UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

DISEÑO HIDRAÚLICO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA CIUDADELA ELBA GONZÁLEZ, DE LA CIUDAD DE SAN VICENTE.

AUTOR:

GÓMEZ GÓMEZ JHONNY ROBERTO

TUTOR:

ING. PABLO GALLARDO ARMIJOS

JIPIJAPA-MANABÍ-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICA:

Haber asesorado cuidadosamente el proceso de desarrollo del Proyecto de investigación, titulado **"Diseño Hidráulico de la Red de Agua Potable en la Ciudadela Elba González, de la Ciudad de San Vicente."**, cuyo autor es Gómez Gómez Jhonny Roberto, egresado de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, proyecto de investigación elaborado de acuerdo a las normas técnicas de investigación y en base a las normativas vigentes de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, por lo que se autoriza su presentación ante las instancias universitarias correspondientes.

En cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Ing. Pablo Gallardo Armijos

Tutor de Proyecto de Investigación.

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN

Proyecto de Investigación sometido a consideración de la Comisión de Titulación de la Carrera de Ingeniería Civil-Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Civil.

TEMA: "DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA CIUDADELA ELBA GONZALEZ DE LA CIUDAD DE SAN VICENTE."

APROBADO POR EL TRIBUNAL EXAMINADOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ING.LUIS A. MORENO PONCE
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING.BYRON P. BAQUE CAMPOZANO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING.EDUARDO L. PARRALES PARRALES
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING.LUIS A. GUTIERREZ SANCHEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por sus consejos, sus valores, por la motivación, pero más que nada por su amor.

A mi esposa, quien ha estado a mi lado todo este tiempo de desarrollo de mi tesis.

A mi hijo por ser mi inspiración y motivo de ser un profesional.

RECONOCIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiarme en el sendero correcto de la vida.

A mis padres, por ser un ejemplo digno a seguir y por inculcarme valores que han hecho de un hombre de bien.

A mi tutor de tesis por haberme apoyado y guiado en el cumplimiento de esta meta.

A los docentes que me formaron como el profesional que soñé ser.

RESUMEN

El presente proyecto de grado contiene el diseño de la red de distribución de agua potable para la ciudadela Elba González del cantón San Vicente, provincia de Manabí, en donde se realiza un análisis de las características del sitio previo al diseño tales como el crecimiento de la población, consumo del agua, topografía, etc. En función a las presiones de trabajo, el esquema de abastecimiento para el sitio resulta en el diseño de un sistema de bombeo para impulsar el agua a un tanque de almacenamiento elevado y así poder obtener la carga para que la red esté en capacidad de dar servicio a la población.

Para el diseño de la red se emplea el software WaterCAD, trabajando bajo la ecuación de Hazen Williams. Para establecer las bases de diseño se revisó el código ecuatoriano de la construcción para obras sanitarias y bibliografía sobre sistemas de abastecimiento de agua en poblaciones urbanas.

Palabras claves: Red de distribución de agua potable, Bentley WaterCAD, San Vicente, Ecuador, Hazen-Williams.

SUMMARY

This Project contains the design of the potable water distribution network for Elba González citadel in San Vicente, a district of the province of Manabí, where an analysis of the characteristics of the pre-design site, such as the growth of population, water consumption, topography, etc. Depending on the working pressures, the sourcing scheme for the site results in the design of a pumping system to propel the water to a high storage tank and thus be able to obtain the load so that the network is able to provide service to the population.

For the design of the network, the WaterCAD software is used, working under the equation of Hazen Williams. The design bases are aligned with the Ecuadorian code for the design of the construction of sanitary works and bibliography referring to the supply of drinking water for not very numerous populations.

Keyword: Potable wáter network, Bentley WaterCAD, San Vicente, Ecuador, Hazen-Williams.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ii
RECONOCIMIENTO ..... **iii**
RESUMEN ..... **iv**
SUMMARY ..... **v**
ÍNDICE GENERAL ..... **vi**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **viii**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **x**
1. INTRODUCCIÓN **1**
1.1. Antecedentes 2
1.2. Justificación del problema 3
1.3. Planteamiento del problema 4
2. OBJETIVOS **5**
2.1. Objetivo general 5
2.2. Objetivos específicos 5
3. MARCO TEÓRICO **6**
3.1. Hidráulica de conductos cerrados 6
3.1.1. Línea piezométrica y línea de energía 6
3.1.2. Pérdidas de energía 6
3.2. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías 7
3.2.1. Ecuación de Darcy Weisbach 7
3.2.2. Ecuación de Hazen Williams 7
3.2.3. Pérdidas de cargas localizadas: fórmula general 8
3.3. Sistemas de agua potable: parámetros preliminares 9
3.4. Bases de diseño 10
3.4.1. Periodo de diseño 11
3.4.2. Población de diseño 11
3.4.3 Demanda y consumo de agua 13
3.4.4 Variaciones de demanda 14
3.5 Metodología de cálculo de redes de distribución 16
3.5.3 Método de Hardy Cross (redes cerradas) 16
3.5.4 Método de la longitud abastecida (redes abiertas) 18
3.5.5 Software informático para el cálculo de redes 18

4. MATERIALES Y MÉTODOS 19
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS 21
5.1. Ubicación geográfica 21
5.2. Topografía de la zona 22
5.3. Clima 22
5.4. Fuente de abastecimiento de agua 23
5.5. Población actual y estimación de población futura 24
5.5.1. Periodo de diseño 25
5.5.2 Estimación de población futura a través de crecimiento de población tipo lineal 25
5.5.3 Estimación de población futura a través de crecimiento de población tipo geométrico…. 26
5.5.4 Estimación de población futura a través de crecimiento de población tipo logarítmico… 27
5.6. Caudales de diseño 29
5.6.1. Caudal medio 29
5.6.2. Caudal máximo diario y caudal máximo horario 30
5.6.3. Sistema de bombeo 30
5.6.4. Red de distribución 33
5.6.5. Volumen de almacenamiento 34
5.7. Software de modelación hidráulica WaterCAD: Metodología aplicada para el diseño de la red de distribución 34
6. CONCLUSIONES 67
7. RECOMENDACIONES 68
ANEXO A: Análisis de precios unitarios 69
ANEXO B: Listado de accesorios y plano de la red 91
ANEXO C: Reporte fotográfico 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.- Valores de coeficiente de Hazen Williams 8
Tabla 3.2.- Valores de K (pérdidas localizadas)..... 9
Tabla 3.3.- Vida útil de los distintos componentes de un sistema de agua potable..... 11
Tabla 3.4.- Dotaciones recomendadas para zonas rurales 14
Tabla 3.5.- Dotaciones recomendadas para zonas urbanas 14
Tabla 3.6.- Caudales de diseño para los diferentes elementos de un sistema de agua potable 15
Tabla 3.7.- Variaciones de demanda para zonas urbanas y rurales 15
Tabla 5.1.- Ubicación del cantón San Vicente en mapa político de Manabí..... 21
Tabla 5.2.- Temperatura media mensual (en grados Celsius), cantón San Vicente 23
Tabla 5.3.- Proyección tipo lineal, crecimiento de la población 25
Tabla 5.4.- Proyección tipo geométrica, crecimiento de la población 27
Tabla 5.5.- Proyección tipo logarítmica, crecimiento de la población 28
Tabla 5.6.- Promedio de proyección de población entre los tres métodos de cálculo aplicados 29
Tabla 5.7.- Dotación de agua potable 29
Tabla 5.8.- Características geométricas del tanque elevado 34
Tabla 5. 9.- Características geométricas del tanque elevado a ingresar en el software..... 40
Tabla 5.10.- Longitudes (en metros) de tuberías a ingresar en el software 45
Tabla 5.11.- Elevaciones (en msnm) de nodos a ingresar en el software..... 46
Tabla 5.12.- Caudal circulante en cada tramo 46
Tabla 5.13.- Demandas (en l/s) en nodos (Escenario 1, sin caudal por incendio)..... 47
Tabla 5.14.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 1) 48
Tabla 5.15.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 1)..... 50
Tabla 5.16.- Demandas en nodos (Escenario 2) 51
Tabla 5.17.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 2) 52
Tabla 5.18.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 2)..... 53
Tabla 5.19.- Demandas en nodos (Escenario 3) 54
Tabla 5.20.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 3) 55
Tabla 5.21.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 3)..... 56
Tabla 5.22.- Demandas en nodos (Escenario 4) 57
Tabla 5.23.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 4) 58

Tabla 5.24.- Demandas en nodos (Escenario 5) 60
Tabla 5.25.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 5) 61
Tabla 5.26.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 5)..... 62
Tabla 5.27.- Demandas en nodos (Escenario 6) 63
Tabla 5.28.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 6) 64
Tabla 5.29.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 6)..... 65
Tabla 5.30.- Presupuesto referencial de la red de distribución y obras complementarias... 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.- Esquema básico de abastecimiento de agua potable 10
Figura 3.2.- Red de agua potable tipo cerrada 16
Figura 3.3.- Red de agua potable tipo abierta 16
Figura 3.4.- Funcionamiento y distribución de caudales en una malla 17
Figura 3.5.- Interfaz de usuario del software Epanet 18
Figura 5.2.- Delimitación de la ciudadela Elba González 22
Figura 5.3.- Ubicación de tanque de almacenamiento existente 23
Figura 5.4.- Esquema de abastecimiento de agua potable para Ciudadela "Elba González" 24
Figura 5.5.- Proyección tipo lineal, crecimiento de la población 26
Figura 5.6.- Proyección tipo geométrica, crecimiento de la población 27
Figura 5.7.- Proyección tipo logarítmica, crecimiento de la población 28
Figura 5.8.- Esquema de bombeo de agua a tanque elevado 32
Figura 5.9.- Pantalla de inicio del software WaterCAD 35
Figura 5.10.- Interfaz de usuario 36
Figura 5.11.- Ventana de propiedades del proyecto 36
Figura 5.12.- Definiendo unidades de trabajo 37
Figura 5. 13.- Modos de dibujo 37
Figura 5.14.- Opciones de cálculo 38
Figura 5.15.- Estableciendo parámetros básicos 38
Figura 5.16.- Importación del trazado del sector de diseño 39
Figura 5.17.- Selección de herramienta Tanque (Tank) 39
Figura 5.18.- Ingreso de valores de características del tanque 40
Figura 5.19.- Selección de opción Prototypes 41
Figura 5. 20.- Ventana Prototypes 42
Figura 5. 21.- Propiedades del prototipo 42
Figura 5.22.- Librería de materiales 43
Figura 5.23.- Asignación de nombre a prototipos 43
Figura 5.24.- Trazado de tubería D=110 mm 44
Figura 5.25.- Trazado de tubería D=63 mm 44
Figura 5.26.- Inclusión de nodo para caudal de incendio 45
Figura 5.27.- Opción Demand Control Center 47
Figura 5.28.- Mensaje de "no problemas encontrados" luego de validar el trazado 48

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de agua potable es un componente fundamental dentro de una población para su desarrollo dentro del ámbito de sanidad, de lo económico y administrativo, independientemente del tamaño que esta tenga. A pesar de esto, es común que en países en vías de desarrollo un considerable número de comunidades no tengan acceso a este servicio, en caso de que lo dispongan, no obedezcan a parámetros mínimos en cuanto a buena calidad del mismo se refiere.

En Ecuador, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) en una de sus más recientes publicaciones indica que en la provincia de Manabí más del 40% de su población no posee de servicio de agua por red pública, denotando en un porcentaje que debe ser disminuido. El presente trabajo de titulación propone un diseño de las redes de distribución de agua potable de la ciudadela Elba González perteneciente al cantón San Vicente, esperando que este pueda ser utilizado como un insumo para que las autoridades competentes tomen en consideración para su posterior ejecución, y así solucionar un importante problema de esta localidad.

1.1. Antecedentes

La ciudadela Elba González cuenta con aproximadamente 400 habitantes y una superficie de dos hectáreas, la misma se encuentra ubicada a 1.5 km de la vía San Vicente-San Isidro, y uno de los principales problemas identificados que tiene esta población es la carencia de un sistema de redes de agua potable que permita dotar del servicio a toda la población.

A través de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí y mediante convenio suscrito con el Gobierno Autónomo Municipal del Cantón San Vicente, se presenta el proyecto denominado: "Diseño hidráulico de la red de agua potable en la ciudadela Elba González, de la ciudad de San Vicente", con la finalidad de contribuir al desarrollo y mejora de la calidad de vida de los habitantes del mencionado sitio.

El estudio estará dirigido por el Ing. Pablo Gallardo Armijos, docente de la Facultad de Ingeniería Civil, y supervisado por el Ing. Luis Farías Obando, por parte del GAD del Cantón San Vicente. Asimismo, como anexo al presente trabajo se adjunta la certificación correspondiente, donde se da aval que el sector propuesto para el estudio no cuenta con los diseños de redes de agua potable.

