementos en Epanet .....	106

Ilustración 46-Comando Browser para mejor manejo del programa .....	107
Ilustración 47-Comandos "Data" y "Map" que sirven para ver los componentes de la red.....	107
Ilustración 48-Comando de Propiedades de la tubería.....	108
Ilustración 49-Características de los nodos y su demanda base .....	108
Ilustración 50-Comando "Tank" para agregar el tanque a la red de distribución.....	109
Ilustración 51-Comando "Properties" para ver las características del tanque.....	109
Ilustración 52-Propiedades del tanque.....	110
Ilustración 53-Comandos "View" y "Options" para configuraciones.....	111
Ilustración 54-Comando "Notation" para el análisis de datos.....	111
Ilustración 55-Comando "Navegador" para revisión de presiones y velocidades .....	111
Ilustración 56-Identificación de Nodos de la Red de Distribución Existente .....	112
Ilustración 57-Identificación de Tubería de la Red de Distribución Existente.....	113
Ilustración 58-Presiones en la Red de Distribución Existente .....	114
Ilustración 59-Velocidades en la Red de Distribución Existente .....	115
Ilustración 60-Identificación de Nodos en la Red de Distribución Existente Corregida .....	116
Ilustración 61-Identificación de Tubería de la Red de Distribución Existente Corregida .....	117
Ilustración 62-Presiones de la Red de Distribución Existente Corregida.....	118
Ilustración 63-Velocidades en la Red de Distribución Existente Corregida.....	119
Ilustración 64-Identificación de Nodos del Rediseño de la Red de Distribución .....	120
Ilustración 65-Identificación de Tubería del Rediseño de la Red de Distribución .....	121
Ilustración 66-Presiones del Rediseño de la Red de Distribución.....	122
Ilustración 67-Velocidades del Rediseño de la Red de Distribución.....	123
Ilustración 68-Cronograma de Actividades del Proyecto .....	188

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-Medición de caudal línea de aducción.....	9
Tabla 2-Datos básicos de los sistemas de agua.....	12
Tabla 3- Situación del Sistema de Agua, Ceibita, San Antonio de Cortés.....	18
Tabla 4-Duración de Periodo de Diseño.....	20
Tabla 5-Coeficiente Hazen Williams.....	28
Tabla 6-Diámetros para tubería de limpiezas y rebose en tanques de almacenamiento.....	31
Tabla 7-Velocidades y caudales máximos por diámetro en la red de distribución.....	34
Tabla 8-Variables de Operacionalización.....	54
Tabla 9-Diagrama de las Variables de Operacionalización del Proyecto.....	55
Tabla 10-Tabla de Operacionalización.....	56
Tabla 11-Tipos de Diseño empleados en el Proyecto.....	76
Tabla 12-Módulos de Elasticidad.....	96
Tabla 13-Coeficiente K con forme a la longitud.....	97
Tabla 14-Coeficiente C conforme a la pendiente.....	97
Tabla 15-Resumen de Nodos en la Red de Distribución Existente.....	124
Tabla 16-Resumen Tubería de la Red de Distribución Existente.....	125
Tabla 17-Resumen de Nodos de la Red de Distribución Existente Corregida.....	127
Tabla 18-Resumen Tubería Red de Distribución Existente Corregida.....	128
Tabla 19-Resumen de Nodos del Rediseño de la Red de Distribución.....	130
Tabla 20-Resumen Tubería del Rediseño de la Red de Distribución.....	131
Tabla 21-Resumen final del Diagnóstico Técnico de la Comunidad de La Ceibita.....	132

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo población futura por medio del método aritmético.....	21
Ecuación 2: Cálculo población futura por medio del método geométrico.....	21
Ecuación 3-Cálculo de Caudal Medio Diario .....	23
Ecuación 4-Cálculo de Caudal Máximo Diario.....	23
Ecuación 5-Cálculo de Caudal Máximo Horario.....	23
Ecuación 6: Cálculo perdidas por fricción mediante la fórmula de Hazen-Williams.....	27
Ecuación 7-Cálculo de tiempo de cierre .....	29
Ecuación 8-Cálculo de celeridad de la onda de presión.....	29
Ecuación 9-Cálculo de Sobrepresión por golpe de ariete.....	29
Ecuación 10-Cálculo de la cantidad de cloro granular .....	32

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1- Plano Topográfico .....	183
Plano 2- Planta Perfil .....	184
Plano 3- Plano General Propuesta Corregida .....	185
Plano 4- Plano General Rediseño .....	186
Plano 5- Plano General de Nodos .....	187

## I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable constituye un peldaño importante en el desarrollo de las regiones o países y de las poblaciones que habitan en los mismos. Un sistema de agua potable correctamente diseñado conlleva consecuencias positivas en la calidad de vida de las personas que tienen acceso a este servicio, en especial en el campo de la salud.

Se conoce que muchas de las pequeñas comunidades no cuentan con sistemas de agua potable o cuentan con sistemas que necesitan de urgente rehabilitación en Honduras. Así es el caso de la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés, la cual cuenta con un sistema de agua potable, pero presenta deficiencias a lo largo de la línea de conducción y la red de distribución, para poder solventar dichos problemas, se presentará una propuesta de diagnóstico técnico.

En el presente informe se expondrá la propuesta del diagnóstico técnico y el diseño del sistema de agua potable realizado ante la problemática que presenta actualmente la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés. La red de distribución se encuentra en malas condiciones, presenta fallas, filtraciones y presión insuficiente a lo largo de todo el trayecto, por ello, se tomarán en consideración las directrices establecidas por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA). A lo largo del proyecto se tomará en cuenta los diámetros de tubería óptimos para proponer un diseño económico que pueda suplir las necesidades que demanda la comunidad.

El sistema existente de agua potable de la zona fue construido en el año 1985. Debido a que en las normativas se estipula un periodo de diseño de 20 años, la municipalidad se ve apremiada a efectuar un diagnóstico hidráulico en el sistema de abastecimiento de agua potable para que la comunidad de La Ceibita goce de agua limpia ya que es un derecho para todas las personas.

Este documento metodológico presentará los objetivos, justificación, marco teórico, metodología, análisis y resultados proporcionados mediante el programa de Epanet para poder brindar las respectivas recomendaciones y conclusiones del proyecto.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El objetivo del capítulo se centra en presentar un panorama amplio en función de la problemática existente en la comunidad de La Ceibita, San Antonio de Cortés. Es por lo anterior, que se definen los precedentes del problema, definición del problema y justificación. Se dará evidencia de los requerimientos solicitados a partir de las preguntas de investigación y objetivos del proyecto; exponiendo así, las pautas a seguir para el cumplimiento del alcance de este.

### **2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA**

El Municipio de San Antonio de Cortés se fundó en el año 1844. Era conocido con el nombre de TELPEATE el cual significa "Estera de roca" pero que fue cambiado a San Antonio de Cortés en el año 1898. Se encuentra a 542 metros sobre el nivel del mar con un clima agradable. Ubicado en la parte sur del departamento de Cortés, en el Valle de Sula. (EcuRed, 2017, p. 2)

Actualmente, la comunidad cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, y una línea de conducción que consta de 502 metros de longitud. Principalmente, es utilizado para suministrar aproximadamente a 95 familias residentes en el municipio.

Debido a la falta de mantenimiento constante en las zonas afectadas de la comunidad es seguro que las estructuras hidráulicas presenten fugas o acumulación de residuos en las tuberías existentes. Esto implica a una pérdida en el caudal entrante a comparación al caudal de salida y una regulación ineficaz sobre la cantidad de personas conectadas de forma lícita al sistema de agua potable en la actualidad, esto conlleva a disminuir el caudal requerido para abastecer la demanda de la población.

Se deberá tomar en cuenta todas aquellas conexiones ilícitas que se encuentran en la comunidad ya que estas disminuyen la presión de agua en el sistema completo, lo cual dificulta la expansión del sistema y significa una inversión mayor para la municipalidad de San Antonio de Cortés. De igual manera existen problemas con la manipulación de las estructuras hidráulicas de la zona, ya que no existe un manual técnico que permita a cualquier individuo hacer uso de estas, de manera que su vida útil sea más cercana al periodo de diseño previsto en los cálculos de las obras.

Actualmente, la fuente de captación no abastece las necesidades de consumo de la población. Es imprescindible realizar una evaluación específica de nuevas fuentes de captación de agua para complementar el caudal necesario. Se aforó en la entrada y salida de la línea de conducción, evidenciando la existencia de fugas en la misma y actualmente se cuenta con un caudal aproximado de 3.847 gal/min.

Debido a la escasez de agua, es necesario recurrir a opciones de abastecimiento secundarias, como ser, una fuente nueva que comprenda de suficiente caudal para suministrar de forma adecuada la población de Ceibita. El nivel de riesgo que presenta la línea de conducción de la comunidad debido a la edad del sistema es alto, el cual requiere prioridad para su remplazo o reparación.

Con referencia a lo anterior, en el proceso de sedimentación se observan deficiencias puesto que existe la falta de mantenimiento constante, lo cual figura en cierto grado una pérdida de transparencia en las moléculas de agua, debido a la presencia de partículas en suspensión. Esto se debe al mal empleo de la dosis de hipoclorito de sodio.

Así mismo, es necesaria una rehabilitación del tanque de almacenamiento ya que presenta fugas en la parte inferior; es importante un diagnóstico para verificar que se puede recuperar, y de ésta forma generar una reducción significativa en el presupuesto de la obra. El tanque de almacenamiento cuenta con una capacidad aproximada de 5,000 galones, es por ello la importancia de buscar una solución que permita la extensión de la vida útil del mismo.

Asimismo, a lo largo de la red de distribución se presentan fugas, esto concierne a tener mayores pérdidas de caudal. Cabe mencionar que debido al diámetro de tubería que se contempla en la red que va desde 1" a 1/2", hace que este sea deficiente y disminuya la presión de llegada a cada uno de los lotes.

Haciéndose noción sobre las peculiares necesidades de la comunidad de Ceibita en el sistema de abastecimiento de agua potable, da como resultado disfuncionalidad en éste. A causa de la falta de mantenimiento constante y la obsolescencia en las zonas afectadas, se presenta reducción en la vida útil del sistema.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

A continuación, se aborda la problemática del sistema de agua potable en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés. Se planteará el problema para tener una noción de la situación actual en la que se encuentra la comunidad e identificar la necesidad en la que se encuentra, detallar la causa específica por la cual el sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad no cumple un correcto funcionamiento y corroborar el adecuado uso de las normativas de diseño.

### 2.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

“Existe la carencia de un plan de acción y mantenimiento ante la problemática del sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés y la verificación de la integridad física de la estructura hidráulica en función de las normativas de diseño Sistema Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).”

### 2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué características técnicas y constructivas deberá tener el sistema de abastecimiento de agua y qué medidas deberán considerarse para el aumento significativo del caudal, y así, satisfacer las necesidades de la población de la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés a corto y mediano plazo?

### **2.3. JUSTIFICACIÓN**

El sistema de agua potable es imprescindible para todas las personas, es por ello por lo que este debe de tener un buen funcionamiento. Siendo efectivo en todos los ámbitos posibles, esto conlleva a que deberá ser sostenible con el pasar del tiempo brindando un servicio continuo y eficaz. Estos sistemas se diseñan para un período de tiempo establecido, y pueden presentar diferentes problemas constructivos o de funcionamiento a lo largo de su vida útil. Es por ello imprescindible hacer un análisis del estado actual de la estructura y sus componentes. El mantenimiento de la estructura de una forma técnica, por lo que se deberá efectuar un diagnóstico para que cualquier persona pueda acceder a ella y realizar el mantenimiento, sin importar su grado de estudio o entendimiento del funcionamiento hidráulico del sistema.

En un sistema de abastecimiento es muy frecuente que se presenten fallas, como ser filtraciones de agua y obstrucción de las tuberías del sistema de distribución por desechos; del mismo modo, las conexiones clandestinas, que pueden ocasionar una reducción en las presiones totales de la red de distribución. En consecuencia, de lo antes mencionado, se muestra el caso de la comunidad de La Ceibita, la cual cuenta con 74 familias que están dentro del perímetro, con acceso al sistema y 21 familias no cuentan con acceso a un punto/sistema de agua.

El 30% de los hondureños no cuenta con un acceso directo a un abastecimiento de agua potable, esto implica que su fuente de obtención principal de agua potable se basa únicamente en ríos, quebradas o pozos subterráneos, sin tratamiento alguno. En la actualidad, 8 habitantes de cada 100,000 en Honduras, mueren por no tener acceso a una fuente tratada de agua potable. (FAO, 2017, p. 3)

Actualmente en la comunidad tienen un abastecimiento de agua poco eficiente, el cual es cambiante con el tiempo y aproximado de 2 gal/min a 3gal/min a lo largo del día. Con un yacimiento de agua proveniente de un Manantial/ Vertiente. La fuente de captación de la comunidad no es un área protegida y carece de un tratamiento para la distribución del agua que se desplaza por las tuberías en el sistema. Cabe mencionar que el sistema hidráulico, cuenta con más de 20 años de operación.

En un enfoque social, el mantenimiento frecuente conlleva a una mejor calidad de vida para las personas que disfrutan de este beneficio. De igual manera un diagnóstico brinda un registro de todas las personas que están conectadas a la red de distribución de agua potable y las que no, haciendo más fácil, en un futuro, la ampliación de la red a todos aquellos que no cuenten con ese derecho. Es importante que la población cuente con un abastecimiento de agua que se encuentre en condiciones óptimas para su consumo, evitando así la contaminación del agua por medio de residuos fecales o desechos tóxicos, que puedan causar algún tipo de enfermedad grave a las personas que la consuman y al medio ambiente que las rodea.

#### **2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) ¿Cuáles son las principales deficiencias en la integridad física del sistema de abastecimiento de agua potable?
- 2) ¿Qué acciones formarán parte del plan correctivo y propuesta de red de diseño del sistema de conducción?
- 3) ¿Qué recomendaciones y especificaciones constructivas formarán parte del plan de mantenimiento?
- 4) ¿A cuánto ascienden el costo por llevar a cabo las acciones correctivas y el mantenimiento anual del sistema?

#### **2.5. OBJETIVOS**

En el presente informe se especificarán los objetivos a cumplir, los cuales están divididos en objetivos general, que es el objetivo primordial que dicta qué se pretende desarrollar en la investigación y objetivos específicos, son las acciones puntuales del objetivo general los cuales estipulan un lineamiento a seguir para el correcto desarrollo del diagnóstico de la obra hidráulica, permitiendo llevar un mejor control en cuanto al seguimiento secuencial, sin sufrir desviaciones de los parámetros establecidos.

### 2.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar y rediseñar la línea de conducción actual de agua potable en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés, mediante las normativas del SANAA y fichas técnicas de Water for People, por medio de un plan de operación y mantenimiento de las obras hídricas.

### 2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Definir las deficiencias en la integridad física del sistema de abastecimiento de agua potable.
- 2) Identificar las acciones que formarán parte del plan correctivo y propuesta de red de diseño del sistema de conducción.
- 3) Brindar recomendaciones y especificaciones constructivas que formaran parte del plan de mantenimiento.
- 4) Estimar el monto aproximado de inversión para llevar a cabo el proyecto y el mantenimiento anual a proponer.

### **III. MARCO TEÓRICO**

En la actualidad, la problemática que conlleva a la escasez de agua potable es un tema de suma relevancia, en nuestra sociedad en crecimiento, no solo a nivel cultural, sino parte de la idiosincrasia de la sociedad. Dentro del marco teórico se describe el análisis de la situación actual, el cual se conforma por diversos factores que afectan el desarrollo de los sistemas potabilizadores de agua, partiendo desde un enfoque centroamericano, a nivel nacional y particularmente de la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés. Sobre la base de las condiciones anteriores, se hará énfasis en características demográficas, económicas, sociales, políticas, culturales y medioambientales según el análisis de la situación actual.

#### **3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN**

Para el análisis de la situación actual se tomarán en cuenta diferentes entornos que rodean el proyecto. De esta manera, extraer información adicional sobre las prácticas relacionadas al mismo, que proporcionen un valor agregado al desarrollo de la obra, ya sea en la etapa de diseño, construcción o ambas. Por ello el enfoque de dicho análisis estará centralizado en estudio del macroentorno, microentorno y un análisis interno de proyectos relacionados a diagnósticos técnicos y diseño de red de distribución.

##### **3.1.1. ANÁLISIS DEL MACROENTORNO**

El viceministro de la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (Mi Ambiente) (2019) afirma:

En Honduras el 70 % de la población tiene acceso al agua, pero no toda es apta para el consumo. El balance hídrico de Honduras es "positivo", ya que utiliza menos del 10 %. La red hídrica del país y la conformación de acuíferos (aguas subterráneas) es abastecida por un régimen de precipitaciones que oscila entre los 500 y los 3.800 milímetros de lluvia por año. (La Tribuna, 2019).

##### **CHIMBOTE, PERÚ**

La situación que presenta la ciudad de Chimbote, es consecuencia de su vertiginoso y desordenado crecimiento poblacional y la exigencia de atender con los servicios de saneamiento básico, que permita satisfacer las necesidades primordiales que es el Suministro de Agua potable y garantice las condiciones adecuadas a la población, teniendo en cuenta el aprovechamiento

máximo de las instalaciones existentes. La población servida con agua potable es de 185.143 habitantes y habitantes. Y con alcantarillado sanitario de 174,172. La ciudad de Chimbote se abastece de agua de 2 fuentes, la fuente de agua subterránea conformada por 15 pozos tubulares y la fuente de agua superficial sustentada por una planta de tratamiento ubicada en la zona sur de la ciudad. (Juan Alvites, 1996, p. 4)

Existen muchos sectores en donde las presiones de agua son muy bajas, lo que hace que existan frecuentes reclamos por parte de los usuarios. Así mismo, en los pozos se observa un descenso de los caudales, desde su inicio hasta la fecha. El ascenso de los niveles dinámicos indica claramente que el descenso en los caudales es causado por factores mecánicos y no por causas hidrogeológicas. El arenamiento apreciable de todos los pozos obstruye parte de los filtros por lo que llega menos agua al pozo, disminuyendo el caudal. Además, el daño causado por la arena es otro factor del descenso del caudal. Otro problema de determinar es la cobertura exacta del abastecimiento de agua es la indeterminación de las conexiones clandestinas que existen (Juan Alvites, 1996, p. 35)

La metodología empleada para las mediciones de caudal se realizó median pitometría y volumétrica. Pitometría es la técnica que nos permite hacer mediciones puntuales de caudal que pasa por una tubería presurizada.

Alvites (1996) afirma:

Un estudio Pitométrico es el proceso a través del cual se examina, desde el punto de vista operación y control, la configuración real de funcionamiento del sistema de Abastecimiento de Agua, utilizando una serie de equipos portátiles de campo. Utiliza el principio del tubo Pitot para obtener el diferencial de presiones provocada por la carga de velocidad. Es decir, permite medir la velocidad del agua en la tubería, de la cual se deduce el caudal (p. 84)

En la Tabla 1 se muestra una medición de caudal en la línea de conducción en los sectores de Laderas, Los pinos y 2 de junio.

**Tabla 1-Medición de caudal línea de aducción.**

<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Caudal (L/Seg)</b>	<b>Presión</b>	<b>Nvl. De Agua Reservoirio R2</b>
12/4/1996	06:24	60.8	21.01	4.5
	06:35	61.4	20.23	
	06:55	61.1	19.56	2.75

### Continuación Tabla 1...

07:15	60.9	19.25	
07:35	60.8	18.55	
07:55	60.9	17.85	1.1
08:15	60.9	16.45	

---

Fuente: (Martínez, 2007, p. 94).

### SAN ANTONIO PALOPÓ, GUATEMALA

El diagnóstico municipal de agua y saneamiento, desarrollado en todo el municipio, se planificó en función de criterios de priorización. Se evalúan los riesgos sanitarios que los sistemas puedan tener; ya que por el paso de la tormenta Stan fueron afectados la mayoría de los sistemas de agua potable. Estos fueron reparados provisionalmente, pero no se garantiza su buen funcionamiento

Delgado (2007) afirma:

La cobertura de sistemas de agua representa un 96%; el recurso hídrico más apropiado para abastecer de agua al municipio son los manantiales, debido a su facilidad de conducción en sistemas por gravedad y que genera menor costo de operación; pero debido a la escasez de estos recursos en el municipio ya no será posible en un futuro el uso de estos. En lo que respecta a saneamiento básico el porcentaje de cobertura varía entre 15% y 75%, siendo éste el que mayores deficiencias presenta y el de mayor inversión para llevar a cabo el diagnóstico. Se plantean soluciones factibles a cada uno de los problemas identificados que incluyen letrización, pozos sumideros, sistemas de drenajes, relleno sanitario y basureros familiares (p. 11)

Para el desarrollo efectivo del diagnóstico en este componente, se hizo necesaria la utilización de un proceso que combinara la información obtenida de manera directa (evaluación directa) con la información que se tiene en la actualidad acerca del área de estudio, para obtener los resultados que definan de manera concreta la situación actual de cada uno de los componentes que conforman los sistemas. Para ello se utilizaron los sistemas de información geográfica (SIG), por sus siglas en inglés GIS (geographic information system), así como cámara fotográfica, cronómetro y recipiente, como equipo principal. (Delgado, 2007, p. 13)

Para el diagnóstico de los sistemas de agua para consumo humano, se recorrió cada sistema desde la captación hasta las conexiones domiciliarias, con el fin de evaluar cada componente (captación, línea de conducción, tanque de distribución, sistema de desinfección y red de distribución). Se verificó si éstos contaban con los accesorios y unidades mínimas, para su buen funcionamiento, así como su estado físico, ya que por el paso de la tormenta Stan fueron afectados. Esto para el caso de los sistemas por gravedad con conexiones domiciliarias, que son los existentes en la mayoría de las comunidades. Mientras que para el sistema de pozos con bomba manual se evaluó la cantidad de agua existente y la profundidad a la que se encuentra el agua, así como el estado de sus componentes. (Delgado, 2007, p. 13)

Al igual que en los sistemas de agua para consumo humano, fue necesario recorrer cada sistema, evaluando los diferentes componentes que cada uno debe tener, los cuales están relacionados directamente con el riesgo sanitario, cobertura, estado y capacidad en administración operación y mantenimiento de los sistemas. Para evaluar cada componente se utilizaron boletas que permiten la evaluación de cada sistema existente en las diferentes comunidades. Para el caso de las letrinas se pregunta el tipo, se evalúan los conocimientos actitudes y prácticas de los usuarios, así como sus condiciones sanitarias, tomando en cuenta cada uno de los componentes que la conforman (techo, paredes, puerta, taza, tubo de ventilación, tapadera, losa y brocal). En el caso de pozos de absorción, la cobertura y el estado actual de sus componentes y para el manejo de desechos sólidos, se evalúa principalmente la cobertura de estos, así como los métodos adecuados existentes en cada comunidad. (Delgado, 2007, p. 21)

#### Situación diagnóstica de los sistemas actuales

Delgado (2007) afirma:

Actualmente las comunidades se abastecen por medio de sistemas de agua potable por gravedad con conexiones domiciliarias, utilizados por la mayoría de ellas. Una comunidad cuenta con sistema de pila comunitaria y otra con dos sistemas, de pozos con bomba manual y pila comunitaria. (p. 32)

En la Tabla 2 se muestra el tipo de sistema existente en cada comunidad, así como la localización de los nacimientos y la distancia a la que se encuentran de la comunidad.

**Tabla 2-Datos básicos de los sistemas de agua**

	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Año de construcción</b>	<b>No. De Fuentes</b>	<b>Localización de las fuentes</b>	<b>Distancia a la comunidad km.</b>
<b>Cabecera</b>	Por gravedad	1996	5	Chuitestancia	20
	Por gravedad	1990	6	Chirijaj, cabecera	0.8
<b>Xequistel</b>	Por gravedad	2006	1	Quekixajay	9.5
	Por gravedad	1992	1	Quekixajay	21
<b>Agua Escondida</b>	Por gravedad	2001	2	María del Carmen	14
	Por gravedad	1956	1	Ojo de Agua	2
	Por gravedad	1977	1	Paxulá, Patzún	5.5
<b>El Porvenir Chipop</b>	Por gravedad	1997	4	Potrerió	13
	Pila Comunitaria	1984	1	Coumunidad	0
<b>Ojo de Agua</b>	Por gravedad	1999	2	Quekixajay	13
	Por gravedad	1984	3	Panibaj, Patzún	4
<b>Tzancorral</b>	Por gravedad	1997	2	Patzún	3.5
	Por gravedad	1977	1	Paxulá, Patzún	5.5
<b>Chitulul</b>	Por gravedad	1993	1	Xetzac, Patzún	3.5
	Por gravedad	1977	1	Paxulá, Patzún	5.5
<b>El Naranjo</b>	Por gravedad	1977	1	Paxulá, Patzún	5.5
<b>San Gabriel</b>	Por gravedad	1977	1	Paxulá, Patzún	5.5
<b>Tzampetey</b>	Por gravedad	1977	1	Paxulá, Patzún	5.5
<b>San José Xiquinabaj</b>	Por gravedad	1994	6	Pacamán,	4.5

Fuente: (Rodríguez, 2007, p. 32).

Con la información brindada en la tabla 2, se puede observar que la mayoría de las comunidades cuentan con un sistema de agua potable por gravedad, a excepción de la comunidad de El Porvenir, la cual cuenta con una pila comunitaria.

Las autoridades locales que son generalmente las responsables del buen funcionamiento de los sistemas existentes deben garantizar que la calidad y cantidad del agua sea adecuada, por eso es importante que se tome en cuenta lo referente a la protección y conservación de las captaciones. Es necesaria la implementación de un estudio hidrogeológico, del cual se obtenga información referente a la explotación del recurso agua, debido a la escasez de fuentes superficiales en el municipio.

Delgado (2007) afirma:

Las condiciones en que se encuentra la población del municipio de San Antonio Palopó en los sistemas de agua potable y saneamiento del medio, son deficientes en la mayoría de los casos; principalmente, en el aspecto de saneamiento. Se deberá coordinar, a corto plazo, la implementación de sistemas de desinfección para los tres sistemas en los que el agua se encuentra contaminada y, crear campañas de capacitación para la operación adecuada de los métodos existentes en cada sistema. (p. 67)

## MÉXICO

Actualmente Ciudad Universitaria cuenta con una población de poco más de 150,000 individuos, conformada básicamente por estudiantes, académicos, investigadores, trabajadores y administrativos, sin contar a los cientos de visitantes que diariamente ingresan al Campus. Cuenta, en números redondos, con cerca de 240 hectáreas de reserva ecológica, cerca de 270 hectáreas de Planta física y estacionamientos y 220 hectáreas para riego y, hasta el año 2007, se contaba con 360 edificios agrupados en 160 conjuntos o dependencias.

Bajo este escenario, la demanda de servicios como agua potable, alcantarillado y energía eléctrica ha venido presentando un incremento en su nivel, ante lo cual, la Universidad a través de la Dirección General de Obras y Conservación se ha encargado de dar respuesta a estas demandas, aunque, como sucede en muchas otras partes del país, las condiciones de la infraestructura no son necesariamente las más óptimas, lo que genera que se vayan creando rezagos que poco a poco van disminuyendo la eficiencia de los servicios. (Villareal, 2008, p. 2)

Villareal (2008) afirma:

En el año 2006, la UNAM participó en el IV Foro Mundial del agua celebrado en la Ciudad de México, en donde se comenzó a gestar la idea de que la Universidad debiera contar con un programa de Uso eficiente de agua que ayudara a disminuir el consumo del líquido en todos sus campus; ya para el año 2007, en un estudio elaborado por la Facultad de Ciencias de la UNAM, se pugnaba por un programa rector para el manejo, uso y reúso eficiente del líquido; en el marco del primer Encuentro Universitario del Agua se continuó trabajando en el Hidro pacto, dando origen al Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM, PUMAGUA, el cual tiene por objetivo general: Formular e implantar un programa integral de manejo, uso y reúso del agua en cantidad y calidad en la U-AM. (p. 2)

La situación actual de la red de agua potable de Ciudad Universitaria de la UNAM es en verdad preocupante, ha crecido sobremanera y con muy poca planeación, lo que ha derivado en que su eficiencia no sea muy alta. Se cuenta con poca o nula medición en los edificios, cerca del 50% de la red es de acero, seguramente mucho de ese acero presenta ya problemas de incrustaciones, por si fuera poco, el vandalismo es algo a lo que la UNAM es también vulnerable.

González (2008) afirma:

La fuerte fluctuación de presiones que presenta la red lleva a desgastarla y a incrementar el número de fugas en la misma, sobre todo en los tramos de tubería en donde el material no es adecuado para el tipo de terreno de Ciudad Universitaria, tal como el PVC. Las tomas clandestinas de agua, como los lavacoques, han generado en los últimos años la generación de grupos que tienen el control de las tomas de agua que ocupan para su trabajo. No es justo que lucren con algo que es para la Universidad, aunque tampoco privarlos de su fuente de ingreso sería algo justo, lo que sí es regularlos para disminuir el gasto de agua que ocupan diariamente. Una de las medidas por parte de las autoridades universitarias será la de regular a estas personas. (p. 7)

Es necesario y justo reconocer el trabajo de los operadores que manejan los sistemas de abastecimiento de agua, su trabajo no es reconocido, es más, muchas veces no es valorado. Para el caso de UNAM, es necesario motivar a los trabajadores de la red de agua. Una de las formas de hacer esto, es dotándolos de las herramientas para que cumplan con su deber. A nadie le gusta que nos digan que hacemos no es lo óptimo; pero es necesario reconocerlo para abatir cualquier problema.

### 3.1.2. ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

#### LA SORTO, INTIBUCÁ

El sistema de la Sorto era insuficiente, por ello, la comunidad había adquirido una nueva fuente de agua que sirviese de complemento al sistema. La fuente de la que se abastecían es una quebrada en la que se capta el agua mediante una pequeña represa. El problema es que en época de lluvias y avenidas el agua se carga de sedimentos llevando al depósito agua de mala calidad; por otra parte, a esa quebrada llegan aguas de escorrentía que drenan tierras de cultivo en las que se utilizan pesticidas y abonos. Sin embargo, la nueva fuente adquirida es un manantial de agua de mayor calidad.

(Geólogos del mundo,2003) afirma:

La comunidad cuenta con 1.100 personas a las que abastece el sistema y para ello contaban con un almacenamiento de tan solo 8.000 galones, además la vida útil del depósito de agua ya había sido alcanzada. No tenía capacidad para almacenar el agua procedente de las fuentes con lo que se perdía a través del rebose del depósito. (p. 56)

Ante esta situación, las soluciones adoptadas por consenso fueron:

- Construir una obra de captación en la nueva fuente implementándole un filtro primario autolimpiable.
- Construir un nuevo depósito de almacenamiento de agua de 20.000 galones de capacidad.

#### TROJES, EL PARAÍSO

“El municipio de Trojes según la Alcaldía municipal cuenta con un número de 44,175 habitantes. El promedio de habitantes por viviendas es de 4.54 personas/viviendas en el área urbana y de 4.62 personas/viviendas en el área rural, para un promedio del municipio de 4.58 personas por cada vivienda habitada” (CONASA, 2015, p. 4).

Henry Arturo Gudiel (2015) afirma:

El 40.39% de cobertura de agua a nivel del municipio está muy por debajo del promedio nacional que oscila en más del 70%, por lo cual el reto para las autoridades municipales es grande y se requiere de una gran inversión ya que las comunidades que carecen del servicio son, las más alejadas, con soluciones técnicas complejas y con el costo beneficio muy alto. (p. 5)

Este municipio de Trojes forma parte del Parque Nacional Patuca y de la Biosfera Transfronteriza del Corazón del Corredor Biológico Mesoamericano Honduras-Nicaragua. Es muy rico en cuanto al recurso hídrico, existe varios ríos: Guineo o Namaslí; Arenas Blancas; Yamales; Poteca (Frontera con Nicaragua); Guano; Español Grande; Pital; Río Frío y la Cuenca del Río Coco o Segovia. También existen una serie de montañas: Agua Fría (1500 msnm); Capire (1437 m snm); San Agustín (1437 m snm); Río Guano (1202 msnm). (Gudiel, 2015, p. 15)

El bosque es en 75 % Latifoliado y 25 % de conífera; destacan el Cedro, Caoba, María, Níspero, Guaba, Guayabilla, Laurel, Granadillo, Pino, Roble, Liquidámbar y una gran variedad; la fauna silvestre está compuesta por una serie de animales como ser: Variedad de Loras, Guacamayas, Monos, Venados, Oropéndolas, Pericos, Ardillas tigres, Dantos, Coyotes, Mapaches, Jabalí, Gato de monte, Guatusas, Camaleón, Pisote, Tepezcuintle, Guazalo, Lechuzas, Palomas, Codornices y Tigrillos entre otros. (Gudiel, 2015, p. 15)

Del total de las microcuencas del municipio según el levantamiento de información del SIASAR del SANAA, existen 13 que se encuentran en buen estado (Está forestada, La toma de agua está cercada y protegida de contaminación.) 21 en regular estado (generalmente forestada) y el resto en mal estado, esto significa que están deforestadas, cultivos en su alrededor y presencia de humanos viviendo en las zonas de recarga de estas. (Gudiel, 2015, p. 16)

Gudiel (2015) afirma:

La UMA realiza en el área urbana, una serie de acciones que van desde la imposición de multas a los infractores, procesos de sensibilización, capacitación a los prestadores sobre protección y sensibilización a los usuarios sobre el vertido de aguas servidas. En el área rural las actividades las coordina con las juntas administradoras de agua potable y los patronatos, para la promoción de la delimitación de las microcuencas y la prevención de incendios forestales. (p. 16)

### 3.1.3. ANÁLISIS INTERNO

#### COMPONENTE DE ORGANIZACIÓN

“La comunidad de la Ceibita, San Antonio de Cortés, cuenta con la estructura administrativa tal como lo estipula la ley Marco de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento, con una directiva de 7 miembros, un comité de saneamiento básico y un comité de protección de microcuencas (consejo consultivo comunitario)” (Junta de agua, La Ceibita, 2017).

“La junta administrativa de esta comunidad cuenta con todos los controles y registros administrativos para una eficiente administración, como mecanismo de transparencia, y rendición de cuentas se tiene un libro de actas, talonarios de recibos de entradas y salidas, un sello, libro de ingresos y egresos, contrato de abonados, acta de compromiso de usuario, la ley, estatuto y personería jurídica” (Junta de agua, La Ceibita, 2017).

La Junta de agua, Comunidad La Ceiba (2017) afirma:

La comunidad cuenta con un plan de mantenimiento anual para asegurar la continuidad del sistema. En la cual se realizaron las siguientes actividades:

- 1) Limpieza de la presa
- 2) Limpieza de línea de conducción
- 3) Limpieza de tanque de almacenamiento
- 4) Vigilancia de la microcuenca y obras de captación
- 5) Manipuleo de válvulas y revisión de accesorios
- 6) Revisión de conexiones en las viviendas

#### MICROCUENCA

“La comunidad cuenta con un comité de protección de microcuenca, el cual está articulado al consejo consultivo comunitario, y se han realizado las actividades siguientes, vigilancia del área de la microcuenca, demarcación, identificación de fuentes, tipos de vegetación existente,

identificación de propietarios, cultivos en el área, se ha calculado el área total de la microcuenca y el caudal según todos los nacientes que existen en el área” (Junta de agua, La Ceibita, 2017).

## Educación e Higiene

“Se cuenta con un comité de saneamiento básico el cual dentro de su plan de acción está realizando visitas a cada familia de la comunidad, para evaluar 4 aspectos básicos, como ser higiene personal, saneamiento básico del hogar, el agua para tomar y el uso y mantenimiento de la letrina, contribuyendo con esto a mejorar las condiciones de salud en las familias de la comunidad” (Junta de agua, La Ceibita, 2017).

En la Tabla 3 se muestra el estado en el que se encuentra cada una de las partes que conforman el Sistema de Agua Potable existente en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés.

**Tabla 3- Situación del Sistema de Agua, Ceibita, San Antonio de Cortés.**

<b>Microcuenca</b>	<b>Línea de Conducción</b>	<b>Tanque de Almacenamiento</b>	<b>Red de Distribución</b>
Tienen 2 fuentes de agua las cuales producen 17,280 gal/día en invierno	La línea tiene una longitud de 502 metros lineales, no cuenta con válvulas de aire y tiene solamente 1 válvula de limpieza	Tanque de forma circular, con capacidad de 5,000 galones	La red de distribución tiene una longitud de 3,423 metros
Se encuentra en mal estado, debido a problemas de deforestación, producto de la tala de árboles de pino por plaga de gorgojo	La tubería se encuentra en mal estado en su totalidad	Se encuentra en mal estado	Se encuentra en mal estado, tiene fugas.

### Continuación Tabla 3...

Diámetro: 1"	Diámetro: entra de 1" y sale de 2"	Diámetro: 2"- 1 ½"- 1" - ¾"
--------------	---------------------------------------	--------------------------------

---

Fuente: (Junta de Agua, Ceibita, 2019).

En la Tabla 3, se muestra que el Sistema de Agua Potable de la comunidad de Ceibita no se encuentra en condiciones óptimas.

“Con respecto al caudal, en la fuente se obtiene un caudal de 3 gal/min, el cual no cumple con el mínimo que es entre 10 y 12 gal/min para poder abastecer la comunidad. No se ha implementado ninguna solución a dichos problemas” (Municipalidad San Antonio de Cortés, 2019).

### 3.2. TEORÍAS DE SUSTENTO

A partir de la problemática que presenta la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés, se procede a conocer la teoría de sustento, la cual determina las normativas que serán aplicadas para la realización del proyecto actual. El desarrollo del diseño de un sistema de agua potable, es de suma importancia que se encuentre regido por normas, las cuales son creadas por una organización instaurada dentro del país. En el caso de Honduras, la organización destinada a regir dichas normas es el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado (SANAA), en dicho manual se especifica los parámetros con los que debe contar un proyecto de agua potable. Por otra parte, el Manual Simplificado para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA) y el Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable por Gravedad (UNICEF), son de mucho beneficio para el desarrollo del diagnóstico técnico y el mantenimiento de sistemas hidráulicos. El diagnóstico estará sustentado por las normativas antes mencionadas, con la finalidad de proporcionar soluciones y mejoras técnicas en el desarrollo del proyecto.

### 3.2.1. SISTEMA AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (SANAA)

#### 1) Período de Diseño

Tomando en cuenta la durabilidad y vida útil de las tuberías, accesorios, materiales de construcción y el período que conlleva el diseño y la construcción, se ha determinado un período de diseño de 20 años para todas las partes del sistema. A excepción de los equipos de bombeo que se diseñarán para 10 años. Aquellos sistemas que ya cumplieron con su período, es decir 20 años o más y que requieran mejoras en todas las partes del sistema, se considerará como acueducto nuevo.

**Tabla 4-Duración de Periodo de Diseño**

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN (años)
Obras Toma	20
Líneas de Conducción y sus elementos	20
Plantas potabilizadoras	20
Tanques de Almacenamiento	20
Líneas de Distribución	20
<b>Estaciones de Bombeo</b>	
Estructuras	20
Equipos	10
Red de Distribución	20
Pozos Perforados	10 a 15

Fuente: SANAA (2013).

#### 2) Índice de Crecimiento

Se tomará como índice de crecimiento anual 3%, el cual representa el promedio a nivel nacional según datos recabados por la Dirección General de Censos y Estadísticas. Si la Comunidad ha tenido un desarrollo inusitado, este índice podrá ser calculado tomando en cuenta censos anteriores suficientes como para pronosticar su tendencia futura. En casos de asentamientos

campesinos y proyectos habitacionales se tomará la densidad de saturación del proyecto como población futura.

### 3) Cálculo de la Población

El diseño de los Acueductos se deberá hacer de acuerdo con la población y número de viviendas resultante del levantamiento topográfico, cuando éstas sean mayores que lo reportado en la encuesta, la cual se considera como el último censo realizado y así evitar la confusión de que el número de conexiones sea mayor que el número de viviendas de la encuesta preliminar. El número mínimo de viviendas que deberán aparecer en el plano topográfico serán las de la encuesta básica. De no tener una encuesta se calculará la población actual multiplicando la cantidad de viviendas por 6 habitantes por casa. Conociendo los factores que condicionaron el crecimiento de la Comunidad es posible aplicar éstos estimar su población futura. Para hacer tal cálculo se utilizará el método aritmético y con menos frecuencia, el método geométrico. Se podrá considerar el cálculo de la población por el método de saturación, cuando solamente esté bien definida el área de la comunidad a ser beneficiada.

#### 3.1) Método Aritmético

El método supone una variación lineal de la población en el tiempo.

$$Pf = Po(1 + \frac{Kt}{100})$$

#### **Ecuación 1: Cálculo población futura por medio del método aritmético.**

Donde:

- Pf: Población futura
- Po: Población actual
- k: Tasa de crecimiento anual
- t: Período de diseño

#### 3.2) Método Geométrico

Este método se utilizará preferiblemente para poblaciones de más de 2,000 habitantes.

$$Pf = Po(1 + r)^t$$

#### **Ecuación 2: Cálculo población futura por medio del método geométrico**

Donde:

- Pf: Población futura
- Po: Población actual
- r: Tasa de crecimiento anual
- t: Período de diseño

#### 4) Dotaciones

La dotación generalizada para poblaciones menores de 2,000 habitantes será de 25 lppd. En las comunidades de poblaciones mayores de 2,000 habitantes las dotaciones deberán satisfacer todas las necesidades abajo apuntadas.

- a) Consumo Doméstico.
- b) Consumo Industrial y Comercial.
- c) Consumo Público.
- d) Consumo Pérdida y Desperdicios.

Con el objeto de que los abastecimientos de agua presten un servicio adecuado durante cualquier época del año, se deberán tomar en cuenta los requisitos a continuación detallada:

#### 4.2) Dotaciones para el diseño

- a) Para cuando se tengan datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se utilizarán los datos reales sin exceder de 120 litros por persona por día.
- b) Para cuando no existen datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se asignará una dotación de 75 a 100 litros por persona por día, dependiendo de las condiciones climáticas y disponibilidad de agua para el proyecto.
- c) En Proyectos con bombeo bajo condiciones especiales (energía solar, rueda hidráulica, otros) o con severa limitación de la fuente de suministro, se podrá asignar una dotación de 50 litros por persona día, para atender las necesidades básicas de consumo e higiene.

#### 5) Coeficiente y variación de consumo

Básicamente, tendremos 3 tipos de consumo:

- a) Consumo Medio Diario: Demanda promedio requerida para satisfacer las necesidades.

- b) Consumo Máximo Diario: Valor de la demanda máxima diaria durante el año.
- c) Consumo Máximo Horario: Valor del consumo máximo horario en el día de máxima demanda del año.

En el diseño se utilizarán los siguientes coeficientes de variación:

- a) Consumo Medio Diario: 1 K

$$QMD = \left[ \frac{P * D}{86,400} \right]$$

### **Ecuación 3-Cálculo de Caudal Medio Diario**

Donde:

- Qm: Caudal medio diario en l/s
  - P: Población futura
  - D: Dotación en lppd
- b) Consumo Máximo Diario: 1.5 K (se utilizará este valor en el diseño de la línea de conducción y planta de tratamiento y el "Q" mínimo de la fuente no será inferior a él en los casos en que exista almacenamiento).

$$QMaxD = QMD * 1.5$$

### **Ecuación 4-Cálculo de Caudal Máximo Diario**

Donde:

- QMaxD: Consumo máximo diario en l/s
  - Cvd: Coeficiente de variación diario (usar 1.5)
  - Qmd: Consumo medio diario
- c) Consumo Máximo Horario: 2.25 K (se utilizará en el diseño de la línea y red de distribución y cuando no exista almacenamiento)

$$QMaxH = QMD * 2.25$$

### **Ecuación 5-Cálculo de Caudal Máximo Horario**

Donde:

- QMaxH: Consumo máximo horario en l/s
- Cv<sub>h</sub>: Coeficiente de variación horaria (usar 2.25)
- CMD: Consumo medio diario
- 6) Coeficiente de Rugosidad

Para el cálculo de pérdidas por fricción en la tubería se utilizará la fórmula de Hazen Williams donde el coeficiente de rugosidad "C" a utilizarse será:

Tubería de Hierro Galvanizado (HG).....100

Tubería de Polivinilo (PVC).....140

#### 7) Fuentes de Abastecimiento

Según su origen las fuentes de abastecimiento de agua se pueden catalogar tres formas principales:

- Agua Superficial.
- Agua Subterránea.
- Agua Lluvia.

Estas tres alternativas se deben estudiar basándose en:

- Capacidad.
- Examen fisicoquímico.
- Examen Bacteriológico.
- Análisis Beneficio-Costo.

Se adoptarán los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud en 1964 para establecer la calidad de las fuentes a usarse.

## OBRAS DE CAPTACIÓN

Son las estructuras diseñadas para el aprovechamiento del flujo durante todo el año. Características del lugar para protección de la estructura y calidad del agua. El lugar escogido deberá reunir las siguientes condiciones.

- a) La elevación de la obra de captación sobre el pueblo deberá ser suficiente para asegurar buenas presiones en la red.
- b) Aguas arriba del lugar escogido no existirá ninguna forma de contaminación, ya sea animal, humana, industrial, mineral, etc.
- c) El lugar escogido deberá estar bien reforestado, así como el resto de la cuenca.
- d) Se escogerá un tramo recto de la quebrada evitando las curvas y con pendiente suave. De preferencia hacerse en alguna garganta del río.
- e) Los taludes a ambos lados del río no deberán ser verticales pues esto favorece los derrumbes, sino más bien, con una inclinación suave que permita el empotramiento cuando se construya una presa. Si tal empotramiento puede hacerse en roca, mucho mejor.
- f) Se les dará preferencia a los manantiales ya que estos nos garantizan una mejor calidad de las aguas.
- g) La cuenca debe tener problemas mínimos de erosión y el cauce debe ofrecer estabilidad en una distancia considerable aguas arriba y aguas abajo del sitio de toma.

### 1) Tipo de Obra

De acuerdo con la fuente escogida se construirá la obra de toma que más se adapte a nuestras necesidades. Básicamente, se utilizarán dos tipos de estructuras.

- a) Caja Colectora.
- b) Presa.

Y con menos frecuencia, dependiendo de las características del sitio y la fuente:

- c) Galerías de Infiltración.
- d) Prefiltros.
- e) Pozos.

## 2) Cajas Colectoras

Son recipientes cerrados, e impermeables contruidos de ladrillo rafón, concreto y piedra. Se utilizan para la recolección de agua de manantiales mediante el uso de un canal que lleva el flujo hasta la caja. En algunos casos especiales, la caja se alimentará de ríos grandes, parte de los cuales está siendo desviado hacia ella. En casos en que la toma sea directa, la caja será dimensionada de acuerdo con las necesidades de almacenaje de la comunidad. Para la calidad del agua es imprescindible la limpieza y protección constante de la obra.

Además, en su diseño, se tomarán en cuenta las siguientes condiciones:

- a) Se construirá la caja de un material impermeable.
- b) La caja se diseñará de acuerdo con la producción de la fuente garantizando el flujo del manantial.
- c) Deberá estar provisto de tubería de salida, rebose, limpieza y drenaje con la capacidad suficiente. Además, llevará boca de inspección.
- d) El rebose de la caja estará a un nivel menor que la salida a la superficie del manantial para no crear una presión que se opusiera al libre flujo del agua lo cual la desviaría.
- e) Todas las aberturas de la caja estarán protegidas para evitar la entrada de agentes externos superficiales.

## LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Es la línea de tubería que conduce el agua de la obra de toma hasta el tanque. Preferiblemente funcionará por gravedad y se diseñará para un caudal mínimo igual al consumo máximo diario. Los conductos deberán ser cerrados y trabajarán a presión. Llevará todas las obras necesarias para su protección como ser válvulas de limpieza y aire, anclajes y rompe cargas.

### 1) Tipo de Tubería

Se utilizarán tuberías con resistencia a cargas externas de impacto, así como a sustancias químicas, deberán tener superficie lisa, sin protuberancia. Las tuberías que se usarán con más frecuencia serán de PVC y HG en todos los diámetros comerciales.

La selección del material de tubería a utilizarse dependerá de la topografía del lugar y la clase del terreno. En el análisis hidráulico se calcularán las presiones hidrostáticas de toda la línea y se representarán con líneas de presión (gradiente hidráulico y nivel estático) las cuales servirán para decidir la clase de tubería y las obras accesorias necesarias para la protección de esta. Se evitará ante todo sobrepasar las presiones de trabajo de la tubería. El diámetro mínimo aceptable en la línea será de 1" Ø HG y hasta ¾" Ø PVC y la presión de trabajo máxima será de 160 lbs/pulg<sup>2</sup> para PVC y 350 lbs/pulg<sup>2</sup> para HG. Para la línea de conducción además de calcular la gradiente hidráulica de diseño se calculará la gradiente hidráulica real.

## 2) Consideraciones Hidráulicas

- Las presiones no sobrepasarán los límites de presión de trabajo de la tubería usada.
- Dónde fuera necesario romper presiones se utilizarán tanques rompe cargas.
- En ningún momento deberán aparecer las líneas de presión abajo del nivel del terreno (enterradas) para lo cual deberá tomarse especial cuidado en el diseño hidráulico. Se instalarán tubos ventila a la salida de cualquiera de las estructuras que se ubiquen en: el trayecto, tales como: obras de tomas, rompe cargas, cámaras distribuidoras y tanques de distribución. La altura del tubo de ventila dependerá del nivel del agua en la estructura, se adoptará como mínimo 2 m de longitud.
- Para la determinación de las pérdidas por fricción de tubería se utilizará la fórmula de Hazen Williams.

$$\frac{hf}{1000} = \left( \frac{147.85Q}{CD^{2.63}} \right)^{1.852}$$

### **Ecuación 6: Cálculo perdidas por fricción mediante la fórmula de Hazen-Williams**

Donde:

Hf: Pérdidas por fricción.

Q: Caudal en gpm.

D: Diámetro en pulgadas.

C: Coeficiente de rugosidad el que dependerá del material de la tubería.

El coeficiente de fricción recomendado para la fórmula de Hazen-Williams para diferentes tipos de materiales se indica en la Tabla 5

**Tabla 5-Coeficiente Hazen Williams**

<b>Material del conducto</b>	<b>C</b>
Cloruro de Polivinilo (PVC)	140
Hierro fundido corriente (interior y exterior)	100
Hierro fundido revestido de cemento	100
Hierro "dúctil"	100

Fuente: (SANAA, 2013 p.28).

### 3) Accesorios

Para un mejor funcionamiento hidráulico y facilidades de mantenimiento se instalarán los siguientes accesorios: Válvula de aire: Se colocarán en los puntos más elevados de la línea especialmente donde la línea piezométrica pasa muy cerca del terreno para evitar el estrangulamiento de la sección útil de la tubería por acumulación de aire. El diámetro de esta válvula será de 1/2" donde irá instalada dentro de una caja protectora.

Válvulas de limpieza: Estos son dispositivos que permiten la descarga de los sedimentos acumulados en la línea. Consta de una derivación de la línea principal con su válvula de compuerta de 1" Ø como mínimo. Se colocan en los puntos bajos de la línea hasta donde puedan ser arrastrados los depósitos. También irá protegida por su caja de válvulas correspondiente. El diámetro se podrá escoger mediante la relación "D/3", donde "D" es el diámetro de la línea principal.

### 4) Golpe de Ariete

Las tuberías deberán resistir presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete, y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico. La sobrepresión por golpe de ariete se calculará con la teoría de Joukovsky, u otra similar como también por fórmulas y nomogramas recomendada por los fabricantes.

$$T = \frac{2 * L}{a}$$

### **Ecuación 7-Cálculo de tiempo de cierre**

$$a = \frac{1425}{\sqrt{\left(1 + \frac{E_a * D}{E_t * e}\right)}}$$

### **Ecuación 8-Cálculo de celeridad de la onda de presión**

$$H_1 = \frac{145 * V}{\sqrt{\left(1 + \frac{E_a * D}{E_t * e}\right)}}$$

### **Ecuación 9-Cálculo de Sobrepresión por golpe de ariete**

Donde:

- T = tiempo de cierre en s
- h1 = sobrepresión de inercia por golpe de ariete en m
- V = velocidad del agua en la tubería en m/s
- Ea = módulo de elasticidad del agua, en kg/cm<sup>2</sup> (20,738 kg/ cm<sup>2</sup>)
- D = diámetro interior de la tubería en cm
- e = espesor de la tubería en cm
- Et = módulo de elasticidad del material de la tubería en kg/cm<sup>2</sup> (30,000 kg/ cm<sup>2</sup>, si es PVC)
- L = longitud de la tubería en m
- a= celeridad de la onda de presión en m/s

## **TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

La función principal de los tanques de almacenamiento es la de suministrar reservas que cubren las variaciones horarias del consumo de la comunidad y las necesidades de ésta cuando requiera reparaciones la obra de toma y la línea de conducción.

El tanque se colocará en un lugar con suficiente altura que permita una presión mínima de 10 m en el punto más desfavorable de la red. Además de preferencia en un área grande, plana y a una distancia que facilite el mantenimiento de este. Dentro de las mejoras cuando de necesite complementar la capacidad del tanque existente, la ubicación de éste será preferiblemente a la par, si la topografía lo permite para que las tuberías de entrada y salida estén al mismo nivel. En caso contrario que la topografía no favorezca la ubicación a la par, se colocará lo más próximo a él, para no alterar las presiones existentes en la red y llevará una válvula check en la tubería de salida la cual será independiente de la salida del tanque existente al igual que la tubería de entrada y ambos tanques tendrán sus respectivas tuberías de limpieza y rebose.

Deberá hacerse un análisis de presiones de la red cuando el tanque complementario esté más bajo del existente.

#### 1) Volumen de Almacenamiento

Se ha determinado que la capacidad del tanque representará de un 30% a 40% del consumo medio diario en los sistemas por gravedad.

En los sistemas de bombeo la capacidad estará determinada por el tiempo de bombeo y por el período de bombeo; es decir, a mayor tiempo de bombeo, menor capacidad de tanque y viceversa, pero también existirán diferencias para un mismo tiempo de bombeo en función del horario o período que se seleccionan. En estos sistemas la capacidad del tanque será de un 20% a 50% del "Q medio".

#### 2) Accesorios del Tanque de Almacenamiento

Los tanques llevarán:

- a) Tubería de entrada: será de HG del mismo diámetro que la línea de conducción además se colocará una válvula de igual diámetro y los accesorios correspondientes.
- b) La tubería de salida: estará preferiblemente en el extremo opuesto de la entrada. Será de HG y tendrá el diámetro de la línea o red de distribución. Esta tubería estará de 0.15 a 0.20 metros sobre el piso del tanque, la salida llevará pascón y válvula de control.

- c) Rebose y limpieza: el tubo de rebose estará a la altura útil, o sea a 0.20 metros del techo del tanque dejando este volumen para aireación, dejando en la salida un sifón hidráulico y del mismo diámetro del tubo de rebose, luego descargará a una distancia apropiada y segura.

El tubo de limpieza será independiente del rebose, no llevará válvula sino solamente un tapón hembra HG, el diámetro de la tubería de limpieza y rebose dependerá del volumen del tanque, así:

**Tabla 6-Diámetros para tubería de limpiezas y rebose en tanques de almacenamiento**

<b>Volumen (Galones)</b>	<b>Diámetro de Tubería de Limpieza y Rebose</b>
5000.00	2"
10000.00	3"
15000.00	3"
20000.00 y mayor	4"

Fuente: (SANAA,2013, p.34)

- d) Hipo clorador: llevará tubería de HG de ½" Ø o de 1" Ø.  
 e) Se colocará un respirador de 1" Ø HG y sus respectivos accesorios.

## DESINFECCIÓN

La desinfección del agua se hará utilizando hipoclorito de calcio (HTH) el cual se aplicará al agua almacenada a través de un hipo clorador construido sobre el tanque.

### 1) Período de Contacto

Se ha establecido un mínimo de 30 minutos para que se verifique las acciones mutuas entre el cloro y el agua y lograr una desinfección eficaz. Se deberán obtener un cloro residual en la red de 0.5 mg/lit.

## 2) Dosificación

Dependerá de las aguas tratadas. Para aguas turbias se probará una dosis inicial de 1.6 mg/l de cloro y para aguas claras 1 mg/l.

Deberá agregarse también una cantidad adicional, como cloro residual, para cualquier contaminación posterior. En todo caso se recomienda efectuar un análisis previo de la demanda de cloro. La cantidad de cloro para un período específico y basándose en la cantidad de agua a tratarse se calculará así:

$$G = \frac{CMD}{f}$$

### **Ecuación 10-Cálculo de la cantidad de cloro granular**

Donde:

- G = Cantidad de cloro granular en gramos.
- C = Grado de concentración deseada de cloro en el agua tratada en mg/l.
- M = Cantidad de agua a tratar en m<sup>3</sup>.
- D = Número de días que durará la solución (no mayor de 7 días).
- f = Factor de concentración primaria del cloro granular.

## 3) Dimensionamiento del Hipo clorador

El volumen del dosificador en solución (hipo clorador tipo) es de 384 l. Será rectangular y se construirá sobre el tanque, llevará ciertos dispositivos que ajustarán el goteo calculado. La cantidad mínima de solución debe alimentar el sistema por ocho días consecutivos.

## LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

Se denomina "línea de distribución" al componente del sistema que une al tanque de almacenamiento con la red de distribución. Su cálculo hidráulico, detalle de tubería y accesorios y de más obras especiales serán las mismas que se indicaron en la parte de la línea de conducción, con la única diferencia de que el caudal de diseño es el máximo horario. La velocidad máxima será de 5 m/seg, pero en el caso de altas cargas hidrostáticas y longitudes considerables deberá

verificarse el "golpe de ariete" y reducir la velocidad del fluido. Se recomienda determinar el tiempo de cierre de la válvula para que no ocurra el "golpe de ariete", es decir ( $T < T_c$ ) o para que no se sobrepase algún límite de presión preestablecido.

T: tiempo de cierre de válvula

$T_c$ : Tiempo crítico de cierre de la válvula.

## RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es la parte del Sistema cuya función es poder entregar a la población un suministro eficiente y continuo de agua en cantidad y presión adecuadas durante todo el periodo de diseño.

### 1) Diseño Hidráulico

El diseño y análisis de la red debe hacerse para las condiciones más favorables y por esa razón se hará para las condiciones de consumo Máximo Horario (no se considera demanda de incendio).

C. Máx.  $H = K_2$  (CMD)

$K_2$ : Factor de variación de Hora Máxima: 2.25

### 2) Presiones

La red debe mantener presiones de servicio mínimas capaces de llevar agua al interior de las viviendas y también existirán en la red presiones máximas de manera que no provoquen daño en las conexiones. Así la presión mínima será de 10 m y la presión máxima de 60 m. Esto obligará a separar redes (alta y baja), cuando la topografía es irregular mediante tanques, tanques rompe cargas o válvulas reductoras de presión.

Al hablar de presiones mínimas nos referimos a la presión hidrodinámica que será de 10 m y la presión máxima nos referimos a la presión hidrostática que será de 60 m.

### 3) Caudales

La asignación de caudales se hará por el método "gasto unitario", áreas tributarias y densidad de población.

#### 4) Tipos de Redes

Se considerarán principalmente de acuerdo con su configuración dos tipos: redes abiertas y redes por circuitos cerrados. Preferiblemente se diseñarán redes con circuitos cerrados y sólo excepcionalmente se hará de otro tipo.

#### 5) Diámetro

Estos serán determinados en función de las velocidades económicas y de las presiones que se estimen dentro de la red las cuales estarán dentro de los límites anteriormente establecidos.

**Tabla 7-Velocidades y caudales máximos por diámetro en la red de distribución.**

Diámetro		Velocidad Máxima (m/seg)	Caudal Máximo (gpm)
mm	plg		
25	1	0.60	4.67
50	2	0.60	18.68
75	3	0.70	49.02
100	4	0.75	93.38
150	6	0.80	224.10
200	8	0.90	448.21
250	10	1.00	778.14
300	12	1.10	1232.57

Fuente: (SANAA ,2013, p.95)

La velocidad mínima será de 0.60 m/seg y la máxima de 3 m/seg. Por otra parte, el diámetro mínimo de la red será de 1" Ø en circuitos cerrados y tubería de relleno, y hasta de ½" Ø en extremos muertos que alimenten hasta tres viviendas.

#### 6) Análisis de Red

Se utilizará el método de Hardy Cross, o el método Sagastume y el método de densidad de población. Tubería y Accesorios

La tubería para utilizarse será de hierro galvanizado, PVC o combinación de ambas normalizadas bajo las denominaciones SCH-40 y SDR, respectivamente.

Los accesorios serán del tipo de unión correspondiente según la tubería. El tipo y clase de tubería seleccionada se regirá basándose en el tipo de suelo del área del proyecto y a la presión de trabajo.

### 7) Ubicación de Válvulas

El objeto de las válvulas es lograr que el sistema sea eficiente y que se faciliten las funciones de operación y mantenimiento. Para ello deberán ser colocadas estratégicamente y de acuerdo con el buen criterio del diseñador. Las válvulas se protegerán mediante cajas o cámaras.

### 8) Zanjas

La profundidad de instalación de la tubería hasta un diámetro de 4" será de 0.60 m. En áreas transitables mediante vehículo automotor se instalará a una profundidad de 0.80 m. El ancho del zanja será de 0.40 m para diámetros de hasta 4".

## CONEXIONES DOMICILIARIAS

Todas las acometidas se instalarán con tubería de ½" Ø con su respectiva llave spita y los accesorios necesarios para su incorporación al sistema.

### 1) Llaves Públicas

Cuando por problemas de topografía, distancia excesiva o de tipo económico y que no sea posible llevar el agua a varias viviendas se le instalará en el punto más idóneo una llave pública de la cual podrán abastecerse.

### 3.2.2. MANUAL PARA EL DESARROLLO DE PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA (PSA)

"La Metodología de Planes de Seguridad del Agua (PSA) se basa en el Análisis de Peligros, Valorización de Riesgos y Determinación de Puntos Críticos de Control. Es un sistema que identifica, evalúa y controla riesgos significativos para la seguridad del agua" (Argueta, 2012, p. 14).

Se puede decir que provee una metodología para identificar y evaluar los distintos peligros y riesgos asociados a las diferentes etapas del sistema de agua desde la microcuenca, captación, potabilización, Almacenamiento, distribución del agua a través de las redes de distribución y conexiones domiciliarias y finalmente el manejo del agua en el domicilio. En él, se identifican las

situaciones que puedan dañar la infraestructura, afectar la calidad del agua, y poner en riesgo el suministro de agua a la comunidad. (Argueta, 2012, p. 14).

### BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN PSA

Un Plan de Seguridad del Agua detecta los peligros asociados tanto a la calidad del agua, como situaciones que pueden producir alguna afectación a la infraestructura y al servicio que brinda el Prestador. El PSA es una herramienta para el prestador del servicio de agua potable en la gestión de Riesgos Sanitarios, Ambientales, Tecnológicos y para la Sostenibilidad de su sistema de agua, ya que ayudará a:

- a) Identificar las amenazas naturales en todo el sistema.
- b) Identificar los componentes del sistema que necesitan inversión para mejorarlos.
- c) Identificar aspectos administrativos que inciden en la adecuada operación y mantenimiento del sistema.
- d) Presupuestar o gestionar recursos para hacer reparaciones y actividades específicas que mejoren la infraestructura del sistema de agua

Entre otros, la aplicación de los PSA traerá los siguientes beneficios a los Prestadores en particular y a las comunidades en general:

- a) Estarán preparadas para responder ante un evento o amenaza que pueda incrementar la vulnerabilidad del sistema tanto en aspectos estructurales como operacionales y por consiguiente podrán manejar adecuadamente los riesgos del sistema de agua potable.
- b) Obtendrán mejoría de la calidad de agua en la fuente de abastecimiento debido a actividades de prevención en la microcuenca.
- c) Tendrán información disponible en casos de emergencia, sobre los peligros y riesgos a que está expuesto su sistema, con la simple consulta del PSA.
- d) Simplificarán la toma de decisiones al estar definidas en consenso las medidas que se deben implementar para corregir los peligros y disminuir los riesgos.

- e) Ayudan al Prestador a cumplir las disposiciones de la legislación vigente en lo referente a la calidad del agua para consumo humano y a promover la participación de la comunidad en mejorar su sistema de agua.
- f) Priorizan las necesidades de inversión para realizar mejoras sostenibles en la infraestructura de los sistemas.
- g) Identificarán la necesidad de incorporación de nuevos componentes para mejorar la calidad del agua en la época de lluvia cuando se les incrementa la turbiedad, como ser presedimentadores, prefiltros, entre otros.
- h) Contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento ya que en la medida que se reduce la contaminación en la fuente habrá reducción de costos en la potabilización del agua.

#### PASOS PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA EN PEQUEÑOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA

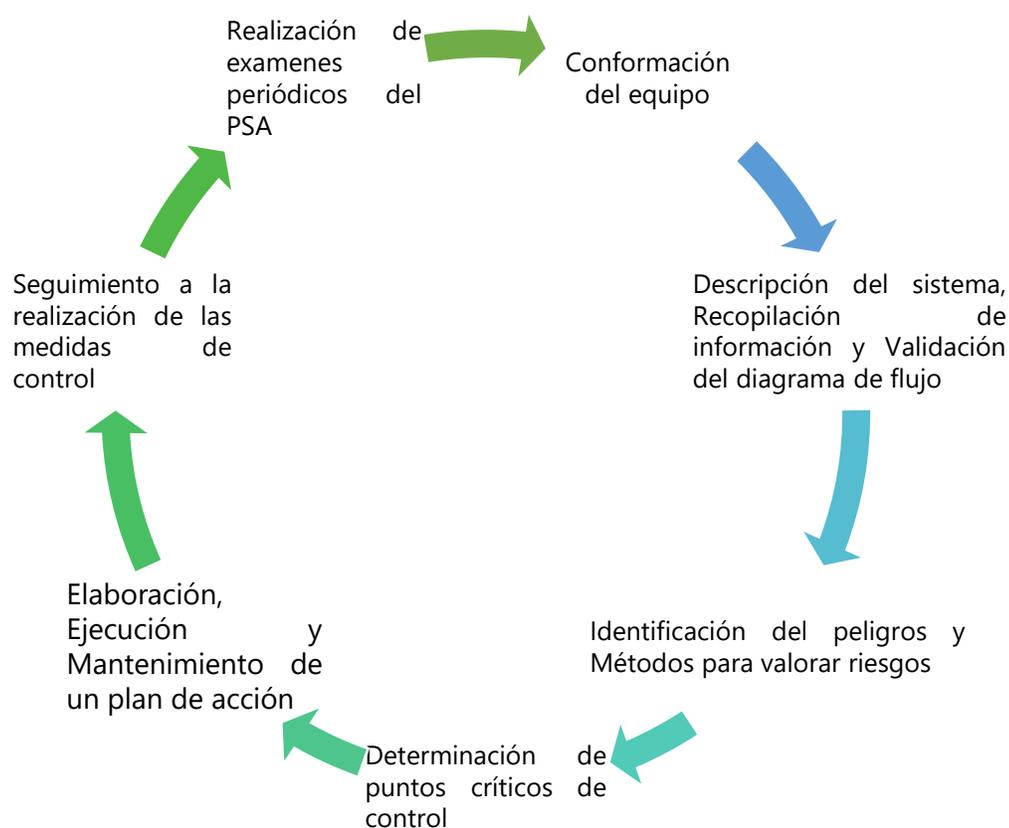
Consiste en 7 pasos:

- 1) Inicia con la Conformación de un Equipo constituido por los miembros del Prestador y de la comunidad al que se le denomina Equipo PSA.
- 2) Realizar la Descripción del Sistema de Abastecimiento. Se revisa la documentación existente, luego el Equipo PSA hace un recorrido por cada uno de los componentes del sistema de agua, describiendo detalladamente cada componente. Después se elabora un diagrama de flujo (dibujo) indicando claramente los componentes del sistema de agua.
- 3) Identificar los Peligros Existentes y luego se eligen los más urgentes a resolver mediante la valoración del riesgo.
- 4) Determinar los Puntos Críticos y las Medidas de Control Existentes o Potenciales que minimizan o eliminan los peligros identificados.
- 5) Elaborar un Plan de Acción para mejorar o modernizar el sistema. El Plan consta de un cronograma de actividades para eliminar o reducir los peligros y riesgos definiendo

claramente los responsables de ejecutar cada actividad, el tiempo de su realización y los recursos requeridos (Qué, Quién, Cuándo y Costos de las Mejoras).

- 6) Dar Seguimiento a la realización de Actividades Propuestas especialmente las Medidas de Control y se verifica la Eficacia del PSA, mediante el cumplimiento de Límites Críticos.
- 7) Realizar exámenes periódicos del PSA. Al año de implementado el PSA se reevalúan los Peligros y Riesgos identificados, así el PSA se mantiene actualizado y vigente. (Volver al Paso No.1)

La Ilustración 1 muestra los pasos para el desarrollo del Plan de Seguridad para el Agua, estos pasos son de utilidad a la hora de realizar un diagnóstico en los Sistemas de Agua Potable.



Fuente: Adaptado del Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad del Agua: metodología por minorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009

### **Ilustración 1-Pasos para el Desarrollo de los PSA.**

En la Ilustración 1, se destaca que para el correcto funcionamiento de este Plan de Seguridad es necesario realizarlos en el orden correspondiente.

## 1) CONFORMACIÓN DEL EQUIPO PSA

“Los Prestadores del servicio de agua y saneamiento siendo los responsables por la operación, mantenimiento y gestión de su sistema, dirigirán el PSA y tomarán la iniciativa de implementarlo en su sistema de abastecimiento, pero no deben hacerlo de forma aislada” (Argueta, 2012, p. 18).

En sistemas rurales dependiendo de la Organización del Prestador, sea una Junta de Agua, una Cooperativa, Asociaciones Administradoras de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento (ASADAS), etc., el equipo PSA se integrará con los recursos humanos existentes que podrán ser 2 ó 3 empleados que deberán ser apoyados por miembros de la comunidad. En localidades urbanas con poblaciones menores a Equipo PSA depende de la complejidad del sistema de agua. En primer lugar, se conforma al interior del Prestador un equipo integrado por miembros de su personal que tengan responsabilidad directa en los componentes del sistema. (Organización mundial de la salud, 2009, p. 18)

## 2) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

### *a. Recopilación de la información existente*

“La primera tarea del equipo del PSA es recopilar la información existente sobre el sistema. Si el prestador no dispone de información sobre la captación y los demás componentes, es fundamental ir al campo para obtener información sobre el terreno. Cuando se suministre documentación sobre los componentes del sistema se comprobará su exactitud mediante una visita de campo a cada componente del sistema” (Organización mundial de la salud, 2009, p. 20).

### *b. Recorrido por el Sistema y Elaboración del Diagrama de Flujo*

“La segunda tarea del equipo del PSA es realizar un recorrido por todos los componentes del sistema iniciando en la microcuenca hasta describirlo completamente. La descripción detallada del sistema es necesaria para el proceso subsiguiente de evaluación de riesgos. En el recorrido del sistema se va revisando el estado de cada componente e identificando los peligros de contaminación del agua y los peligros asociados a la infraestructura” (Organización mundial de la salud, 2009, p. 21).

La Descripción deberá proporcionar información suficiente para determinar qué puntos son vulnerables a eventos peligrosos, los tipos de peligros relevantes, y las medidas de control existentes o las que se necesitan proponer. (Organización mundial de la salud, 2009, p. 21)

Después de realizado el recorrido, el equipo PSA se reúne para hacer el diagrama de flujo (un croquis) del sistema (de acuerdo con lo visto) o un dibujo que se pueda entender fácilmente.

### *c. Validación del Diagrama de Flujo*

“Para evitar realizar diagramas de flujo irreales, se debe validar la información en consenso. El Equipo PSA comparte sus observaciones del recorrido y una vez que estén de acuerdo se oficializa la descripción del sistema y el diagrama de flujo. Un diagrama de flujo exacto del sistema de suministro de agua, desde el lugar de la captación hasta el lugar de consumo facilita mucho la identificación de los peligros y riesgos que es el paso siguiente en la elaboración del PSA” (NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, p. 24).

### 3) IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVENTOS PELIGROSOS Y VALORACIÓN DEL RIESGO

“El equipo del PSA deberá determinar, qué podría fallar en cada punto del sistema de suministro de agua; es decir, qué peligros o eventos peligrosos podrían producirse. La determinación de los peligros se realiza en el momento del recorrido. La inspección visual de aspectos como la zona alrededor al sitio de captación y los componentes del tratamiento puede revelar peligros que no se habrían detectado únicamente mediante análisis de la documentación” (NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, p. 25).

La determinación de los peligros también exige la evaluación de acontecimientos e información del pasado, así como de pronósticos basados en la información y conocimientos del servicio de abastecimiento de agua sobre aspectos particulares de los sistemas de tratamiento y suministro. (NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, p. 25)

Los Peligros se definen como:

- Agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos presentes en el agua que pueden dañar la salud pública.
- Situaciones que pueden dañar la infraestructura.
- Situaciones que puedan afectar el suministro de agua o el servicio que brinda el prestador

Los eventos peligrosos se definen como: eventos que introducen peligros (o impiden su eliminación) en el sistema de abastecimiento de agua.

“En países donde se encuentren normadas las especificaciones sanitarias y características que deben tener las construcciones, instalaciones y equipos de las obras hidráulicas de captación, plantas cloradores, plantas de potabilización, tanques de almacenamiento o regulación, líneas de conducción, redes de distribución, vehículos cisternas para el transporte y distribución y tomas domiciliarias, como el caso de México donde está vigente la Norma Oficial NOM - 230 - SSA1 - 2002 , estos criterios guían el recorrido por el sistema y la identificación de peligros, ya que cada incumplimiento se debe definir como peligro asociado a la infraestructura que puede deteriorar la calidad del agua o impedir el suministro a la población” (EPA). (OPS, 2010, p. 26).

También puede utilizarse como guía durante el recorrido para identificar peligros, el Formulario para Evaluar el Estado Sanitario de la Infraestructura de Abastecimiento de Agua (FORMULARIO M-3) propuesto por el CEPIS/OPS/OMS en la Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, o como se hace en Honduras, utilizando la Guía de Inspección Sanitaria para Acueductos Rurales adaptada del documento original de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). (OPS, 2010, p. 26)

*a. Identificando los peligros más frecuentes*

Una vez identificados todos los peligros que pueden afectar el suministro de agua, se procede a priorizarlos para su atención. La priorización se realiza de acuerdo con la valoración del riesgo que representan los peligros. (OPS, 2010, p. 30)

### b. Métodos para valorar riesgos

En el proceso de valoración de riesgos para un sistema de suministro de agua pequeño puede ser suficiente una decisión del Equipo del PSA basado en las opiniones y en el conocimiento del sistema de agua.

- Riesgos Graves: Aquellos que ocurren constantemente (diario, semanal o mensualmente) o pueden causar enfermedades y dañar la infraestructura,
- Riesgos Moderados: Aquellos que ocurren con determinada frecuencia (trimestral, semestral o anualmente), afectan el servicio de suministro de agua potable, o causan daños en la infraestructura del sistema.
- Riesgos Leves: Aquellos que ocurren una vez al año o cada 5 años.

Posibilidad (probabilidad) de Ocurrencia: Se consulta con los miembros del Equipo PSA la frecuencia con que han ocurrido en épocas anteriores los peligros identificados, y se les asigna una puntuación. También se pueden consultar los mapas de riesgo de la comunidad, si existen.

Descripción	Puntaje
Una vez por día	5
Una vez a la semana	4
Una vez al mes	3
Una vez al año	2
Una vez cada cinco años	1

Fuente: (OPS, 2010, p. 31)

#### **Ilustración 2-Puntuación de la Probabilidad de Ocurrencia**

Gravedad o Severidad de las Consecuencias: Efecto del peligro identificado sobre el suministro de agua, sobre su calidad o sobre el servicio que ofrece el Prestador.