1.2. Justificación del problema

Toda población debe contar con los servicios de agua potable y alcantarillado para un aceptable desarrollo socioeconómico y, como principal objetivo, que no existan altos índices de enfermedad e incluso mortalidad, producto de ingerir agua no apta para el consumo humano. Para poder dotar del líquido vital a una comunidad se requieren de una serie de obras hidráulicas cuyo diseño y construcción son responsabilidad y competencias del ingeniero civil, bajo un marco de factibilidad técnica y económica.

La falta de poder de gestión ha influido para que en la ciudadela Elba González no haya progresado en cuanto a obras básicas se refiere. Por tal razón, las autoridades pertinentes reconocen que es necesario emprender varias acciones y buscar las mejores alternativas con la finalidad de proveer del servicio de agua potable a la población.

1.3. Planteamiento del problema

La falta de agua potable en una comunidad es sinónimo de pobreza, ya que una región al no contar con el principal servicio básico no puede desarrollarse en ningún aspecto socio económico y por ende se tiene una baja calidad de vida, además que la carencia de este servicio puede provocar grandes problemas de contaminación y enfermedades a sus habitantes.

En el sector de estudio que comprende el presente proyecto de titulación se necesita realizar un análisis que contemple todos los elementos necesarios, lo que permitirá tener un diseño con su factibilidad de ejecución tanto en aspectos técnicos, económicos y ambientales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Desarrollar el diseño de la red de distribución de agua potable para la ciudadela Elba González de la ciudad de San Vicente.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer los parámetros hidráulicos y bases de diseño de la red de abastecimiento de agua.
- Elaborar un modelo hidráulico para establecer el funcionamiento hidráulico de la red.
- Preparar un presupuesto y planos para la ejecución.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Hidráulica de conductos cerrados

3.1.1. Línea piezométrica y línea de energía

Se conoce como línea piezométrica a la medida que representa la altura de presión hidrostática, se determina en laboratorio al colocar tubos (llamados piezométricos) a lo largo de una tubería o canal abierto si es el caso.

La línea de energía corresponde a la altura de presión hidrostática respecto a un punto o plano de deferencia determinado y se representa por la siguiente expresión:

$$E = Z + \frac{V^{2}}{2g}$$

Dónde:

Z = altura geométrica o de elevación

V2/2g = altura cinética o presión dinámica

3.1.2. Pérdidas de energía

Conocidas también como perdidas de carga, son las pérdidas de presión que se genera en los líquidos al fluir a través de tuberías, producto del roce entre la pared de esta y las partículas del fluido. Particularmente a las de este tipo se las conoce como pérdidas de carga por fricción.

Es común que en un sistema de tuberías se presenten situaciones tales como: cambios de dirección en el flujo, estrechamiento o ampliación de la sección transversal de la tubería, presencia de válvulas, etc., esto también genera pérdidas de presión a las que se las clasifica como pérdidas de carga localizadas.

3.2. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías

3.2.1. Ecuación de Darcy Weisbach

En 1850 Henry Darcy y Julius Weisbach dedujeron a través de una fórmula las pérdidas de carga por fricción en conductos luego de realizar experimentos con tuberías de diversos materiales. Aquella formula es la mostrada a continuación:

$$hf = f\frac{L * V^2}{D^2 * g}$$

Dónde:

hf= pérdida de carga (m)

f= coeficiente de fricción de Darcy

L = longitud de la tubería (m)

V = velocidad media (m/s)

D = diámetro de la tubería (m)

g = aceleración de la gravedad (m/s2)

Q = caudal (m3/s)

Esta ecuación es semi empírica, el factor de fricción de Darcy está en función del número de Reynolds, rugosidad de la tubería y su diámetro.

3.2.2. Ecuación de Hazen Williams

Esta ecuación es una de las más usadas debido a su simplicidad y su empleo radica principalmente en el diseño de tuberías para abastecimiento de agua potable. Esta fórmula fue concebida en 1902 y establece lo siguiente:

$$hf = 10.674(C^{1.852}D^{4.871}) * L$$

Dónde:

hf = Pérdida de carga por fricción

Q = Caudal, m3/s.

C = Coeficiente de rugosidad (C decrece al aumentar la rugosidad)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro (m)

El alcance de esta ecuación comprende para agua con temperaturas de 5 a 25 grados Celsius, a continuación, se presentan valores de C recomendados para ciertos tipos de material de tubería:

Tabla 3.1.- Valores de coeficiente de Hazen Williams

Material	**Coeficiente de Hazen Williams (C)**
PVC	140
Hierro fundido nuevo	130
Acero galvanizado	125
Asbesto cemento	135

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

3.2.3. Pérdidas de cargas localizadas: fórmula general

Generalmente la consideración de pérdidas de carga por fricción es más importante que las localizadas, incluso pueden llegar a despreciarse cuando equivalgan al 5% de las totales. En ciertos casos, es posible calcular las pérdidas de carga localizadas de manera experimental y dado a que son producidas por disipación de energía resultado de las turbulencias estas pueden ser representadas en función de la altura cinética corregida con un coeficiente empírico K:

$$hl = K\frac{V^2}{2g}$$

En dónde:

hl = pérdida de energía (m)

K = coeficiente empírico (adimensional)

V = velocidad media del flujo (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s2)

Tabla 3.2.- Valores de K (pérdidas localizadas)

Accesorios	K
Válvula esférica	10
Válvula de compuerta	0.2
Tee	1.80
Codo 90 grados	0.75
Codo 45 grados	0.40

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

3.3. Sistemas de agua potable: parámetros preliminares

Un sistema de agua potable es aquel conjunto de obras hidráulicas que se encargan de abastecer del líquido vital a los habitantes de una zona urbana o rural bajo parámetros de calidad y cantidad aceptables. Este sistema está constituido por los siguientes elementos:

Captación.- Son las obras civiles y equipos que trabajando entre si se encargan de acoger el agua proveniente de una fuente superficial (rio, arroyo, etc) o subterránea. La captación debe ser diseñada en función al caudal necesario para el final del periodo de diseño del sistema de agua potable.

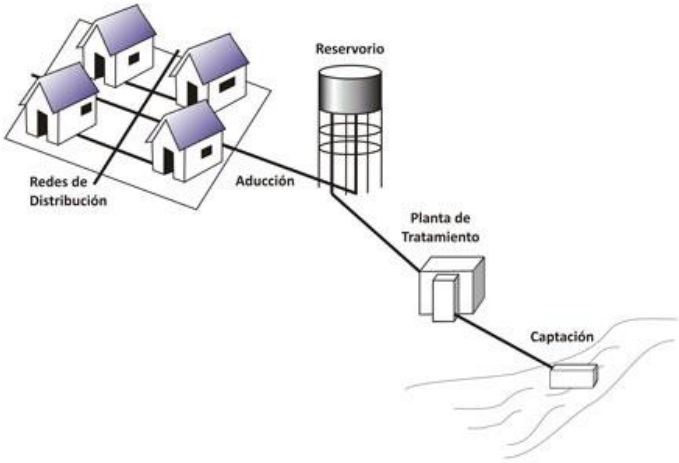
Lineas de aducción e impulsión.- Son aquellas tuberías utilizadas para transportar el caudal necesario desde la obra de captación hasta la planta de tratamiento o tanque de almacenamiento si es el caso. Estas líneas constan de accesorios y dispositivos fundamentales para su correcto funcionamiento, entre ellos: válvulas de aire, válvulas de purga, válvulas reductoras o sostenedoras de presión, codos, etc. El termino aducción es usado cuando se trata de tuberías que transportan agua por gravedad, las líneas de impulsión conducen agua a través de presión con ayuda de bombas en la mayoría de los casos, cuando la topografía no permite primero.

Planta de tratamiento.- Conjunto de estructuras y mecanismos que se encargan darle al agua captada la calidad necesaria para que sea consumida por el ser humano. La potabilización generalmente se realiza a través de los siguientes procesos: floculación, sedimentación, filtración, desinfección, etc.

Tanques de almacenamiento.- Son las estructuras destinadas a almacenar el agua con el fin de compensar las variaciones de consumo y enmendar situaciones tales como: interrupciones de servicio, situaciones que demanden más caudal (incendios), etc. Se debe asegurar que estas estructuras estén ubicadas sobre una cota de terreno adecuada en función de propiciar de presiones adecuadas a la red de distribución y derivar en diseños mas económicos.

Red de distribución.- La red de distribución es el conjunto de tuberías que conducen el agua previamente tratada y con el caudal adecuado a cada uno de los usuarios de la población a abastecer del servicio.

Figura 3.1.- Esquema básico de abastecimiento de agua potable



Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

3.4. Bases de diseño

El diseño es el proceso mas importante y determinante en los proyectos de ingeniería civil, ya que debe indicar con la precisión mas adecuada las dimensiones reales de las obras a construirse. Para el diseño de un sistema de agua potable los principales factores que se deben establecer son la población actual, población futura y el periodo de diseño de cada uno de sus elementos. Para el presente proyecto de titulación se acoge como normativa al código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias en el que para cada parámetro mencionado a continuación define los lineamientos a seguir.

3.4.1. Periodo de diseño

Se refiere al intervalo de tiempo en el que funcionara una obra, por lo que para cumplirlo se debe tomar en cuenta la calidad de materiales usados para prestar un servicio eficiente. De acuerdo a la normativa se recomiendas los siguientes periodos de diseño:

Tabla 3.3.- Vida útil de los distintos componentes de un sistema de agua potable

COMPONENTE	VIDA ÚTIL
Obras de captación	25 – 50 años
Conducción	20 – 30 años
Planta de tratamiento	20 – 30 años
Tanque de almacenamiento	30 – 40 años
Tuberia principal de la red	20 – 25 años
Tuberia secundaria de la red	15 – 20 años

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

3.4.2. Población de diseño

Existen varios métodos estadísticos para el cálculo de la población futura, los más utilizados, y con buenos resultados, son los siguientes:

Método lineal

Considera que el crecimiento de una población es constante e independiente del tamaño de la misma, semejante a una línea recta. Responde a la siguiente ecuación:

$$Pf = Puc + ka * (Tf - Tuc)$$

El factor ka (factor de crecimiento), se determina de la siguiente manera:

$$ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$$

Dónde:

Pf = población futura.

Puc = población del último censo

Pci = población del censo inicial

Tf = último año de periodo de diseño

Tuc = año del último censo

Tci = tiempo del censo inicial

Método geométrico

Este método supone que el aumento de la población se produce en forma análoga al aumento de una cantidad colocada al interés compuesto, el gráfico producido está representado por una curva semilogarítmica.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\left(\frac{1}{Tuc-Tci}\right)} - 1$$

Dónde:

Pf = Población futura.

Pa = Población actual.

n = Período de diseño.

r = Índice de crecimiento.

Puc = población del último censo

Pci = población del censo inicial

Tuc = año del último censo

Tci = tiempo del censo inicial

Método logarítmico

En este método se asume que el crecimiento de la población es de tipo exponencial, se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$Pf = Pci * e^{kg*(Tf-Tci)}$$

$$kg = \frac{LnPcp - LnPca}{Tcp - Tca}$$

Dónde:

Pf = Población futura

kg = factor de crecimiento

Pcp = población de censo posterior

Pca = población de censo anterior

Tcp = tiempo de censo posterior

Tca = tiempo de censo anterior

Tf = último año de periodo de diseño

Tci = tiempo del censo inicial

Pci = Población del censo inicial

3.4.3 Demanda y consumo de agua

Para formular el esquema de un sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario conocer la cantidad de agua requerida para así poder elegir una fuente de abastecimiento adecuada. Los factores que intervienen para determinar la cantidad del líquido son:

Tamaño de población

Desarrollo económico

Clima

Servicios básicos disponibles

Se conoce a la demanda a la cantidad de agua que consume diariamente cada habitante considerando los consumos del sector doméstico, comercial, industrial e institucional, así como también las fugas que puede haber en el sistema. En las siguientes dos tablas se indican las dotaciones futuras recomendadas para zonas urbanas y rurales en Ecuador respectivamente:

Tabla 3.4.- Dotaciones recomendadas para zonas rurales

Nivel de servicio	**Clima frio (l*hab*día)**	**Clima cálido (l*hab*día)**
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

Tabla 3.5.- Dotaciones recomendadas para zonas urbanas

Población (número de habitantes)	**Clima**	**Dotación (l*hab*día)**
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	80-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias.

3.4.4 Variaciones de demanda

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar coeficientes de variación diaria y horaria. Para diseñar las diferentes partes de un sistema de agua potable, se considerarán las siguientes indicaciones:

Tabla 3.6 .- Caudales de diseño para los diferentes elementos de un sistema de agua potable

ELEMENTOS	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

A continuación, se muestran como calcular las variaciones de caudal para zonas urbanas y rurales:

Tabla 3.7.- Variaciones de demanda para zonas urbanas y rurales

Variación de demanda	Zona urbana	Zona rural
Caudal medio	$Qmed = \frac{qN}{1000 * 86400}$ q = dotación N = número de habitantes	$Qmed = \frac{f * N * D}{86400}$ f = factor de fugas f (1a,1b) = 10% f sierra (2a, 2b) = 20% N = número de habitantes
Caudal máximo diario	$Qmax\ d = K1 * Qmed$ K1 = 1.3-1.5	$Qmax\ d = K1 * Qmed$ K1 = 1.25
Caudal máximo horario	$Qmax\ h = K2 * Qmed$ K2 = 2-2.3	$Qmax\ h = K2 * Qmed$ K2 = 3

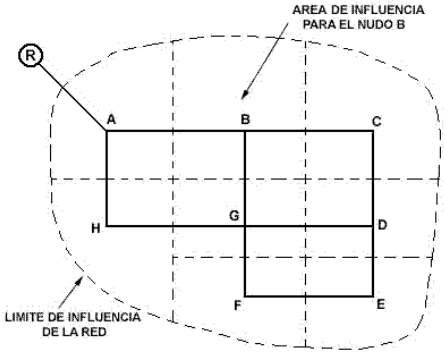
Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

3.5 Metodología de cálculo de redes de distribución

3.5.3 Método de Hardy Cross (redes cerradas)

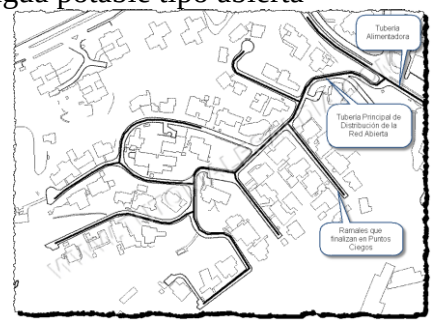
El método de Hardy Cross es uno de los procedimientos más utilizados para calcular los caudales que circulan a través de tuberías con diámetros conocidos dentro de una red cerrada. Esta metodología fue desarrollada por el ingeniero estadounidense Hardy Cross en el año 1935.

Figura 3.2.- Red de agua potable tipo cerrada



Fuente: Magne Freddy, Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable

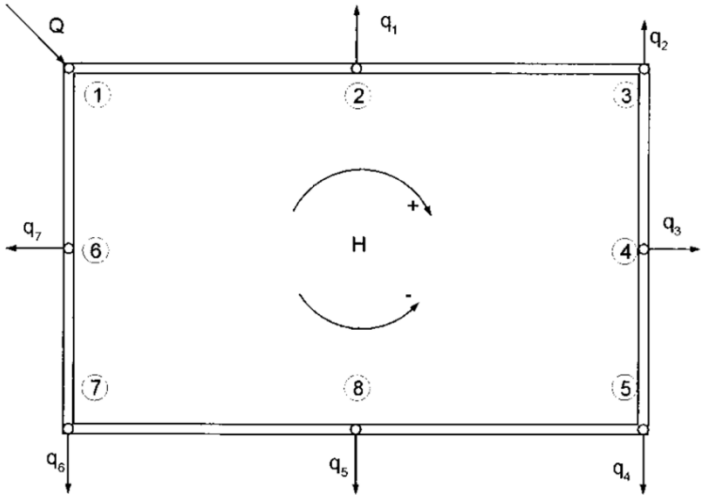
Figura 3.3.- Red de agua potable tipo abierta



Fuente: Magne Freddy, Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable

A través de un proceso iterativo se corrigen los caudales procurando que la diferencia de presiones entre un ramal de tubería y otro no exceda el valor límite de 0,1 mca.

Figura 3.4.- Funcionamiento y distribución de caudales en una malla



Fuente: SMARN México, Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento

La ecuación en la que se fundamenta este método es la ecuación de Hazen-Williams, la cual en función del caudal se expresa de la siguiente manera:

$$Q = 0{,}2785 * C * D^{2{,}63} * J^{0{,}54}$$

$$J = \frac{H}{L}$$

$$J = \left(\frac{Q}{0{,}2785 C D^{2{,}63}}\right)^{1/0{,}54}$$

Dónde:

Q = caudal en el tramo (m3/s)

C = coeficiente de Hazen-Williams

D = diámetro de la tubería (m)

J = pérdida de carga unitaria (m/m)

H = pérdida de carga total en el tramo (m)

L = Longitud del tramo (m)

La metodología aplicada en este tipo de cálculo busca que:

1.- La suma algebraica de los caudales que entran y salen de un nudo es igual a cero

2.- Al sumar cada una de las pérdidas de carga de cada tramo que compone una malla o retícula deber ser igual o aproximado a cero.

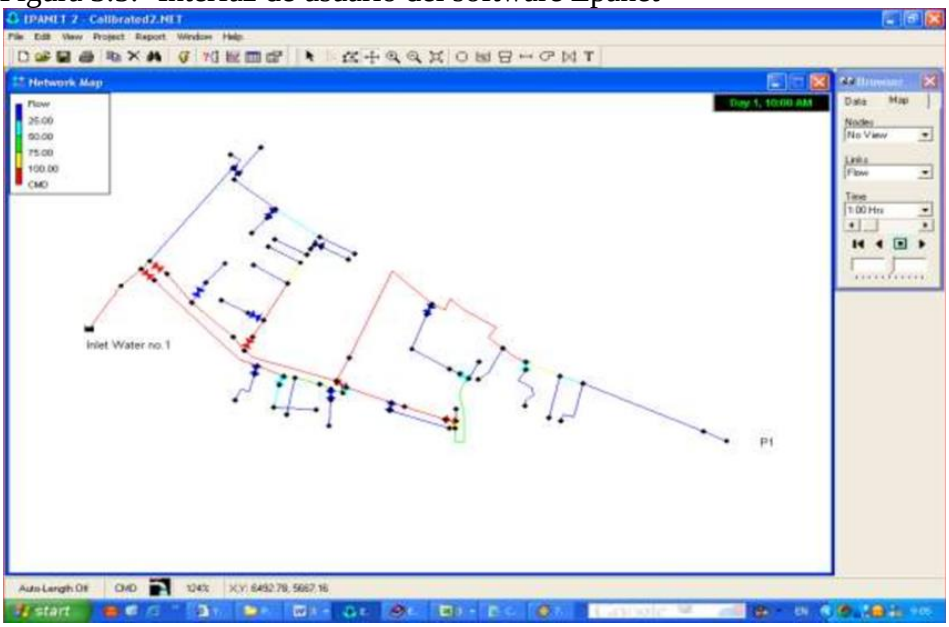
3.5.4 Método de la longitud abastecida (redes abiertas)

Para aplicar este método es necesario establecer un caudal unitario (l/s * km), al que luego se le multiplicará por la longitud a la que este alimente. La aplicación de este método debe ser analizado con detenimiento cuando el consumo del agua sea diferente por cada predio en una determinada área.

3.5.5 Software informático para el cálculo de redes

A partir de la segunda mitad del siglo pasado se empezaron a desarrollar los primeros modelos digitales para el análisis y diseño de redes de agua potable, dentro de los programas más usados para este fin son Epanet y WaterCAD, desarrollados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos y la empresa Bentley respectivamente. Estas herramientas han ayudado a la productividad y agilidad al momento de solucionar una red de abastecimiento de agua potable, pero aun así en ellos domina los datos de entrada y criterio propuestos por el ingeniero diseñador.

Figura 3.5.- Interfaz de usuario del software Epanet



Fuente: Agencia de protección del medio ambiente

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Métodos

Los métodos teóricos que se utilizaran para el desarrollo de la presente investigación son:

- **Histórico- lógico**, para poder realizar el estudio correspondiente a los antecedentes de la comunidad investigada.
- **Análisis documental**, para poder desarrollar la evaluación de los estudios realizados anteriormente.
- **Análisis – síntesis**, para analizar toda la situación problemática de la comunidad y poder plantear las posibles soluciones.

4.2 Técnica

La técnica que se aplicará en el desarrollo de este proyecto será:

- **Observación**, para conocer las principales necesidades de la comunidad y poder distinguir, de manera general, el tipo de trazado de red más factible en el sector.

4.3 Recursos

Recursos humanos

- Autor del proyecto de titulación.
- Tutor del proyecto de titulación.
- Profesionales del campo de la ingeniería sanitaria.
- Habitantes de la ciudadela Elba González.

Recursos materiales

- Estación total.
- Computador.
- Software: Microsoft Excel, Microsoft Word, Bentley WaterCAD, Autodesk AutoCAD.
- Cámara fotográfica.
- Cuaderno para apuntes.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Objetivo 1: Establecer los parámetros hidráulicos y bases de diseño de la red de abastecimiento de agua.

Previamente a la ejecución del diseño en el presente proyecto, es esencial conocer los siguientes datos:

5.1. Ubicación geográfica

El cantón San Vicente encuentra ubicado en el centro norte de la provincia de Manabí, en las coordenadas geográficas 0°35′21″S 80°24′32″O. Sus límites son al norte con el Océano Pacífico y el Cantón Jama; al sur con el estuario del Río Chone; al este con la Parroquia San Isidro del Cantón Sucre y el Cantón Chone y al oeste con el Océano Pacífico.

Su extensión es de 715 km², los cuales 33 km² corresponde a la zona urbana y 682 km² a la zona rural.

Tabla 5.1.- Ubicación del cantón San Vicente en mapa político de Manabí

Fuente: www.gifex.com

La ciudadela Elba González comprende un área de 2.2 hectáreas y se encuentra en el centro del cantón en una zona relativamente elevada en comparación a demás sectores de la ciudad.

Figura 5.1.- Delimitación de la ciudadela Elba González

Fuente: Captura de imagen satelital Google Earth/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

5.2.Topografía de la zona

Las alturas y las elevaciones de la ciudadela Elba González oscilan los 22 y 30 metros sobre el nivel del mar con pendientes promedios del 5 por ciento.

5.3.Clima

El clima de la zona en estudio es, en términos generales, tropicales y secos, este a la vez se encuentra caracterizado por la presencia de una estación seca marcada. La temperatura media anual es de 24.9 °C.

Tabla 5.2.- Temperatura media mensual (en grados Celsius), cantón San Vicente

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
25.7	26.3	26.5	26.5	25.6	24.8	24.2	23.6	23.5	24.0	24.1	25.1

Fuente: Información meteorológica del INAMHI

En cuanto a las precipitaciones presentadas en el sector, la media anual es de 443 milímetros. La humedad relativa media anual es 79.6%, con porcentajes medios máximos que llegan 90% y medios mínimos de 76.3%.

5.4. Fuente de abastecimiento de agua

En la cota más alta de la ciudadela (aproximadamente 30 msnm) se encuentra ubicado un tanque de almacenamiento de 150 m3 de capacidad que junto a una red existente brinda el servicio de agua potable al cantón San Vicente. Dentro del aspecto económico sería ideal que la red a diseñar se conecte directamente a la tubería de salida de este tanque, pero no representa una solución dentro del punto de vista técnico, ya que los predios del sector se encuentran en una cota promedio de 26 msnm, lo que derivaría en presiones de servicio bajo lo mínimo permisible o nulas.

Figura 5.2.- Ubicación de tanque de almacenamiento existente

Fuente: Captura de imagen satelital Google Earth/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

Una alternativa viable para dotar de agua potable al sitio es la construcción de un tanque elevado cerca al reservorio actual, el cual se alimentaría a través de bombeo. El sistema de bombeo succionaría agua de un cárcamo o depósito cuyo caudal será receptado por derivación de la tubería matriz saliente del tanque existente.

Figura 5.3.- Esquema de abastecimiento de agua potable para Ciudadela "Elba González"

Fuente: Captura de imagen satelital Google Earth/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

5.5. Población actual y estimación de población futura

De acuerdo a los censos realizado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) en los años 2001 y 2010 la ciudadela estaba conformada por 350 y 418 habitantes respectivamente. Para calcular la población futura para el final del periodo de diseño del sistema de agua potable se hizo uso de los métodos de crecimiento de población lineal, geométrico y logarítmico.

5.5.1. Periodo de diseño

El código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias recomienda que las obras hidráulicas deban proyectarse para que funcionen en un periodo de tiempo no menor a 15 años. Para el presente caso dicho periodo será de 25 años, es importante mencionar que los suministros y equipos a emplear deberán cumplir con los mínimos requerimientos para que su vida útil esté en función del tiempo que la red servirá a la población.

5.5.2 Estimación de población futura a través de crecimiento de población tipo lineal

Datos:

Población del censo inicial (Pci): 350 hab.

Población del último censo (Puc): 418 hab.