Descripción	Puntaje
Tiene efecto catastrófico sobre la salud de la población	5
Tiene efecto sobre el suministro de agua a la población	4
Tiene efecto sobre la operación y mantenimiento	3
Tiene efecto sobre aspectos de la organización del Prestador	2
Tiene efecto nulo o insignificante	1

Fuente: (OPS, 2010, p. 31)

#### **Ilustración 3-Puntuación de la Gravedad**

El Equipo PSA decide para cada peligro identificado que riesgo representa en su sistema, multiplicando el puntaje que le asignaron a la probabilidad de ocurrencia y a la gravedad. Una vez obtenida la puntuación, el equipo PSA está listo para definir el tipo de riesgo de acuerdo con el resultado de la multiplicación de la probabilidad por la gravedad como se indica en la Ilustración 4:

Caracterización o valorización del riesgo	Puntaje
Riesgo Grave	Mayor de 15
Riesgo Moderado	De 6 a 15
Riesgo Leve	Menor a 6

Fuente: (OPS, 2010, p. 32)

#### Ilustración 4- Caracterización o Valorización del riesgo

Se evita así olvidar o pasar por alto riesgos y permite al Prestador del Servicio de abastecimiento de agua documentar su actuación diligente por si se produjera algún incidente. En cada componente del sistema puede identificarse más de un peligro, la priorización y selección de los que requieren atención urgente se realiza en consenso por el Equipo PSA. (OPS, 2010, p. 32)

El producto esperado que debe elaborar el equipo PSA en este paso es un cuadro conteniendo los peligros encontrados en cada componente del sistema de agua, véase la Ilustración 5

COMPONENTE	EVENTO PELIGROSO	PELIGRO IDENTIFICADO	VALORACION DEL RIESGO
<b>Microcuenca</b>	Erosión y arrastre de sedimentos	Incremento de turbiedad	<b>Grave</b>
<b>Obra Toma</b> (Pozo o Captación Agua Cruda Superficial)	Defecación del ganado en los alrededores de una boca de pozo no cercada.	Contaminación por microorganismos productores de enfermedades	<b>Grave</b>
<b>Línea de Conducción</b>	Deslizamiento provocado por lluvias fuertes	Falta de suministro de agua a la población	<b>Grave</b>
		Rotura de la tubería que provoca contaminación por microorganismos	<b>Grave</b>
<b>Depósito de almacenamiento</b>	La ausencia de techo permite a las aves congregarse en el depósito y defecar en el agua tratada.	Contaminación por microorganismos	<b>Grave</b>
	Alto contenido de sedimentos en tanques	Disminución de la capacidad de almacenamiento	<b>Grave</b>
<b>Tratamiento</b>	Baja tarifa impide la compra de cloro.	Contaminación por microorganismos productores de enfermedades	<b>Grave</b>
	No hay suministro alterno de energía eléctrica en la planta potabilizadora	El agua se suministra sin cumplir normativa	<b>Grave</b>
<b>Red de distribución</b>	Filtraciones sistema de distribución	Contaminación por microorganismos productores de enfermedades	<b>Grave</b>
		Bajo caudal para distribuir a la población	<b>Grave</b>
<b>Área Administrativa</b>	Alta Morosidad	No hay existencia de repuestos para la Operación y Mantenimiento del sistema	<b>Grave</b>

Fuente: (OPS, 2010, p. 33)

#### Ilustración 5- Identificación de Peligros y Cuantificación del Riesgo en un Sistema Rural

Hasta aquí, el Equipo PSA ha elegido los peligros más urgentes a resolver y ha valorado el riesgo que éstos representan, de acuerdo con la posibilidad (probabilidad) de ocurrencia y a la gravedad. (OPS, 2010, p. 33)

#### 4) DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRITICOS DE CONTROL Y DE MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES O POTENCIALES

En la práctica, este paso se realiza al mismo tiempo que el paso anterior (Identificación de Peligros y Valoración del Riesgo). Por motivos de claridad, los diferentes pasos se presentan en forma independiente, dado que comprenden varias actividades. (OPS, 2010, p. 34)

En esencia, estos pasos constituyen la evaluación del sistema, que señala los posibles peligros y eventos peligrosos en cada parte de la cadena de suministro de agua, permite determinar el nivel de riesgo que presenta cada peligro y evento peligroso, propone las medidas pertinentes para controlar los riesgos señalados, y la confirmación de que se cumplen las normas y metas. (OPS, 2010, p. 32)

##### *a. Punto Crítico de Control*

Es un punto en un proceso o en un equipamiento que falla y que puede resultar en un peligro a la salud pública o que puede provocar una interrupción del suministro. Los puntos críticos de control (PCC) corresponden a puntos, etapas operacionales o procedimientos que podrán ser manejados o dominados, a fin de eliminar un peligro o minimizar su probabilidad de ocurrencia. (OPS, 2010, p. 34)

##### *b. Medida de Control o Medida Preventiva*

Es una acción o proceso diseñada/o para reducir la probabilidad de que un evento suceda. Algunas ya pueden existir en el sistema y otras se planifica su implementación a corto o mediano plazo dependiendo de los recursos del prestador. (OPS, 2010, p. 36)

## 5) ELABORACIÓN, EJECUCIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN PLAN DE ACCIÓN

“El Plan se focaliza en aquellos peligros cuyo riesgo se clasificó como grave y que necesitan acción urgente. Se desarrolla un Plan para manejarlos inicia con los requerimientos de atención urgente ya que son los sucesos de mayor preocupación porque repetidamente o pueden causar enfermedades significativas” (OPS, 2010, p. 41).

“Luego se define como se corrigen esas situaciones, los plazos y los responsables de su ejecución. El Plan cubre las respuestas inmediatas y un esquema de mejoramiento de corto, mediano y largo plazo. De acuerdo con las circunstancias puede ser un Plan de Mejora o Modernización del sistema de agua” (OPS, 2010, p. 41).

Se elabora un cronograma de actividades para eliminar o reducir el peligro, definiendo claramente los responsables de ejecutar cada actividad, el tiempo de su realización y los recursos requeridos (Qué, Quién, Cuándo, Costos de las Mejoras). (OPS, 2010, p. 41)

## 6) SEGUIMIENTO A LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES PROPUESTAS Y VERIFICACION DE LA EFICACIA DEL PSA.

El Equipo PSA se reúne periódicamente (puede ser cada 1 o 2 meses) para darle seguimiento a las actividades operativas diarias y para verificar la eficacia del PSA. El Seguimiento sirve para evaluar si los componentes del sistema de abastecimiento de agua están funcionando adecuadamente. En algunos casos, para determinar el grado de cumplimiento de cada actividad y evaluar si los responsables de ejecutar acciones las están llevando a cabo según los plazos definidos en el PSA, se definen límites críticos. (OPS, 2010, p. 43)

En la mayoría de los casos, el seguimiento es rutinario y se basa en simples ensayos u observaciones, tales como el caudal y tiempo de retención, la turbiedad, el cloro residual, la integridad estructural, la calidad del cercado que impide la entrada de animales a lugares donde

hay PCC, los sucesos meteorológicos locales, la morosidad acumulada de cada abonado. (OPS, 2010, p. 43)

## 7) REALIZACIÓN DE EXÁMENES PERIÓDICOS DEL PSA

Para que el PSA se mantenga actualizado debe revisarse como mínimo cada año. Podría ocurrir que algo que fue identificado anteriormente como un peligro grave y que requería atención urgente, con la implementación de las medidas de control, se ha eliminado o ya no con la misma frecuencia, y ahora es un riesgo leve o bajo. Pero también, que en la época lluviosa un deslizamiento provocó un peligro que no se incluyó en el PSA, y está ocasionando grandes problemas operativos, por lo que los riesgos deben recalcularse, en términos de probabilidad y consecuencias, teniendo en cuenta la eficacia de cada medida de control. (OPS, 2010, p. 45)

Debe revisarse si se han obtenido los recursos financieros y/o si los operarios están realizando bien su trabajo en cuanto a la desinfección del agua y a la limpieza de tanques.

Un PSA puede quedar obsoleto rápidamente debido a:

- Cambios en la cuenca (alteración de la cantidad o calidad del agua), el tratamiento y la distribución del agua.
- Renovación de personal en el Prestador.
- La inclusión de programas de apoyo como capacitación de operarios hace que se superen muchos peligros.

“Un PSA debe examinarse inmediatamente después de producirse un cambio significativo de circunstancias o una emergencia en el sistema. Si se encuentran nuevos peligros se reinicia el ciclo iniciando en el Paso No1. Para actualizar el PSA” (Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2009, p. 45).

### 3.3. MARCO CONCEPTUAL

En lo que se refiere, el marco conceptual es el conjunto de definiciones necesarias para que el lector sea capaz de analizar el documento y comprenda de mejor forma los procedimientos, cálculos y descomposición de tecnicismos ingenieriles que impiden la total recolección de información de una fuente.

1) Saneamiento básico:

“Es el mejoramiento y la preservación de las condiciones sanitarias óptimas de fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano” (Programa Conjunto de Monitoreo, 1990).

2) Calidad de agua:

“Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano, de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc.” (Enciclopedia Cubana EcuRed, 2017).

3) Línea de conducción:

“Es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática resistente” (Reglamento nacional de construcciones del Perú, 2002, pág. 12).

4) Diámetro nominal:

“Es una denominación comercial con la cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, a pesar de que algunas veces su valor no coincida con el diámetro real interno” (RAS 2000, 2009).

5) Dotación:

“Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes” (RAS 2000, 2009).

6) Fuente de Abastecimiento:

“Punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta temporalmente para ser utilizada, regresando finalmente a la naturaleza (Hilleboe, 2004). Existen dos tipos de fuentes de abastecimiento: fuentes de abastecimiento superficiales, y fuentes de abastecimiento subterráneas”.

7) Red de distribución:

“Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo” (RAS 2000, 2009).

8) Tanque de Almacenamiento:

“Estructura hidráulica utilizada para acumular agua teniendo en cuenta que el caudal de captación no es siempre constante, con el fin de garantizar el suministro continuo en el municipio” (RENOTEVEC,2013).

9) Plan de mantenimiento:

“Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos. Hay todo un conjunto de equipos que se consideran no mantenibles desde un punto de vista preventivo, y en los cuales es mucho más económico aplicar una política puramente correctiva” (RENOTEVEC,2013).

10) Área tributaria:

“Superficie que aporta hacia un tramo o punto determinado” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 28).

11) Caudal de diseño:

“Caudal máximo horario doméstico de contribución de agua potable, además de los caudales adicionales por conexiones erradas, por infiltración y de descarga concentrada, se calcula

para la etapa inicial y final del período de diseño” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 29).

12) Consumo:

“Volumen de agua potable recibido por el usuario en un período determinado” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

13) Criterios de diseño:

“Datos básicos que permiten el diseño de una estructura o componente de un sistema” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

14) Densidad de población:

“Número de personas que habitan dentro de un área tributaria determinada, generalmente expresada en hab/ha” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 31).

15) Periodo de diseño:

“Lapso durante el cual se espera que las estructuras que se diseñan trabajen eficientemente” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

16) Población inicial:

“Población atendida en el año de inicio de operación de un sistema de agua potable” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

17) Población final:

“Población atendida en el año de alcance de proyecto” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 34).

18) Tubo o tubería:

Conducto prefabricado, o construido en sitio, de hormigón simple, hormigón armado, plástico, poliuretano de alta densidad, fierro fundido, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumpla con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular. (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 37)

19) Resolución CRA 14 (1997) afirma:

El aforo es el procedimiento por el cual se mide o estima la cantidad de agua que normalmente utiliza un usuario. Se emplea cuando el usuario no tiene instrumento de medición idóneo. Igualmente se emplea este término para estimar la cantidad de basura que produce un usuario. (p. 2)

20) Agua potable:

“Aquella que por reunir los requisitos organolépticos (olor, sabor y percepción visual), físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud” (Artículo 1 Decreto 475 de 1998, p. 2).

21) Caudal:

“Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo. Referido a un medidor, es el Cociente obtenido (no está en la resolución) entre el volumen de agua que circula a través de un medidor de agua y el tiempo que le toma hacerlo” (Decreto 302 de 2000, p. 3).

22) Fuga:

“Cantidad de agua que se pierde en un sistema por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios” (Capítulo F1 Resolución MDE 0822 de 1998, p. 18).

23) Planta de tratamiento de agua potable:

“Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable. Conjunto de obras, instalaciones, operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo con las normas establecidas en el Decreto 475 de 1998” (Artículo 1 Decreto 475 de 1998, p. 27).

### **3.4. MARCO LEGAL**

Brinda información en cuanto a las Leyes Ambientales y Jurídicas con respecto a la responsabilidad de las entidades involucradas en el diseño, construcción y mantenimiento para un proyecto de agua potable. Tomando en consideración la Ley Marco de Agua y Saneamiento y el Código de la Salud les corresponde mejorar la planificación y prestación de servicios de agua potable.

## **LEY MARCO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

### **PODER LEGISLATIVO**

#### **DECRETO No. 118-2003**

CONSIDERANDO: Que es de interés público garantizar a la población servicios de agua potable y saneamiento con calidad y eficiencia, así como ampliar la cobertura del servicio especialmente en las zonas rurales y urbanas marginales.

CONSIDERANDO: Que es necesario readecuar el marco legal e institucional del sector agua potable y saneamiento, a efecto de mejorar la planificación, regulación y prestación de los servicios con amplia participación de los sectores sociales.

#### **ARTÍCULO 1.**

La presente Ley establece las normas aplicables a los servicios de agua potable y saneamiento en el territorio nacional como un instrumento básico en la promoción de la calidad de vida en la población y afianzamiento del desarrollo sostenible como legado generacional.

La prestación de estos servicios se regirá bajo los principios de calidad, equidad, solidaridad, continuidad, generalidad, respeto ambiental y participación ciudadana.

ARTICULO 16. Corresponde a las municipalidades, en su carácter de titulares de los servicios de agua potable y saneamiento, disponer la forma y condiciones de prestación de dichos servicios en su respectiva jurisdicción, observando lo prescrito en la presente Ley y demás normas aplicables. La titularidad a que se refiere este artículo es permanente e intransferible.

ARTICULO 22. Sin renunciar a los objetivos de mejoras en la eficiencia y calidad, se dará prioridad a las metas de mantener y extender la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento, en áreas económicamente deprimidas aplicando criterios de equidad.

ARTÍCULO 52. Para garantizar la continuidad de los procesos y proyectos en trámite y para aquellos sistemas que no hayan sido traspasados a las municipalidades, el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) está autorizado para continuar con las gestiones de estudios, licitaciones, asesorías y con la ejecución de los proyectos de construcción de sistemas de agua potable y saneamiento.

## **CÓDIGO DE SALUD**

### **NORMA ° 65-91**

Artículo ° 29. Las entidades encargadas del suministro de agua potable velarán por la conservación y control de la cuenca y de la fuente de abastecimiento, con el fin de evitar su contaminación por cualquier causa.

Artículo ° 37. En el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua, deberán seguirse estrictamente las normas que al efecto establezcan los reglamentos.

Artículo ° 38. El agua para consumo humano deberá ser potable. - Se entenderá por agua potable la que reúna las características físicas, químicas y biológicas que se establezcan conforme al reglamento.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. ENFOQUE**

Se ha considerado que el enfoque para el proyecto de Diagnóstico técnico del Sistema de Agua Potable en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés, y elaboración de un plan de Operación y Mantenimiento es de orden Cuantitativo pese a que es requerido realizar mediciones para identificar mediante el análisis una solución.

Hernández, (2003) enuncia que un enfoque cuantitativo supone: "Analizar una realidad objetiva a partir de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado.", (p.6).

Es en base a lo anterior que, en el proyecto, gracias a su facilidad para generar mediciones y un análisis de valores numéricos se ha tomado un enfoque cuantitativo como el principal método para este proyecto.

### **4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

En el siguiente apartado, se mostrarán las variables de investigación, las cuales se identifican por medio de la formulación del problema. El cuadro de variables de operacionalización resume puntos clave del proyecto como ser, el problema principal, se destacan aspectos como ser el objetivo general y objetivos específicos. También lo conforma las preguntas de investigación planteadas en el capítulo 2 y finalmente se clasifican las variables independientes y las variables dependientes. Véase la Tabla 8

**Tabla 8-Variables de Operacionalización**

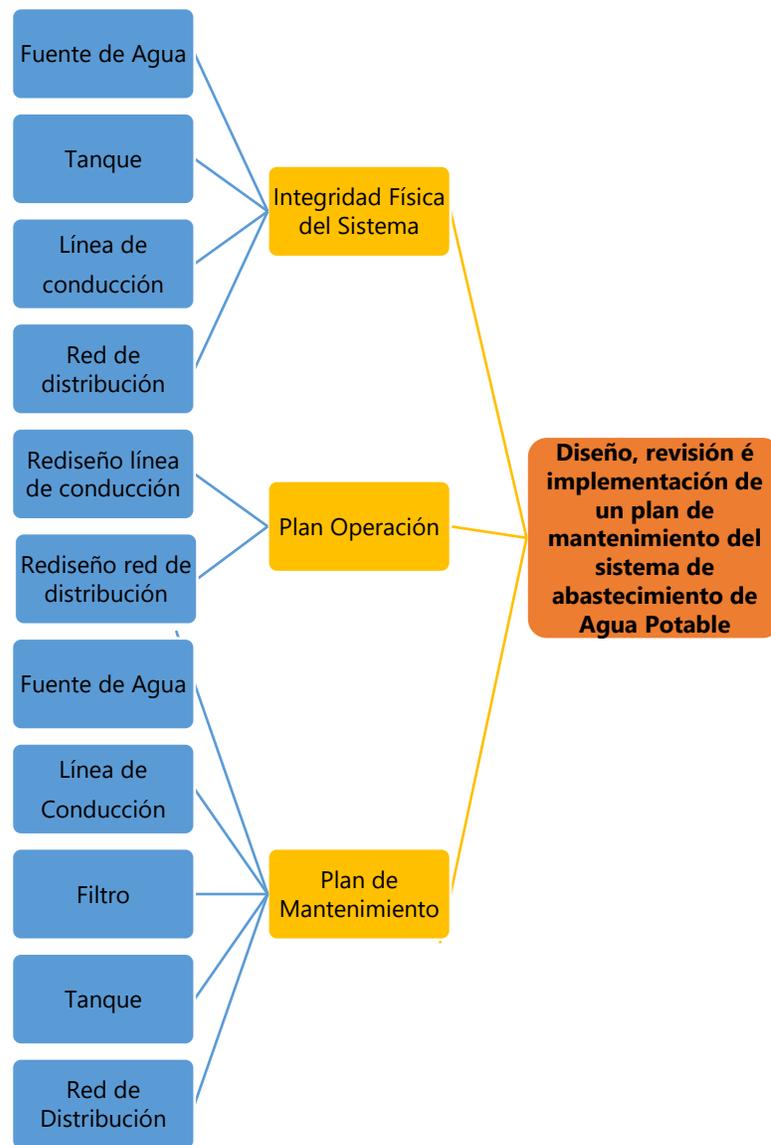
<b>Diagnostico Técnico Del Sistema de Agua Potable en La Comunidad De Ceibita, San Antonio De Cortés, y Elaboración De Un Plan De Operación Y Mantenimiento</b>					
Título	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específico	Variables Independientes	Variables Dependientes
<p>¿Qué características técnicas y constructivas deberá tener el sistema de abastecimiento de agua y que medidas deberán considerarse para el aumento significativo del caudal para satisfacer las necesidades de la población de la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés?</p>	<p>Diagnosticar el estado actual del sistema de agua potable y el diseño de la red de una red de distribución factible en la comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés, mediante las normativas del SANAA y fichas técnicas que proporcionen información para proponer soluciones a la problemática que conlleva la falta de mantenimiento de las obras hídricas.</p>	<p>1) ¿Cuáles son las principales deficiencias en la integridad física del sistema de abastecimiento de agua potable?</p> <p>2) ¿Qué acciones formaran parte del plan correctivo y propuesta de red de diseño del sistema de conducción?</p> <p>3) ¿Qué recomendaciones y especificaciones constructivas formaran parte del plan de mantenimiento?</p> <p>4) ¿A cuánto ascienden el costo por llevar a cabo las acciones correctivas y el mantenimiento anual del sistema?</p>	<p>1) Definir las deficiencias en la integridad física del sistema de abastecimiento de agua potable.</p> <p>2) Identificar las acciones que formaran parte del plan correctivo y propuesta de red de diseño del sistema de conducción.</p> <p>3) Brindar recomendaciones y especificaciones constructivas que sustentan el plan de mantenimiento.</p> <p>4) Estimar el monto aproximado de inversión para llevar a cabo el proyecto y el mantenimiento anual a proponer.</p>	<p>Integridad Física del sistema de abastecimiento de agua potable.</p> <p>Especificaciones técnicas para la elaboración de un plan de operación.</p> <p>Especificaciones constructivas que ayudan o sustentan el plan de mantenimiento.</p>	<p>Diagnostico Técnico Del Sistema de Agua Potable en La Comunidad De Ceibita, San Antonio De Cortés, Y Elaboración De Un Plan De Operación Y Mantenimiento</p>

Fuente: Propia (2019).

#### 4.2.1. DIAGRAMA DE VARIABLE DE OPERACIONALIZACIÓN

El diseño, revisión e implementación de un plan de mantenimiento del Sistema de abastecimiento de Agua Potable será la variable dependiente que se tendrá y las variables independientes son aquellas variables que afectan directamente el diseño tales como integridad física de la tubería o plan de operación ya que dependiendo si la población es mayor los diámetros de tubería aumentarían y las dimensiones son aquellas cosas que nos permiten medir nuestras variables independientes, véase la Tabla 9.

**Tabla 9-Diagrama de las Variables de Operacionalización del Proyecto**



Fuente: Propia (2019).

4.2.2. TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN

**Tabla 10-Tabla de Operacionalización**

Variable Independiente	Definición		Dimensiones	Indicadores	Items	Unidades	Escala
	Conceptual	Operacional					
Integridad Física del sistema de abastecimiento de agua potable.	Es la revisión objetiva en la integridad del sistema de abastecimiento de agua potable, su estado físico y funcionalidad de acuerdo con el periodo del diseño preestablecido en las normas del SANAA.	Inspección en el sitio de fugas, revisión de obstrucciones en el sistema de distribución de agua potable, revisión y optimización de diámetros para un mejor funcionamiento.	Fuente de Agua	Fugas	¿La fuente de agua actualmente presenta fugas?		
				Rajaduras	¿Cuenta con rajaduras visibles en la fuente de agua?		
			Tanque	Diámetro de Tubería	¿Cuál es el diámetro de salida de la fuente de agua?		
				Fugas	¿El tanque de almacenamiento presenta fugas?		
			Rajaduras	¿Existen rajaduras visibles en la capa superficial del tanque?			
			Diámetro de tubería	¿Cuáles son los diámetros de entrada y salida del tanque?			

**Continuación Tabla 10...**

---

	Limpieza General (Interna y Externa)	¿Cada cuanto se realiza una limpieza general del tanque?
	Fugas	¿La línea de conducción presenta fugas?
	Díámetro de tubería	¿El diámetro de la línea es suficiente para manejar el caudal necesario para el nuevo diseño?
Línea de conducción	Erosión externa e interna	¿Hay indicios de erosión visible en la tubería del sistema?
n	Uniones entre tuberías	¿Las uniones entre tuberías se encuentran en buen estado?
Red de distribución	Fugas	¿La red de distribución se ve afectada por fugas de agua?
n		

---

**Continuación Tabla 10...**

				Diámetro de tubería	¿El diámetro de la tubería es el indicado para el rediseño de la red de distribución?
				Erosión externa e interna	¿La red de distribución presenta fallas debido a la erosión de sus elementos?
				Uniones entre tuberías	¿La unión entre las tuberías se encuentran en buen estado?
Plan de Operación	Resume todos los aspectos técnicos y organizativos que conciernen a la elaboración de un producto o servicio.	Es la base practica del diseño de abastecimiento de agua potable. Todas las medidas necesarias para el desarrollo de la red de abastecimiento.	Rediseño o de línea de conducción.	Caudal	¿El caudal que cursa el sistema de conducción es suficiente para evitar desperfectos en el sistema?
				Diámetro de Tubería	¿El diámetro del rediseño es capaz de cumplir con la demanda total del sistema?

### Continuación Tabla 10...

---

	Presiones	¿Las presiones en la línea de conducción son inferiores al máximo resistido por la tubería?
	Topografía del terreno	¿La topografía del terreno permite un trazado de la línea de conducción?
Rediseño de Red de distribución	Caudal	¿Qué caudal se tomará en consideración para el desarrollo del diseño hidráulico?
	Díámetro de Tubería	¿El diámetro de la tubería en el rediseño es capaz de brindar una correcta distribución de agua?

---



**Continuación Tabla 10...**

---

	Detección de fugas y daños.	
	Revisión de funcionamiento de válvulas.	¿La línea de conducción presenta fallos?
Línea de Conducción	Drenar los sedimentos dentro de las tuberías.	
	Regular el caudal de entrada.	
Filtro	Retirar cualquier material flotante.	¿El filtro tiene un correcto funcionamiento?
	Mantener cerca el área que rodea el sedimentador.	

---

**Continuación Tabla 10...**

---

Limpiar la  
estructura.

Revisar  
funcionam  
iento de  
las  
válvulas.

Lubricar  
las  
válvulas.

Limpiar el  
área  
circundant  
e

Tanque de Almacen amiento	Revisión de existencia de fugas o grietas. Inspección de la presencia de sedimento s en el tanque.	¿Se notó una mejora en la eficiencia del tanque realizando las medidas de mantenimiento?
------------------------------------	---	--

**Continuación Tabla 10...**

---

	Limpiar el interior del tanque.	
	Cuidar las válvulas de corrosión.	
	Revisión de existencia de instalacion es clandestinas.	¿La red de distribución presenta una mejoría a comparación al diseño que ya poseía?
Red de Distribución	Revisión por existencia de fugas.	

---

Fuente: Propia (2019).

### 4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Las técnicas e instrumentos utilizados tenían como objetivo obtener resultados precisos y recolectar datos necesarios para facilitar el diagnóstico y diseño de un sistema de agua potable óptimo.

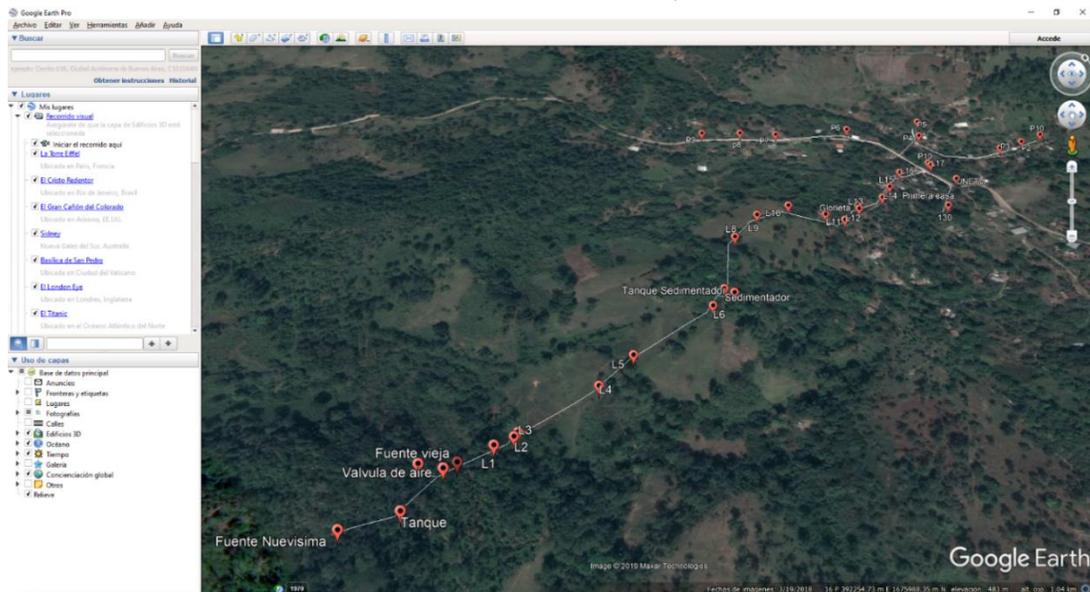
#### 4.3.1. INSTRUMENTOS

##### GOOGLE EARTH PRO

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. (Google Earth, 2019)

El programa es de suma importancia en la ingeniería civil, ya que por medio de el podemos ver el terreno del proyecto por medio de coordenadas. El programa muestra el relieve de la zona lo que permite poder conocer la elevación aproximada de cada uno de los puntos tomados. Esto es muy útil para a la hora de identificar los problemas y peligros que puede haber en una zona.

Una vez tomados los puntos mediante un GPS, se insertan en el programa para obtener una vista aérea del lugar donde se realizará el proyecto y que sea de ayuda para la familiarización de la zona. Para corroborar la información brindada en el texto, véase la Ilustración 6



Fuente: Google Earth (2019)

**Ilustración 6-Google Earth Pro con puntos tomados por un GPS**

Como se muestra en la Ilustración 6, la comunidad cuenta con dos fuentes de abastecimiento, las cuales se encuentran a 502 metros de distancia del tanque de almacenamiento.

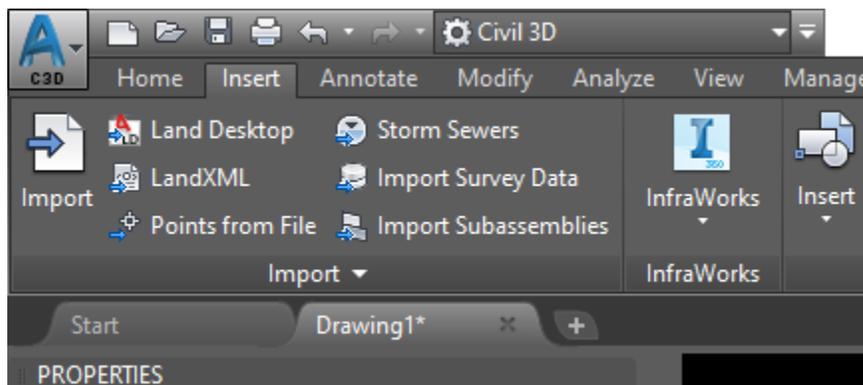
## AUTOCAD CIVIL 3D

AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de Autodesk por lo que comparte muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D, herramienta usada por muchos ingenieros y topógrafos.

Algunas funciones del programa son: la importación de puntos, la generación de superficies de terrenos, la generación de reportes de volúmenes, la generación de secciones transversales, el diseño de plataformas, posas y diques de contención, el diseño de una red de tubería, entre otros.

Para insertar puntos en AutoCAD Civil 3D se realizan los siguientes pasos:

1. En la pestaña de "insert" seleccionar la opción de "points from file" como se observa en la ilustración 7. El archivo debe tener un formato ".txt" o ".csv".

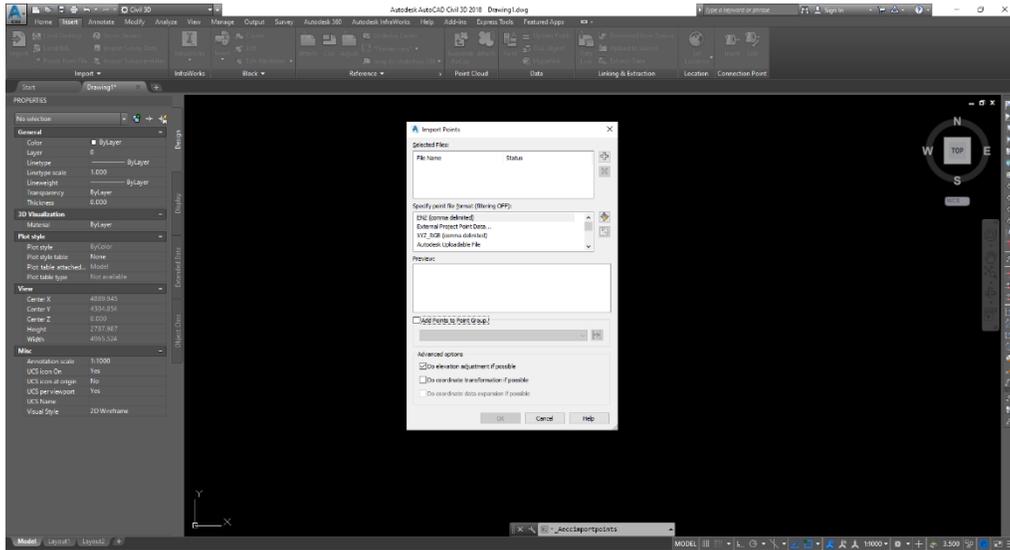


Fuente: Elaboración Propia (2019)

### **Ilustración 7- "Pointst from file"**

Como se observa en la ilustración 7, la opción "Pointst from file" nos permite introducir los puntos del levantamiento topográfico con su respectiva descripción y elevación.

2. Seguidamente en la ventana que se ha habilitado, se agrega el archivo de los puntos topográficos seleccionando la opción de add files como se muestra en la ilustración 8. Esta ventana también permite agregar los puntos a un solo grupo, esto permite mantener un orden en el archivo.

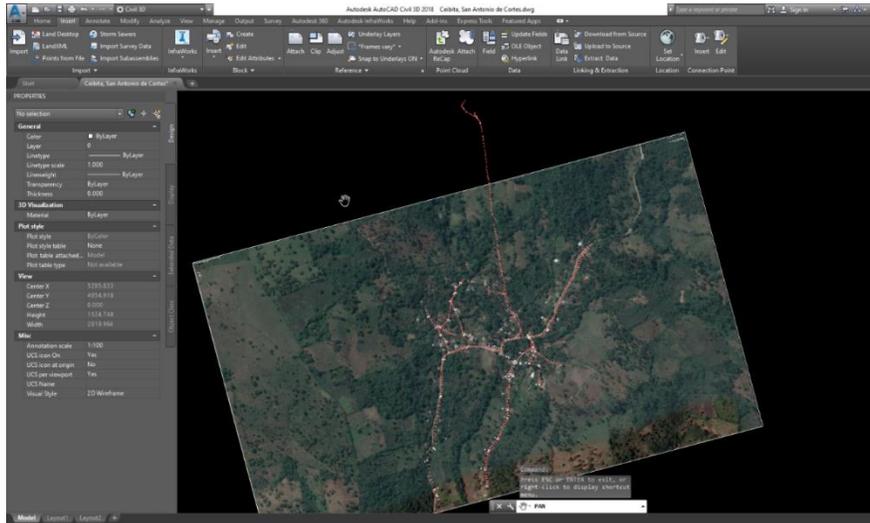


Fuente: Elaboración Propia (2019)

### **Ilustración 8-Ventana para insertar los puntos**

En dicha ventana también se selecciona el formato de los puntos, el más común e utilizado es el PNEZD (Punto, norte, este, elevación, descripción).

3. Finalmente, cuando los puntos han sido insertados, se trabaja en la línea de conducción y red de distribución del proyecto. Se puede colocar una hoja cartográfica con las coordenadas correspondientes para tener una mejor visibilidad de la topografía que se ha tomado. En la ilustración 9 observamos un ejemplo de los puntos insertados, desde la obra toma hasta la red de distribución.



Fuente: Elaboración Propia (2019)

### **Ilustración 9-Ejemplo de puntos con hoja cartográfica**

Los puntos tomados deben tener una similitud a la forma del terreno en que se hizo el levantamiento topográfico, ya que en muchas ocasiones se dan errores durante el proceso del levantamiento.

### **MICROSOFT EXCEL**

Un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp. Se trata de un software que permite realizar tareas contables y financieras gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo.

La importancia de Excel para la ingeniería civil es el hecho de poder ser utilizado para un sinnúmero de medios expositivos, dando la oportunidad de la representación de datos obtenidos o conocidos por medio de tablas, graficas, esquemas, etc. Esto ha permitido un mejor manejo de ellos y una representación más apelable a la vista del lector de estos.

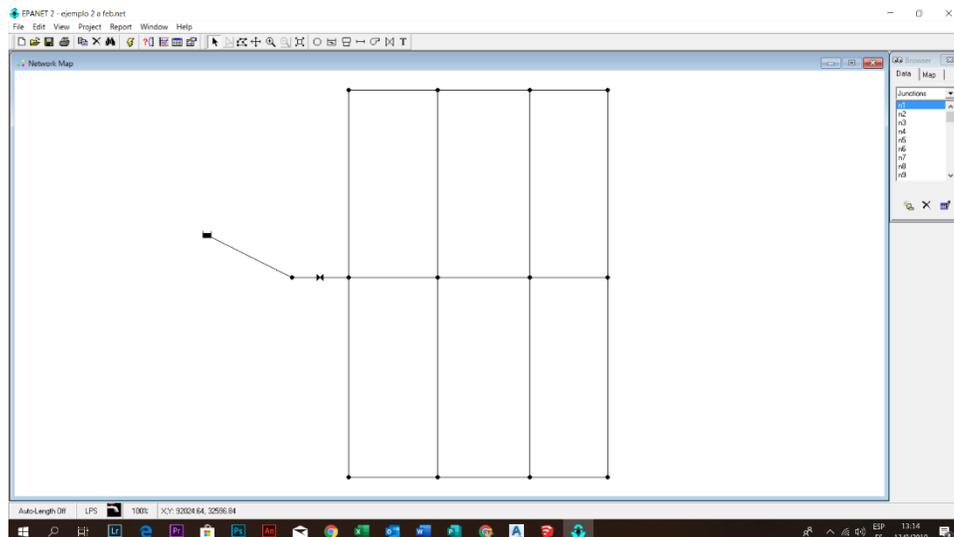
Excel ha brindado una amplia gama de funciones que permiten que los cálculos monótonos realizados por una calculadora convencional se realicen en pocos pasos de una manera sencilla y rápida. La creación de hojas de cálculo para la ingeniería ha sido una revolución para la misma por el hecho de no tener que estar tabulando datos, permite varias iteraciones de las mismas funciones, pero con diferentes valores para su procesamiento.

De manera agregada Excel funciona en conjunto con Civil 3D para la importación de puntos PENZD, los cuales son aquellos que tienen una coordenada norte, una este y una elevación. Estos puntos se representan numéricamente en Excel, pero esa numeración permite representar la topografía de forma visual en civil 3D. Se debe crear un documento Excel y llenar los cinco datos pertinentes a un punto PNEZD. Seguidamente dicho archivo es guardado como un archivo de texto, Excel trabaja con delimitación de puntos por medio de espacios.

## EPANET

Software libre, desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión.

Epanet tiene varios componentes que son relevantes para la elaboración del diseño de la red de distribución. Cuenta con una función de inserción de nodos y unión de tuberías entre los mismos. El programa es capaz de distinguir las diferentes elevaciones de cada nodo, pero no es capaz de distinguir por un sistema de coordenadas x,y la longitud y posición de los nodos en el espacio. Se realizó el trazado de la red de distribución conformada por uniones entre nodos y tuberías.



Fuente: Epanet(2019)

**Ilustración 10- Ejemplo de tubería en Epanet**

Las longitudes de las tuberías se colocan de manera manual, de mismo modo, el diámetro y diferentes características físicas más de esta. Para la fuente de abastecimiento es necesario utilizar un nuevo elemento, el tanque. Con la misma metodología de la tubería es imprescindible la tabulación manual de los datos, como ser, las dimensiones, elevaciones, valor máximo de altura de agua permitida, valor mínimo de altura de agua permitida entre otros.

A cada nodo es necesario proporcionarle una carga de extracción, la cual simboliza, cuánta agua se obtendrá hasta dicho nodo. Esto con el fin de simular el caudal de consumo que tendría solo la porción aledaña al nodo.

Finalmente se corre el diseño y se obtienen los datos pertinentes como ser el caudal de salida, caudales en las partes individuales del sistema y las presiones en cada nodo.

## GPS

Se utilizó el GPS en la línea de conducción, ya que es importante conocer la ruta que lleva la tubería y la elevación de cada uno. Debido a que la tubería cruza por un terreno irregular, es casi imposible realizar el levantamiento con una estación total. Considerando esto, se concluyó que era necesario usar GPS para dicho levantamiento. A pesar de no ser tan preciso ni el método más eficiente, es el más conveniente para este tipo de terrenos.

Un levantamiento con GPS muestra las coordenadas de dos formas: Universal Transverse Mecator (UTM) y Latitud y Longitud. En la ingeniería civil se utilizan las coordenadas UTM.



Fuente: Propia (2019).

**Ilustración 11-GPS utilizado en levantamiento de la Línea de Conducción**

## FORMATO DE AFORO

Es necesario medir la cantidad de agua de las fuentes, para saber la cantidad de población para la que puede alcanzar. El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura. Lo ideal sería que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (los meses secos) y de lluvias, para conocer caudales mínimos y máximos. En la Ilustración 12, se muestra el formato que se utilizó para realizar el aforo en la fuente de agua, en el sedimentador y en el tanque de almacenamiento.

**FICHA AFORO DE CAUDAL**

Proyecto: " \_\_\_\_\_ "

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre de Fuente: \_\_\_\_\_

Tipo de Fuente: \_\_\_\_\_

Técnico: \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM: X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ Z \_\_\_\_\_

Método de Aforo: Volumétrico

DATOS DE AFORO:

1.- VOLUMEN DEL RECIPIENTE: \_\_\_\_\_ Galones

2.- TIEMPO DE LLENADO DEL RECIPIENTE:

Número de Prueba	Tiempo (Segundos)
1	
2	
3	
4	
5	
Promedio	

3.- Caudal:  $Q = \frac{V \times 60}{T}$

Q = \_\_\_\_\_

Q = ..... GPM

Fuente: Water for People (2019).

### Ilustración 12-Formato de Ficha de Aforo

Como se muestra en la Ilustración 12, el formato del aforo fue proporcionado por Water for People.



#### 4.3.2. TÉCNICAS

##### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno. Se trata de examinar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también las alteraciones existentes en el terreno y que se deban a la intervención del hombre (construcción de taludes, excavaciones, canteras, etc.).

Para realizar el levantamiento topográfico en la comunidad de Ceibita, se utilizó la estación total Trimble S6. Dicho levantamiento incluirá las calles por donde pasará la nueva red de distribución y el camino hacia donde está ubicado el tanque de almacenamiento y la obra toma. Una vez finalizado el levantamiento, se procede a convertir los puntos a un archivo de texto, para luego poder insertarlo en el programa Civil 3D. Dicho procedimiento se explica en la siguiente sección. De los datos recabados, se necesita la elevación de los puntos para obtener las curvas de nivel de la comunidad. De la misma forma, las elevaciones son importantes a la hora de utilizar el programa de Epanet, ya que el programa simula el comportamiento del agua en las tuberías.



Fuente: Propia (2019).

**Ilustración 14-Levantamiento Topográfico en La Ceibita, San Antonio de Cortés**

## AFORO DEL TANQUE Y FUENTE DE AGUA

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua. Para la medición del caudal en el tanque y fuente de agua, se utilizó una cubeta de 5 galones, la cual contaba con marcas visibles como referencia al susodicho volumen. Para el aforo se realizaron 3 iteraciones por elemento hidráulico a evaluar. Se aforó la salida de la fuente, la entrada al tanque viejo, la fuente vieja, la entrada al tanque sedimentador, salida del tanque sedimentador, entrada al tanque de abastecimiento de agua actual de la comunidad.



Fuente: Propia (2019).

### **Ilustración 15-Aforo realizado en la fuente Las Perdices**

Estos aforos fueron realizados en tres diferentes ocasiones, la primera visita, que fue una visita de reconocimiento. El segundo aforo fue tomado un día después de una lluvia, lo cual alteró los resultados y fue descartado. Finalmente, el tercer aforo fue tomado en la última visita.

## CENSO

El censo es un conjunto de actividades destinadas a recoger, recopilar o lista de la población de un pueblo en un momento determinado, la información demográfica social y económica, para luego evaluar, analizar y publicar o divulgar.

El censo realizado en la comunidad de La Ceibita, San Antonio de Cortés, se hizo mediante un formato proporcionado por Water for People, el cual comprende obtener información específica sobre la población que será de ayuda para la realización del diagnóstico. El censo fue aplicado a 95 familias, esto fue necesario para hacer un cálculo sobre el caudal, y así, determinar la cantidad de agua necesaria para abastecer a cada una de las familias.

En la Ilustración 16, se muestra la implementación del censo, el cual se realizó casa por casa en la comunidad de Ceibita



Fuente: Propia (2019).

### **Ilustración 16-Censo en la comunidad de La Ceibita**

Como se muestra en la Ilustración 16, se recabo información sobre cantidad de personas en las viviendas, el estado de la letrina, si se encontraban conectados al sistema de agua potable, etc.

## DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA (REVISIÓN)

Un diagnóstico consiste en un sistema mediante el cual se determinan las necesidades de mantenimiento o reparación de un sistema de agua potable. Se trata de recolectar información social de la comunidad, en la cual se realizan preguntas que permiten levantar datos sobre la calidad de vida de estas personas como el nivel educativo, si cuentan con alguna seguridad social en salud y con cuantos trabajadores cuentan.

El diagnóstico es una inspección visual, por ello, se llevaron a cabo visitas con acompañamiento del personal encargado de la comunidad. Para dicho diagnóstico, principalmente, se realizó una inspección meticulosa de cada una de las partes que componen el sistema de agua potable, para comprender cual es el problema y de esta forma poder brindar una solución factible para que la comunidad cuente con una calidad de vida.

En la Ilustración 17 se muestra una fuga en la tubería de la red de distribución del sistema de agua potable de la comunidad.



Fuente: Propia (2019).

### **Ilustración 17-Fuga en tubería de la red de distribución**

En la Ilustración 17, se muestra la pérdida de agua que se da en la comunidad por fugas en la tubería debido a que se encuentra expuesta.

#### 4.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En el proyecto se ha tomado un enfoque cuantitativo como principal método para este proyecto. El tipo de estudio es no experimental debido a que no se puede manipular ninguna variable independiente. El tipo de diseño es transversal ya que se desarrolla el proyecto en un periodo establecido. El alcance del proyecto es orden descriptivo ya que se especificarán las propiedades, las características y los perfiles del Sistema de Agua Potable de la Comunidad de Ceibita, San Antonio de Cortés. El método empleado es análisis técnico debido a que se realizó un análisis o estudio total del sistema de agua potable de la comunidad para llegar a una conclusión sobre la problemática y poder brindar soluciones, véase en la Tabla 11

##### 4.4.1. TIPO DE DISEÑO

**Tabla 11-Tipos de Diseño empleados en el Proyecto**

<b>ENFOQUE</b>	Cuantitativo
<b>ESTUDIO</b>	No experimental
<b>TIPO DE DISEÑO</b>	Transversal
<b>ALCANCE</b>	Descriptivo
<b>MÉTODO</b>	Análisis técnicoo
<b>TÉCNICA</b>	Visitas de campo, diagnóstico, aforos

Fuente: Propia (2019).

Como se muestra en la Tabla 11, se presenta los tipos de diseño que nos ayudaran a brindar recomendaciones y conclusiones para el proyecto.

## 4.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tomando en consideración un período de 6 meses, el cronograma de actividades se presenta en la ilustración 18 destacando cada una de las actividades que conlleva el proyecto con su respectiva duración.

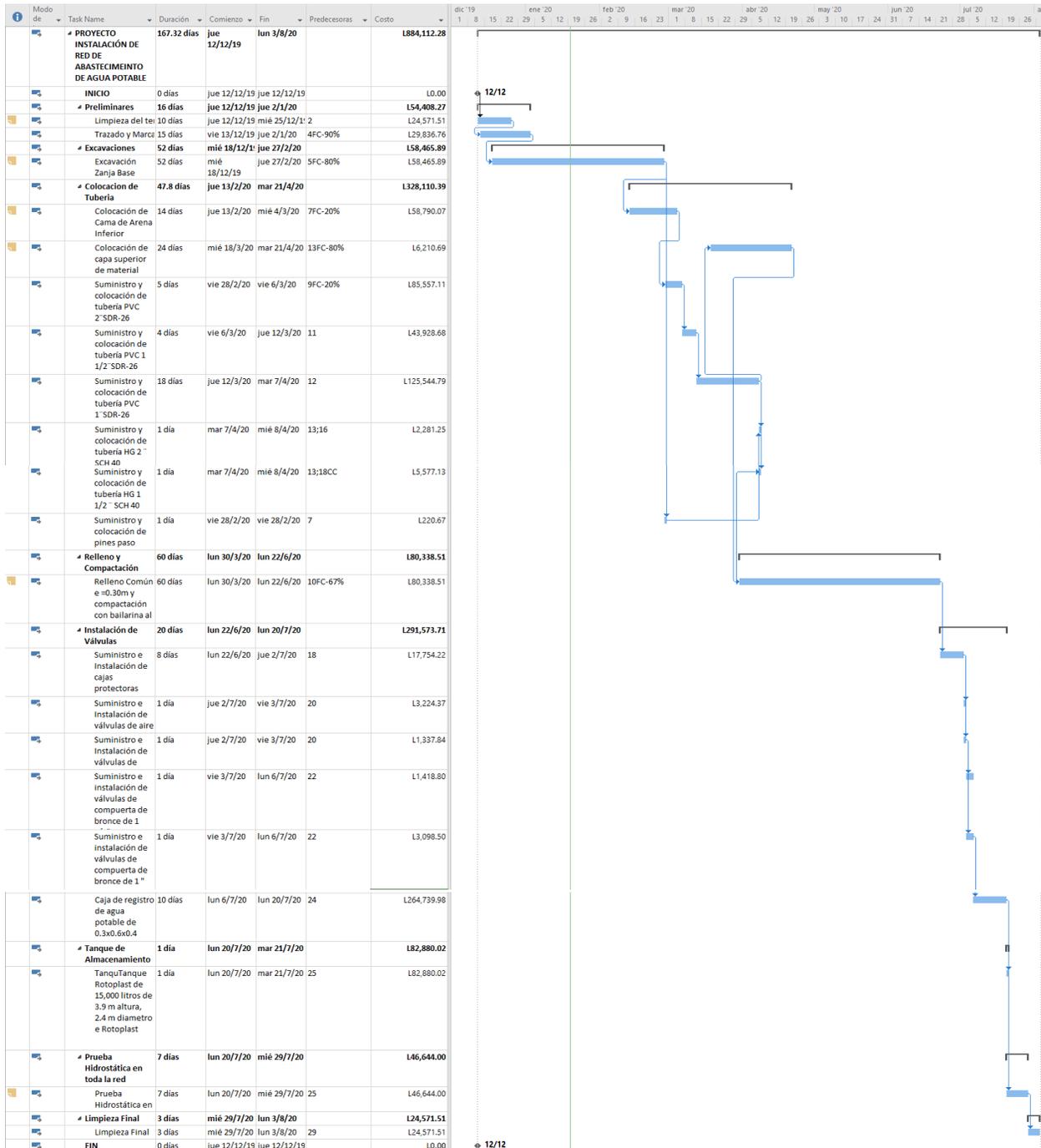


Ilustración 18-Cronograma de Actividades

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1. DIAGNÓSTICO TÉCNICO

#### 5.1.1. FUENTE DE CAPTACIÓN

En la comunidad de Ceibita, cuentan con dos fuentes de captación, de las cuales una proporciona 2.89 gpm y la otra 0.957 gpm. Estas, evaluando sus características físicas y de operación, se encuentran en condiciones admisibles para el correcto funcionamiento del sistema. La fuente nueva mostraba existencia de rajaduras y desprendimiento de pequeñas secciones de recubrimiento de esta. Al observar estas fugas, la comunidad intervino con un mantenimiento empírico de la misma, como ser repello y el desplazamiento de la salida que conecta la fuente de abastecimiento a la línea de conducción. De igual forma, esta, se encuentra descubierta, permitiendo entrada de agentes contaminantes, como ser; hojas, ramas, tierra, etc.

La fuente vieja, por otra parte, es considerada por los técnicos como obsoleta y sin la capacidad de proporcionar un caudal significativo para el abastecimiento de la comunidad. Mediante aforos, se comprobó, que el aporte que brinda es un valor representativo para la obtención del caudal requerido.



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 19-Fuente de captación de la comunidad de La Ceibita**

### 5.1.2. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

El inicio de la línea de conducción no presenta fugas significativas para el transporte del caudal promedio necesario para satisfacer a los pobladores. Pero esta, tiene una colocación de mala calidad analizando los factores costo/ beneficio que una distribución así pueda aportar a la red. Con respecto a lo anterior, es importante recalcar que la distribución se basa en un apuntalamiento de la red por medio de ramas en forma de Y, que forman ciertas catenarias entre puntos de apoyo. Esto a la larga puede traducirse en un aumento en la erosión interna de la tubería por las inclinaciones y por las diferencias de velocidades, por muy pequeñas que estas llegasen a ser, reduciendo la vida útil de la tubería rápidamente.



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 20-Tubería inicial de la línea de conducción expuesta**

### 5.1.3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO VIEJO

La comunidad cuenta con un tanque de abastecimiento de agua secundario, mejor conocido por la comunidad como la tumba. Este servía como tanque principal para el aprovechamiento del agua de la fuente antes que se incorporara al sistema de abastecimiento uno de acorde a los caudales necesarios. A el llegan dos tuberías que parten de la salida de la fuente de abastecimiento de agua nueva. Con respecto a la llegada de las tuberías al tanque se pudo observar como este cuenta con dos aberturas en la parte de atrás por donde se introducen las tuberías para el llenado de este.

Con el caudal actual de llegada al tanque, se pudo observar que el nivel máximo de nivel de agua que este puede alcanzar en un día después de una lluvia es de  $\frac{1}{4}$  de su capacidad real. Las dimensiones de la tumba, medidas desde fuera del tanque, son las siguientes:

- Ancho: 2.70m
- Alto: 1.48m
- Largo: 3.67m



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 21-Tanque de Almacenamiento Viejo**

Este se encuentra en mal estado debido a la falta de mantenimiento, presenta fugas de pequeña magnitud, lo cual no representa una pérdida representativa para el funcionamiento de la red, pero que a la larga puede causar problemas en la infraestructura del tanque, por corrosión en las paredes externas e internas del mismo.

Cuenta con paredes corroídas por dichas fugas y presencia de moho en ellas por el exceso de humedad que se da en ellas. La salida del tanque fue diseñada para una tubería de una pulgada de diámetro. La tubería justo a la salida del tanque viejo (La Tumba), está expuesta y es de acero galvanizado.

#### 5.1.4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN



Fuente: Propia (2019)

#### **Ilustración 22-Línea de Conducción**

En la línea de conducción se pudo observar que en su mayoría está compuesta por tubería de PVC, solo un tramo es meramente de tubería HG (Hierro Galvanizado), este tramo es un paso

aéreo confinado por alambre de amarre y apuntalado por columnas, debido a la existencia de hondonadas en la ruta establecida de la línea de conducción.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 23-Línea de Conducción aérea**

La línea de conducción está dividida en tres tramos, siendo, dos de ellos de PVC y el tercero de HG, la longitud total de tubería de PVC es de 477.234m y la tubería de HG tiene una longitud de 11.96m. Con respecto a las presiones, por las que se ve afectada la línea, son inferiores a las permitidas por el tipo de tubería (112MCA en PVC). La diferencia de elevación entre el punto más alto de la línea de conducción y el tanque de almacenamiento es de 33MCA.

La tubería en todo el tramo presenta una serie de fugas en toda su longitud. Los tramos dañados son reparados empíricamente por la comunidad por medio de bolsas para tapar las fugas. Es importante mencionar que cualquier daño existente en la línea fue remplazado por diferentes tipos de tuberías, sin previo análisis, por la junta de agua. Se pudo observar de igual manera que hay existencia de tubería PVC descubierta. De igual manera hay indicios que no se soterró la tubería actual a la distancia establecida por la norma.

El suelo meramente a la vista presentaba existencia de material rocoso incluso a profundidad, de igual manera en el proceso de construcción, no se empleó el uso de una cama de arena para el correcto posicionamiento de la tubería soterrada.



Fuente: Propia (2019)

#### **Ilustración 24-Tubería expuesta y enmendada con bolsas**

Las pendientes a lo largo de la línea de conducción son moderadas representando velocidades no muy elevadas desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento de agua potable.

#### **5.1.5. TANQUE DE FILTRACIÓN**

El tanque de filtración que actualmente opera en el sistema se encuentra en muy buenas condiciones, en la primera visita se pudo observar que sus paredes se encontraban previas a repello, pero conforme se fue avanzando en las visitas, la comunidad fue repellando dicha estructura.

Actualmente en el tanque de filtración, se está haciendo uso incorrecto de pastillas para la cloración del agua. Se está introduciendo una séptima parte de pastilla por período de limpieza en el filtro, esto puede llevar a acumulación innecesaria de cloro en dicha estructura.

El filtro cuenta con dos entradas y salidas de agua. Las salidas de este presentan fugas en el cuarto de control donde es almacenado, creando pozas de agua en el piso de dicho cuarto.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 25-Salida de agua del filtro que presenta fugas**

De igual manera se pudo apreciar que el cambio de los agregados no es constante con respecto al tiempo de uso.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 26-Agregado reutilizado en el filtro**

#### 5.1.6. TANQUE HIPO CLORADOR

El tanque hipo clorador se encuentra en buenas condiciones, estructuralmente hablando, ya que, con respecto a su funcionamiento, la comunidad, debido a quejas sobre el sabor y el color del agua después de ser tratada decidió desconectarlo y aplicar el tratamiento, como se expresó previamente, en el tanque sedimentador.



Fuente: Propia (2019)

#### **Ilustración 27-Tanque Hipo clorador**

El hipo clorador cuenta con unas medidas aproximadas medidas desde la cara exterior del mismo de:

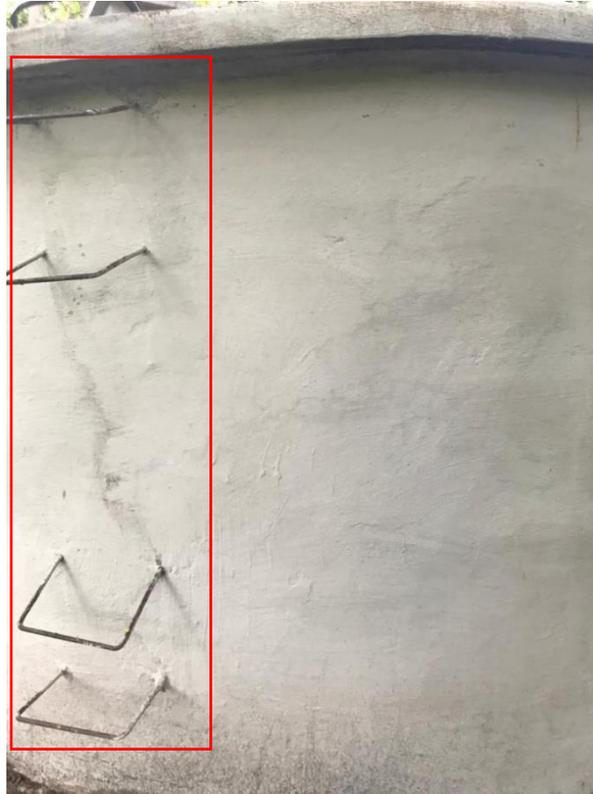
- Alto: 0.85m
- Ancho:0.85m
- Largo:0.85m

#### 5.1.7. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Se puede apreciar la existencia de humedad en las paredes del tanque de almacenamiento debido a grietas ocasionadas por la erosión de sus paredes. La comunidad, intervino con la

implementación de un repello a todas las paredes del tanque de almacenamiento. Como consecuencia puede existir la posibilidad de la reparación de dichas grietas. Para la prevención de estos imprevistos es recomendable la implementación de una capa de impermeabilizante en las rajaduras existentes.

Las escaleras para el chequeo interno del tanque de almacenamiento de igual manera se encuentran en mal estado y puede significar un peligro para el operario de este.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 28-Escaleras para subir al tanque en mal estado**

La entrada de agua hacia el tanque es por medio de dos tuberías que salen del tanque sedimentador y entran por una abertura bajo la tapadera del tanque de almacenamiento. Esto se debe a la desconexión que se realizó del tanque hipo clorador. La tapadera de igual manera está en malas condiciones y ocupa una mejora para no desprender sedimentos en el tanque de almacenamiento que puedan obstruir las tuberías de salida o de la red de distribución.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 29-Tubería de entrada de agua al tanque**

En la salida del tanque se encuentra una válvula de control para el cerrado de la obra de almacenamiento a altas horas de la noche. Esto debido a que se presenta rebose de agua más allá de las 11PM de la noche. Es recomendable la implementación de válvulas de flote para el cerrado automático de este.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 30-Válvula de control en la salida del tanque de almacenamiento**

La elevación del tanque con respecto a la primera casa que se abastece del sistema de distribución tiene una diferencia de aproximadamente 7MCA, que está bajo los estándares de 10MCA que especifica la normativa del SANAA.

#### 5.1.8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

La línea de distribución es en su mayoría soterrada, presenta cambios bruscos en la pendiente por el hecho de estar situada sobre una topografía muy variable y accidentada. La tubería pasa por en medio de una plantación de maíz lo cual dificulta su acceso en varios tramos. Sus diámetros van de 2" a 1 ½" plg y de 1 ½" en los últimos tramos.

No se detectaron fugas visibles en la visita de reconocimiento, ni en la toma de los puntos para la topografía. No presenta tubería al descubierto solo el tramo que sale del tanque de almacenamiento, pero siendo este de hierro galvanizado.



Fuente: Propia (2019)

#### **Ilustración 31-Tubería de salida del tanque de HG**

#### 5.1.9. RED DE DISTRIBUCIÓN

Actualmente la red de la comunidad no es apta para la correcta distribución del agua, cuenta con conexiones a la red de distribución que no cumplen con las requeridas por el SANAA de diámetros mínimo y máximo para esta. Cabe mencionar que existen tramos de tubería que pasan por la calle,

descubiertos y que en cualquier momento pueden ser averiados, con respecto a ello, existen muchas de ellas que son de PVC, lo cual podría ocasionar fugas por cualquier imprevisto.



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 32-Tubería de la Red de Distribución expuesta**



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 33-Tubería de la Red de Distribución de PVC expuesta**

Referente a los diámetros máximos y mínimos en la red de distribución, cabe mencionar que existen tramos de tubería principal que la comunidad ha ido anexando que son hasta de  $\frac{3}{4}$ ". El tamaño máximo nominal de la tubería para tramos principales en la normativa del SANAA es de min 1". Anexado a esto, hay ciertos tramos de tubería que cursan un paso aéreo que son de PVC.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 34-Tubería de PVC de paso aéreo en la red de distribución**

La tubería principal para el abastecimiento de algunas viviendas cruza por en medio de propiedades de residentes de la comunidad, teniendo así pocas mallas de red cerradas para un mejor análisis de presiones y velocidades.



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 35-Tubería que cruza por propiedades privadas**

Existen ciertos tramos en la comunidad que no pueden ser excavados (La Laja). Estos impiden la correcta distribución de las tuberías por los costados de las calles en dichos tramos. Conforme a esto, la comunidad de igual manera ha intervenido con la selección de tramos que cruzan propiedades de ciertos pobladores para solventar este problema.



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 36-Tramo de laja que impide la excavación para la colocación de la tubería**

## 5.2. AFORO DE LA FUENTE, FILTRO Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para obtener el caudal de la fuente principal se utilizó la ecuación que se presenta a continuación, el volumen del recipiente con el que se realizó el aforo es de 5 galones y el tiempo promedio en que se llenó el recipiente es de 103.5 segundos. Se obtuvo el siguiente resultado.

$$Q = \frac{5 * 60}{103.5 s} = 2.89 \text{ gpm}$$

Para la fuente secundaria también se utilizó la misma ecuación, el volumen del recipiente también es de 5 galones y el tiempo promedio es de 313.51 segundos.

Se obtuvo el siguiente resultado.

$$Q = \frac{5 * 60}{313.51 s} = 0.957 \text{ gpm}$$

$$Q_{total \text{ fuente}} = 2.89 + 0.957 = 3.847 \text{ gpm}$$

Para el filtro también se utilizó la misma ecuación, el volumen del recipiente también es de 5 galones y el tiempo promedio es de 53.33 segundos.

Se obtuvo el siguiente resultado.

$$Q = \frac{5 * 60}{53.33 s} = 5.62 \text{ gpm}$$

Para el tanque de almacenamiento también se utilizó la misma ecuación, el volumen del recipiente también es de 5 galones y el tiempo promedio es de 47.66 segundos.

Se obtuvo el siguiente resultado.

$$Q = \frac{5 * 60}{47.66 s} = 6.29 \text{ gpm}$$

Debido a los resultados de las pruebas realizadas por el SANAA, se puede concluir que el agua de la fuente es apta para el consumo humano, sin embargo, es necesario que se someta a un proceso de cloración, como lo indica la Norma Técnica de Agua. Cabe mencionar que la comunidad dispone con dos fuentes de abastecimiento.

### 5.3. CÁLCULO DE POBLACIÓN

Para nuestro caso, haremos el cálculo de la población por medio del método de saturación, debido a que en el censo que fue aplicado a la población de La Ceibita, no todas las personas estuvieron dispuestas a proporcionar la información necesaria para tener la cantidad exacta de personas que viven en la comunidad.

Para obtener la población se utilizó la ecuación que se presenta a continuación:

$$Pf = 6 * 102 = \mathbf{612 \text{ habitantes}}$$

Para obtener la población futura con una proyección a 20 años se utilizó la ecuación que se presenta a continuación:

$$Pf = Po \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{20}$$

Se utilizó una tasa de crecimiento de 1.5%

Teniendo como resultado lo siguiente:

$$Pf = 400 \left(1 + \frac{1.5}{100}\right)^{20} = \mathbf{539 \text{ habitantes}}$$

Se concluyó que se utilizará la población futura por el método de saturación, ya que, es el dato de mayor valor con **612** habitantes.

### 5.4. COEFICIENTE Y VARIACIÓN DE CONSUMO

Los tres tipos de consumo se obtienen mediante las siguientes ecuaciones:

Para el consumo medio diario se utilizó la ecuación 3:

$$QMD = \frac{Po \text{ (Dotación)}}{86,400}$$

#### 1. Consumo medio diario

Teniendo como resultado lo siguiente:

$$QMD = \frac{612 \text{ (120 litros)}}{86,400} = \mathbf{0.85 \text{ L/s}}$$

Para el consumo máximo diario se utilizó el coeficiente correspondiente según el marco teórico de 1.5 y la ecuación 4:

$$Q_{MaxD} = Q_{MD} \times 1.5$$

### 2. Consumo máximo diario

Teniendo como resultado lo siguiente:

$$Q_{MaxD} = 0.85 \text{ L/s} * 1.5 = \mathbf{1.275 \text{ L/s}}$$

Para el consumo máximo horario se utilizó el coeficiente correspondiente según el marco teórico de 2.25 y la ecuación 5:

$$Q_{MaxH} = Q_{MD} \times 2.25$$

### 3. Consumo máximo horario

Teniendo como resultado lo siguiente:

$$Q_{MaxH} = 0.85 \text{ L/s} * 2.25 = \mathbf{1.913 \text{ L/s}}$$

## 5.5. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Para calcular la pérdida por fricción de la línea de conducción se dividió en 3 tramos debido a que se cuenta con 2 materiales diferentes, los cuales son de PVC Y HG como se presenta a continuación.

Se utilizó la ecuación 6 que se presenta a continuación:

$$H_f = \left[ \frac{10.643 (Q_{MaxD} \times 10^{-3})^{1.85} (L)}{(140 \text{ ó } 100)^{1.85} (D)^{4.87}} \right]$$

### 1. Para el tramo 1 de tubería de PVC:

Con la siguiente ecuación se obtuvo la pérdida de tubería de la línea de conducción:

$$H_f = \left[ \frac{10.643 (1.275 \times 10^{-3})^{1.85} (153.784)}{(140)^{1.85} (0.050)^{4.87}} \right] = \mathbf{1.678 \text{ MCA}}$$

Se obtuvo como resultado una pérdida de 1.678 MCA, para encontrar la presión al final de este tramo se restó el valor de la línea piezométrica estática que es 157m, menos la perdida obtenida de la ecuación 6, dando como resultado 155.32 mca

2. *Para el tramo de tubería de HG:*

Con la siguiente ecuación se obtuvo la pérdida de tubería de la línea de conducción:

$$H_f = \left[ \frac{10.643 (1.275 \times 10^{-3})^{1.85} (11.966)}{(100)^{1.85} (0.050)^{4.87}} \right] = \mathbf{0.24 MCA}$$

Se obtuvo como resultado una pérdida de 0.24 MCA, para encontrar la presión al final de este tramo se restó el valor de la línea piezométrica estática que es 155.32m, menos la perdida obtenida de la ecuación 6, dando como resultado 155.08 mca

3. *Para el tramo 2 de tubería de PVC:*

Con la siguiente ecuación se obtuvo la pérdida de tubería de la línea de conducción:

$$H_f = \left[ \frac{10.643 (1.275 \times 10^{-3})^{1.85} (323.45)}{(140)^{1.85} (0.050)^{4.87}} \right] = \mathbf{3.53 MCA}$$

Se obtuvo como resultado una pérdida de 3.53 MCA, para encontrar la presión al final de este tramo se restó el valor de la línea piezométrica estática que es 155.08m, menos la perdida obtenida de la ecuación 6, dando como resultado 151.55 mca

Se obtuvo una pérdida total de **5.45 MCA** y una presión de llegada al tanque de **7.95 MCA**.

4. *Golpe de Ariete*

Para calcular el tiempo de cierre se utilizó la ecuación 7:

$$T = \frac{(2)(L)}{a}$$

El parámetro "a" representa la celeridad de la conducción (m/s), la cual depende de las características físicas de la misma: material y dimensiones.

La celeridad se calculó con la ecuación 8:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

En la que "D" es el diámetro de la conducción (en mm), "e" es el espesor (en mm) y "K" un coeficiente representativo de la elasticidad del material de la conducción, y que es función del módulo de elasticidad de este (en kg/m<sup>2</sup>) a través de la expresión:

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

En la que "ε" es el módulo de elasticidad del material de la conducción, cuyos valores de referencia son los siguientes:

**Tabla 12-Módulos de Elasticidad**

Material	ε (Kg/m <sup>2</sup> )
Fundición	17X10 <sup>9</sup>
Acero	21X10 <sup>9</sup>
Hormigón	3X10 <sup>9</sup>
PVC	3X10 <sup>8</sup>
PE	10 <sup>8</sup>
PRFV	2X10 <sup>9</sup>

Fuente: Hidrojing (2019)

Para obtener el coeficiente K de la elasticidad del material se utilizó la siguiente ecuación:

*Para el tramo más crítico:*

$$K = \frac{10^{10}}{3X10^8} = 33.333$$

Para encontrar la celeridad de la conducción "a" se utilizó la ecuación 8:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.333 * \frac{58.01 \text{ mm}}{2.31 \text{ mm}}}} = 332.71 \text{ m/s}$$

Hay que calcular la siguiente relación con la ecuación 7:

$$= \frac{(2)(323.45)}{332.71} = 1.94 \text{ seg}$$

Se define la siguiente ecuación para poder calcular el tiempo de parada:

$$T = C + \frac{K * L * v}{g * H_m}$$

en la que L es la longitud de la conducción de la instalación (en m), V es la velocidad de circulación del agua en la instalación (en m/s), g es la gravedad, H<sub>m</sub> es la altura manométrica de la instalación, y C y K son coeficientes de ajuste determinados son los siguientes:

**Tabla 13-Coeficiente K con forme a la longitud**

L (m)	K
< 500	2
≈ 500	1.75
500 < L < 1500	1.5
≈ 1500	1.25
> 1500	1

Fuente: Hidrojing (2019)

**Tabla 14-Coeficiente C conforme a la pendiente**

i	C
< 20%	1
≈ 25%	0.8
≈ 30%	0.6
≈ 40%	0.4
> 50%	0

Fuente: Hidrojing (2019)

Para calcular el tiempo de parada utilizamos la siguiente ecuación:

$$T = 1 + \frac{(2)(323.45 \text{ m})(0.6493 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{(9.81)(2)} = \mathbf{22.41 \text{ segundos}}$$

En relación con la velocidad de propagación de la onda y el tiempo de parada del agua, puede determinarse una tercera característica de la instalación; la longitud crítica, la cual es sencilla de obtener a través de la expresión:

$$L_c = \frac{aT}{2}$$

Para encontrar la longitud crítica de la instalación " $L_c$ " se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_c = \frac{(332.71 \frac{\text{m}}{\text{s}})(22.41 \text{ seg})}{2} = \mathbf{3,728 \text{ metros}}$$

Para este caso la fórmula que se aplica para calcular el golpe de ariete y obtener el incremento de presión producido es la propuesta por Michaud:

$$\text{Si } L < L_c \text{ (Impulsión corta)} \Rightarrow T > \frac{2 * L}{a} \Rightarrow \text{Michaud } \Delta H = \frac{2 * L * v}{g * T}$$

En este caso, la presión máxima se dará única y exclusivamente en el ámbito del elemento que ha generado el golpe de ariete (en la válvula de cierre), y en ningún punto más de toda la longitud de la instalación se dará esa presión máxima.

$$\text{Si } 323.45 < 3,728 \text{ (Impulsión corta)} \Rightarrow 22.41 \text{ seg} > 1.94 \text{ seg}$$

$$\Rightarrow \text{Michaud } \Delta H = \frac{2 * 323.45 \text{ m} * 0.6493 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \text{ m/s}^2 * 22.41 \text{ seg}} = \mathbf{1.91 \text{ MCA}}$$

## 5.6. HIPO CLORADOR

La cloración es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. El funcionamiento del hipo clorador es aplicar una solución de cloro continuamente al agua que entra al tanque de almacenamiento, para que así, los organismos que

causan enfermedades sean eliminados al entrar el agua al tanque. Es importante clorar el agua continuamente con una dosis suficiente, pero sin perjudicar a la comunidad. Por ello, es necesario conocer el caudal que entra al tanque de almacenamiento.

$$Q = \frac{V}{T}$$

*Caudal que llega al tanque*

$$Q = \frac{5 \text{ galones}}{53.33 \text{ s}} \times 60 = 5.63 \text{ gpm}$$

En cuanto a la dosificación necesaria de hipoclorito, se tomarán en consideración 2 aspectos importantes:

- Para agua clara se utilizará una cantidad de 1 mg/l al 65%
- Para agua turbia se utilizará una cantidad de 1.6mg/l al 65%

Para calcular la cantidad de hipoclorito utilizamos la siguiente ecuación:

$$G = \frac{CMD}{f}$$

Con la ecuación 10 se obtuvo la cantidad de hipoclorito necesario para el hipo clorador:

$$G = \frac{\left(1.6 \frac{mg}{l}\right) (18.92 \text{ m}^3)(7 \text{ dia})}{65\%} = \mathbf{326 \text{ gramos de hipoclorito semanal}}$$

Para el clorado semanal del agua, se calculó la cantidad de pastillas necesarias de hipoclorito de calcio:

$$\frac{326}{200} = \mathbf{1.6 \text{ pastillas semanales}}$$

## **5.7. TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Según la Noma del SANAA, la capacidad del tanque es de 30% - 40% del consumo medio diario, cuando es un sistema por gravedad. Para este proyecto se utilizó **40%** del consumo medio diario (QMD).

A continuación, verificará la capacidad del tanque de almacenamiento actual tomando en cuenta la siguiente ecuación y datos:

Diámetro del tanque actual: 3.764 metros

Altura del tanque actual: 1.92 metros

$$V = h \times \left( \frac{\pi}{4} \times d^2 \right)$$

1. *Cálculo de volumen para un tanque cilíndrico*

Con la siguiente ecuación se obtuvo la capacidad del tanque actual:

$$V = 1.92 \times \left( \frac{\pi}{4} \times 3.764^2 \right) = 21.36 \text{ m}^3/\text{dia} = \mathbf{5,642 \text{ galones}}$$

A continuación, se muestra el cálculo del tanque nuevo con la siguiente ecuación y datos:

$$V = QMD * 86,400 \text{ S}/\text{dia} * 40\% * \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ L}}$$

1. *Cálculo de volumen requerido del tanque de almacenamiento*

Con la siguiente ecuación se obtuvo la capacidad requerida del tanque de almacenamiento:

$$V = (0.85 \text{ l}/\text{s})(86,400 \text{ S}/\text{dia})(40\%) \left( \frac{1\text{m}^3}{1000 \text{ L}} \right) = 29.376 \text{ m}^3 = \mathbf{7,760 \text{ galones}}$$

La capacidad del tanque actual es 5,642 galones y el volumen requerido es de 7,760 galones. Por lo tanto, el tanque de almacenamiento no es apto para cumplir con la necesidad actual de la comunidad. Se concluyó que es necesario construir otro tanque de almacenamiento que se encuentre a una altura mayor que el existente, ya que en el análisis realizado en el programa de Epanet, se muestra que el caudal que sale del tanque existente no llega con las presiones adecuadas, debido a que algunas viviendas de la comunidad se encuentran aproximadamente a la altura del tanque. Cabe mencionar que el nuevo tanque tendrá una capacidad de 3,000 galones para compensar la demanda hídrica junto con el tanque ya existente.