Tiempo del censo inicial (Tci): 2001

Tiempo del último censo (Tuc): 2010

Ultimo año del periodo de diseño (Tf): 2042

$$ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} = \frac{418 - 350}{2010 - 2001} = 7.59$$

Determinado el factor de crecimiento ka se procede a calcular la población futura para el final de periodo del diseño

$$Pf = Puc + ka * (Tf - Tuc)$$

$$Pf = 418 + 7.59 * (2042 - 2010)$$

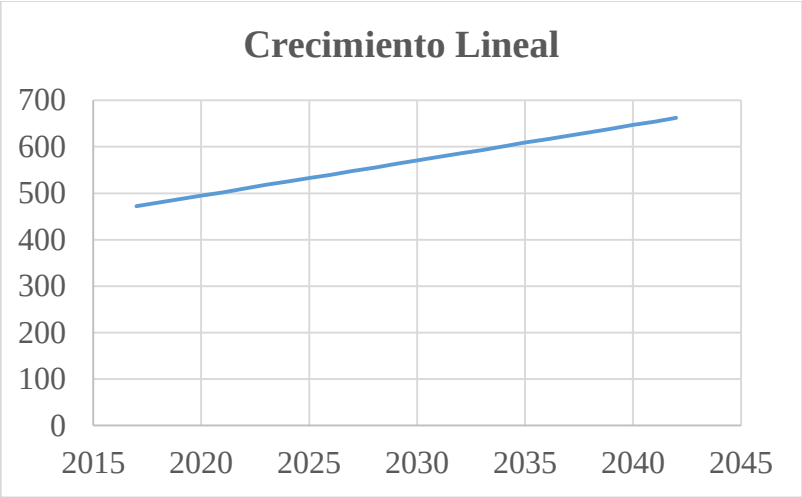
$$Pf = 662\ hab.$$

Tabla 5.3.- Proyección tipo lineal, crecimiento de la población

AÑO	POBLACIÓN (hab)
2025	533
2035	609
2042	662

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 5.4.- Proyección tipo lineal, crecimiento de la población



Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

5.5.3 Estimación de población futura a través de crecimiento de población tipo geométrico

Datos:

Población del censo inicial (Pci): 350 hab.

Población del último censo (Puc): 418 hab.

Tiempo del censo inicial (Tci): 2001

Tiempo del último censo (Tuc): 2010

Ultimo año del periodo de diseño (Tf): 2042

$$r = \left(\frac{Puc}{Pci}\right)^{\left(\frac{1}{Tuc-Tci}\right)} - 1 = \left(\frac{418}{350}\right)^{\left(\frac{1}{2010-2001}\right)} - 1 = 1.99\%$$

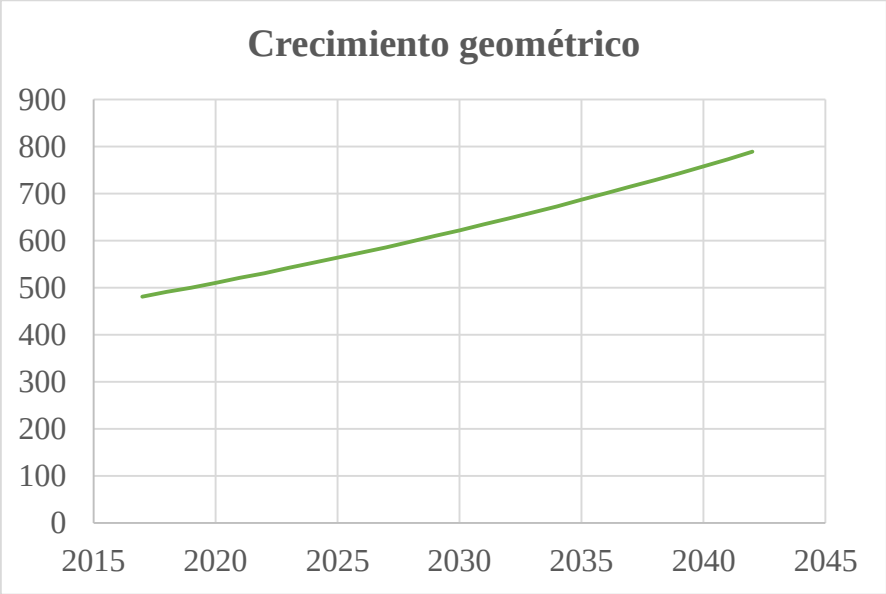
$$Pf = Puc * (1+r)^{Tf-Tuc} = 418 * (1+1.99)^{2042-2010} = 789\ hab$$

Tabla 5.4.- Proyección tipo geométrica, crecimiento de la población

AÑO	POBLACIÓN (hab)
2025	564
2035	687
2042	789

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 5.5.- Proyección tipo geométrica, crecimiento de la población



Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

5.5.4 Estimación de población futura a través de crecimiento de población tipo logarítmico

Datos:

Población del censo anterior (Pca): 350 hab.

Población del censo posterior (Pcp): 418 hab.

Tiempo del censo anterior (Tca): 2001

Tiempo del censo posterior (Tcp): 2010

Ultimo año del periodo de diseño (Tf): 2042

$$kg = \frac{LnPcp - LnPca}{Tcp - Tca} = \frac{Ln(418) - Ln(350)}{2010 - 2001} = 1.98\%$$

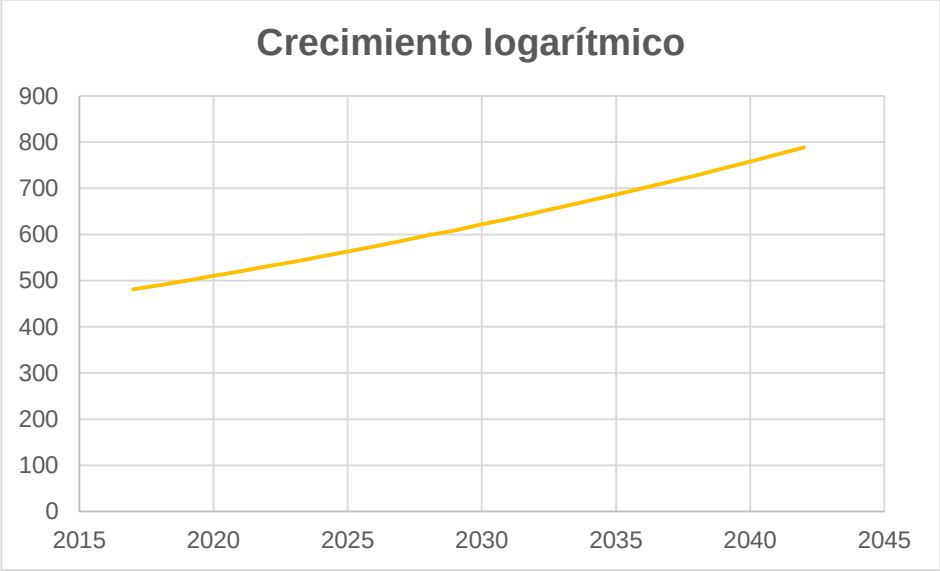
$$Pf = Pci * e^{kg*(Tf-Tci)} = 350 * e^{kg*(2042-2001)} = 788\ hab$$

Tabla 5.5.- Proyección tipo logarítmica, crecimiento de la población

AÑO	POBLACIÓN (hab)
2025	563
2035	686
2042	788

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 5.6.- Proyección tipo logarítmica, crecimiento de la población



Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Promediando los resultados de los tres tipos de proyecciones para diferentes años del periodo de diseño se tiene:

Tabla 5.6.- Promedio de proyección de población entre los tres métodos de cálculo aplicados

AÑO	POBLACIÓN (hab)
2017	478
2027	574
2037	685
2042	**747**

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Por lo tanto, la población futura y de diseño será 747 habitantes.

5.6. Caudales de diseño

5.6.1. Caudal medio

Para conocer el caudal medio es necesario definir la dotación de agua potable para el sector. Según las recomendaciones del código local y el tipo de población a servir (agua para uso doméstico) se proporcionará una dotación de 170 a 200 l/hab/día (Tabla 5.6), sin embargo, de acuerdo a la Empresa Mancomunada de Agua Potable y Alcantarillado que atiende al cantón San Vicente dota a la ciudad con 220 l/hab/día, valor que se acogerá para el presente diseño.

Tabla 5.7.- Dotación de agua potable

Población (número de habitantes)	**Clima**	**Dotación (l*hab*día)**
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200

Fuente: Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias

El caudal medio es entonces:

$$Qmed = \frac{Pob * Dot}{86400} = \frac{747 * 220}{86400} = 1.90\ l/s$$

5.6.2. Caudal máximo diario y caudal máximo horario

El factor k1 y k2 para determinar el caudal máximo diario y caudal máximo horario serán 1.40 y 2.00 respectivamente. Dichos valores son los usados localmente, y están en función del comportamiento dc la población y el uso que la misma le da al servicio.

$$Qmax\ día = K1 * Qmed = 1.40 * 1.90 = 2.66\ l/s$$

$$Qmax\ hora = K2 * Qmed = 2.00 * 1.90 = 3.80\ l/s$$

5.6.3. Sistema de bombeo

El procedimiento aplicado para el diseño del sistema de bombeo es el siguiente:

DATOS PRELIMINARES	
Caudal de diseño (Q máx diario)	2.66 l/s
Horas de bombeo al día	5
Altura sobre el nivel del mar	30.00 msnm
Temperatura del agua	20 grados Celsius
Material de tubería de succión e impulsión	PVC

Diámetro de la tubería de impulsión (Ecuación de Breese)

$$D\ impulsión = 1.5 * \sqrt{Qdis} = 1.5 * \sqrt{\frac{2.66}{1000}} = 0.08m \approx 0.09m$$

Velocidad del fluido en la tubería

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0026}{\frac{\pi * 0.09^2}{4}} = 0.41\ m/s$$

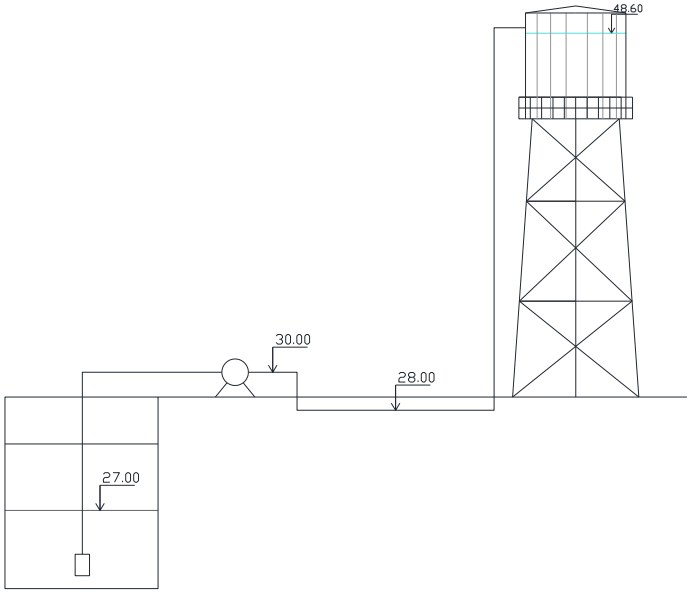
Se asumirá una tubería de succión de diámetro igual a la tubería de impulsión, la sumergencia será:

$$Sumergencia = 2.5Ds + 0.1 = 2.5 * 0.09 + 0{,}1 = 0.33\ m$$

Las pérdidas de carga en la succión y la impulsión se calculan a partir de longitudes equivalentes por cada accesorio del equipo de bombeo, dichos valores se encuentran especificados en el **Anexo B**.

Altura estática total	
Altura estática de succión	3,00 m
Altura estática de impulsión	18,25 m
Altura estática total	21,25 m
Pérdidas en la succión	
Válvula de pie con coladera	22,00 m
Codo de radio largo 90°	1,85 m
Reducción excéntrica (6D)	0,54 m
Entrada (borda)	2,70 m
Longitud de tubería recta	5,33 m
Longitud equivalente total	**32,42 m**
Pérdidas en la impulsión	
Expansión concéntrica (12D)	1,08 m
Válvula de retención horizontal	11,30 m
Válvula de compuerta	0,60 m
Codo de radio largo 90° (4 unidades)	9,25 m
Longitud de tubería recta	41,25 m
Longitud equivalente total	**63,48 m**

Figura 5.7.- Esquema de bombeo de agua a tanque elevado



Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Pérdida de carga total en la succión

$$J = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}} = \sqrt[0.54]{\frac{0.0026}{0.2785 * 150 * 0.090^{2.63}}} = 0.00200\ m/m$$

$$h = 0.00200 \frac{m}{m} * 32.42m = 0.065m$$

Pérdida de carga total en la impulsión

$$J = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}} = \sqrt[0.54]{\frac{0.0026}{0.2785 * 150 * 0.090^{2.63}}} = 0.00200\ m/m$$

$$h = 0.00200 \frac{m}{m} * 63.48m = 0.1275m$$

Altura de velocidad de descarga

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{0.41^2}{2 * 9.81} = 0.008m$$

Altura dinámica total de elevación

$$Ht = hs + hi + \left(hfs + \sum hms\right) + \left(hfi + \sum hmi\right) + \frac{Vi^2}{2g}$$

$$Ht = 3.00 + 18.25 + (0.0650) + (0.1275) + 0.08 = 21.45m$$

Potencia requerida de la bomba

$$Pb = \frac{\gamma * Q * Ht}{e} = \frac{\frac{9.81kn}{m3} * \frac{0.0026m3}{s} * 21.45}{0.85} = 0.64kW$$

Se acoge una bomba de potencia 20% mayor a lo calculado, es decir 0,77 kw o 2HP.

5.6.4. Red de distribución

El caudal de diseño para la red de distribución será el caudal máximo horario más el caudal para atender eventos de incendio, debido a que se trata de una población no muy numerosa (menor a 1000 habitantes) se designará un caudal para incendio de 5 l/s.

$$Qdis = Qmax\ hora + Q\ incendio = 3.80 + 5.00 = 8.80\ l/s$$

5.6.5. Volumen de almacenamiento

El volumen de almacenamiento del tanque elevado propuesto es igual al volumen de regulación

$$Vol\ regulación = \frac{Pob * Dot}{1000} * 30\%$$

$$Vol\ regulación = \frac{747 * 220}{1000} * 30\%$$

$$Vol\ regulación = \ 49.30\ m3\ \approx\ 50.00\ m3$$

Si el tanque elevado es de sección circular, con el volumen obtenido se tendrán las siguientes características geométricas:

Tabla 5.8.- Características geométricas del tanque elevado

Diámetro	4.20 m
Altura	4.10 m

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Con los datos presentados en la Tabla 5.7 el tanque tendrá un borde libre de 0.50m

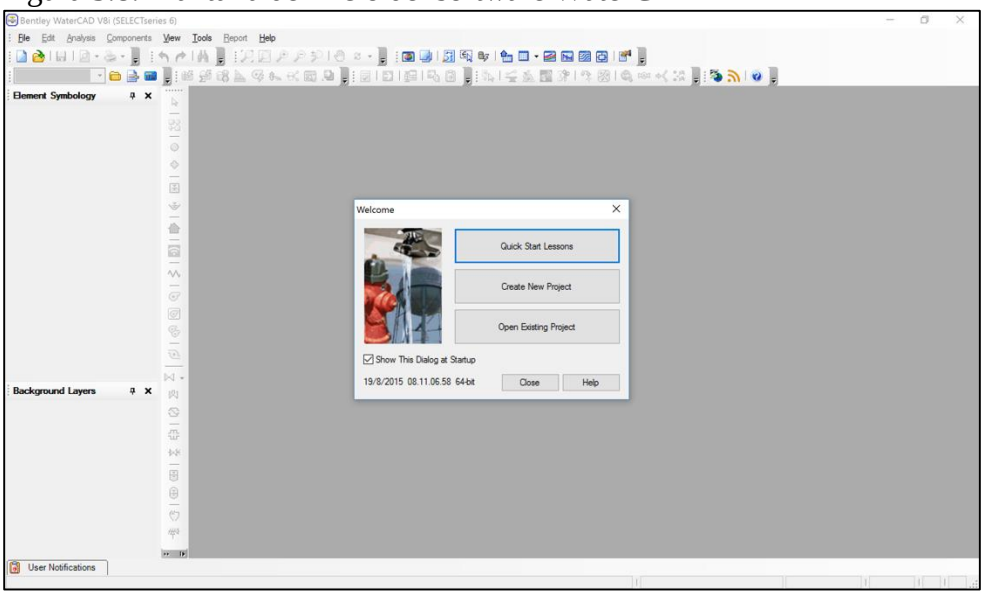
Objetivo 2: Elaborar un modelo hidráulico para establecer el funcionamiento hidráulico de la red.

5.7. Software de modelación hidráulica WaterCAD: Metodología aplicada para el diseño de la red de distribución

Para la elaboración del trazado se hizo uso del software WaterCAD, aprovechándose de esta manera de las bondades que ofrece el programa tales como precisión y rapidez en el cálculo hidráulico. A continuación, se describe la metodología aplicada:

1.- Abrir el software WaterCAD haciendo doble clic en el icono , una vez abierto el programa aparecerá la lo siguiente:

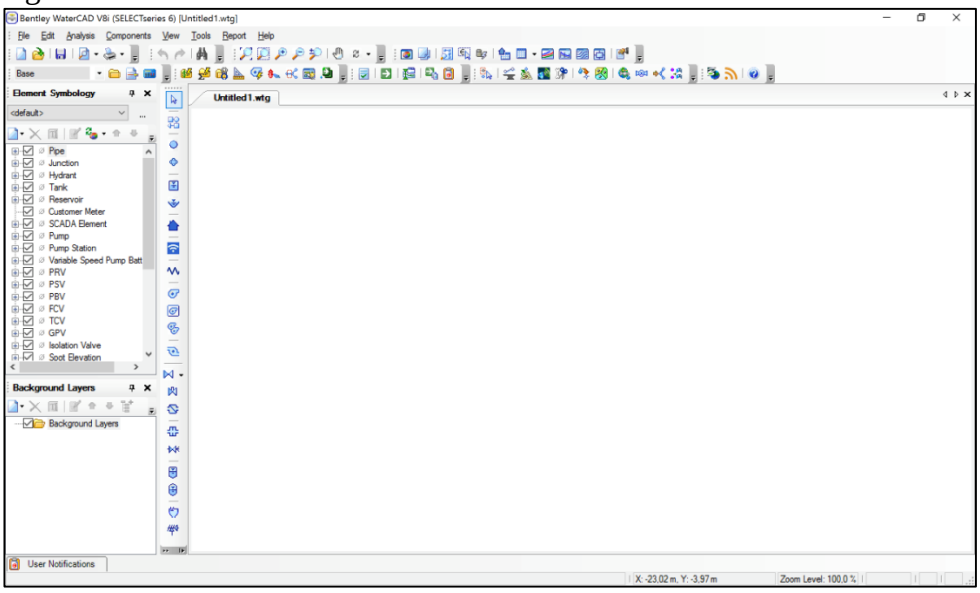
Figura 5.8.- Pantalla de inicio del software WaterCAD



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

En la ventana de bienvenida, seleccionar la opción Create New Project, posterior a esto aparecerá la interfaz de usuario lista para trabajar.

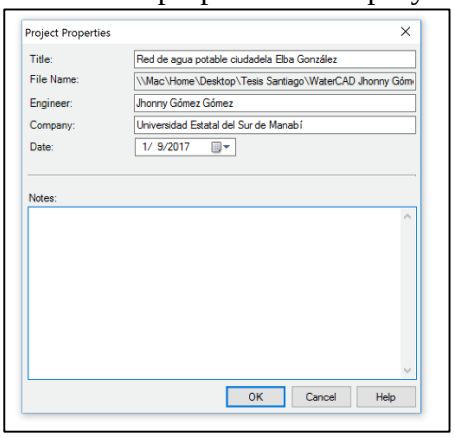
Figura 5.9.- Interfaz de usuario



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

2.- Antes de comenzar con los trabajos previos al diseño y trazado es importante guardar el archivo y darle un nombre, de igual manera es recomendable definir las propiedades del proyecto. Para guardar el proyecto, hacer clic en el icono , y para establecer las propiedades del proyecto ir a la barra de herramientas File y luego seleccionar la opción Project Properties.

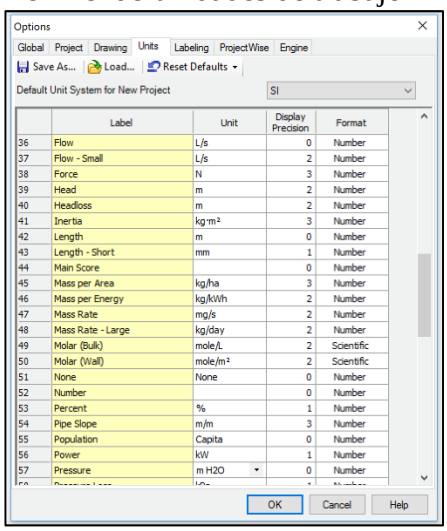
Figura 5.10.- Ventana de propiedades del proyecto



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

3.- En la barra de herramienta Tools, opción Options, pestaña Units definir las unidades en la que se ingresarán datos y se mostrarán resultados. El sistema de unidades seleccionado es el Sistema Internacional (SI), el caudal y la presión serán mostrados en l/s y mH20 respectivamente.

Figura 5.11.- Definiendo unidades de trabajo

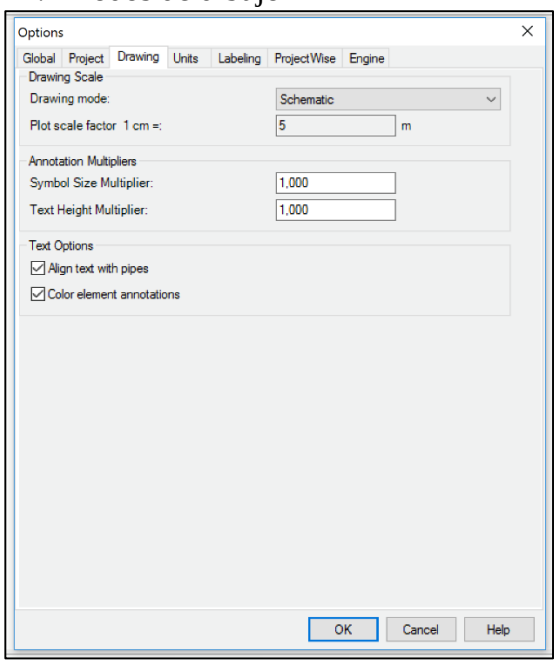


	Label	Unit	Display Precision	Format
36	Flow	L/s	0	Number
37	Flow - Small	L/s	2	Number
38	Force	N	3	Number
39	Head	m	2	Number
40	Headloss	m	2	Number
41	Inertia	kg·m²	3	Number
42	Length	m	0	Number
43	Length - Short	mm	1	Number
44	Main Score		0	Number
45	Mass per Area	kg/ha	3	Number
46	Mass per Energy	kg/kWh	2	Number
47	Mass Rate	mg/s	2	Number
48	Mass Rate - Large	kg/day	2	Number
49	Molar (Bulk)	mole/L	2	Scientific
50	Molar (Wall)	mole/m²	2	Scientific
51	None	None	0	Number
52	Number		0	Number
53	Percent	%	1	Number
54	Pipe Slope	m/m	3	Number
55	Population	Capita	0	Number
56	Power	kW	1	Number
57	Pressure	m H2O	0	Number

Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

En la misma ventana dentro, de la pestaña Drawing se selecciona el modo del dibujo, en este caso el modo de dibujo es esquemático, es decir el usuario ingresará las longitudes de las tuberías.

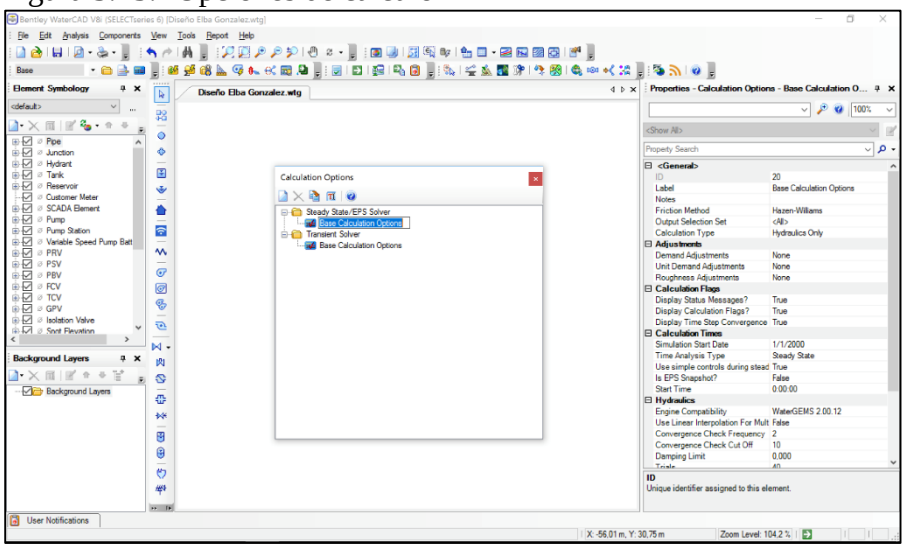
Figura 5. 12.- Modos de dibujo



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

4.- Establecer la metodología de cálculo en la que trabajará el software. Dirigirse a la barra de herramienta Analysis y dar clic a la opción Calculation Options, se mostrará lo siguiente:

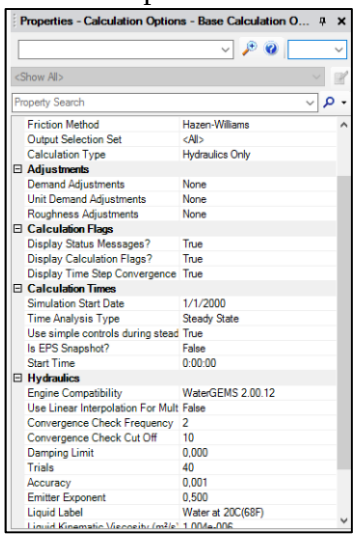
Figura 5.13.- Opciones de cálculo



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

En la ventana de propiedades (lado derecho) seleccionar como metodología de cálculo de pérdidas de carga a Hazen-Willians y que el líquido de diseño será agua a 20 grados Celsius. En función del tiempo el análisis será en estado estático.