## 5.8. RED DE DISTRIBUCIÓN

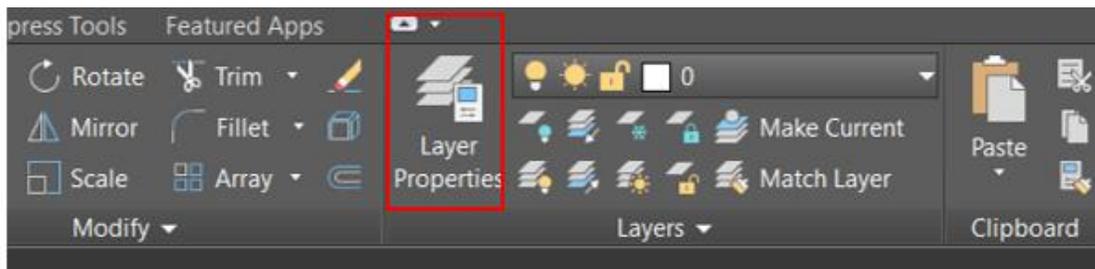
Para el diseño de la tubería se tomó en cuenta el uso de tres programas:

- 1) Civil 3D
- 2) EPACAD
- 3) EPANET

### 1) CIVIL 3D

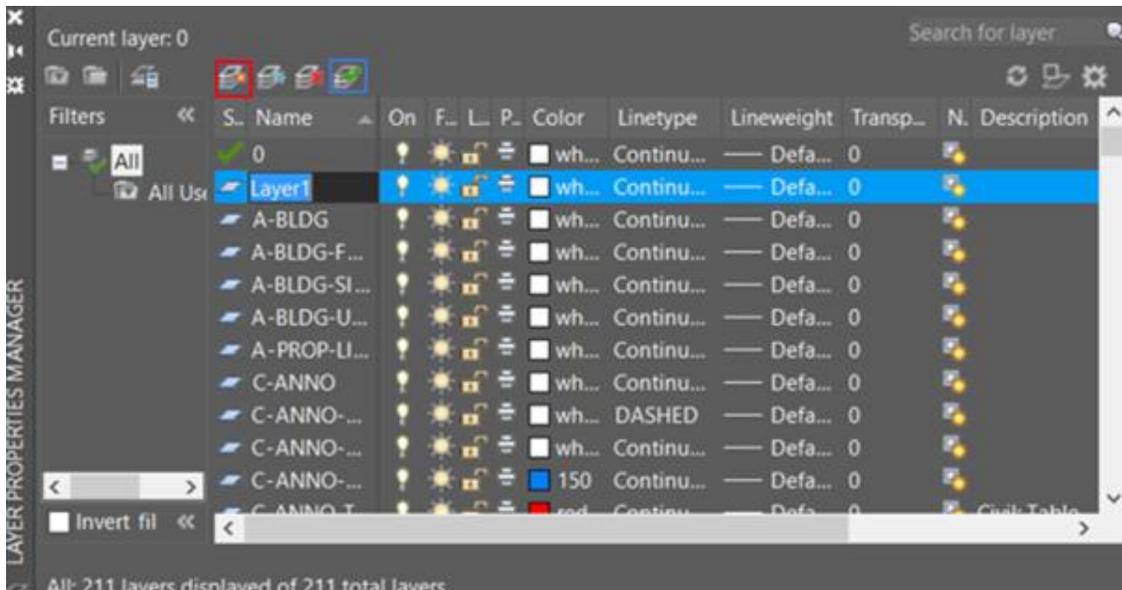
Primeramente, se inició con un plano general y se trazó la distribución de tubería de acorde con los datos recabados de la comunidad de Ceibita. Cabe mencionar que es importante recordar que una tubería está compuesta por dos nodos y una recta que une los mismo.

Se creó una **Nueva Capa (Layer)**, se puede trabajar en la capa original que habilita el programa, pero para cuestión de orden e identificación en el futuro, crear una capa es la mejor opción. Para ello se da un clic sobre el botón Layer Properties.



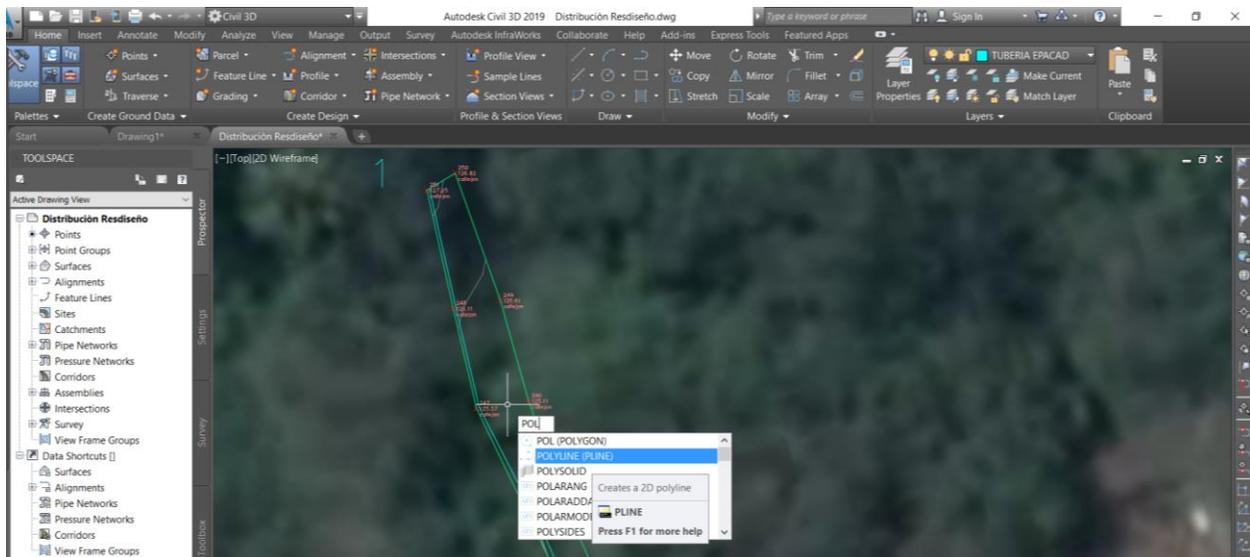
**Ilustración 37- Icono para Layer Properties**

Se presiona el botón pequeño con una estrella naranja (Cuadro Rojo) y se asignó un nombre cualquiera a la capa. Para empezar a trabajar en ella, se seleccionó el botón pequeño con un Check verde (Cuadro Azul) para señalar que esa será la capa por utilizar.



**Ilustración 38-Botón para asignar nombre a los layers**

Para el trazado se utilizaron **Polilíneas (Poly line)**, las cuales están unidas de nodo a nodo de tubería. Es importante recalcar que estos datos serán exportados a EPANET, por lo que se debe realizar de una forma precisa para minimizar cambios cuando se exporte.

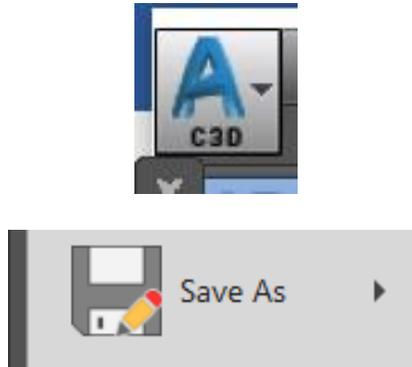


**Ilustración 39-Comando para hacer polilíneas**

Nota: Procure no cometer el error de trazar con el comando línea de Civil 3D ya que esto significará una cantidad excesiva de nodos, procure que los nodos de la tubería se encuentren en intersecciones, esto es de suma importancia para el desarrollo del archivo en EPANET.

Sugerencia: Para un trazado uniforme de la tubería estéticamente placentero es recomendable trazar el borde de la superficie creada con la topografía del lugar y desplazarlo (**OFFSET**) hacia el centro de esta.

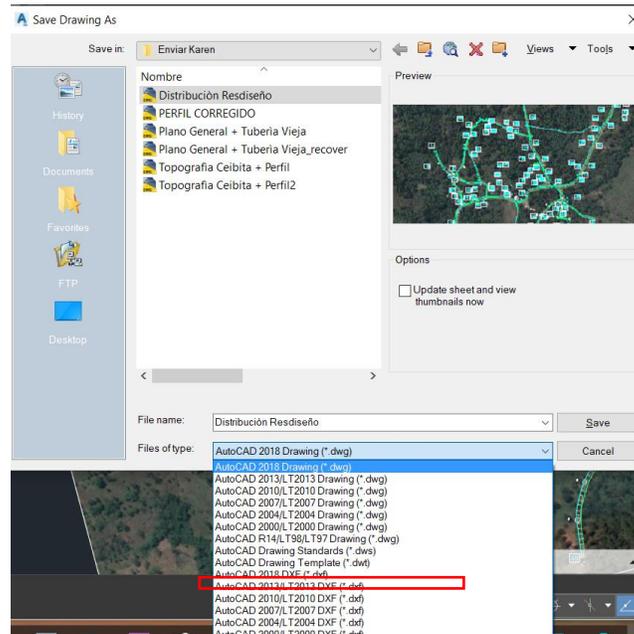
Cuando se culminó el trazado de toda la tubería se prosiguió a convertir el archivo a un documento **.DXF**, para ello se presionó el botón de Inicio de Civil 3D y Guardar Como (**Save As**).



**Ilustración 40-Comando “Save As” para guardar el documento**

Para las opciones de guardado se seleccionó la opción AUTOCAD2013/LT2013 DXF

Nota: Se realizó con esta versión para reducir la probabilidad de errores por incompatibilidad de los softwares. Seguidamente se prosiguió a guardar el archivo con el nombre correspondiente.



**Ilustración 41-Guardar el documento con el nombre deseado**

## 2) EPACAD

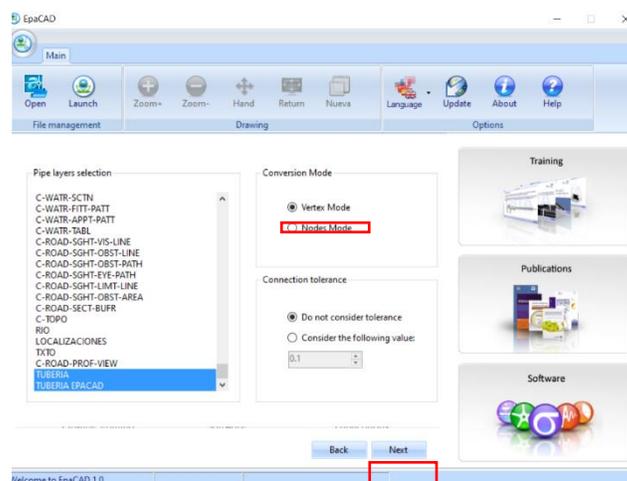
Luego de tener el archivo **.DXF** se prosiguió a la conversión de este a un archivo INP, para ello se utilizó el software **EPACAD**, para ello se inició apretando el botón **Abrir (OPEN)**



**Ilustración 42-Pograma de Epacad para convertir el archivo de Civil 3D**

Se seleccionó el archivo de AutoCAD en formato **.DXF**. Luego de cargar el archivo al programa se seleccionaron todas las **Capas (Layers)** que se trabajaron en AutoCAD para el trazado de la tubería. Por esta razón fue importante la creación de una nueva **Capa (Layer)**, en dado caso que no se crease la capa, importar la capa donde se hizo el trazado de la tubería en el plano.

Seguidamente se utilizó **Modo Vértice (Vertex Mode)** y se prosiguió a hacer un clic en **Siguiente (Next)**



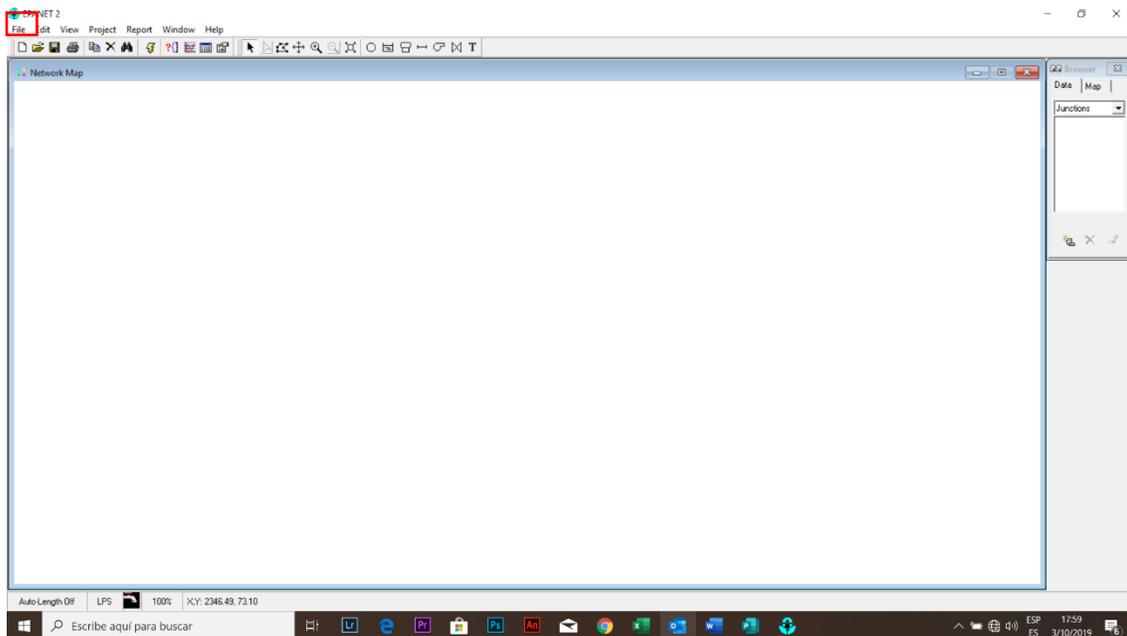
**Ilustración 43-Comando "Vertex Mode" en Epacad**

Finalmente se selecciona la opción **Finalizar (Finish)**, lo cual abrirá una ventana de guardado para el archivo. INP.

Nota: El programa tiene un error que no permite previsualizar el archivo antes de exportarlo, pero de todos modos se puede exportar sin ningún problema.

### 3) EPANET

Para la obtención de las variaciones en presión y caudal que existirán en el sistema se utilizó el software EPANET 2.



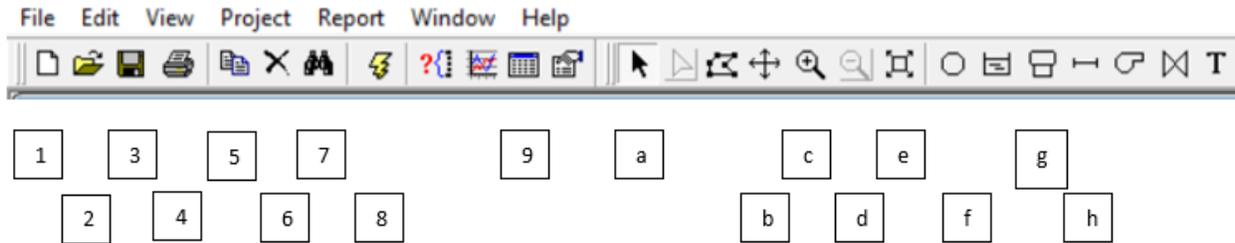
**Ilustración 44-Software Epanet para las presiones y caudales de la red de distribución**

Se inició creando un nuevo proyecto con el botón "File".

Luego se le asignó un nombre de proyecto, en el caso del proyecto se generaron tres archivos, las tuberías de la comunidad de ceibita como actualmente se encuentra, ceibita con el posicionamiento actual de la tubería, pero con un ajuste de diámetros y finalmente un rediseño de la red tomando en cuenta las normativas del SANAA.

Nota: Véase que el programa identifica las intersecciones entre las **Polilíneas** y las representa como nodos.

Para la inserción de diferentes elementos en Epanet se hizo uso de los botones que el programa tiene para el diseño de redes de abastecimiento de agua potable. A continuación, un diagrama de los más utilizados en dicho diseño:



**Ilustración 45-Comando para inserción de elementos en Epanet**

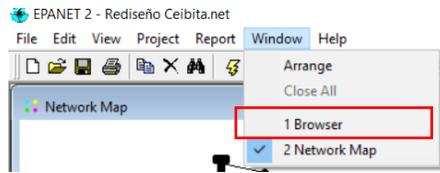
Operacionales:

1. Nuevo Documento
2. Abrir un Documento
3. Guardar
4. Imprimir
5. Copiar
6. Eliminar Elemento
7. Buscar
8. Analizar el diseño
9. Tabla de Resultados

De diseño:

- a) Seleccionar
- b) Navegar/Mover
- c) Acercar
- d) Alejar
- e) Ver todo el diseño
- f) Agregar un Nodo
- g) Agregar un Tanque
- h) Agregar una tubería

En el Icono **Ventana (Window)** se utilizó una herramienta clave para el mejor aprovechamiento de tiempo, **Navegador (Browser)**, brindando este un mejor manejo del programa y de las diferentes partes de la red.



**Ilustración 46-Comando Browser para mejor manejo del programa**

Este cuenta con dos subdivisiones, **Datos (Data)**, la que se encarga de poder navegar por los diferentes elementos como ser, nodos, tanques, tuberías, reservorios etc., y **Mapa (Map)**, el cual se encarga de navegar por los diferentes resultados después de analizar el diseño.



**Ilustración 47-Comandos "Data" y "Map" que sirven para ver los componentes de la red**

Seguidamente se le asignaron las características físicas a las tuberías y nodos. Características físicas como ser, diámetros, coeficiente de rugosidad, longitudes de tubería y elevación de los nodos. Se accede a ello seleccionando el elemento dando clic izquierdo en él.

Nota: Previo a la asignación de características, verificar si no existen nodos repetidos o tubería superpuesta sobre otra. Eso brindará un incremento en la eficiencia previo al análisis del sistema.

- Características Tubería:

Property	Value
*Start Node	n17
*End Node	n18
Description	
Tag	
*Length	202.3
*Diameter	75
*Roughness	150
Loss Coeff	0

Longitud de Tubería

Diámetro de Tubería

Rugosidad de la Tubería

**Ilustración 48-Comando de Propiedades de la tubería**

- Características Nodo:

Property	Value
X-Coordinate	5256.04
Y-Coordinate	5222.85
Description	
Tag	
*Elevation	111.04
Base Demand	0.0296
Demand Pattern	

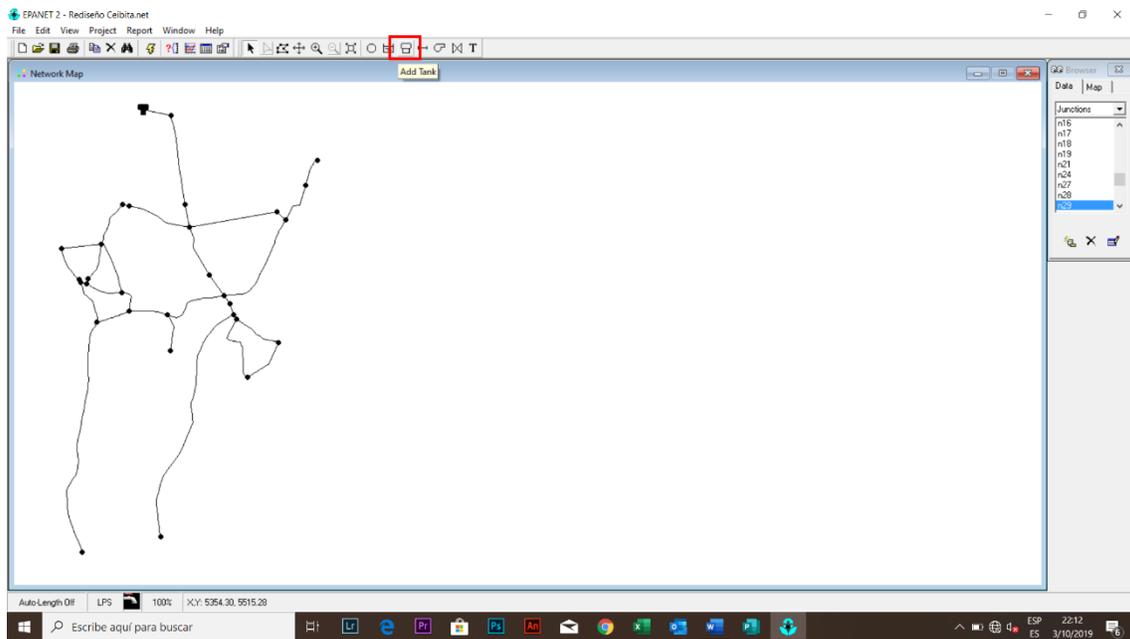
Elevación del Nodo

Demanda Base

**Ilustración 49-Características de los nodos y su demanda base**

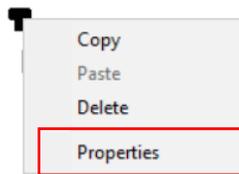
El cálculo de la demanda base por casa se realizó por el método de saturación y dividiendo el caudal total sobre la cantidad de viviendas en la comunidad, esto multiplicado por el número de casas en el tramo de tubería sobre dos, nos brinda el caudal base para cada nodo.

Cuando se completó de agregarle las características físicas a los elementos, se prosiguió a insertar un tanque y a la digitación de sus características.



### Ilustración 50-Comando "Tank" para agregar el tanque a la red de distribución

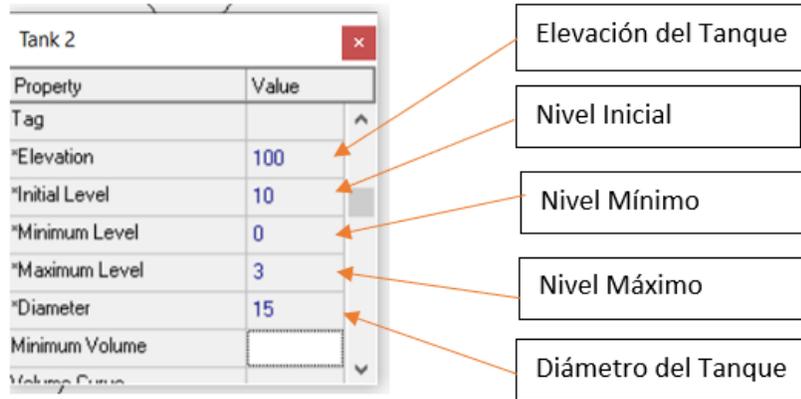
Se posicionó el **Tanque (Tank)** en el lugar correspondiente. Para agregar las características del tanque, se presionó clic derecho sobre el tanque y se seleccionó **Propiedades (Properties)**.



### Ilustración 51-Comando "Properties" para ver las características del tanque

Seguidamente se digitaron los diferentes datos del tanque, siendo la elevación, la elevación real en la que el tanque está posicionado, el nivel inicial del tanque como una referencia al nivel de agua inicial para que el tanque entre en operación, el nivel mínimo, que representa el nivel mínimo de agua para que el tanque siga operando. El nivel mínimo de operación del tanque en ningún caso podrá ser inferior a cero ni mayor al nivel máximo del tanque.

El Nivel Máximo, que por lo general representa la altura total de almacenamiento de agua que puede tener el tanque. Finalmente, también se tomó en cuenta el diámetro del tanque, siendo este el diámetro real del cilindro donde se almacena el agua.



**Ilustración 52-Propiedades del tanque**

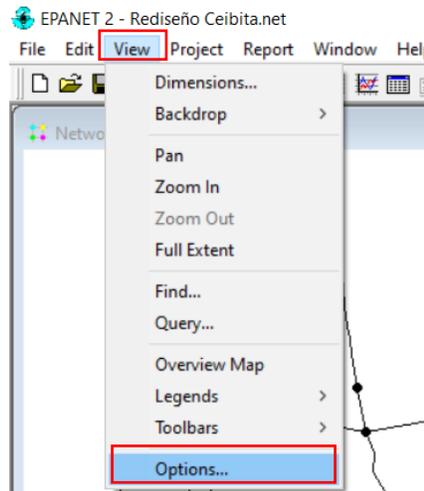
Finalmente se corrió el diseño por medio del botón **Analizar (Run)**, este dará un mensaje de confirmación cuando se efectúe el análisis.

Nota: Dependiendo del modelo, el mensaje variará, puede contener un mensaje de advertencia por presiones negativas en los nodos, o errores en el diseño, de esto último se da una base de datos sobre los diferentes elementos que causan los errores como ser, nodos no conectados, elementos sin características asignadas, entre otros.

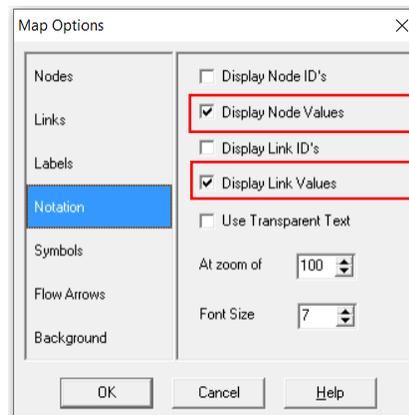
Para el análisis de los resultados se utilizó el **Navegador(Browser)** para la visualización de los mismos, se tuvo que tener en cuenta que si es el primer análisis del programa se debió configurar previamente para la visualización en el botón **Vista(View) – Opciones(Options)**.

Al hacerlo se abrirá una pestaña con diferentes opciones, seleccionamos **Notación (Notation)**. Es necesario que las opciones enmarcadas a continuación estén seleccionadas para el análisis de los datos.

Finalmente se cambiaron diámetros de tuberías desde la salida del tanque en adelante para lograr cumplir las condiciones que especifica el SANAA sobre velocidades y presiones.

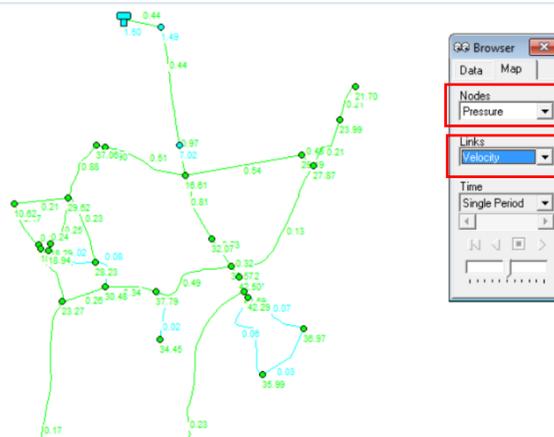


**Ilustración 53-Comandos "View" y "Options" para configuraciones**



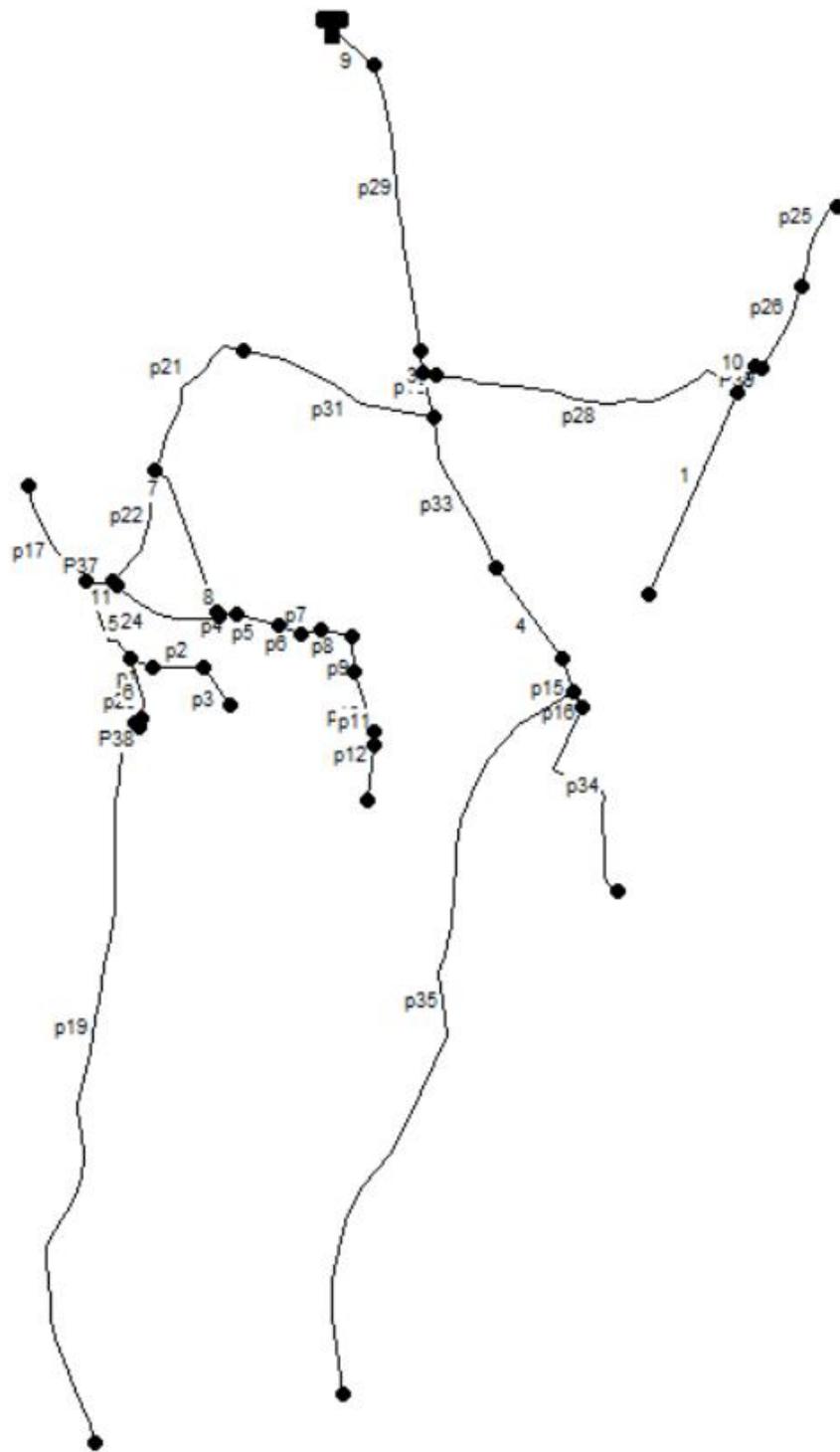
**Ilustración 54-Comando "Notation" para el análisis de datos**

Para la revisión de las presiones en los nodos y velocidades en las tuberías se utilizó el **Navegador (Browser)** con las siguientes consideraciones:



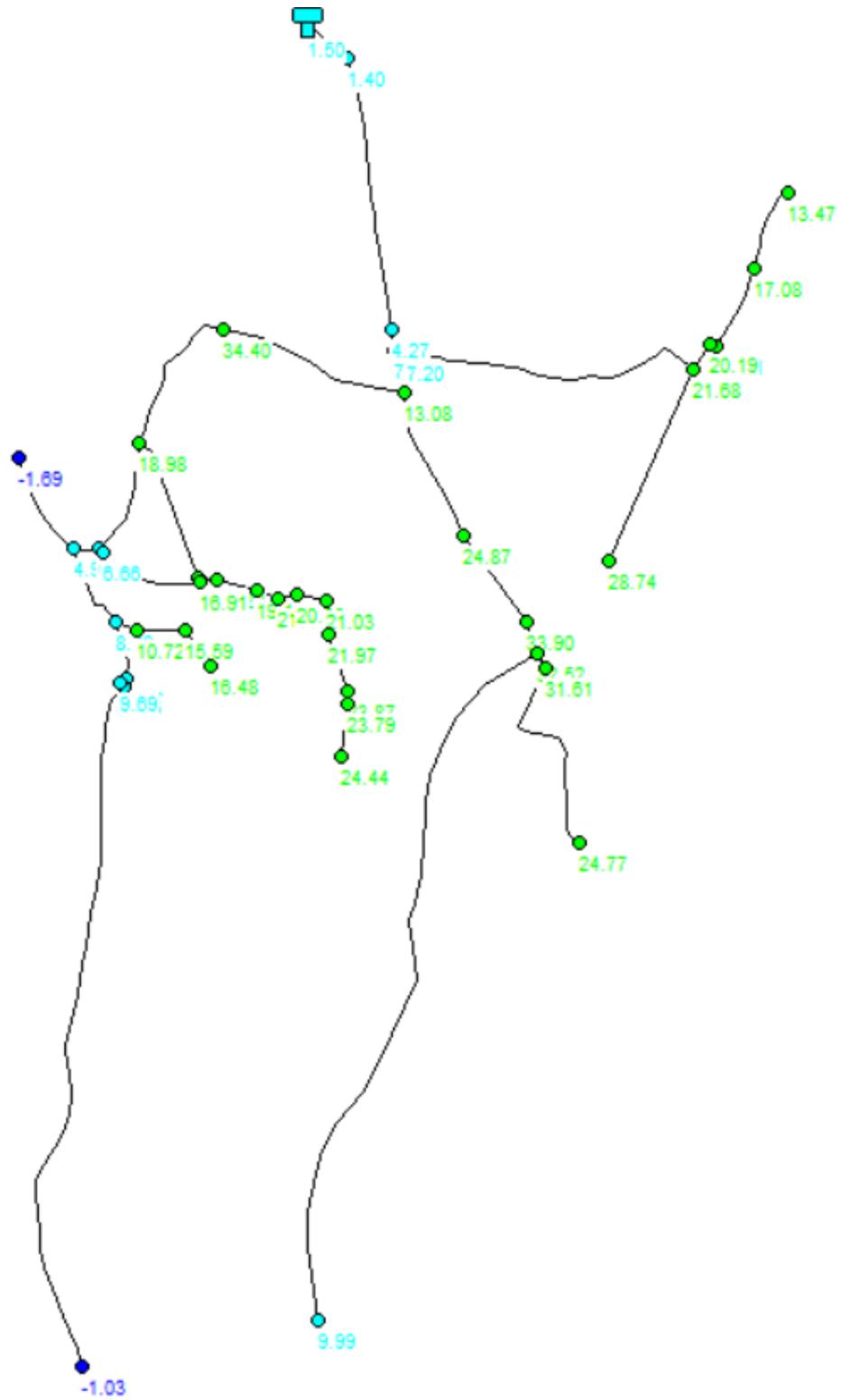
**Ilustración 55-Comando "Navegador" para revisión de presiones y velocidades**





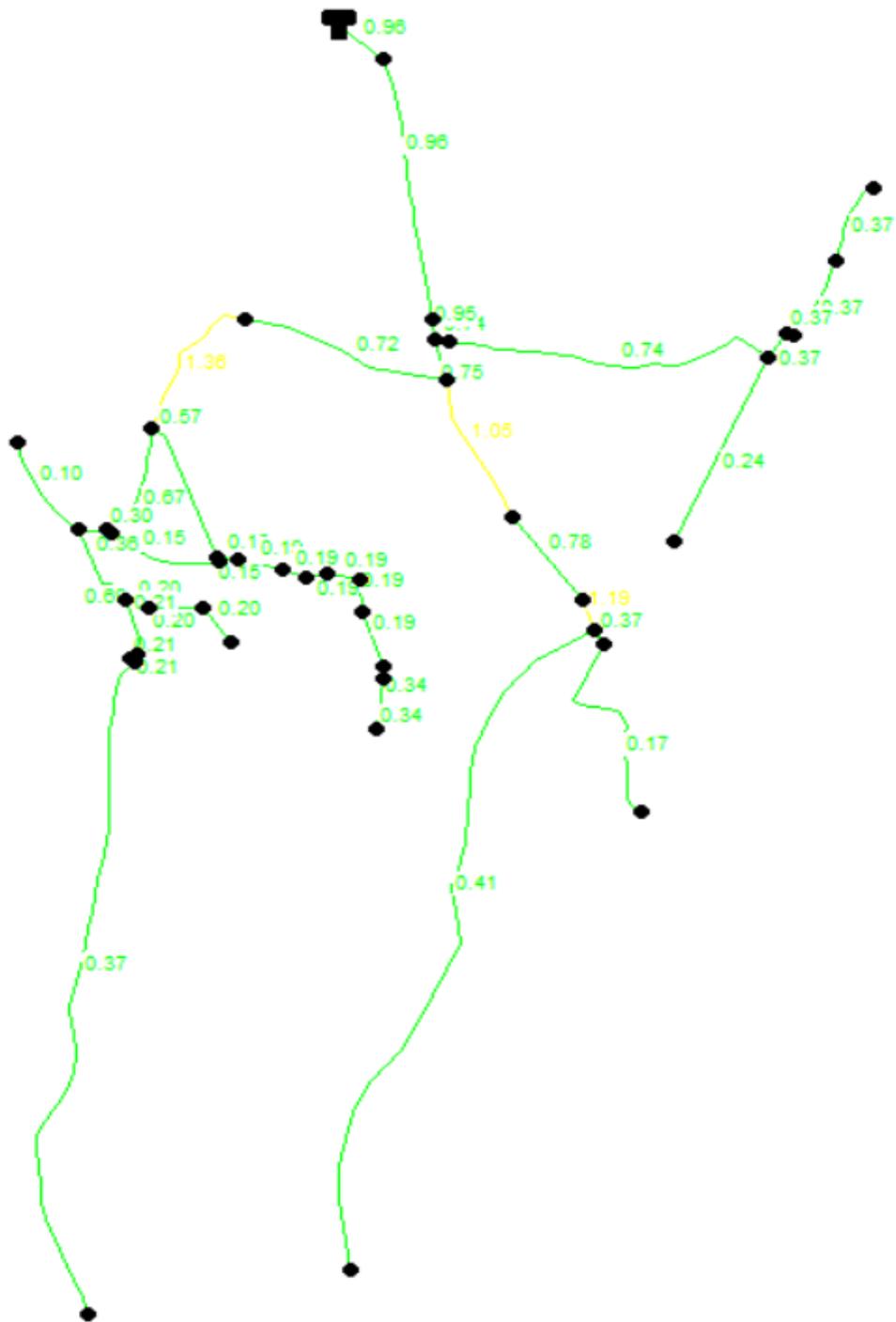
Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 57-Identificación de Tubería de la Red de Distribución Existente**



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 58- Presiones en la Red de Distribución Existente**

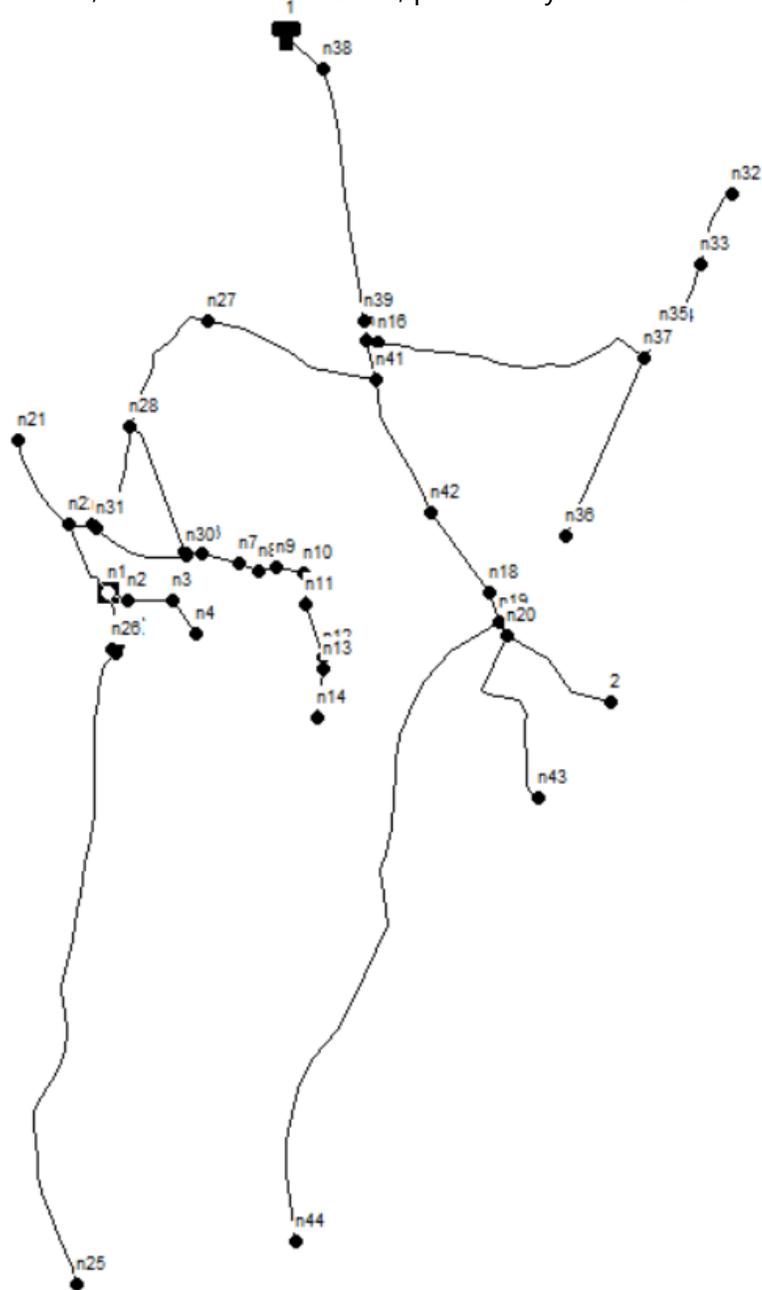


Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 59-Velocidades en la Red de Distribución Existente**

Las Ilustraciones 58 y 59 muestran la situación en la que se encuentra la Red de Distribución Existente de la comunidad, la cual presenta presiones bajas y esto causa que llegue menos caudal del que realmente necesita cada lote.