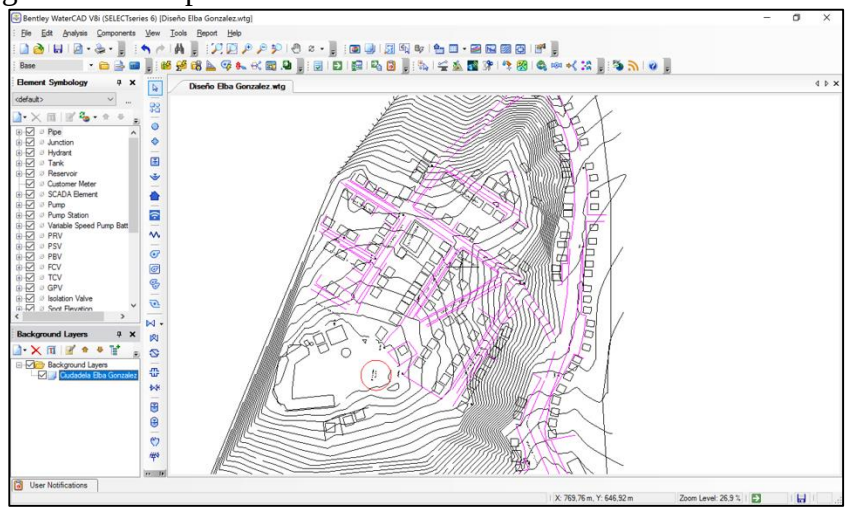
Figura 5.14.- Estableciendo parámetros básicos



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

5.- Una vez realizado las indicaciones anteriores, se procede a importar el trazado de la ciudadela (formato .dxf). En la ventana de la esquina inferior izquierda (Background Layers), seleccionar la opción New File y luego escoger el archivo .dxf.

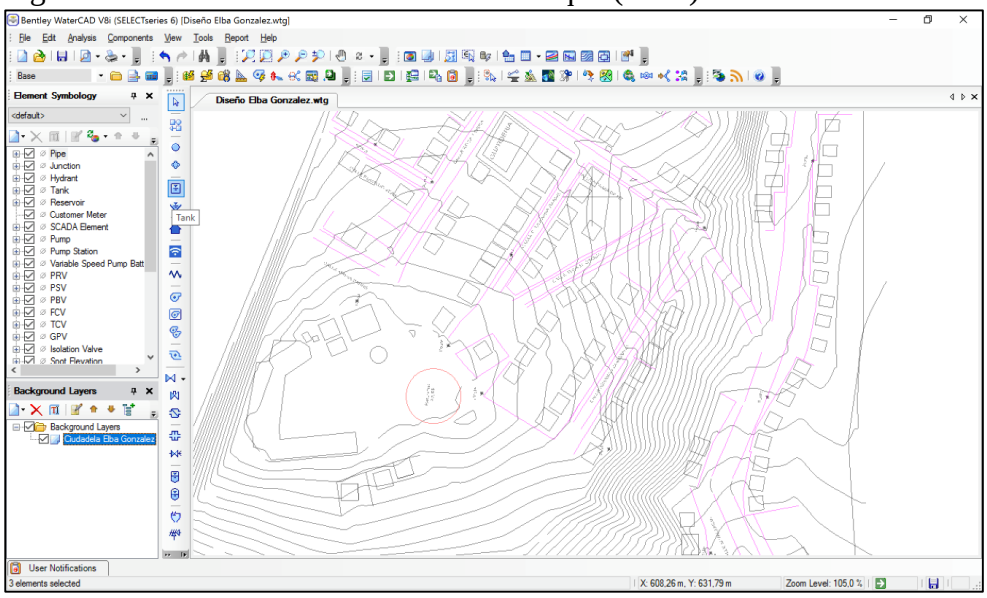
Figura 5.15.- Importación del trazado del sector de diseño



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

6.- Como se dijo inicialmente, el sector se alimentará a través de un tanque independiente debido a que si la red deriva directamente del tanque existente las presiones estarían bajo las permisibles, llegando incluso a presentar valores negativos. Para ingresar un tanque en el software WaterCAD, dar clic en el icono Tank.

Figura 5.16.- Selección de herramienta Tanque (Tank)



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

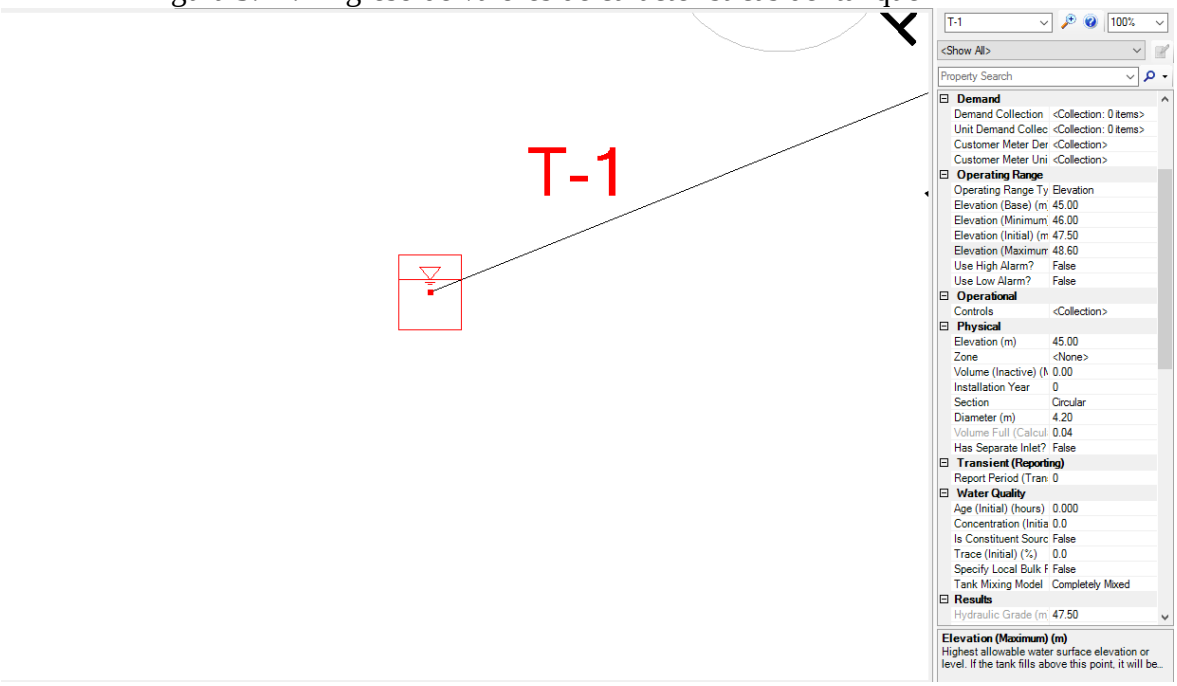
Luego de seleccionar la ubicación del tanque se debe ingreso los datos principales del mismo, los cuales son:

Tabla 5. 9.- Características geométricas del tanque elevado a ingresar en el software

Elevación (Base)	45.00 m
Elevación (Mínima)	46.00 m
Elevación (Inicial)	47.50 m
Elevación (Máxima)	48.60 m
Sección	Circular
Diámetro	4.20 m

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 5.17.- Ingreso de valores de características del tanque



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

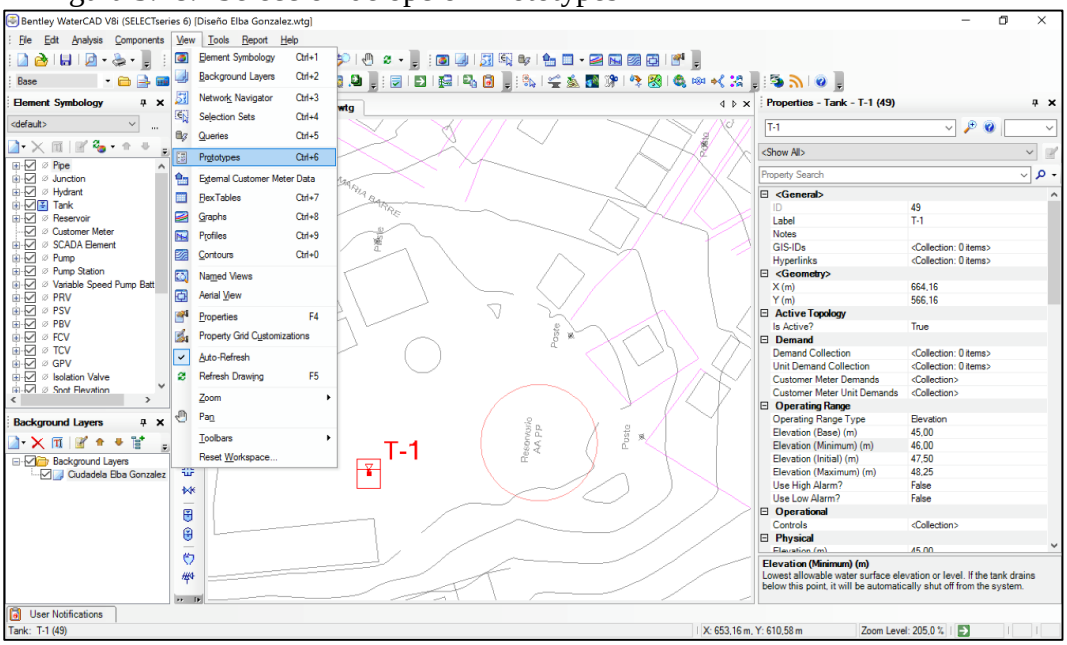
7.- Una vez configurado el tanque, se realiza el trazado de las tuberías. Antes de iniciar con el trazado se deben establecer los prototipos, es decir el material y el diámetro tentativo de tubería con los que se va a prediseñar la red. Para esta red se establece como prototipos las siguientes dos clases de tubería:

Tubería PVC D = 110 mm

Tubería PVC D = 63 mm

Ambas tuberías presentan un coeficiente C de Hazen-Williams igual 150, hay que considerar que los diámetros de tubería propuestos sean diámetros comerciales con fines de obtener mayor precisión en resultados. Para configurar los prototipos, ir a la barra de herramientas y seleccionar el apartado View, luego la opción Prototypes.

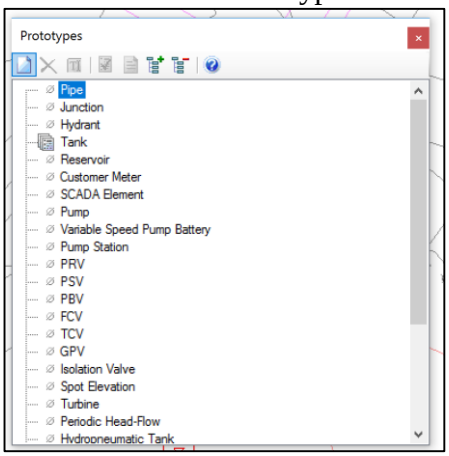
Figura 5.18.- Selección de opción Prototypes



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

Dentro de la ventana Prototypes, se selecciona la opción Pipe (tubería) y se da clic en el icono .