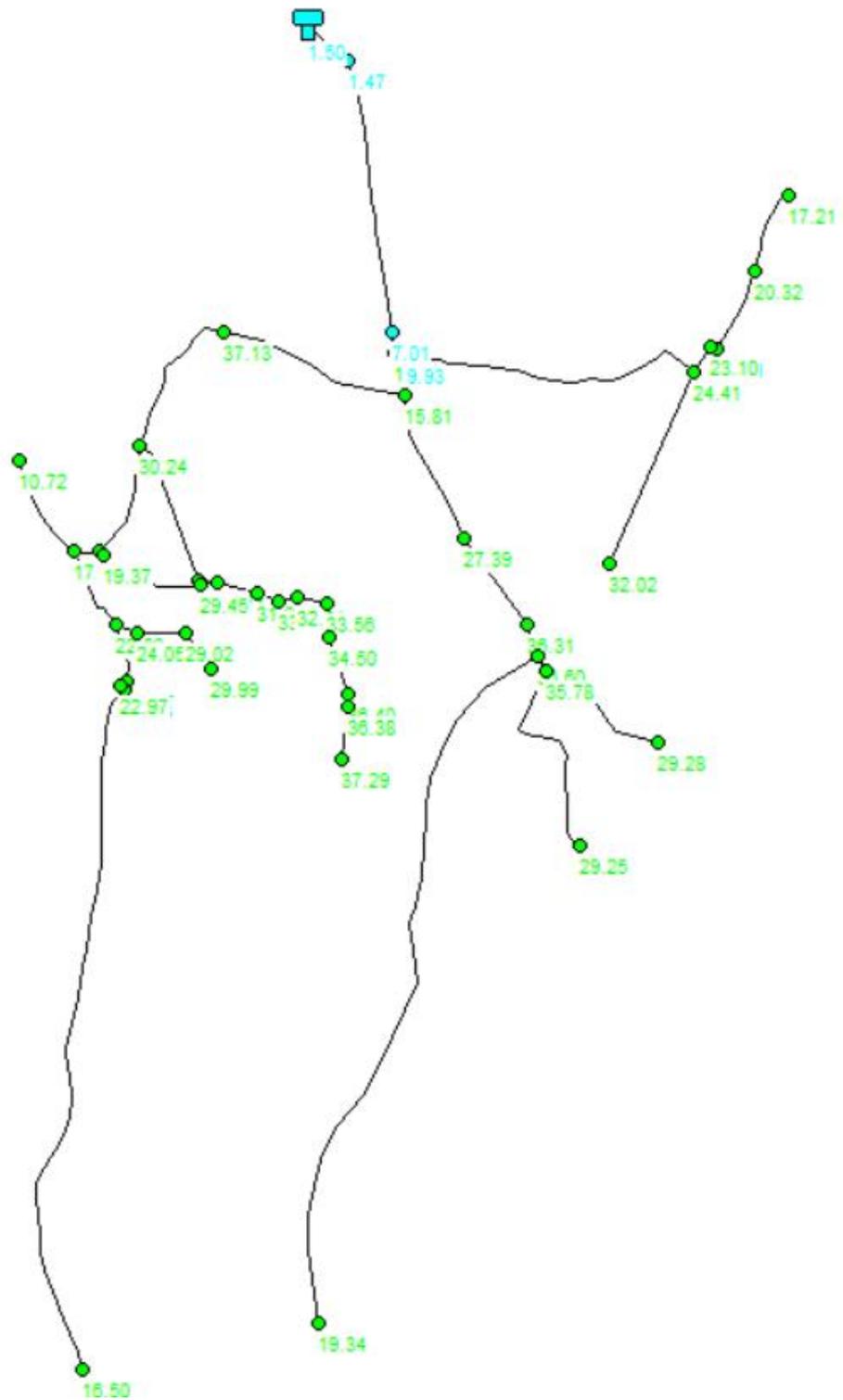
Seguidamente, se presenta el modelo en Epanet de la **Red de Distribución Existente Corregida con los diámetros requeridos de acuerdo con la Normativa del SANAA**, para este modelo se utilizó tubería de diámetro de 2 ½" en la salida del tanque y con una llegada a los ramales hasta de 1", la cual cumple con el diámetro mínimo de acuerdo con la Normativa. Así mismo, se muestra la red con sus respectivos nodos, ubicación de la tubería, presiones y velocidades.



Fuente: Propia (2019)

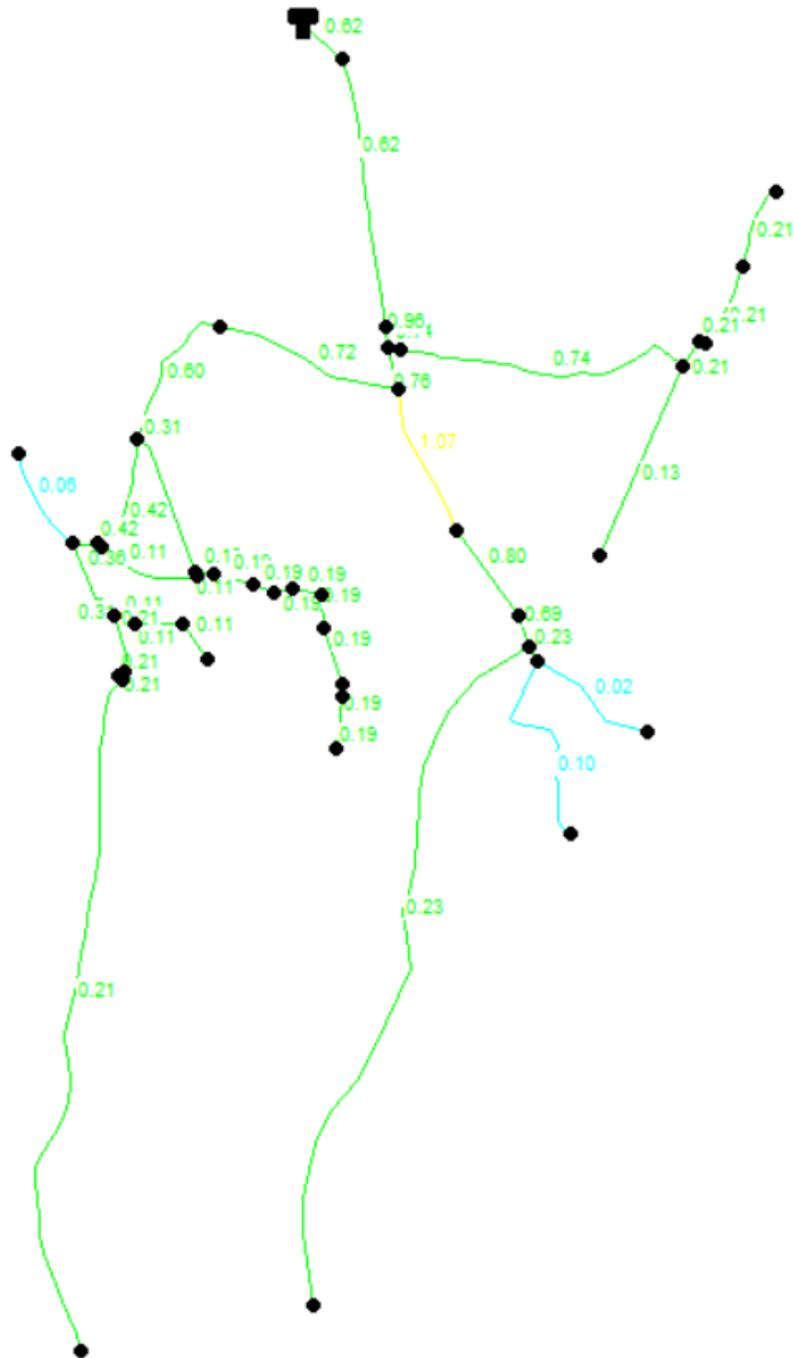
**Ilustración 60-Identificación de Nodos en la Red de Distribución Existente Corregida**





Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 62-Presiones de la Red de Distribución Existente Corregida**

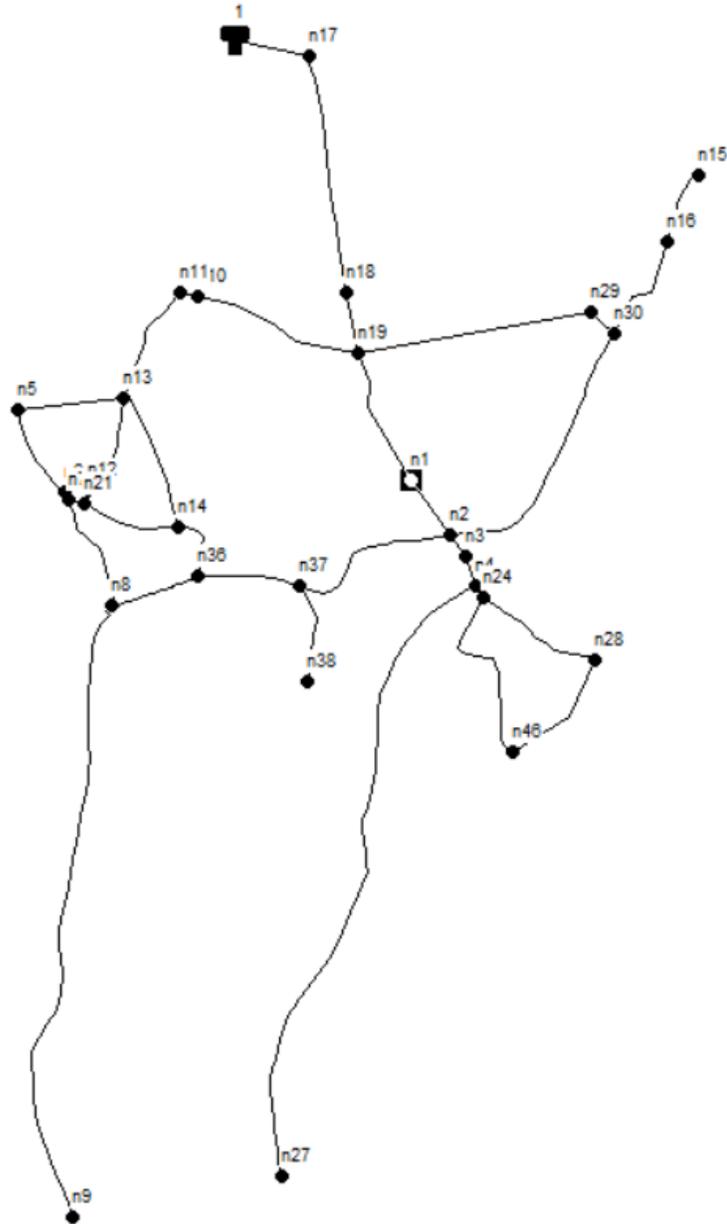


Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 63-Velocidades en la Red de Distribución Existente Corregida**

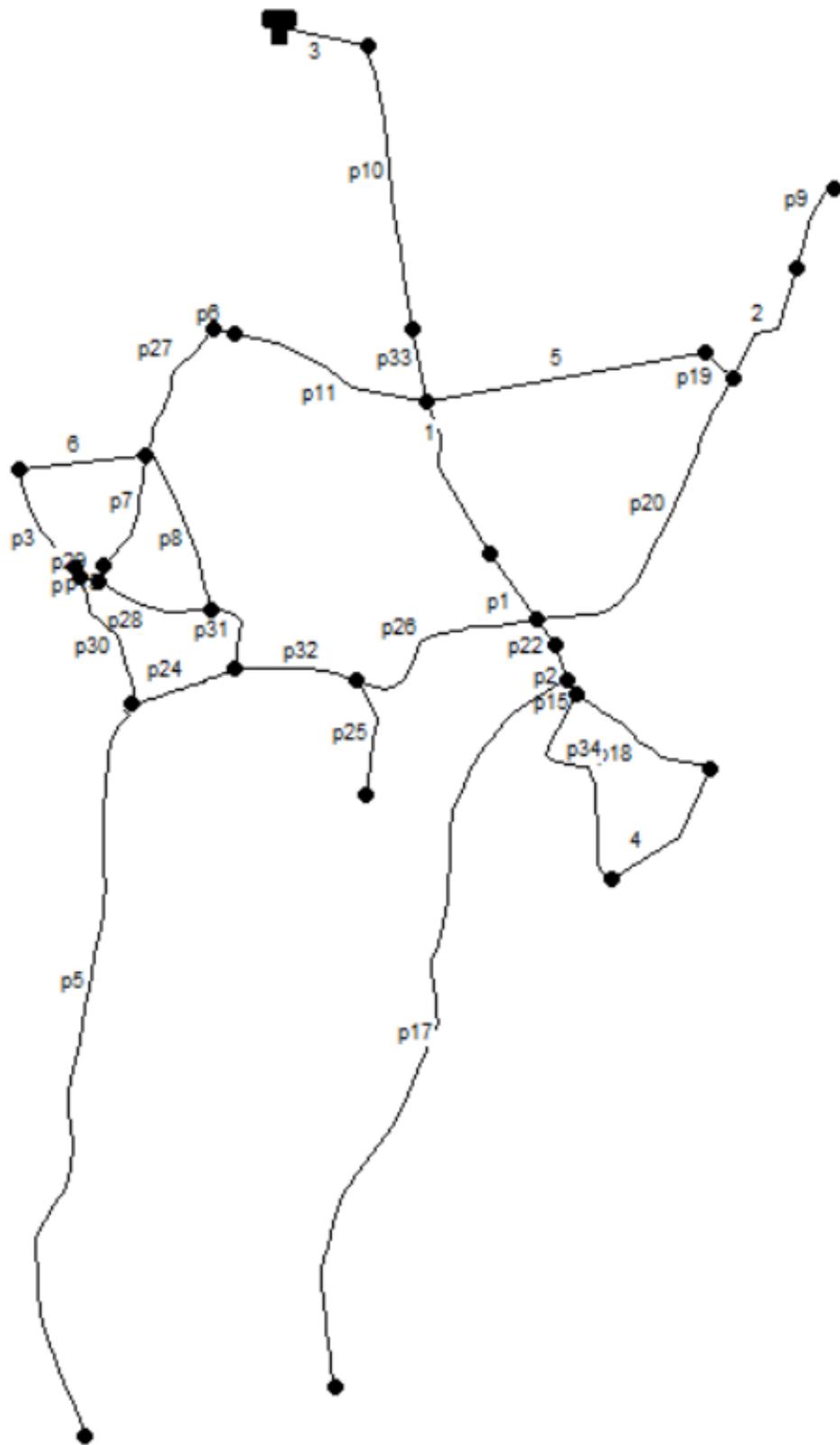
Como se observa en las Ilustraciones 62 y 63, haciendo la utilización de los diámetros correctos de acuerdo con la Normativa del SANAA, se puede reparar que es notorio el cambio en las presiones y velocidades en la red de distribución. Con el simple hecho de cambiar el diámetro de tubería y colocar el correcto, se puede notar significativamente una mejora.

Finalmente, se presenta el modelo en Epanet del **Rediseño de la Red de Distribución con los diámetros requeridos de acuerdo con la Normativa del SANAA**, para este modelo se utilizó tubería de diámetro de 3" en la salida del tanque y con una llegada a los ramales hasta de 1", la cual cumple con el diámetro mínimo de acuerdo con la Normativa. Así mismo, se muestra la red con sus respectivos nodos, ubicación de la tubería, presiones y velocidades.



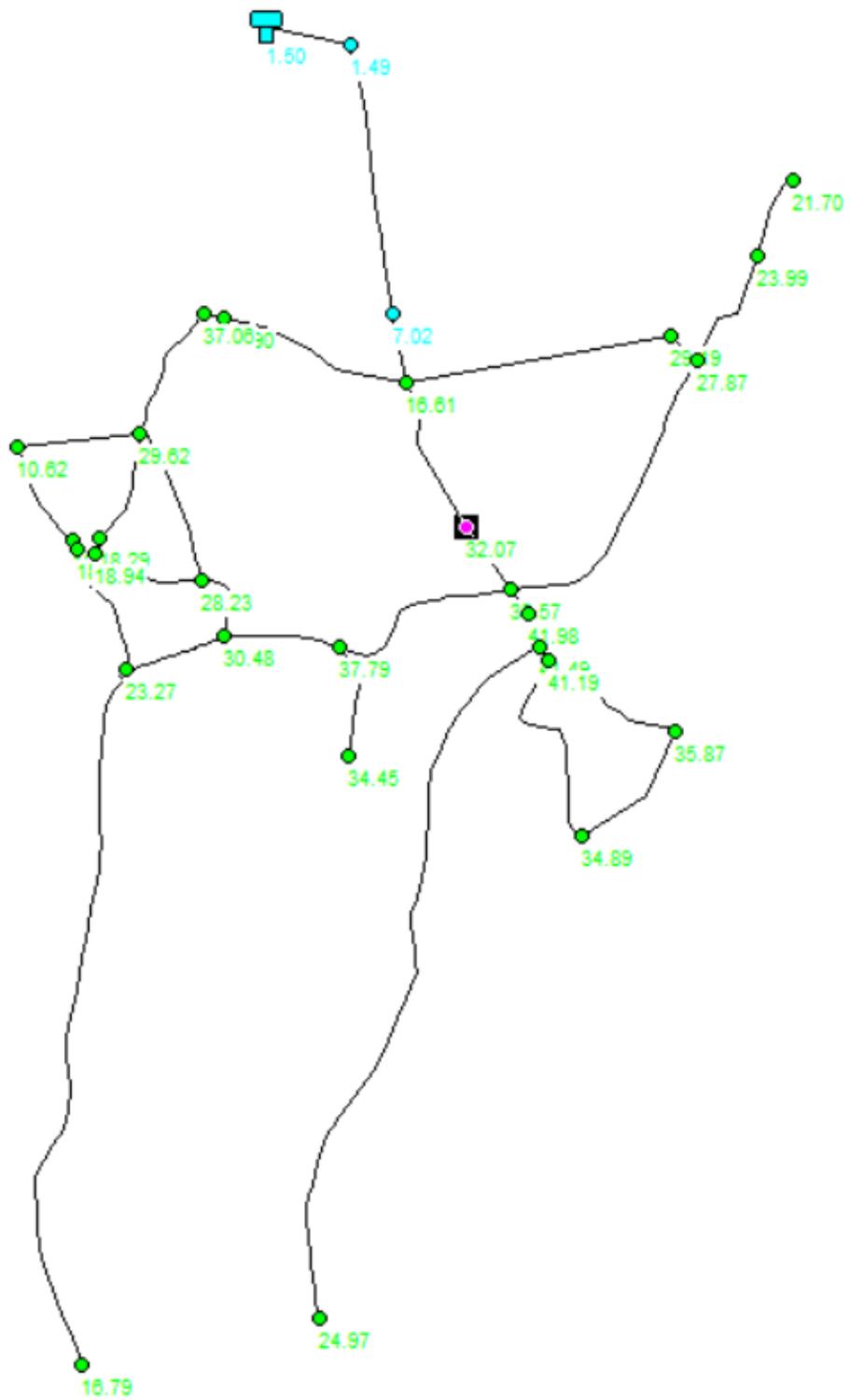
Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 64-Identificación de Nodos del Rediseño de la Red de Distribución**



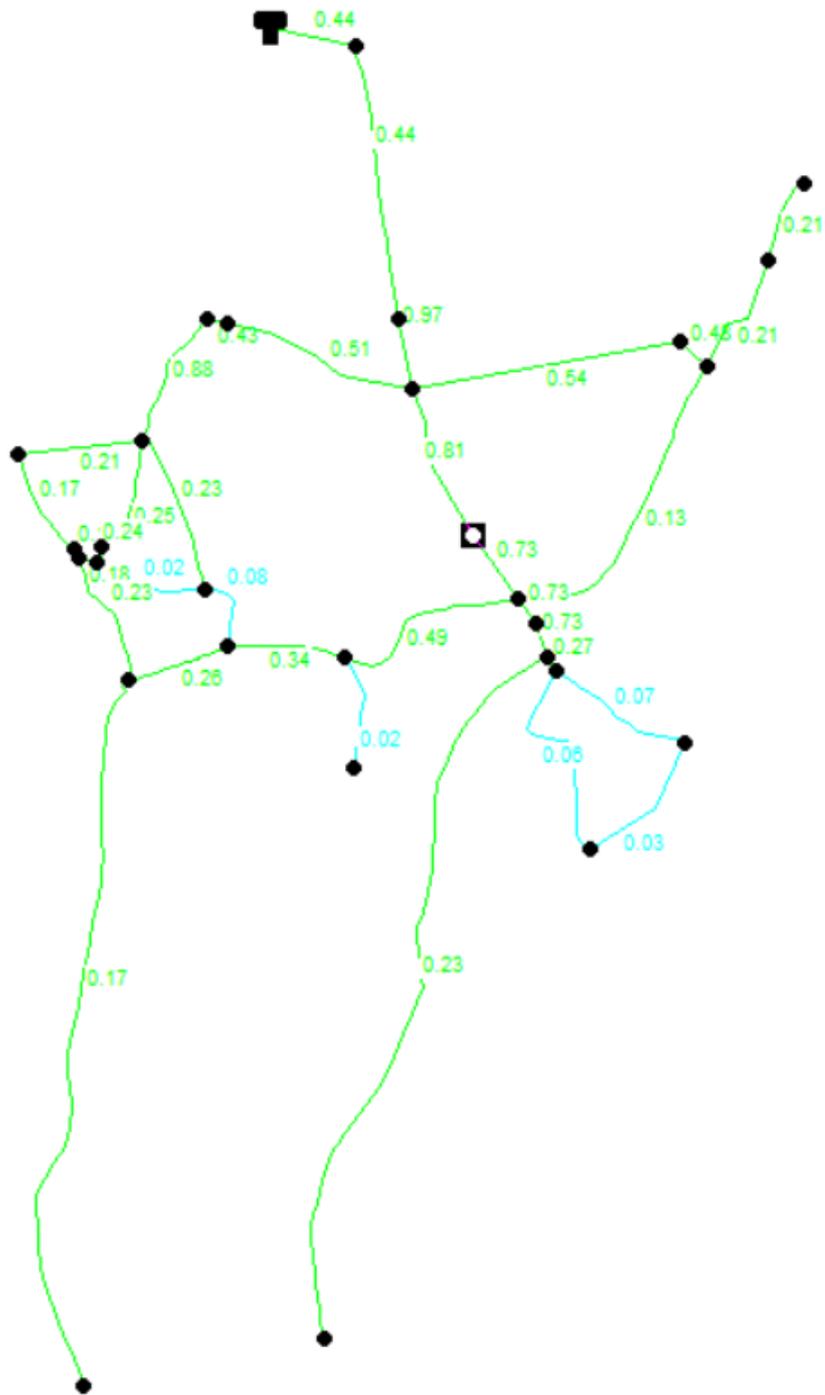
Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 65-Identificación de Tubería del Rediseño de la Red de Distribución**



Fuente: Propia (2019)

**Ilustración 66- Presiones del Rediseño de la Red de Distribución**



Fuente: Propia (2019)

### **Ilustración 67-Velocidades del Rediseño de la Red de Distribución**

En las Ilustraciones 66 y 67, se observa que las presiones y las velocidades cumplen de acuerdo con la Normativa del SANAA. Haciendo la utilización de los diámetros correctos y reubicando la tubería, es notorio el cambio, teniendo como resultado, un sistema de agua potable efectivo.

## 5.10. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL SOFTWARE EPANET

El diseño del sistema de agua potable para la comunidad de La Ceibita se realizó en el software Epanet, el cual brinda resultados de la demanda por nodo, las presiones, tramos de tubería, longitud de la tubería, diámetro de la tubería, caudales de diseño, velocidades del flujo, entre otros, véase las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20 donde se presentan dichos resultados.

**Tabla 15-Resumen de Nodos en la Red de Distribución Existente**

<b>Nodo ID</b>	<b>Demanda LPS</b>	<b>Presión MCA</b>
Nodo n21	0.03	-1.69
Nodo n25	0.1	-1.03
Nodo n38	0	1.4
Tanque 1	-1.89	1.5
Nodo n39	0.02	4.27
Nodo n22	0.04	4.9
Nodo n29	0	6.26
Nodo n31	0	6.66
Nodo n16	0	7.2
Nodo n15	0.03	7.57
Nodo n1	0.18	8.78
Nodo n26	0	9.69
Nodo n24	0	9.75
Nodo n23	0	9.96
Nodo n44	0.11	9.99
Nodo n2	0	10.72
Nodo n41	0.17	13.08
Nodo n32	0.1	13.47
Nodo n3	0	15.59
Nodo n4	0.06	16.48
Nodo n30	0	16.91
Nodo n5	0.11	16.92
Nodo n33	0	17.08
Nodo n6	0	17.22
Nodo n28	0.06	18.98
Nodo n7	0	19.15
Nodo n34	0	20.01
Nodo n9	0	20.08
Nodo n35	0	20.19
Nodo n10	0	21.03
Nodo n8	0	21.11

**Continuación Tabla 15...**

Nodo n37	0.2	21.68
Nodo n11	0	21.97
Nodo n13	0	23.79
Nodo n12	0	23.87
Nodo n14	0.09	24.44
Nodo n43	0.05	24.77
Nodo n42	0.13	24.87
Nodo n36	0.07	28.74
Nodo n20	0.06	31.61
Nodo n19	0.11	32.52
Nodo n18	0.06	33.9
Nodo n27	0.13	34.4

Fuente: Propia (2019)

En la tabla 15 se muestra identificado cada nodo de la Red de Distribución Existente sin ninguna modificación de diámetros, con su respectiva demanda en litros por segundo (lps) y presiones en la tubería en metros columna de agua (MCA).

Los resultados de la tubería de la Red de Distribución Existente son los siguientes:

**Tabla 16-Resumen Tubería de la Red de Distribución Existente**

<b>Tubería ID</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Diámetro mm</b>	<b>Caudal LPS</b>	<b>Velocidad m/s</b>
Tubería p19	530.3	18.75	0.1	0.37
Tubería p25	63.43	18.75	0.1	0.37
Tubería p17	81.33	18.75	0.03	0.1
Tubería p15	24.84	18.75	0.33	1.19
Tubería p16	12.61	18.75	0.1	0.37
Tubería p26	66.22	18.75	0.1	0.37
Tubería 1	156.409	18.75	0.07	0.24
Tubería 10	22.281	18.75	0.1	0.37
Tubería P39	5.43	18.75	0.1	0.37
Tubería p34	163.4	18.75	0.05	0.17
Tubería p35	559.1	18.75	0.11	0.41
Tubería p12	39.42	18.75	0.09	0.34
Tubería p2	36.46	18.75	0.06	0.2
Tubería p3	32.5	18.75	0.06	0.2
Tubería p1	18.1	18.75	0.06	0.2

**Continuación Tabla 16...**

Tubería p11	9.129	18.75	0.09	0.34
Tubería P38	3.918	25	0.1	0.21
Tubería p4	13.97	25	0.09	0.19
Tubería p33	117.6	25	0.52	1.05
Tubería p5	30.76	25	0.09	0.19
Tubería 7	113.405	25	0.28	0.57
Tubería 8	3.263	25	0.07	0.15
Tubería 6	44.52	25	0.1	0.21
Tubería 4	80.95	25	0.38	0.78
Tubería 5	53.4	25	0.34	0.69
Tubería p22	87.39	25	0.33	0.67
Tubería p10	45.38	25	0.09	0.19
Tubería p13	9.26	25	0.37	0.74
Tubería p21	119.5	25	0.67	1.36
Tubería p9	26	25	0.09	0.19
Tubería p8	22.45	25	0.09	0.19
Tubería p20	5.751	25	0.1	0.21
Tubería p6	17.01	25	0.09	0.19
Tubería p28	230.6	25	0.37	0.74
Tubería p24	80.67	25	0.07	0.15
Tubería p7	14.94	25	0.09	0.19
Tubería p31	146.5	37.5	0.8	0.72
Tubería 11	5.024	37.5	0.33	0.3
Tubería P37	20.87	37.5	0.4	0.36
Tubería 9	5	50	1.89	0.96
Tubería p29	206.5	50	1.89	0.96
Tubería 2	26.5	50	1.48	0.75
Tubería 3	33.61	50	1.88	0.95

Fuente: Propia (2019)

En la tabla 16, se presentan las tuberías del sistema de agua potable de la comunidad de La Ceibita, San Antonio de Cortés, juntamente con la longitud, el diámetro de tubería, el caudal de diseño y la velocidad correspondiente en cada uno de los tramos.

Los resultados de los nodos de la Red de Distribución Existente Corregida son los siguientes:

**Tabla 17-Resumen de Nodos de la Red de Distribución Existente Corregida**

<b>Nodo ID</b>	<b>Demanda LPS</b>	<b>Presión MCA</b>
Nodo n38	0	1.47
Tanque1	-1.9	1.5
Nodo n39	0.02	7.01
Nodo n16	0	10.15
Nodo n15	0.03	10.3
Nodo n21	0.03	10.72
Nodo n41	0.17	15.81
Nodo n25	0.1	16.5
Nodo n22	0.04	17.25
Nodo n32	0.1	17.43
Nodo n29	0	18.98
Nodo n44	0.11	19.34
Nodo n31	0	19.37
Nodo n33	0	20.54
Nodo n1	0.18	22.06
Nodo n34	0	22.93
Nodo n26	0	22.97
Nodo n24	0	23.03
Nodo n23	0	23.25
Nodo n35	0	23.32
Nodo n2	0	24.05
Nodo n37	0.2	24.63
Nodo n42	0.13	27.39
Nodo n3	0	29.02
Nodo n43	0.05	29.25
Nodo 2	0.01	29.28
Nodo n5	0.11	29.45
Nodo n30	0	29.45
Nodo n6	0	29.74
Nodo n4	0.06	29.99
Nodo n28	0.06	30.24
Nodo n7	0	31.68
Nodo n36	0.07	32.23
Nodo n9	0	32.61
Nodo n10	0	33.56
Nodo n8	0	33.64
Nodo n11	0	34.5
Nodo n20	0.06	35.78

**Continuación Tabla 17...**

Nodo n18	0.06	36.31
Nodo n13	0	36.38
Nodo n12	0	36.4
Nodo n19	0.11	36.6
Nodo n27	0.13	37.13
Nodo n14	0.09	37.29

Fuente: Propia (2019)

En la tabla 17, se muestra identificado cada nodo de la Red de Distribución Existente Corregida con los diámetros de tubería adecuados, con su respectiva demanda en litros por segundo (lps) y presiones en la tubería en metros columna de agua (MCA).

Los resultados de la tubería de la Red de Distribución Existente Corregida son los siguientes:

**Tabla 18-Resumen Tubería Red de Distribución Existente Corregida**

<b>Tubería ID</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Diámetro mm</b>	<b>Caudal LPS</b>	<b>Velocidad m/s</b>
Tubería p33	117.6	25	0.52	1.07
Tubería p28	230.6	25	0.37	0.74
Tubería p35	559.1	25	0.11	0.23
Tubería p34	163.4	25	0.05	0.1
Tubería p24	80.67	25	0.06	0.11
Tubería p20	5.751	25	0.1	0.21
Tubería p26	66.22	25	0.1	0.21
Tubería p25	63.43	25	0.1	0.21
Tubería P38	3.918	25	0.1	0.21
Tubería 1	156.409	25	0.07	0.13
Tubería 8	3.263	25	0.06	0.11
Tubería 12	108.74	25	0.01	0.02
Tubería 10	22.281	25	0.1	0.21
Tubería 4	80.95	25	0.39	0.8
Tubería P39	100	25	0.1	0.21
Tubería 7	113.405	25	0.15	0.31
Tubería 6	44.52	25	0.1	0.21
Tubería p7	14.94	25	0.09	0.19
Tubería p6	17.01	25	0.09	0.19
Tubería p8	22.45	25	0.09	0.19
Tubería p10	45.38	25	0.09	0.19

**Continuación Tabla 18...**

Tubería p9	26	25	0.09	0.19
Tubería p2	36.46	25	0.06	0.11
Tubería p1	18.1	25	0.06	0.11
Tubería p3	32.5	25	0.06	0.11
Tubería p5	30.76	25	0.09	0.19
Tubería p4	13.97	25	0.09	0.19
Tubería p11	9.129	25	0.09	0.19
Tubería p16	12.61	25	0.11	0.23
Tubería p17	81.33	25	0.03	0.06
Tubería p15	24.84	25	0.34	0.69
Tubería p12	39.42	25	0.09	0.19
Tubería p19	530.3	25	0.1	0.21
Tubería 11	5.024	37.5	0.46	0.42
Tubería p21	119.5	37.5	0.67	0.6
Tubería p22	87.39	37.5	0.46	0.42
Tubería p31	146.5	37.5	0.8	0.72
Tubería P37	100	37.5	0.4	0.36
Tubería 5	100	37.5	0.34	0.31
Tubería p13	9.26	37.5	0.37	0.33
Tubería 2	26.5	50	1.49	0.76
Tubería 3	33.61	50	1.88	0.96
Tubería 9	5	62.5	1.9	0.62
Tubería p29	206.5	62.5	1.9	0.62

Fuente: Propia (2019)

En la tabla 18, se presentan las tuberías de la Red de Distribución Existente Corregida del sistema de agua potable de la comunidad de La Ceibita, San Antonio de Cortés, juntamente con la longitud, el diámetro de tubería correspondientes de acuerdo con la Normativa del SANAA, el caudal de diseño y la velocidad correspondiente en cada uno de los tramos.

Los resultados de los nodos del Rediseño de la Red de Distribución son los siguientes:

**Tabla 19-Resumen de Nodos del Rediseño de la Red de Distribución**

<b>Nodo ID</b>	<b>Demanda LPS</b>	<b>Presión MCA</b>
Nodo n18	0.01	7.02
Nodo n5	0.02	10.62
Nodo n19	0.19	16.61
Nodo n9	0.08	16.79
Nodo n12	0.01	18.29
Nodo n7	0.06	18.5
Nodo n6	0	18.51
Nodo n21	0.02	18.94
Nodo n15	0.1	21.7
Nodo n8	0.16	23.27
Nodo n16	0	23.99
Nodo n27	0.11	24.97
Nodo n30	0.2	27.87
Nodo n14	0.08	28.23
Nodo n29	0.03	29.19
Nodo n13	0.09	29.62
Nodo n36	0.08	30.48
Nodo n1	0.09	32.07
Nodo n38	0.01	34.45
Nodo n46	0.05	34.89
Nodo n28	0.02	35.87
Nodo n11	0.04	37.06
Nodo n37	0.07	37.79
Nodo n2	0.14	38.57
Nodo n10	0.09	38.9
Nodo n24	0.07	41.19
Nodo n4	0.11	41.49
Nodo n3	0	41.98

Fuente: Propia (2019)

En la tabla 19, se muestra identificado cada nodo del Rediseño de la Red de Distribución con los diámetros de tubería adecuados de acuerdo con la Normativa del SANAA, con su respectiva demanda en litros por segundo (lps) y presiones en la tubería en metros columna de agua (MCA).