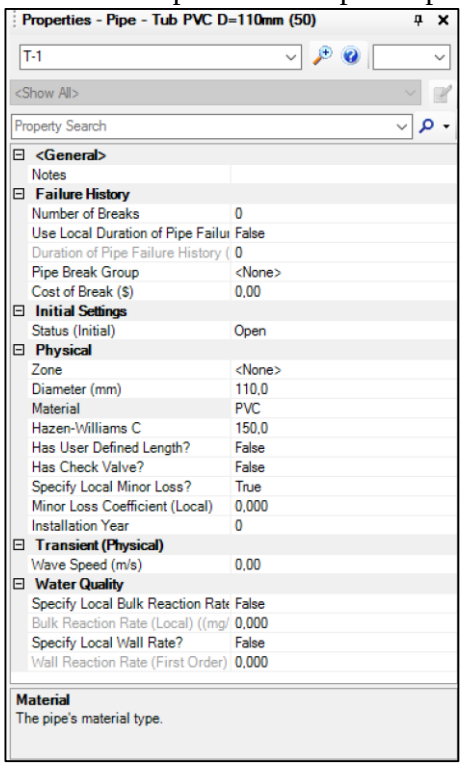
Figura 5. 19.- Ventana Prototypes



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

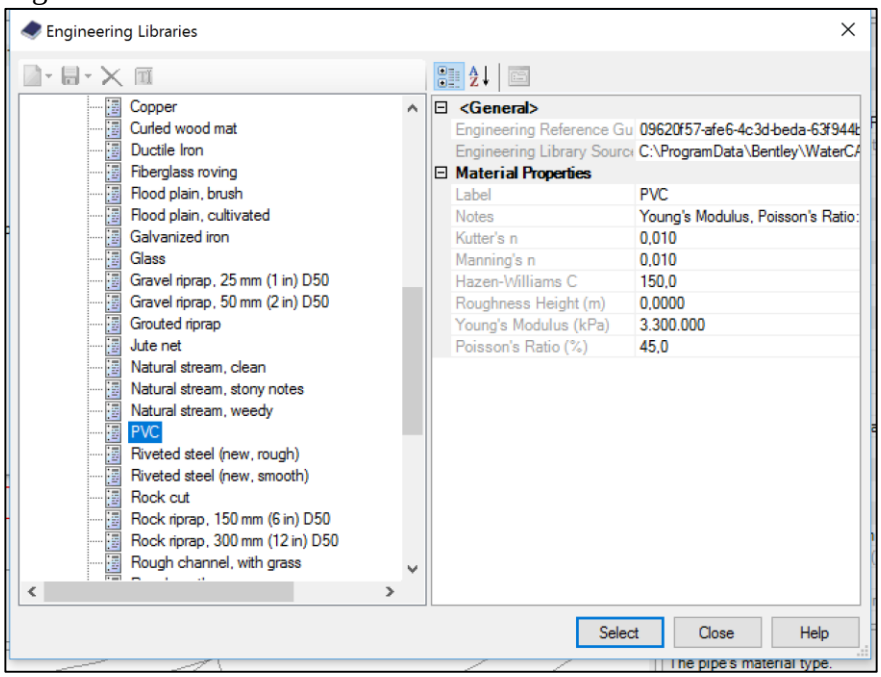
En la ventana propiedades, apartado Physhical se modifica el material a PVC. El material se escoge en la librería de materiales en donde se muestra la característica de cada uno de ellos.

Figura 5. 20.- Propiedades del prototipo



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

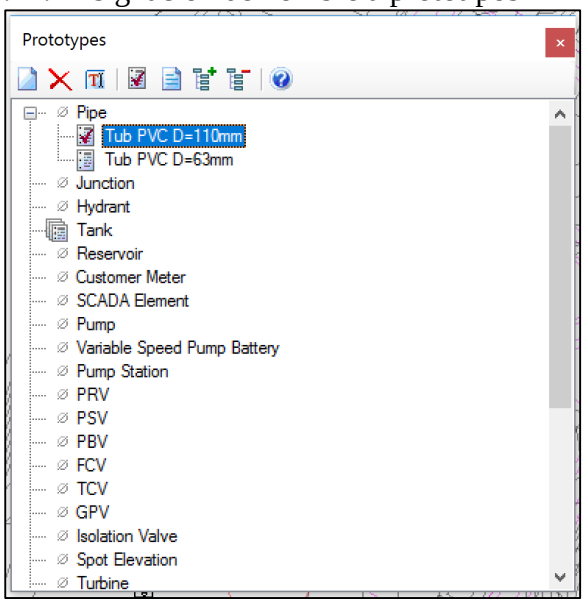
Figura 5.21.- Librería de materiales



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

Se definen los diámetros 110 y 63 mm y se le da los nombres de referencia a cada prototipo.

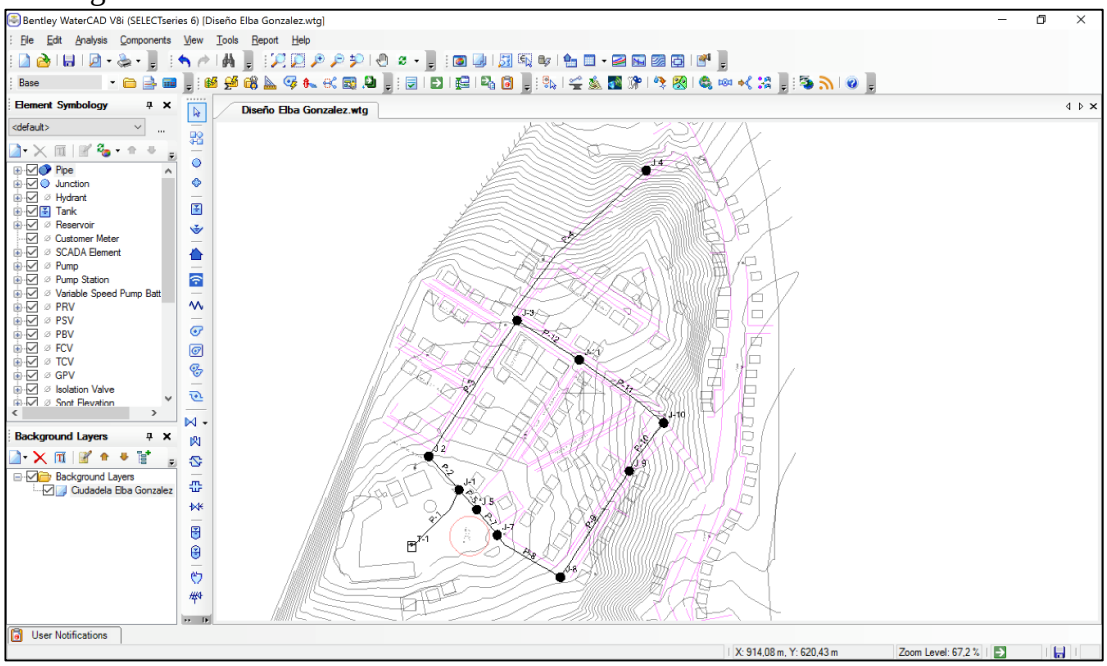
Figura 5.22.- Asignación de nombre a prototipos



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

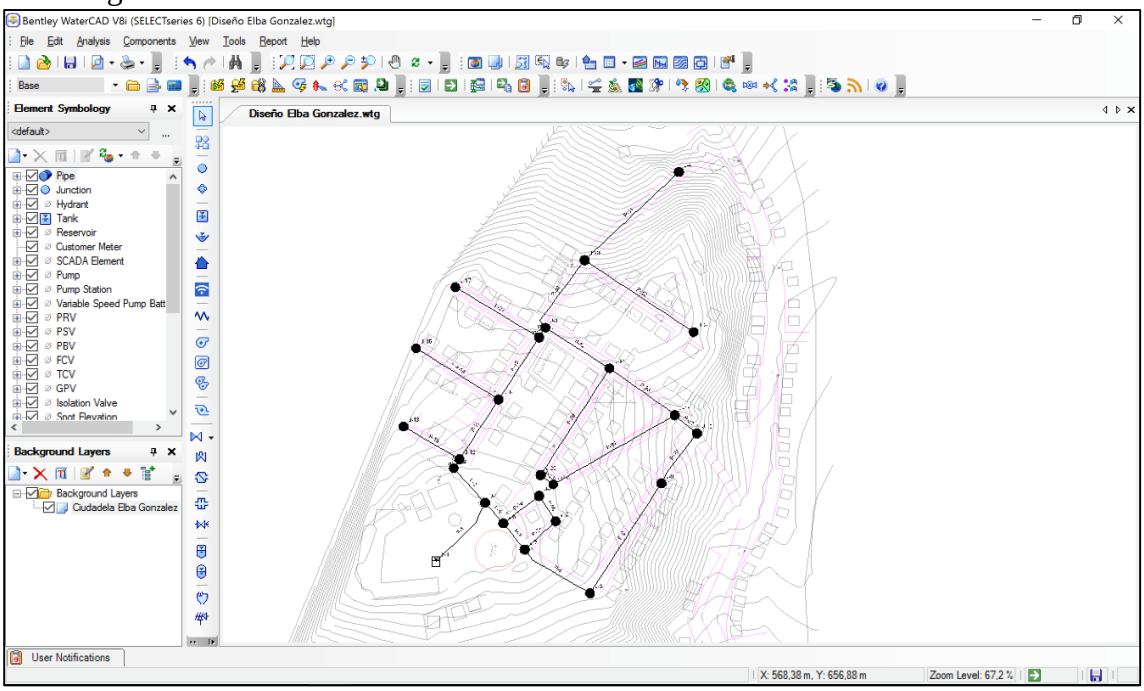
Para trazar las tuberías hay que asegurarse que este seleccionado el prototipo deseado. Para el trazado de tuberías se selecciona la herramienta Pipe, luego se selecciona el tanque y se trazan las tuberías junto a los nodos (Junctions).

Figura 5.23.- Trazado de tubería D=110 mm



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

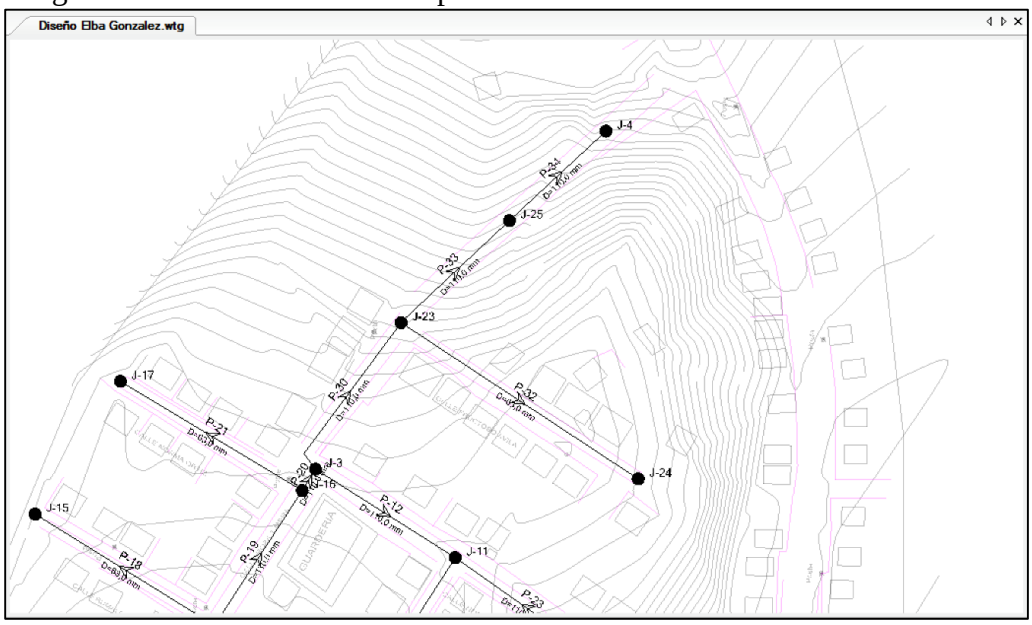
Figura 5.24.- Trazado de tubería D=63 mm



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

Se agrega un nuevo nodo (J-25) el cual luego se asumirá con demanda de incendio junto a los nodos J-3, J-10, J-2, y J-8.

Figura 5.25.- Inclusión de nodo para caudal de incendio



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

8.- Para definir las características de nodos y tuberías ir a la barra de herramientas Report, opción Element Tables. Las longitudes de las tuberías serán las siguientes:

Tabla 5.10.- Longitudes (en metros) de tuberías a ingresar en el software

P-1	36,97	**P-12**	36,26	**P-21**	46,44	**P-28**	14,38
P-2	21,37	**P-13**	6,56	**P-22**	13,70	**P-29**	21,45
P-5	13,08	**P-15**	30,83	**P-23**	38,19	**P-30**	39,94
P-7	16,13	**P-16**	33,97	**P-24**	66,51	**P-32**	62,17
P-8	37,77	**P-18**	46,23	**P-25**	7,41	**P-33**	32,59
P-9	62,33	**P-19**	35,23	**P-26**	60,48	**P-34**	28,83
P-10	29,25	**P-20**	5,50	**P-27**	20,03		

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Las elevaciones de los nodos son:

Tabla 5.11.- Elevaciones (en msnm) de nodos a ingresar en el software

J-1	29,64	**J-11**	26,41	**J-20**	29,61
J-2	29,1	**J-12**	28,73	**J-21**	28,91
J-3	24,66	**J-13**	26,42	**J-22**	28,89
J-4	19,5	**J-14**	26,54	**J-23**	22,71
J-5	29,49	**J-15**	21,93	**J-24**	26,33
J-7	28,7	**J-16**	24,17	**J-25**	20,1
J-8	28,5	**J-17**	18,32		
J-9	26,39	**J-18**	27,12		
J-10	26,43	**J-19**	28,42		

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

9.- El cálculo de demandas en los nodos se realiza por el método de la repartición media, en donde se asigna un caudal a cada tramo de tubería en función de los predios y áreas adyacentes a la misma.