Los resultados de la tubería del Rediseño de la Red de Distribución Existente son los siguientes:

**Tabla 20-Resumen Tubería del Rediseño de la Red de Distribución**

<b>Tubería ID</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Diámetro mm</b>	<b>Caudal LPS</b>	<b>Velocidad m/s</b>
Tubería p27	104.1	25	0.43	0.88
Tubería p26	150.7	25	0.24	0.49
Tubería p28	84.52	25	0.01	0.02
Tubería p22	23.23	25	0.36	0.73
Tubería p20	240	25	0.06	0.13
Tubería p25	85.54	25	0.01	0.02
Tubería p24	79	25	0.13	0.26
Tubería 4	107.946	25	0.02	0.03
Tubería 2	94.04	25	0.1	0.21
Tubería 6	92.84	25	0.1	0.21
Tubería 5	213	25	0.27	0.54
Tubería p31	56.94	25	0.04	0.08
Tubería p30	101.5	25	0.11	0.23
Tubería p34	164.3	25	0.03	0.06
Tubería p32	87.09	25	0.17	0.34
Tubería p7	87.39	25	0.13	0.25
Tubería p8	121.8	25	0.11	0.23
Tubería p5	539.9	25	0.08	0.17
Tubería p2	25.82	25	0.36	0.73
Tubería p4	8.507	25	0.08	0.17
Tubería p17	559	25	0.11	0.23
Tubería p15	10.83	25	0.13	0.27
Tubería p18	111.4	25	0.03	0.07
Tubería p13	13.68	25	0.12	0.24
Tubería p11	146.5	37.5	0.56	0.51
Tubería p1	57.72	37.5	0.8	0.73
Tubería p6	15.39	37.5	0.47	0.43
Tubería 1	117.6	37.5	0.9	0.81
Tubería p33	53.59	50	1.91	0.97
Tubería p10	202.3	75	1.92	0.44

Fuente: Propia (2019)

En la tabla 20, se presentan las tuberías del Rediseño de la Red de Distribución del sistema de agua potable de la comunidad de La Ceibita, San Antonio de Cortés, juntamente con la longitud, el diámetro de tubería correspondientes de acuerdo con la Normativa del SANAA, el caudal de diseño y la velocidad correspondiente en cada uno de los tramos.

## 5.11. TABLA RESUMEN DEL DIAGNÓSTICO TÉCNICO

Tabla 21-Resumen final del Diagnóstico Técnico de la Comunidad de La Ceibita

	PROBLEMA	PLAN CORRECTIVO	MATENIMIENTO
<b>FUENTE DE ABASTECIMIENTO</b>	Se encuentra en mal estado, debido a problemas de deforestación, producto de la tala de árboles de pino por plaga de gorgojo. No es suficiente para abastecer la comunidad.		Hacer revisión del caudal por medio de aforos utilizando un recipiente de 5 galones, es importante realizar dicha acción al menos 1 vez al mes.
<b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>	La tubería se encuentra en mal estado debido a que presenta fugas, tiene diámetros pequeños, tubería expuesta y tubería remendada.	Es necesario cumplir con las especificaciones de diseño de soterrado y de la misma forma con los diámetros de diseño de 2" de PVC SDR-26 y HG SCH-40.	Revisión de la integridad física de la tubería y rectificar que no se encuentre tubería a la intemperie.
<b>TANQUE DE FILTRACIÓN</b>	Está en buenas condiciones, el problema es el uso incorrecto de él, debido a que lo utilizan para colocar las pastillas de hipoclorito y ponen la cantidad necesaria.	Colocar la pastilla de hipo clorito en el hipo clorador para el correcto uso de esta.	Generar una extracción, limpieza y colocación de nuevo agregado una vez al mes.

**Continuación Tabla 21...**

<b>HIPO CLORADOR</b>	Estructuralmente hablando se encuentra en buen estado, pero no está en funcionamiento.	Poner en uso el hipo clorado, será necesario conectar la tubería de salida del filtro al hipo clorador manteniendo el diámetro existente.	Revisar cuidadosamente que contenga las pastillas de hipo clorito necesarias para el buen funcionamiento de este.
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	Presenta humedad debido a grietas en las paredes.	Deberá de generarse en el tanque el impermeabilizado a corto plazo.	Impermeabilizar las paredes del tanque al menos vez al año.
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>	Diámetros de tubería que no cumplen con los requerimientos del SANAA y tramos descubiertos por medio de los cuales se dan fugas.	Realización del diseño propuesto que contiene los diámetros mínimos establecidos por la normativa del SANAA y de la misma forma las especificaciones de diseño de soterrado.	Hacer revisiones constantes para verificar que no se encuentre tubería expuesta y evitar fugas.

Fuente: Propia (2019)

## 5.12. PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE

### 5.12.1. OPERACIÓN

La operación es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones de diseño.

### 5.12.2. MANTENIMIENTO

El mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que se produzcan en las instalaciones.

- **Mantenimiento preventivo.** Es el que se efectúa con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas.
- **Mantenimiento correctivo.** Es el que se efectúa para reparar daños causados por acciones extrañas o imprevistas, o deterioros normales por el uso.

De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua que consumamos sea de buena calidad, y que tengamos un servicio continuo y en la cantidad necesaria, además permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones. Además, permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones.

### 5.12.3. RESPONSABLE DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El responsable de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable y saneamiento es el Comité de Agua Potable y Saneamiento. El operador designado por el Comité es la persona responsable de la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de agua potable.

El operador u operadora debe cumplir y hacer cumplir todas las funciones y responsabilidades establecidas en el reglamento que se refieren al operador y al usuario.

A continuación, algunas de las responsabilidades:

- Inspeccionar periódicamente cada componente del sistema
- Responder ante Comité sobre el estado general del sistema
- Llevar el registro y control de la operación y mantenimiento, haciendo un reporte mensual para el Comité
- Informar al Comité sobre las necesidades de adquisición de materiales, herramientas, repuestos e insumos para el buen funcionamiento del sistema.

Es importante que durante la ejecución de obra se capaciten, además de los miembros del Comité a los usuarios de la comunidad, para que posteriormente asuman el cargo de operadores u operadoras.

#### 5.12.4. CAPTACIÓN DE MANANTIALES

Se le llama así a la obra que se construye para captar o tomar el agua del nacimiento y por medio de tuberías llevarla al tanque de distribución y luego distribuirla en la comunidad. (INFOM-UNEPAR, 2012)

##### *Operación (puesta en marcha)*

Antes de poner en marcha la captación, deberá hacerse la limpieza y desinfección de la caja reunidora.

- 1) Colocar el niple del rebalse en el drenaje de la caja
- 2) Abrir la válvula de compuerta lentamente.

A continuación, se citan las principales actividades para el **mantenimiento** de la captación y la frecuencia con la que se deben realizar.

##### **Cada 15 días:**

- 1) Limpiar la rejilla. Esta actividad se debe realizar dependiendo de la calidad del agua cruda; si en época de lluvias la rejilla se obstruye rápidamente, debe limpiarse de manera frecuente. Si la captación es de difícil acceso, busque ayuda con personas que vivan cerca de ella para realizar esta actividad. En zonas remotas o que presenten algún grado de

peligrosidad se debe ir acompañado, pues puede contar con ayuda en caso de algún accidente.

- 2) Realizar la revisión de la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro de la infraestructura.
- 3) Lavar y limpiar el tanque recolector para remover los sólidos y la suciedad acumulados en las paredes y en el fondo.
- 4) Abrir la válvula de limpieza del tanque recolector y dejar salir los sedimentos acumulados en su interior.
- 5) Revisar si hay tomas presuntamente no autorizadas aguas arriba de la captación actual. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior y a la autoridad ambiental o reguladora encargada de otorgar las concesiones de agua para que sea verificada su situación legal.
- 6) Abrir o cerrar las compuertas, según el caudal de agua que necesite.
- 7) Tener en cuenta los cambios en la calidad del agua cruda, especialmente relacionados con el caudal, la turbiedad y los sedimentos de gran tamaño.
- 8) Revisar si hay descargas de aguas residuales presuntamente no autorizadas aguas arriba de la captación. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior y a la autoridad ambiental pertinente.
- 9) Limpiar la cámara de derivación.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Hacerlo manualmente con pala, rastrillo o recogedor y cepillo.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas.

**Cada mes:**

- 1) Medir el caudal del agua con un recipiente de 5 galones, puede ser una cubeta. Llenar la cubeta, para ver el tiempo que tarda en llenarse con ayuda de un cronometro.
- 2) Medir la turbiedad del agua.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- 1) Instrumentos para aforo o medición de caudal, cronómetro y turbidímetro.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas.

**Cada tres meses:**

- 1) Verificar el funcionamiento de las válvulas y lubríquelas.
- 2) Verificar y lubricar cualquier dispositivo de apertura y cierre de compuertas de seguridad de los diferentes dispositivos en la captación como picaportes, aldabas, bisagras, candados, etc.
- 3) Verificar el estado del metal o de la pintura anticorrosiva de las estructuras metálicas, y de ser necesario proceda a retirar cualquier corrosión. Limpie y aplique de nuevo pintura anticorrosiva.
- 4) Verificar la presencia de algas, musgos y organismos vivos en el interior de la captación y retírelos.
- 5) Interrumpir el servicio cuando el agua esté muy turbia o tenga mucho lodo y avisar al operador de planta sobre esta situación, si hay planta.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Aceite y grasas lubricantes, cepillo metálico, brochas y pintura anticorrosiva.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes, botas y mascarilla de ser necesario

#### 5.12.5. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Los principales problemas en las tuberías de conducción ocurren debido a obstrucciones por material que llega desde la captación cuando no hay desarenador, planta de tratamiento o filtros. Además, se pueden presentar fallas por asentamiento o deslizamiento del suelo que los soporta; también por la presencia de aire, cuando la aducción es demasiada larga. Por último, se puede presentar rotura por debilitamiento de las tuberías, cuando quedan expuestas al ambiente,

especialmente si son de plástico. Cuando las tuberías quedan expuestas, pueden igualmente ser objeto de vandalismo o de roturas por realización de trabajos u otros.

#### *Operación (puesta en marcha)*

Antes de poner en marcha la línea de conducción, deberá hacerse la desinfección de la tubería. La desinfección se hará únicamente cuando se pone en operación por primera vez, para aguas subterráneas y superficiales.

- 1) Abrir la válvula de limpieza más cercana para eliminar los sedimentos existentes y el aire acumulado
- 2) De ser necesario maniobrar las válvulas de aire, para que salga éste
- 3) Cuando el agua salga clara y ya no salga aire, llenar la tubería, cerrando lentamente la válvula de limpieza.

#### *Desinfección de la tubería*

- 1) Cerrar válvula de compuerta de ingreso al tanque de distribución y válvula de ingreso al hipo clorador
- 2) En un bote de 5 galones con agua, echar 1 onza de hipoclorito de calcio (50 miligramos por litro) y mezclarlo
- 3) Echar en la caja reunidora únicamente el líquido o echar un galón de cloro líquido (hipoclorito de sodio)
- 4) Dejar que se llene la tubería con la solución de cloro y que permanezca llena durante 4 horas,
- 5) Vaciar la tubería con la solución de cloro por las válvulas de limpieza y dejar correr el agua hasta cuando ya no se sienta el olor a cloro
- 6) Cuando ya no se sienta el olor a cloro, cerrar lentamente las válvulas de limpieza
- 7) Abrir válvula de compuerta de ingreso al tanque de distribución y válvula de ingreso al hipo clorador.

Para las tuberías de conducción se deben realizar las siguientes actividades de **mantenimiento** preventivo:

**Diario:**

- 1) Revisar la tubería para detectar fugas y daños y repárela de inmediato.
- 2) Mantener despejada el área adyacente a la tubería. Esto facilita su inspección.
- 3) Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada. Si no es así, repárelas.
- 4) Verificar que el chorro en la cámara de quiebre de presión o tanque rompe- presión esté sumergido.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc.
- Cepillo y aceite lubricante

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada mes:**

- 1) Revisar la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería (indicadores o mojones), importantes para saber por dónde pasa enterrada la tubería; si no están, colóquelos nuevamente.
- 2) Hacer recorridos a lo largo de las tuberías para verificar su estado y detectar riesgos de inestabilidad del terreno.
- 3) Debe evitarse que queden tramos de tubería expuestos al sol, sobre todo si son de plástico o polietileno. El sol daña la superficie de las tuberías, afecta su flexibilidad y las hace menos resistentes. Si esta situación se presenta, hay que cubrir la tubería a una altura mínima de 60 centímetros por encima del lomo del tubo.
- 4) Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado. Para realizar esta actividad, se deben abrir las válvulas de purgue principalmente en las horas de bajo consumo y procurando que el tanque esté con alto nivel. El tiempo que tarde en mantener la purga abierta depende de la cantidad de sedimentos que exista en la aducción y conducción.

- 5) Detectar fugas, filtraciones y roturas y repararlas de inmediato. Recuerde que las fugas producen exceso de humedad en el suelo, lo que a su vez puede provocar derrumbes o asentamientos del terreno alrededor de las tuberías, con el consecuente daño de la tubería o de otro tipo de infraestructura / instalación como calles, carreteras, muros, casas, etc.
- 6) Revisar el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas.
- 7) Detectar y eliminar conexiones no autorizadas.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Estacas, mazo o martillo, machete. Llave maestra para abrir las purgas.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar botas

**Observaciones:** Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en las tuberías de conducción. Informe al administrador/a o Junta de agua sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.

#### 5.12.6. SEDIMENTADOR Y FILTROS

En el desarenador es conveniente instalar una tubería de paso directo con válvulas de cierre en cada extremo, que conecte a la tubería de entrada con la tubería de salida.

Si va a lavar el desarenador, cierre la válvula de entrada y abra las válvulas del paso directo para no suspender el suministro de agua a la comunidad. Comience el lavado abriendo la válvula de desagüe, lo que permite desocupar el desarenador. Aproveche la presión del agua para remover el lodo acumulado y cepille las paredes para remover el lodo atrapado.

Cuando no se haya previsto la tubería de paso directo, tenga cuidado de no demorarse mucho en la operación de lavado, para que la tubería no se desocupe completamente. Evite que la tubería de aducción se llene de aire, poniendo a funcionar las válvulas de purga y las ventosas (más adelante se explicará cómo funcionan esas válvulas).

La limpieza debe ser periódica dependiendo del deterioro de la calidad del agua, principalmente en invierno. El mantenimiento que se debe realizar en el desarenador se presenta más adelante.

Estos sedimentos deben retornar al río o a la fuente de agua, aguas debajo de estructura de captación, siempre y cuando esto no cause daño alguno y lo permita la ubicación del desarenador, así como las normas ambientales.

Otra alternativa para el manejo de los lodos es depositarlos en lechos de secado y llevarlos a disposición a otro sitio, debidamente autorizado por la autoridad ambiental pertinente.

La limpieza debe ser periódica dependiendo del deterioro de la calidad del agua, principalmente en invierno. El **mantenimiento** que se debe realizar en el desarenador se presenta a continuación:

**Diario:**

- 1) Revisar la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto.
- 2) Verificar la estabilidad de la zona donde se encuentra ubicada la estructura. Si encuentra alguna inestabilidad, avisar de inmediato a la Junta Administradora para buscar una solución.
- 3) Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada.

*Materiales requeridos:*

- Se hace de forma manual

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada semana:**

- 1) Evaluación de los lodos acumulados. La frecuencia puede variar, dependiendo de la calidad de agua o según el criterio del operador/a.
- 2) Comprobar si hay evidencias de acceso a la estructura de personas ajenas a la Junta de agua, ganado o animales mayores. En caso de comprobarlo, verificar el estado de las cercas de aislamiento y reparar cualquier daño encontrado.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Se realiza en forma manual. Alicates, alambre de púa, postes, martillo, grapas, pala, etc.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada mes:**

Limpieza completa de la estructura, lavar bien hasta que quede sin sucio, para que el agua no se contamine.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Cepillo, paste, jabón y pala.
- Ayudante

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada año:**

- 1) Mantenimiento de todos los elementos que conforman el desarenador como compuertas, válvulas, etc.
- 2) Retoque y pintura general en el tanque de tratamiento.

*Materiales requeridos:*

- Cepillo metálico, balde.
- Pintura anticorrosiva, brocha.
- Ayudante.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes, botas y mascarilla de ser necesario

**Cada dos años:**

- 1) Recubrimiento de las paredes exteriores del tanque con mortero.
- 2) Impermeabilizado, cuando se requiera.

*Materiales requeridos:*

- Cemento, grava, arena, agua cruda, codal de madera, esponja y espátula de cemento

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Observaciones:** Deje registro escrito sobre todas las actividades de mantenimiento realizadas. Informe al administrador/a o Junta de agua sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.

#### 5.12.7. HIPO CLORADOR

Este equipo se llama hipo clorador y su función es suministrar constantemente una solución hecha a base de hipoclorito de calcio y agua, la que permite que el agua almacenada en el tanque de distribución sea apta para el consumo humano.

El hipo clorador está ubicado sobre el tanque de distribución, exactamente en la entrada del tubo de la línea de conducción. La correcta instalación y operación de este equipo es necesario para lograr la desinfección del agua antes de su distribución.

Los componentes principales del hipo clorador de pastillas son:

- 1) Alimentación de agua: se hace a través de una derivación de la tubería de entrada al tanque y se conecta en la parte inferior del equipo
- 2) Caja de protección: es una caja de 1 x 1 x 1 m que sirve para proteger al equipo, puede ser de mampostería de piedra
- 3) Dosificador: este equipo es un sistema automático que utiliza pastillas de hipoclorito de calcio de 3 pulgadas de diámetro, las pastillas se colocan adentro del equipo. El agua ingresa en la parte inferior y entra en contacto con las pastillas (desgastándolas); la cantidad de cloro que se necesita se controla por el flujo de agua que entra al equipo y el agua sale por la descarga de este hacia el tanque de distribución con la dosificación deseada.

Es importante indicar que la caída de la solución de cloro al tanque, deberá ser a la entrada del tubo de la línea de conducción, es decir, la solución deberá caer sobre el chorro de agua que ingresa al tanque, con el propósito de lograr que se mezclen en un tiempo relativamente corto.

El **mantenimiento** que se debe realizar en el hipo clorador de pastillas se presenta a continuación:

**Cada mes:**

- 1) Hacer una revisión general del estado de la caja de protección y las válvulas de compuerta; asegurémonos que las válvulas giren con facilidad, es decir, girar  $\frac{1}{4}$  de vuelta hacia la izquierda y derecha, para evitar que se endurezcan, aplicarle unas gotas de aceite, así como a los candados
- 2) Si hay grietas en los muros, las debe reparar con una mezcla de una parte de cemento por tres de arena
- 3) Revisar la tubería; si existen fugas, debe repararlas
- 4) Revisar si el hipo clorador tiene pastillas. Hay que tener precaución, al destapar el tubo que contiene las pastillas de cloro, hacerlo teniendo el cuidado de tener el rostro a un lado del tubo, pues saldrá gases tóxicos.

**5.12.8. TANQUE DE ALMACENAMIENTO***Operación (puesta en marcha)*

Antes de poner en marcha el tanque de distribución, deberá hacerse la limpieza y desinfección del tanque:

- 1) Colocar el niple del rebalse en el drenaje de la caja o cerrar la válvula de compuerta
- 2) Cerrar válvula de compuerta del (by-pass)
- 3) Abrir las válvulas de compuerta de ingreso y salida del tanque
- 4) Abrir válvula de compuerta de hipo clorador, si es de pastillas.

Las actividades de **mantenimiento** preventivo que el operador o operadora debe hacer al tanque de almacenamiento y la frecuencia con que debe realizarlas se describen a continuación:

**Diaria:**

- 1) Limpiar el área circundante y elimine cualquier foco de suciedad o contaminación.
- 2) Revisar que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.
- 3) Observar si existen grietas, fugas y rajaduras para corregirlas.

- 4) Revisar si el tanque tiene sedimentos.
- 5) Proteger el agua del tanque de la entrada de la presencia de agentes extraños. Instale tapas o compuertas o cambie los empaques protectores

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Cemento, grava, arena, agua cruda, pala, espátula de cemento y cubeta

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada dos semanas:**

- 1) Limpiar los sedimentos manipulando la válvula de desagüe sin ingresar al tanque. En temporada de lluvias, realice toda la actividad dependiendo del volumen de lodos acumulados.
- 2) Inspeccionar la presencia de sedimentos en el fondo del tanque. Si los hay brinde mantenimiento requerido. Avise a la comunidad que el servicio se va a suspender mientras se lava el tanque. Para lavarlo, cerrar la válvula de entrada de agua al tanque y la salida hacia la comunidad. Abrir la válvula de desagüe; si hay tubería de paso directo, abrir la válvula para que la comunidad no se quede sin agua. Dejar que el tanque baje de nivel y con ayuda de botas limpias, escoba y cepillo limpios, saque el lodo que está en el fondo del tanque. Para el lavado, ayúdese de una manguera a presión conectada a la entrada del tanque o de un balde. Una vez limpio el tanque, cerrar la válvula de desagüe, la de la tubería de derivación y abra la válvula de entrada de agua al tanque y luego abra la válvula de la tubería de salida a la comunidad. Cuando esté manipulando las válvulas hágalo suavemente, para evitar el golpe de ariete y que se reviente la tubería.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Cepillo, balde, manguera, botas, llaves y escoba

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar botas

**Cada mes:**

- 1) Limpiar los sedimentos. ingrese al tanque para evaluar si requiere ser lavado. Antes de ingresar al tanque quite todas las tapas y déjelo ventilar por lo menos durante una hora. Revise la escalera de acceso al tanque, verifique que las tuercas y los tornillos estén bien ajustados.
- 2) Revisar en el interior del tanque si existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared y realice los correctivos necesarios. Recuerde que, por su seguridad, siempre que ingresa a un tanque otra persona debe quedar afuera pendiente de su actividad.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Cepillo, balde, manguera, botas, llaves, pala

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada año:**

- 1) Pintar las escaleras de acceso al tanque.
- 2) Retocar, resanar y pintar el tanque externamente.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Pintura anticorrosiva, brocha, balde, rodillo

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes, botas y ropa cómoda

**Cada dos años:**

Recubrir las paredes interiores del tanque con mortero impermeabilizado.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Cemento, grava, arena, agua cruda, pala, espátula de cemento y cubeta

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes, botas y ropa cómoda

**Observaciones:** Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en el tanque. Informe al administrador/a o Junta de agua sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar.

Para realizar la operación de limpieza y desinfección del tanque de almacenamiento, debe seguirse el procedimiento indicado a continuación:

- 1) Programar de antemano la limpieza y avisar a los y las usuarias en caso de que sea necesaria una suspensión del servicio.
- 2) Desocupar el tanque y limpiar los sedimentos acumulados.
- 3) Restregar las paredes y el piso del tanque con un cepillo de cerda gruesa o grata metálica, para eliminar la suciedad adherida. No usar detergente.
- 4) Enjuagar el tanque con suficiente agua.
- 5) Llenar el tanque con una mezcla de agua e hipoclorito de calcio con 70% en forma de cloro, para que el resultado sea una concentración de 50 partes por millón ( $50 \text{ g/m}^3$ ) de cloro en el agua de llenado (ver explicación sobre el cloro).
- 6) Dejar actuar la mezcla durante un mínimo de 24 horas.
- 7) Vaciar el tanque totalmente. Permitir el desalojo del agua en el alcantarillado, si existe.

#### 5.12.9. RED DE DISTRIBUCIÓN

##### *Operación (puesta en marcha)*

Antes de poner en marcha la línea y red de distribución, deberá hacerse la desinfección de la tubería. La desinfección se hará únicamente cuando se pone en operación por primera vez, para aguas subterráneas y superficiales.

- 1) Abrir la válvula de compuerta de salida del tanque
- 2) Abrir varios chorros para permitir que salga el aire de la tubería, cuando empiece a salir agua, cerrar los chorros.

En un sistema de agua potable, los daños más frecuentes se presentan por las siguientes causas:

- Asentamiento o desplazamiento del terreno donde están cimentados o enterrados los sistemas.

- Desalojo a través de las raíces de árboles que finalmente parten la tubería.
- Fracturas por expansión o contracción de los suelos.
- Tráfico pesado. Cuando las tuberías están instaladas en las vías, el impacto y el asentamiento producido por las ruedas de los vehículos hace que se partan las tuberías cuando no están cimentadas a una buena profundidad.
- Estallido de tuberías por exceso de presión; cambios bruscos y golpe de ariete.
- Mala calidad o fatiga de los materiales.
- Movimientos sísmicos y otros desastres naturales como exceso de lluvia, inundaciones o crecidas.
- Daños por vandalismo.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones generales para la reparación de daños:

- Si es necesario suspender el servicio, se debe informar a los y las usuarias afectadas.
- El operador u operadora deben tener siempre su caja de herramientas con todos los elementos necesarios, incluyendo algunos repuestos y accesorios menores, de uso frecuente en la reparación de daños.
- Todo daño reportado debe ser reparado en el menor tiempo posible.
- Se deben aislar y señalizar los sitios de trabajo. Especialmente cuando las reparaciones se hacen en la calle.
- Dejar constancia escrita de la reparación en un formulario para ese fin.

### **¿Cuáles son las actividades de operación y mantenimiento de la red de distribución?**

La red de distribución es uno de los componentes del sistema de agua potable al se debe prestar mayor atención. Debe funcionar en forma correcta para que el servicio sea prestado en las condiciones de calidad, cantidad, presión y continuidad requeridas por los usuarios y usuarias.

La operación de un sistema de agua potable consiste principalmente en abrir y cerrar válvulas a la entrada y salida del tanque de almacenamiento y en la red de distribución, con el fin de regular la cantidad de agua que pasa por la tubería y distribuir el flujo para que no se presenten deficiencias en ningún sector de la población.

También es necesario hacer toma de presiones en puntos altos, medios y bajos de la red. Tenga en cuenta que es recomendable que la presión mínima sea de 10 metros columna (MCA), en los sitios más altos de la población y no mayor a 60 MCA en los puntos más bajos.

Para esta actividad utilice los hidrantes o las conexiones domiciliarias con ayuda de un manómetro que puede ser adaptado a un punto terminal como una llave de horro o grifo, o bien a un adaptador hembra.

Periódicamente se deben revisar los accesorios para tener seguridad de su buen funcionamiento.

Las actividades de **mantenimiento** preventivo de los tanques de almacenamiento son:

**Diario:**

- 1) Comprobar si existen instalaciones clandestinas, ya sea por quejas o denuncias, por evidencias o rastros de su ejecución.
- 2) Revisar y reparar fugas en todos los tramos para evitar el desperdicio de agua.
- 3) Instruya a la comunidad para que informe oportunamente los daños o fugas

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Semanal:**

- 1) Verificar si el terreno está cediendo en la zona donde está instalada la tubería. En caso de presentarse esta situación es necesario excavar porque esto generalmente señal de que existe una posible fuga en la tubería.
- 2) Observar si las uniones están corridas.
- 3) Observar si hay humedad o encharcamiento sobre la zona de la tubería.
- 4) Determinar si hay desplazamiento de la tubería por topografía quebrada.

- 5) Se debe verificar que el nivel del tanque de almacenamiento no baje en las horas de la noche, cuando no existe consumo en las viviendas. Si esto sucede, verifique que no sea por causa de fugas en la red, desperdicio a nivel domiciliario o uso del agua para fines distintos del uso doméstico.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

### **Quincenal:**

Abra y cierre las válvulas con unas pocas vueltas para evitar que se peguen. Se recomienda aplicar, si es necesario, unas gotas de aceite lubricante.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Aceite lubricante

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar botas

### **Mensual:**

Por lo menos una vez al mes se deben lavar las tuberías para eliminar sedimentos que se hayan formado o acumulado. Para realizar esta actividad se deben abrir las válvulas de purga en la noche y en las horas de más bajo consumo. Si hay hidrantes, deje salir el agua por estos aparatos durante un rato.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Se realiza de forma manual

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

### 5.12.10. VÁLVULAS DE AIRE

El aire disuelto en el agua o aquel que queda atrapado dentro de la tubería, tiende a depositarse en los puntos altos del perfil de la tubería. La cantidad de aire que puede acumularse disminuye la sección de la tubería y, por lo tanto, reduce su capacidad de conducción. La cantidad acumulada de aire puede ser tanta que llega a impedir completamente la circulación del agua. La eliminación del aire se obtiene con el empleo de una válvula automática de aire o válvula ventosa.

Las válvulas automáticas de aire permiten tanto la salida del aire como su ingreso. El ingreso de aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida de agua, como en el caso de una rotura; de no contarse con la válvula de aire, pueden llegar a producirse presiones negativas dentro de la tubería, la que puede llegar a romperse si es de PVC, o a colapsarse si es galvanizada o de acero. Las válvulas de aire pueden ser de PVC o metal.

#### *Operación (puesta en marcha)*

Antes de poner en marcha las válvulas de aire, deberá hacerse la limpieza respectiva.

- 1) Abrir la válvula de compuerta o globo
- 2) Maniobrar las válvulas para que salga el aire.

Las actividades de **mantenimiento** preventivo de las válvulas de aire son:

#### **Cada mes:**

- 1) Hacer una revisión general del estado de la caja. Si hay grietas en los muros, las debemos reparar con una mezcla de una parte de cemento por tres de arena
- 2) Revisar la tubería; si existen fugas, debemos repararla inmediatamente

#### *Materiales y herramientas requeridas:*

- Llave de boca fija, barra, pala, pico, llave inglesa. Llave para operar válvulas.

#### *Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

**Cada tres meses:**

- 1) Hacer una revisión de roturas o fugas en la válvula de aire, la válvula de globo o en la te reductora
- 2) Verificar si expulsa aire
- 3) Revisar internamente la válvula de aire, para verificar si tiene óxido
- 4) Debe limpiar y lubricar el mecanismo interno.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Aceite, destornillador, llave de boca fija, llave inglesa. Llave para operar válvulas.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

5.12.11. VÁLVULAS DE LIMPIEZA

Las válvulas para limpieza sirven para sacar sedimentos y lodos que se acumulan en las partes más bajas de la línea de conducción.

*Operación*

- 1) Abrir la válvula de compuerta para que salga los sedimentos acumulados
- 2) Cuando el agua empiece a salir clara, cerrar la válvula lentamente

Las actividades de **mantenimiento** preventivo de las válvulas de limpieza son:

**Cada tres meses:**

- 1) Hacer una revisión general del estado de la caja. Si hay grietas en los muros, las debemos reparar con una mezcla de una parte de cemento por tres de arena
- 2) Revisar las tuberías; si existen fugas, debemos repararlas inmediatamente
- 3) Abrir completamente la válvula para dejar salir los sedimentos y lodos
- 4) Después de dos minutos, volver a cerrar completamente la válvula.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Aceite, destornillador, llave de boca fija, llave inglesa. Llave para operar válvulas.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

#### 5.12.12. VÁLVULAS DE CONTROL

Son las válvulas de compuerta que sirven para el control de la distribución del agua a distintos ramales o para suspender el servicio si hay desperfectos en la tubería.

Las actividades de **mantenimiento** preventivo de las válvulas de control son:

**Cada tres meses:**

- 1) Debe verificar si hay grietas en los muros y tapaderas. Si detectamos grietas debemos repararlas con mezcla de una parte de cemento por tres de área
- 2) Revisar los candados de las tapaderas y echémosles un poco de aceite para lubricarlos y que entre la llave fácilmente
- 3) Revisar la tubería; si existen fugas, debemos repararla inmediatamente
- 4) Asegurarse de girar las válvulas para que no se endurezcan; girar  $\frac{1}{4}$  de vuelta hacia la izquierda y derecha, aplicarle unas gotas de aceite para lubricarlas.

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Aceite, destornillador, llave de boca fija, llave inglesa. Llave para operar válvulas.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar guantes y botas

#### 5.12.13. MEDIDOR DE AGUA

Los micromedidores de agua se instalan en las conexiones prediales, para registrar la cantidad de agua potable consumida por los beneficiarios, como también en la salida del tanque de distribución, para medir el caudal que se está suministrando a la comunidad. Si existe diferencia

entre el caudal suministrado a la comunidad y el registrado en las conexiones, ésta nos indica que hay pérdidas de agua, debido a fugas en la tubería o que existen conexiones no autorizadas.

Con la instalación de medidores, se garantiza que los beneficiarios sólo paguen el monto que les corresponde, por la cantidad de agua que realmente han consumido. Al mismo tiempo se evita el desperdicio de este líquido vital.

#### **Cada vez que se realice la lectura:**

- 1) Revisar que no existan fugas, si las hay repárelas o programe su reparación.
- 2) Verificar que el medidor registre el consumo.
- 3) Observar que no existan elementos extraños dentro de la caja; límpiela.
- 4) Revisar que no haya deterioro del medidor.
- 5) Registrar en el formato apropiado lo que ha podido encontrar e infórmelo a la Junta de Agua.
- 6) Verificar que el consumo en la vivienda corresponda a lo real (una forma es consultando los registros que lleva la Junta de Agua; si hay dudas, identifique la causa y repórtela tanto al propietario como a la Junta de agua.
- 7) Si se presenta una anomalía debido al deterioro del medidor, programar su retiro para llevarlo a reparación e instale un medidor provisional.
- 8) Si la anomalía se debe al daño del medidor programe su cambio.
- 9) Si se debe a una alteración en el funcionamiento normal del medidor por parte del usuario o por conexiones fraudulentas antes del medidor, informe a la Junta de Agua y actúe de acuerdo con el reglamento.
- 10) Si se debe a fugas al interior de la vivienda, recomiende al usuario/a que las corrija.

#### *Materiales y herramientas requeridas:*

- Llave inglesa. Llave para operar válvulas.

#### *Equipo de seguridad:*

- Utilizar botas

#### **Cada dos años:**

Hacer mantenimiento preventivo al medidor. De ser necesario calíbrelo

*Materiales y herramientas requeridas:*

- Llave inglesa. Llave para operar válvulas.

*Equipo de seguridad:*

- Utilizar botas

#### 5.12.14. PASOS DE ZANJÓN

La tubería de la línea de conducción a veces tiene que atravesar zanjas naturales o quebradas; para ello se construyen estructuras que se llaman pasos de zanjón.

#### 5.12.15. PASOS AÉREOS

Los pasos aéreos o puentes colgantes se construyen cuando la tubería tiene que atravesar ríos caudalosos o muy anchos.

Ni los pasos de zanjón ni los pasos aéreos requieren un mantenimiento específico. Sin embargo, cada mes cuando recorremos toda la línea de conducción o de distribución, debemos hacer una revisión general de las estructuras y hacer las reparaciones necesarias si detectamos problemas.

### 5.13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 5.13.1. ESTRUCTURA DE CÁLCULO DE COSTO INDIRECTO

ESTRUCTURA DE CALCULO DE COSTO INDIRECTO		
DATOS		
UBICACIÓN	Ceibita	San Antonio de Cortés
RESIDENTE	Permanente	
DURACION DEL PROYECTO	6	MESES
PORCENTAJE QUE REPRESENTA EL PROYECTO	12	%

5.13.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA

<b>ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA</b>			
a) COSTO ADMINISTRATIVO			
OFICINA CENTRAL			
<b>CARGO</b>	<b>SALARIO BASE MENSUAL</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>SALARIO PRORRATEADO MENSUAL CON BENEFICIOS</b>
Gerente General	L 25,000.00	Pagos mensuales con beneficios	L 87,500.00
Ingeniero de Planificación de Proyectos	L 22,000.00		L 77,000.00
Aseo	L 7,000.00	Outsourcing, cargo solo por 12 meses	L 42,000.00
		<b>COSTO ADMINISTRATIVO TOTAL</b>	L 206,500.00
		<b>COSTO ADMINISTRATIVO A CARGAR AL PROYECTO 12%</b>	L 24,780.00

b) OFICINA DE CAMPO			
Ingeniero Residente	L 23,000.00	Residente permanente en el proyecto	L 138,000.00
Maestro de obra	L 13,000.00	Permanente en el proyecto, no incluye beneficios	L 78,000.00
		<b>COSTO MENSUAL DE OFICINA CENTRAL</b>	L 216,000.00

<b>OTRAS OBLIGACIONES ADMINISTRATIVAS Y FISCALES DE LA EMPRESA</b>			
CICH	L 3,500.00		L 420.00
IMPUESTOS AL ESTADO	L 12,000.00		L 1,440.00
TASA DE SEGURIDAD	L 3,000.00		L 360.00
OTROS IMPUESTOS (PERMISO DE OPERACIÓN, CONTRIBUCIONES)	L 2,500.00		L 300.00
		<b>TOTAL DE OTRAS OBLIGACIONES</b>	L 2,520.00

OTROS GASTOS ADMINISTRATIVOS DEL PROYECTO					
TOTAL COSTO DIRECTO	L	922,490.44			
Garantía de Sostentamiento de Oferta (2%)	1.5% del monto de la garantía de sostenimiento del proyecto	L	18,449.81	L	276.75
Garantía de anticipo (20%)	1.5% del monto de la garantía de anticipo del proyecto	L	184,498.09	L	2,767.47
Garantía de cumplimiento de contrato (15%)	1.5% del monto de la garantía de cumplimiento del proyecto	L	138,373.57	L	2,075.60
Garantía de calidad de obra (5%)	1.5% del monto de la garantía de calidad del proyecto	L	46,124.52	L	691.87
Gastos varios de oficina de campo			3000	L	18,000.00
Vigilancia en el proyecto			8000	L	48,000.00
				L	71,811.69
IMPREVISTOS Y RIESGOS 5% DEL COSTO DIRECTO TOTAL DEL PROYECTO		L	46,124.52	L	46,124.52
	COSTO INDIRECTO DEL PROYECTO ANTES DE UTILIDAD			L	361,236.21
UTILIDAD (10%)		L	128,372.67	L	128,372.67
			COSTO INDIRECTO TOTAL DEL PROYECTO	L	489,608.88

RESUMEN CALCULO DE FACTOR DE SOBRECOSTO			
COSTO DIRECTO TOTAL DEL PROYECTO	L	922,490.44	
COSTO INDIRECTO TOTAL DEL PROYECTO	L	489,608.88	
PRECIO DE VENTA DEL PROYECTO AL CLIENTE	L	1,412,099.32	
CALCULO DEL FACTOR DE SOBRECOSTO		0.53	1.53
		L	1,412,099.32

### 5.13.3. PRESUPUESTO DE CANTIDADES DE OBRA

#### PRESUPUESTO

**Diagnóstico Técnico del Sistema de agua potable en la Comunidad de Ceibita, San Anotnio de Cortés y elaboración de un plan de Operación y Mantenimiento**

Propietario: UNITEC  
 Descripción: Sistema de Agua Potable  
 Fecha: 31 de enero de 2020

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	ESTRUCTURA DE COSTO DIRECTO		ESTRUCTURA DE COSTO INDIRECTO		
				P. Unitario de Costo Directo	Sub Total de Costo Directo	FSC	Precio Unitario de Venta	Sub Total Precio de Venta
				Lps	Lps		Lps	Lps
<b>I</b>	<b>PRELIMINARES</b>							
1.01	Limpieza de terreno	M2	1,950.12	12.60	L24,571.51	1.53	19.278	L37,594.41
1.02	Trazado y marcaje	M LINEAL	3,900.23	7.65	L29,836.76	1.53	11.7045	L45,650.24
					SUB. TOTAL C.D		SUB. TOTAL C.I	L83,244.66
<b>II</b>	<b>EXCAVACIONES</b>							
2.01	Excavacion zanja base=0.4m Altura=0.6m	M3	928.03	63.00	L58,465.89	1.53	96.39	L89,452.81
					SUB. TOTAL C.D		SUB. TOTAL C.I	L89,452.81
<b>III</b>	<b>COLOCACIÓN DE TUBERÍA</b>							
3.01	Colocación cama de arena inferior e= 0.10m	M3	154.67	380.10	L58,790.07	1.53	581.553	L89,948.80
3.02	Colocación capa superior Material selecto e= 0.16m	M3	300.76	33.60	L10,105.54	1.53	51.408	L15,461.47
3.03	Suministro y colocación de Tubería PVC SDR-26 Diametro 2"	ML	733.20	116.69	L85,557.11	1.53	178.5357	L130,902.38
3.04	Suministro y colocación de Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1 1/2"	ML	458.45	95.82	L43,928.68	1.53	146.6046	L67,210.88
3.05	Suministro y colocación de Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1"	ML	2,675.15	46.93	L125,544.79	1.53	71.8029	L192,083.53
3.06	Suministro y colocación de Tubería HG SCH 40 Diametro 2"	ML	11.96	190.74	L2,281.25	1.53	291.8322	L3,490.31
3.07	Suministro y colocación de Tubería HG SCH 40 Diametro 1 1/2"	ML	33.43	166.83	L5,577.13	1.53	255.2499	L8,533.00
3.08	Suministro y colocación de pines paso aereo	ML	2.80	78.81	L220.67	1.53	120.5793	L337.62
					SUB. TOTAL C.D		SUB. TOTAL C.I	L502,008.89
<b>IV</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>							
4.01	Relleno comun e= 0.30m y compactación con bailarina del 95%	M3	649.62	49.17	L31,941.82	1.53	75.2301	L48,870.98
					SUB. TOTAL C.D		SUB. TOTAL C.I	L48,870.98
<b>V</b>	<b>INSTALACIÓN DE VÁLVULAS</b>							
5.01	Suministro e instalación de cajas protectoras para válvulas de 0.5mX0.5mX0.6m	UND	11.00	1,614.02	L17,754.22	1.53	2469.4506	L27,163.96
5.02	Suministro e instalación de válvulas de aire 1/2"	UND	3.00	1,074.79	L3,224.37	1.53	1644.4287	L4,933.29
5.03	Suministro e instalación de Valvula de limpieza HG 2"	UND	1.00	1,337.84	L1,337.84	1.53	2046.8952	L2,046.90
5.04	Suministro e instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1 1/2"	UND	2.00	709.40	L1,418.80	1.53	1085.382	L2,170.76
5.05	Suministro e instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1"	UND	5.00	619.70	L3,098.50	1.53	948.141	L4,740.71
5.06	Caja de registro de conexión domiciliar de 0.3X0.6X0.4 prefabricada (incluye instalación de medidor)	UND	102.00	2,595.49	L264,739.98	1.53	3971.0997	L405,052.17
					SUB. TOTAL C.D		SUB. TOTAL C.I	L446,107.78



**DESCRIPCIÓN: PRELIMINARES**

Actividad: Trazado y marcaje

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	1.02	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cuerda	rollo	0.05	1%	L. 20.00	L. 1.01
1.02	Estacas	und	0.10	1%	L. 3.33	L. 0.34
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 1.35
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Trazado y marcaje	ml	1.000	1.00	L. 6.00	L. 6.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 6.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 6.00	L. 0.30
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 0.30
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 7.65
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 7.65</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>7.65</b>

**DESCRIPCIÓN: EXCAVACIONES**

Actividad: Excavacion zanja base=0.4m Altura=0.6m

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	2.01	Unidad	M3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 0.00
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Excavacion zanja base=0.4m Altura=0.6m	m3	1.000	1.00	L. 60.00	L. 60.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 60.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.03	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 60.00	L. 3.00
						L. 3.00
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 63.00
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 63.00</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>63.00</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Colocación cama de arena inferior e= 0.10m

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.01	Unidad	M3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Cama de arena	m3	1.00	5%	L. 350.00	L. 367.50
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 367.50
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocacion cama de arena inferior e= 0.10m	m3	1.000	1.00	L. 12.00	L. 12.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 12.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.03	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 12.00	L. 0.60
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.60
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 380.10
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 380.10</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>380.10</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Colocación capa superior Material selecto e= 0.16m

Fecha: 31/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.02	Unidad	M3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Material selecto	m3	1.00	5%	L. 20.00	L. 21.00
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 21.00
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación capa superior Material selecto e= 0.16m	m3	1.000	1.00	L. 12.00	L. 12.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 12.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.03	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 12.00	L. 0.60
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.60
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 33.60
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 33.60</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>33.60</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Suministro y colocación de Tubería PVC SDR-26 Diametro 2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.03	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Accesorios	glb	1.0000	1%	44.00	L. 44.44
1.02	Pegamento Tangit	gal	0.0083	3%	2200.00	L. 18.88
1.03	Tuberia PVC SDR -26 Diametro 2"	lance	0.17	3%	L. 220.00	L. 37.62
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 100.94
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación de Tubería PVC SDR-26 Diametro 2"	ml	1.000	1.00	L. 15.00	L. 15.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 15.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 15.00	L. 0.75
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.75
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 116.69
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 116.69</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>116.69</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Suministro y colocación de Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1 1/2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.04	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Tuberia PVC SDR - 26 Diametro 1 1/2"	lance	0.17	3%	L. 195.00	L. 33.34
1.02	Pegamento Tangit	gal	0.0056	3%	L. 2,200.00	L. 12.59
1.03	Accesorios	gal	1.00	1%	L. 39.00	L. 39.39
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 85.32
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación de Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1 1/2"	ml	1.000	1.00	L. 10.00	L. 10.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 10.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 10.00	L. 0.50
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.50
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 95.82
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 95.82</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>95.82</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Suministro y colocación de Tuberia PVC SDR - 26 Diametro 1"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.05	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Tuberia PVC SDR - 26 Diametro 1"	lance	0.166	3%	L. 78.00	L. 13.34
1.02	Pegamento Tangit	gal	0.0042	3%	L. 2,200.00	L. 9.44
1.03	Accesorios	glb	1	1%	L. 15.60	L. 15.76
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 38.53
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación de Tuberia PVC SDR - 26 Diametro 1"	ml	1.000	1.00	L. 8.00	L. 8.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 8.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 8.00	L. 0.40
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.40
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 46.93
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 46.93</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>46.93</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Suministro y colocación de Tuberia HG SCH 40 Diametro 2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.06	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Tuberia HG SCH 40 Diametro 2"	lance	0.17	3%	L. 350.00	L. 59.84
1.02	Pegamento Tangit	gal	0.008	3%	L. 2,200.00	L. 18.88
1.03	Accesorios	glb	1.00	1%	L. 70.00	L. 70.01
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 148.74
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación de Tuberia HG SCH 40 Diametro 2"	ml	1.000	1.00	L. 40.00	L. 40.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 40.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 40.00	L. 2.00
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 2.00
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 190.74
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 190.74</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>190.74</b>

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Suministro y colocación de Tuberia HG SCH 40 Diametro 1 1/2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.07	Unidad	ML	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Tuberia HG SCH 40 Diametro 1 1/2"	lance	0.17	3%	L. 315.00	L. 53.86
	Pegamento Tangit	gal	0.0056	3%	L. 2,200.00	L. 12.59
1.02	Accesorios	glb	1.00	1%	L. 63.00	L. 63.63
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 130.08
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación de Tuberia HG SCH 40 Diametro 1 1/2"	ml	1.000	1.00	L. 35.00	L. 35.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 35.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 35.00	L. 1.75
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 1.75
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 166.83
						<b>% Indirectos</b>
						0.00%
						<b>Costo Final</b>
						L. 166.83
						<b>Costo Unitario Final</b>
						166.83

**DESCRIPCIÓN: COLOCACIÓN DE TUBERÍA**

Actividad: Suministro y colocación de pines paso aereo

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	3.08	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Varilla corugada #4 (1/2") Grado 40	lance	0.11	3%	L. 200.00	L. 22.66
1.02	Accesorios	glb	1.00	1%	L. 40.00	L. 40.40
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 63.06
2.00	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Colocación de pines paso aereo	und	1.000	1.00	L. 15.00	L. 15.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 15.00
3.00	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.03	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 15.00	L. 0.75
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 0.75
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 78.81
						<b>% Indirectos</b>
						0.00%
						<b>Costo Final</b>
						L. 78.81
						<b>Costo Unitario Final</b>
						78.81

**DESCRIPCIÓN: RELLENO Y COMPACTACIÓN**

Actividad: Relleno comun e= 0.30m y compactación con bailarina del 95%

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	4.01	Unidad	M3	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Material selecto	m3	1.00	5%	L. 20.00	L. 21.00
1.02	Agua	gal	26.40	5%	L. 0.50	L. 13.86
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 34.86
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Relleno comun e= 0.30m y compactación conn bailarina del 95%	m3	1.000	1.00	L. 11.25	L. 11.25
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 11.25
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Compactadora de pie	m3/h	0.0286	1.0000	L. 87.50	2.5
3.02	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 11.25	L. 0.56
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 3.06
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 49.17
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 49.17</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>49.17</b>

**DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE VÁLVULAS**

Actividad: Suministro e instalación de cajas protectoras para válvulas de 0.5mX0.5mX0.6m

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	5.01	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Ladrillo	und	120.00	3%	L. 5.00	L. 618.00
1.02	Arena	m3	0.06	5%	L. 305.00	L. 18.57
1.03	Cama de grava	m3	0.11	5%	L. 320.00	L. 36.62
1.04	Agua	gal	7.28	5%	L. 0.50	L. 3.82
1.05	Cemento	bolsa	0.52	5%	L. 205.00	L. 111.67
1.06	Varilla corugada #4 (1/2") Grado 40	lance	0.04	5%	L. 185.00	L. 8.62
1.07	Varilla corrugada #3 (3/8") Grado 40	lance	1.44	5%	L. 125.00	L. 189.53
1.08	Varilla corrugada #2 (1/4")	lance	0.30	5%	L. 112.00	L. 35.43
1.09	Alambre de amarre	lbs	0.89	3%	L. 15.50	L. 14.24
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 1,036.52
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Instalación de cajas protectoras para válvulas de 0.5mX0.5mX0.6m	und	1.000	1.00	L. 550.00	L. 550.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 550.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 550.00	L. 27.50
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 27.50
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 1,614.02
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 1,614.02</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>1,614.02</b>

**DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE VÁLVULAS**

Actividad: Suministro e instalación de válvulas de aire 1/2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	5.02	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Valvula de aire HG 1/2"	und	1.00	1%	L. 619.00	L. 625.19
1.02	Adaptador hembra PVC 2"	und	2.00	1%	L. 14.78	L. 29.86
1.03	Reductor de 2" a 1/2" de diametro	und	1.00	1%	L. 35.00	L. 35.35
1.04	Junta universal 2" Bronce	und	1.00	1%	L. 65.00	L. 65.65
1.05	Niple PVC 2" X 4	und	3.00	1%	L. 30.00	L. 90.90
1.06	Pegamento Tangit	gal	0.03	1%	L. 2,200.00	L. 74.07
1.07	Cinta teflon	rollo	1.00	1%	L. 9.00	L. 9.09
1.08	Unión Tee PVC Diametro 2"	und	1.00	1%	L. 18.50	L. 18.69
						<b>Subtotal Mat</b>
						L. 948.79
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Instalación de válvulas de aire 1/2"	und	1.000	1.00	L. 120.00	L. 120.00
						<b>Subtotal M.O.</b>
						L. 120.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 120.00	L. 6.00
						<b>Subtotal H.E.</b>
						L. 6.00
						<b>Costo Directo Total</b>
						L. 1,074.79
						<b>% Indirectos</b>
						<b>0.00%</b>
						<b>Costo Final</b>
						<b>L. 1,074.79</b>
						<b>Costo Unitario Final</b>
						<b>1,074.79</b>

**DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE VÁLVULAS**

Actividad: Suministro e instalación de Valvula de limpieza HG 2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	5.03	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Valvula de limpieza HG 2"	und	1.00	1%	L. 789.00	L. 796.89
1.02	Adaptador macho PVC 2"	und	1.00	1%	L. 13.22	L. 13.35
1.03	Adatador hembra PVC 2"	und	2.00	1%	L. 14.78	L. 29.86
1.04	Junta universal 2" Bronce	und	1.00	1%	L. 65.00	L. 65.65
1.05	Niple HG 2" X 4	und	3.00	1%	L. 30.00	L. 90.90
1.06	Pegamento Tangit	gal	0.03	2%	L. 2,200.00	L. 74.80
1.07	Codo 2"x90 HG	und	2.00	1%	L. 37.00	L. 74.74
1.08	Tapón Copa HG 2"	und	1.00	1%	L. 56.00	L. 56.56
1.09	Cinta teflon	rollo	1.00	1%	L. 9.00	L. 9.09
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 1,211.84
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Instalación de Valvula de limpieza HG 2"	und	1.000	1.00	L. 120.00	L. 120.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 120.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 120.00	L. 6.00
						L. 6.00
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 1,337.84
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 1,337.84</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>1,337.84</b>

## DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE VÁLVULAS

Actividad: Suministro e instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1 1/2"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	5.04	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Válvula de compuerta Bronce 1 1/2"	und	1.00	1%	L. 310.00	L. 313.10
1.02	Adaptador hembra PVC 1 1/2"	und	2.00	1%	L. 14.78	L. 29.86
1.03	Junta universal 1 1/2" Bronce	und	1.00	1%	L. 65.00	L. 65.65
1.04	Niple HG 1 1/2" X 4	und	3.00	1%	L. 30.00	L. 90.90
1.05	Pegamento Tangit	gal	0.03	2%	L. 2,200.00	L. 74.80
1.06	Cinta teflon	rollo	1.00	1%	L. 9.00	L. 9.09
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 583.40
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Suministro e instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1 1/2"	und	1.000	1.00	L. 120.00	L. 120.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 120.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 120.00	L. 6.00
						L. 6.00
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 709.40
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 709.40</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>709.40</b>

**DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE VÁLVULAS**

Actividad: Suministro e instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1"

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	5.05	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Válvula de compuerta Bronce 1"	und	1.00	1%	L. 309.56	L. 312.66
1.03	Adatador hembra PVC 1"	und	2.00	1%	L. 14.78	L. 29.86
1.04	Junta universal 1" Bronce	und	1.00	1%	L. 65.00	L. 65.65
1.05	Niple HG 1" X 4	und	3.00	1%	L. 30.00	L. 90.90
1.06	Pegamento Tangit	gal	0.03	2%	L. 2,200.00	L. 74.80
1.07	Cinta teflon	rollo	1.00	1%	L. 9.00	L. 9.09
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 582.95
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1"	und	1.000	1.00	L. 35.00	L. 35.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 35.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 35.00	L. 1.75
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 1.75
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 619.70
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 619.70</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>619.70</b>

**DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE VÁLVULAS**

Actividad: Caja de registro de conexión domiciliar de 0.3X0.6X0.4 prefabricada (incluye instalación de medidor)

Fecha: 21/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	5.06	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Caja de registro de conexión domiciliar de 0.3X0.6X0.4 prefabricada	und	1.00	3%	L. 1,338.00	L. 1,378.14
1.02	Medidor de 1/2" para agua potable	und	1.00	1%	L. 750.00	L. 757.50
1.03	Adaptador macho PVC 1/2"	und	2.00	1%	L. 13.22	L. 26.70
1.04	Junta universal 1 1/2" Bronce	und	1.00	1%	L. 65.00	L. 65.65
				<b>Subtotal Mat</b>		L. 2,227.99
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Caja de registro de agua potable de 0.3X0.6X0.4 prefabricada (incluye instalación de medidor)	und	1.000	1.00	L. 350.00	L. 350.00
				<b>Subtotal M.O.</b>		L. 350.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 350.00	L. 17.50
				<b>Subtotal H.E.</b>		L. 17.50
				<b>Costo Directo Total</b>		L. 2,595.49
				<b>% Indirectos</b>		<b>0.00%</b>
				<b>Costo Final</b>		<b>L. 2,595.49</b>
				<b>Costo Unitario Final</b>		<b>2,595.49</b>

**DESCRIPCIÓN: TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Actividad: Tanque Rotoplast de 12,000 litros (3,170 gal) de 3.9 m altura, 2.4 m diametro

Fecha: 31/1/2020

Elaboró: Karen Peña/Ricardo Sandres

Item	6.01	Unidad	UND	Cantidad	1.00	
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT. / RENDIMIENTO	DESPERDICIO	P.U.	SUBTOTAL
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Tanque Rotoplas de 12,000 litros	und	1.00	1%	L. 69,362.00	L. 70,055.62
1.02	válvula de llenado	und	1.00	1%	L. 600.00	L. 606.00
1.03	Flotador	und	1.00	1%	L. 575.00	L. 580.75
1.04	Multiconector reforzado	und	1.00	1%	L. 390.00	L. 393.90
1.05	Varro de aire	und	1.00	1%	L. 450.00	L. 454.50
1.06	Filtro estandar	und	1.00	1%	L. 900.00	L. 909.00
1.07	Base de concreto	m3	0.32	3%	L. 2,500.00	L. 824.00
1.08	Varilla corrugada #3 (3/8") Grado 40	lance	13.00	5%	L. 125.00	L. 1,706.25
					<b>Subtotal Mat</b>	L. 75,530.02
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total Horas</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	M.O. Tanque Rotoplast 15,000 litros	und	1.000	1.00	L. 7,000.00	L. 7,000.00
					<b>Subtotal M.O.</b>	L. 7,000.00
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Herramienta menor	glb	0.05	1.00	L. 7,000.00	L. 350.00
					<b>Subtotal H.E.</b>	L. 350.00
					<b>Costo Directo Total</b>	L. 82,880.02
					<b>% Indirectos</b>	<b>0.00%</b>
					<b>Costo Final</b>	<b>L. 82,880.02</b>
					<b>Costo Unitario Final</b>	<b>82,880.02</b>



### 5.13.5. CANTIDADES DE MATERIALES

DESCRIPCIÓN	Suma de CANTIDAD TOTAL DE MATERIAL	Suma de COSTO TOTAL DE MATERIAL
Accesorios	3954.1399	95877.2598
Adaptador hembra PVC 1 1/2"	4.04	59.7112
Adaptador hembra PVC 2"	6.06	89.5668
Adaptador macho PVC 1/2"	206.04	2723.8488
Adaptador macho PVC 2"	1.01	13.3522
Adaptador hembra PVC 1"	10.1	149.278
Adaptador hembra PVC 2"	2.02	29.8556
Agua	18091.5504	9045.7752
Alambre de amarre	10.10636	156.64858
Arena	0.6699	204.3195
Base de concreto	0.3296	824
Caja de registro de conexión domiciliar de 0.3X0.6X0.4 prefabricada	105.06	140570.28
Cama de arena	162.4035	56841.225
Cama de grava	1.25895	402.864
Cemento	5.99214	1228.3887
Cinta teflon	11.11	99.99
Codo 2"x90 HG	2.02	74.74
Cuerda	196.961615	3939.2323
Estacas	393.92323	1313.077433
Filtro estandar	1.01	909
Flotador	1.01	580.75
Junta universal 1 1/2" Bronce	105.04	6827.6
Junta universal 1" Bronce	5.05	328.25
Junta universal 2" Bronce	4.04	262.6
Ladrillo	1359.6	6798
Material selecto	997.899	19957.98
Medidor de 1/2" para agua potable	103.02	77265
Multiconector reforzado	1.01	393.9
Niple HG 1 1/2" X 4	6.06	181.8
Niple HG 1" X 4	15.15	454.5
Niple HG 2" X 4	3.03	90.9
Niple PVC 2" X 4	9.09	272.7
Pegamento Tangit	21.06445542	46341.80192
Reductor de 2" a 1/2" de diametro	3.03	106.05
Tapón Copa HG 2"	1.01	56.56
Tubería HG SCH 40 Diametro 1 1/2"	5.7158614	1800.496341
Tubería HG SCH 40 Diametro 2"	2.0449208	715.72228
Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1 1/2"	78.385781	15285.2273
Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1"	457.397147	35676.97747
Tubería PVC SDR -26 Diametro 2"	125.362536	27579.75792
Unión Tee PVC Diametro 2"	3.03	56.055
Valvula de aire HG 1/2"	3.03	1875.57
Válvula de compuerta Bronce 1 1/2"	2.02	626.2
Válvula de compuerta Bronce 1"	5.05	1563.278
Valvula de limpieza HG 2"	1.01	796.89
válvula de llenado	1.01	606
Varilla corrugada #2 (1/4")	3.480015	389.76168
Varilla corrugada #3 (3/8") Grado 40	30.3282	3791.025
Varilla corrugada #4 (1/2") Grado 40	0.83006	158.3197
Varro de aire	1.01	454.5
Tanque Rotoplas de 12,000 litros	1.01	70055.62
<b>Total general</b>	<b>26521.62357</b>	<b>1635,902.21</b>

### 5.13.6. CANTIDADES DE MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	Suma de REDIMIENTO TOTAL	Suma de COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA
M.O. Instalación de válvulas de aire 1/2"	3	L360.00
M.O. Caja de registro de agua potable de 0.3X0.6X0.4 prefabricada (incluye instalación de medidor)	102	L35,700.00
M.O. Colocación cama de arena inferior e= 0,10m	154.67	L1,856.04
M.O. Colocación capa superior Material selecto e= 0.16m	300.76	L3,609.12
M.O. Colocación de pines paso aereo	2.8	L42.00
M.O. Colocación de Tubería HG SCH 40 Diametro 1 1/2"	33.43	L1,170.05
M.O. Colocación de Tubería HG SCH 40 Diametro 2"	11.96	L478.40
M.O. Colocación de Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1 1/2"	458.45	L4,584.50
M.O. Colocación de Tubería PVC SDR - 26 Diametro 1"	2675.15	L21,401.20
M.O. Colocación de Tubería PVC SDR-26 Diametro 2"	733.2	L10,998.00
M.O. Excavación zanja base=0.4m Altura=0.6m	928.03	L55,681.80
M.O. Instalación de cajas protectoras para válvulas de 0.5mX0.5mX0.6m	11	L6,050.00
M.O. Instalación de Valvula de limpieza HG 2"	1	L120.00
M.O. Instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1"	5	L175.00
M.O. Limpieza de terreno	1950.12	L23,401.44
M.O. Limpieza de terreno final	1950.12	L23,401.44
M.O. Prueba hisrostatica en toda la red	3900	L19,500.00
M.O. Relleno comun e= 0.30m y compactación conn bailarina del 95%	649.62	L7,308.23
M.O. Suministro e instalación de válvulas de compuerta de bronce de 1 1/2"	2	L240.00
M.O. Tanque Rotoplast 15,000 litros	1	L7,000.00
M.O. Trazado y marcaje	3900.23	L23,401.38
<b>Total general</b>	<b>17773.54</b>	<b>L246,478.60</b>

### 5.13.7. CANTIDADES DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO

DESCRIPCIÓN	Suma de REDIMIENTO TOTAL	Suma de COSTO TOTAL DE HERRAMIENTA Y EQUIPO
Cisterna de agua	3900	L17,960.53
Compactadora de pie	18.56057143	L1,624.05
Compresor	3900	L8,210.53
Herramienta menor	888.677	L12,314.54
<b>Total general</b>	<b>8707.237571</b>	<b>L40,109.64</b>

### 5.13.8. PRESUPUESTO CONSOLIDADO DEL PROYECTO

<b>RESUMEN DE COSTO DIRECTO DEL PROYECTO</b>	Diagnóstico Técnico del Sistema de agua potable en la Comunidad de Ceibita, San Anotnio de Cortés y elaboración de un plan de Operación y Mantenimiento	
<b>CLIENTE:</b>	WATER FOR PEOPLE	
<b>FECHA:</b>	ene-20	
<b>ELABORO:</b>	Karen Peña y Ricardo Sandres	
<b>UBICACIÓN:</b>	Ceibita, San Antonio de Cortés	
<b>DESCRIPCION:</b>	MONTO	
<b>MATERIALES</b>	L	635,902.21
<b>MANO DE OBRA</b>	L	246,478.60
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>	L	40,109.64
<b>COSTO DIRECTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>L</b>	<b>922,490.44</b>

## VI. CONCLUSIONES

1) Al evaluar la integridad física del sistema se encontró que el mismo cuenta con dos fuentes de agua que juntas brindan un caudal en verano de 3.847 gpm, este equivale al 32.06% del caudal requerido en el diseño. La línea de conducción corresponde a 502 metros lineales, de los cuales el 2.38% es tubería HG y el 97.62% PVC, cabe mencionar que más de la mitad de la línea se encuentra expuesta y no cumple con las especificaciones de soterrado que indica la normativa del SANAA; el diámetro de la tubería es de 1", para mayor referencia véase Tabla 3. Del filtro hacia el tanque se encontraron ciertas discrepancias en su manejo, el agregado del filtro no se cambia con regularidad y la tubería de salida del filtro está conectada directamente al tanque de almacenamiento de manera que el hipo clorador ubicado sobre el tanque no tiene ningún uso aparente; cabe mencionar que el proceso de cloración del agua se realiza en el filtro en lugar del hipo clorador. El tanque de almacenamiento requiere de mantenimiento constante, debido a que presenta fisuras. Finalmente, en la red de distribución la mayor problemática es la aparición de fisuras por la exposición de la tubería a la intemperie y en lugar de utilizar tubería de 2" y 1" para la tubería principal y las cometidas, respectivamente y como lo exige el diseño, se encontró tubería de 1 1/2", 1" y 3/4".

2) Dentro de las acciones correctivas a realizar, se establece que en la línea de conducción es necesario cumplir con las especificaciones de diseño de soterrado y de la misma forma con los diámetros de diseño de 2" de PVC SDR-26 y HG SCH-40. Es necesario poner en uso el hipo clorado, será necesario conectar la tubería de salida del filtro al hipo clorador manteniendo el diámetro existente y por ende, del hipo clorador al tanque, se habrá de generar la cloración semanalmente con una dosis de 326 gramos de hipo clorito o su equivalente de 1.6 pastillas. Una corrección a corto plazo que deberá de generarse en el tanque será el impermeabilizado del mismo. Para efectos de la red de distribución se ha propuesto un diseño que contempla lo siguiente: en referencia a la Ilustración 56 (situación actual de la red) con respecto a la Ilustración 64 (propuesta de diseño) se habrán de conectar los nodos 1 con el 8 con tubería de 1" de PVC SDR-26, los nodos 4 con el 6 con tubería de 1" de PVC SDR-26, los nodos 13 con el 14 con tubería de 1" de PVC SDR-26, los nodos 18 con el 22 con tubería de 1" de PVC SDR-26 y finalmente, los nodos 13 con el 21 con tubería de 1" de PVC SDR-26.

3) Dentro de las especificaciones constructivas y de mantenimiento, primeramente, es necesario rectificar el caudal de la fuente con un recipiente de 5 galones o medición de caudal, cronómetro y turbidímetro y hacerlo cada mes, en la línea de conducción hacer una revisión de la integridad física de la tubería, en el filtro es importante generar una extracción, limpieza y colocación de nuevo agregado una vez al mes, en el hipo clorador es importante revisar cuidadosamente que contenga las pastillas de hipo clorito necesaria para el buen funcionamiento del mismo, el tanque de almacenamiento es necesario impermeabilizar las paredes al menos cada año y finalmente, revisar que en la red de distribución no haya tubería a la intemperie y de esta manera evitar fisuras.

4) Se concluyo que el costo total para llevar a cabo el proyecto, subdivido en costo directo y costo indirecto, fue de 922,490.44 y 1,411,410.38 correspondientemente.

## VII. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda seguir las instrucciones de periodización de aplicación del mantenimiento, con la intención de que intrínsecamente se esté realizando un diagnóstico, de la misma forma, es importante brindar un reporte cada seis meses que contenga un resumen de las actividades que se debían corregir y de las actividades que realmente se corrigieron. Se recomienda que se le dé seguimiento a la información brindada en el presente documento y en función del cronograma de actividades hacer una revisión para ver que se haya cumplido al menos el 80% de los requerimientos asignados.
- 2) Para las acciones correctivas se recomienda realizar una inspección en sitio y que se realice la propuesta de diseño, se recomienda seguir al pie de la letra las instrucciones de los detalles y el plano número 4, de manera que se realicen las uniones de los nodos pertinentes haciendo uso de las tuberías recomendadas. Es necesaria la incorporación de un tanque de 3,000 galones al sistema de agua potable, ya que el actual no cuenta con la capacidad necesaria para el abastecimiento de agua a la comunidad de La Ceibita. En comparación de costo beneficio, es más rentable la utilización de un tanque Rotoplast que la construcción de un tanque de concreto para compensar los 3,000 galones de la demanda hídrica. Es recomendable la implementación de una válvula de flote para el tanque de almacenamiento existente, debido a que este rebosa por las noches y eso produce desperdicio de agua.
- 3) Hacer un mantenimiento con respecto al que ya se ha brindado y un análisis del cumplimiento de este, cabe mencionar que junto a este documento se agrega un manual de mantenimiento de manera que sea más fácil y acertado para las personas que trabajen en el equipo de llevar a cabo los resultados. Se recomienda una vez al año tomar una muestra de agua para llevar un mejor control del estado del agua que se consume, antes y después del tratamiento. Es aconsejable realizar el análisis en aguas de San Pedro y rectificar que se cumplan las especificaciones.
- 4) Se recomienda el adicionamiento de válvulas y medidores en cada casa para tener un mejor control del aprovechamiento del recurso, macro medidores, en la salida del tanque y salida de la red de abastecimiento de agua.

5) Realizar campañas para crear concientización y educar a la comunidad de La Ceibita acerca del buen uso que se le debe dar al agua, manteniendo las llaves cerradas para no desperdiciarla. De la misma forma, es crucial prevenir que las personas ejecuten conexiones ilícitas. Se recomienda como parte de la campaña realizar charlas una vez al año en la que se invite mediante el patronato al menos una persona por casa y se traten temas como el buen uso del recurso del agua.

6) Los sistemas de agua potable son proyectos de carácter vital para suplir una necesidad básica en la comunidad, que según lo especifica el decreto no. 118-2003 de manera que no debiese tener ninguna restricción o impedimento para la ejecución de estas obras.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

06 RM N° 019-2014-VIVIENDA.pdf. (s. f.). Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/grd/docs/normasectorialestado/Normas%20Sectoriales%20GRD/03%20Resoluciones%20GRD%20-%20Sectorial/06%20RM%20N%C2%B0%20019-2014-VIVIENDA.pdf>

Álvarez Ríos, Y., & Agudelo Quiceno, J. (2009). *Cálculo integral: Guía de trabajo independiente*. Medellín, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Edy, G. E. J. (s. f.). Diagnóstico del Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (PROAGUA). 33.

En Centroamérica la gestión del agua es un asunto que apenas está comenzado. (2019, marzo 22). Recuperado 15 de septiembre de 2019, de LA TRIBUNA website: <https://www.latribuna.hn/2019/03/22/en-centroamerica-la-gestion-del-agua-es-un-asunto-que- apenas-esta-comenzado/>

Hibbeler R.C. (2012). *Análisis Estructural* (Novena). Recuperado de <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookRead.aspx>

*Honduras\_104-93.pdf*. (s. f.). Recuperado de [http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/honduras/honduras\\_104-93.pdf](http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/honduras/honduras_104-93.pdf)

Manual de administración, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y saneamiento. (2005).

Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de agua rurales. (2007). República de Bolivia.

Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, M. D. A. V. D. S. B. (2007). *Diseño De Sistemas De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial*.

Monsalve, B. (2017). Diagnóstico del estado actual de redes y evaluación técnico-económica de las alternativas para la optimización del sistema de acueducto del municipio de anapoima.

Prado, G. I. (s. f.). Diagnóstico e identificación de problemas y objetivos, evaluación y selección de la mejor alternativa. 127.

Salinas, A. (2009). *Geografía* (1.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookDetail.aspx?b=14>

Sarmiento, n. A. P., & jara, s. A. T. (2016). Propuesta metodológica para el diagnóstico de sistemas de. 141.

Terán, j. (2005). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.

# PLANOS

## Plano 1- Plano Topográfico

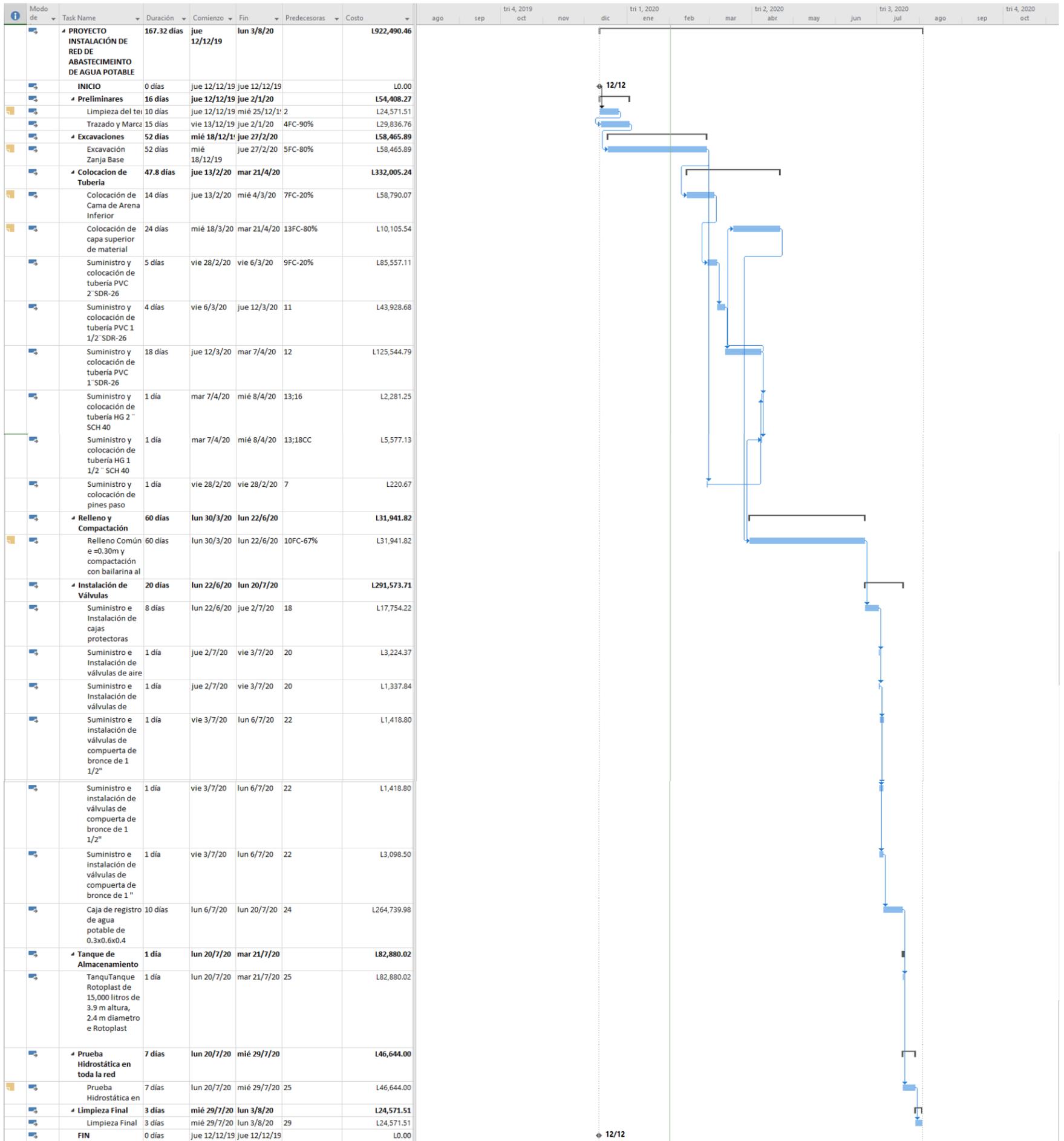
## Plano 2- Planta Perfil

**Plano 3- Plano General Propuesta Corregida**

## Plano 4- Plano General Rediseño

## Plano 5- Plano General de Nodos

# ANEXOS



Fuente: Propia (2019).

Ilustración 68-Cronograma de Actividades del Proyecto