Tabla 5.12.- Caudal circulante en cada tramo

Tubería P-15	0.12 l/s
Tubería P-2/P-13/P-5	0.10 l/s
Tubería P-7	0.05 l/s
Tubería P-8	0.12 l/s
Tubería P-9/P-10	0.60 l/s
Tubería P-24	0.25 l/s
Tubería P-26	0.40 l/s
Tubería P-16	0.18 l/s
Tubería P-18	0.24 l/s
Tubería P-19	0.16 l/s
Tubería P-21	0.20 l/s
Tubería P-30	0.25 l/s
Tubería P-12	0.13 l/s
Tubería P-23	0.20 l/s
Tubería P-22	0.13 l/s
Tubería P-32	0.37 l/s
Tubería P-33/P-34	0.10 l/s
Tubería P-25	0.05 l/s
Tubería P-29	0.05 l/s
Tubería P-28	0.05 l/s
Tubería P-27	0.05 l/s
TOTAL	**3.80 l/s**

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Para el primer escenario se asumirá que no habrá demanda por incendio, consecuentemente las demandas serían.

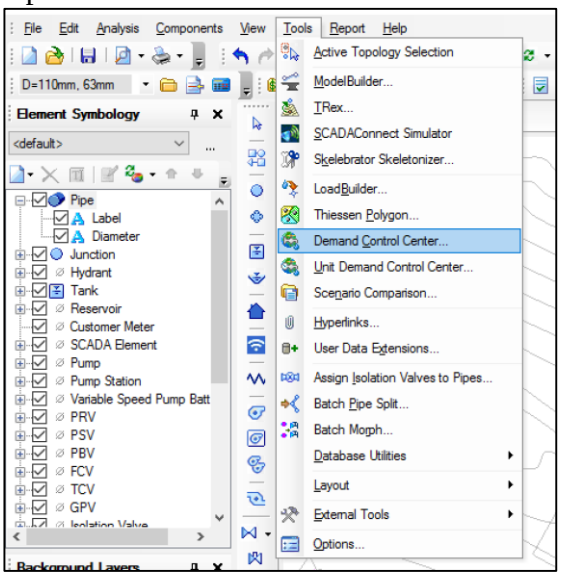
Tabla 5.13.- Demandas (en l/s) en nodos (Escenario 1, sin caudal por incendio)

J-1	0,00	**J-11**	0,35	**J-20**	0,30
J-2	0,20	**J-12**	0,00	**J-21**	0,05
J-3	0,00	**J-13**	0,05	**J-22**	0,05
J-4	0,06	**J-14**	0,26	**J-23**	0,36
J-5	0,10	**J-15**	0,12	**J-24**	0,18
J-7	0,10	**J-16**	0,36	**J-25**	0,00
J-8	0,35	**J-17**	0,10		
J-9	0,00	**J-18**	0,30		
J-10	0,35	**J-19**	0,16		

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Para ingresar las demandas ir a la herramienta Tools, opción Demand Control Center:

Figura 5.26.- Opción Demand Control Center

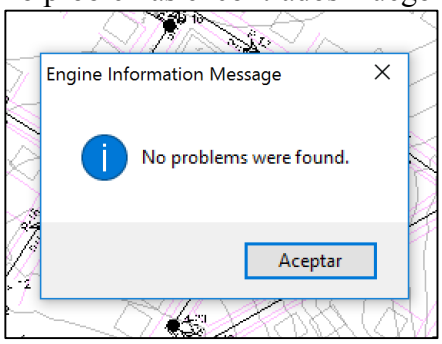


Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

10.- Ingresados los datos indicados en los pasos interiores ya se puede realizar la corrida del programa, pero antes de esto se debe validar el diseño. En caso de que haya alguna discrepancia o falte un parámetro, el programa lo notificará. Para validar el trazado dar clic al icono ubicado en la parte superior del área de diseño, si la red está

correctamente planteada aparecerá una ventana que lo indique con el mensaje *No problems were found.*

Figura 5.27.- Mensaje de “no problemas encontrados” luego de validar el trazado



Fuente: Captura software WaterCAD/Autor Gómez Gómez Jhonny Roberto

Para correr el trazado, hacer clic en el icono (Compute), luego para ver los resultados ir a la barra de herramientas Report, opción Element Tables. Los resultados son los siguientes:

Tabla 5.14.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 1)

Nodo	Cota (msnm)	Demanda (l/s)	Presión (mca)	Observación
J-1	29,64	0,00	17,77	*OK*
J-2	29,10	0,20	18,30	*OK*
J-3	24,66	0,00	22,71	*OK*
J-4	19,50	0,06	27,86	*OK*
J-5	29,49	0,10	17,92	*OK*
J-7	28,70	0,10	18,70	*OK*
J-8	28,50	0,35	18,89	*OK*
J-9	26,39	0,00	20,99	*OK*
J-10	26,43	0,35	20,94	*OK*
J-11	26,41	0,35	20,96	*OK*
J-12	28,73	0,00	18,67	*OK*
J-13	26,42	0,05	20,98	*OK*
J-14	26,54	0,26	20,84	*OK*
J-15	21,93	0,12	25,44	*OK*
J-16	24,17	0,36	23,20	*OK*
J-17	18,32	0,10	29,04	*OK*
J-18	27,12	0,30	20,25	*OK*
J-19	28,42	0,16	18,95	*OK*
J-20	29,61	0,30	17,76	*OK*
J-21	28,91	0,05	18,49	*OK*
J-22	28,89	0,05	18,52	*OK*
J-23	22,71	0,36	24,65	*OK*
J-24	26,33	0,18	21,04	*OK*
J-25	20,10	0,00	27,26	*OK*

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.15.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 1)

Tuberia	Nodo inicio	Nodo fin	Longitud	Diámetro (mm)	Q (l/s)	V (m/s)
P-1	T-1	J-1	30,78	110,00	3,80	0,40
P-2	J-1	J-2	21,37	110,00	2,03	0,21
P-5	J-1	J-5	13,08	110,00	1,77	0,19
P-7	J-5	J-7	16,13	110,00	1,46	0,15
P-8	J-7	J-8	37,77	110,00	1,47	0,15
P-9	J-8	J-9	62,33	110,00	1,12	0,12
P-10	J-9	J-10	29,25	110,00	1,12	0,12
P-12	J-11	J-3	36,26	110,00	0,34	0,04
P-13	J-2	J-12	6,56	110,00	1,83	0,19
P-15	J-12	J-13	30,83	63,00	0,05	0,02
P-16	J-12	J-14	33,97	110,00	1,78	0,19
P-18	J-14	J-15	46,23	63,00	0,12	0,04
P-19	J-14	J-16	35,23	110,00	1,40	0,15
P-20	J-16	J-3	5,50	110,00	0,94	0,10
P-21	J-16	J-17	46,44	63,00	0,10	0,03
P-22	J-10	J-18	13,70	110,00	0,77	0,08
P-23	J-18	J-11	38,19	110,00	0,24	0,03
P-24	J-18	J-19	66,51	63,00	0,23	0,07
P-25	J-19	J-20	7,41	63,00	0,07	0,02
P-26	J-20	J-11	60,48	63,00	0,23	0,07
P-27	J-7	J-21	20,03	63,00	0,11	0,04
P-28	J-21	J-22	14,38	63,00	0,16	0,05
P-29	J-22	J-5	21,45	63,00	0,21	0,07
P-30	J-3	J-23	39,94	110,00	0,60	0,06
P-32	J-23	J-24	62,17	63,00	0,18	0,06
P-33	J-23	J-25	32,59	110,00	0,06	0,01
P-34	J-25	J-4	28,83	110,00	0,06	0,01

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Como se puede observar en la Tabla 5.13, las velocidades en ciertas tuberías son relativamente bajas, esto se debe a que los caudales circulantes en estas son de baja magnitud. Al tratarse de agua potable, los sedimentos que esta conduce son mínimos en cantidad, sin embargo, es recomendable que en tuberías donde se presenten bajas velocidades se instalen válvulas de desagüe o purga, o que regularmente se pongan en funcionamiento los hidrantes más cercanos de estas para el desecho de sedimentos que puedan acumularse en casos desfavorables.

Corrida de Escenario 2 (Demanda de incendio en nodo J-3)

En un evento donde el caudal de incendio fluya a través del nodo J-3, las demandas serán las siguientes:

Tabla 5.16.- Demandas en nodos (Escenario 2)

Nodo	Demanda (l/s)
J-1	0,00
J-2	0,20
J-3	**5,00**
J-4	0,06
J-5	0,10
J-7	0,10
J-8	0,35
J-9	0,00
J-10	0,35
J-11	0,35
J-12	0,00
J-13	0,05
J-14	0,26
J-15	0,12
J-16	0,36
J-17	0,10
J-18	0,30
J-19	0,16
J-20	0,30
J-21	0,05
J-22	0,05
J-23	0,36
J-24	0,18
J-25	0,00

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Con las demandas ingresadas de la Tabla 5.13 los resultados de análisis en nodos y tuberías son:

Tabla 5.17.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 2)

Nodo	Cota (msnm)	Demanda (l/s)	Presión (mca)	Observación
J-1	29,64	0,00	17,58	*OK*
J-2	29,10	0,20	18,07	*OK*
J-3	24,66	5,00	22,33	*OK*
J-4	19,50	0,06	27,48	*OK*
J-5	29,49	0,10	17,72	*OK*
J-7	28,70	0,10	18,49	*OK*
J-8	28,50	0,35	18,64	*OK*
J-9	26,39	0,00	20,67	*OK*
J-10	26,43	0,35	20,61	*OK*
J-11	26,41	0,35	20,60	*OK*
J-12	28,73	0,00	18,43	*OK*
J-13	26,42	0,05	20,73	*OK*
J-14	26,54	0,26	20,54	*OK*
J-15	21,93	0,12	25,14	*OK*
J-16	24,17	0,36	22,83	*OK*
J-17	18,32	0,10	28,67	*OK*
J-18	27,12	0,30	19,91	*OK*
J-19	28,42	0,16	18,59	*OK*
J-20	29,61	0,30	17,40	*OK*
J-21	28,91	0,05	18,28	*OK*
J-22	28,89	0,05	18,31	*OK*
J-23	22,71	0,36	24,27	*OK*
J-24	26,33	0,18	20,66	*OK*
J-25	20,10	0,00	26,88	*OK*

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.18.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 2)

Tuberia	Nodo inicio	Nodo fin	Longitud	Diámetro (mm)	Q (l/s)	V (m/s)
P-1	T-1	J-1	30,78	110,00	8,80	0,93
P-2	J-1	J-2	21,37	110,00	5,03	0,53
P-5	J-1	J-5	13,08	110,00	3,77	0,40
P-7	J-5	J-7	16,13	110,00	3,25	0,34
P-8	J-7	J-8	37,77	110,00	3,47	0,37
P-9	J-8	J-9	62,33	110,00	3,12	0,33
P-10	J-9	J-10	29,25	110,00	3,12	0,33
P-12	J-11	J-3	36,26	110,00	1,66	0,17
P-13	J-2	J-12	6,56	110,00	4,83	0,51
P-15	J-12	J-13	30,83	63,00	0,05	0,02
P-16	J-12	J-14	33,97	110,00	4,78	0,50
P-18	J-14	J-15	46,23	63,00	0,12	0,04
P-19	J-14	J-16	35,23	110,00	4,40	0,46
P-20	J-16	J-3	5,50	110,00	3,94	0,41
P-21	J-16	J-17	46,44	63,00	0,10	0,03
P-22	J-10	J-18	13,70	110,00	2,77	0,29
P-23	J-18	J-11	38,19	110,00	2,10	0,22
P-24	J-18	J-19	66,51	63,00	0,37	0,12
P-25	J-19	J-20	7,41	63,00	0,21	0,07
P-26	J-20	J-11	60,48	63,00	0,09	0,03
P-27	J-7	J-21	20,03	63,00	0,32	0,10
P-28	J-21	J-22	14,38	63,00	0,37	0,12
P-29	J-22	J-5	21,45	63,00	0,42	0,14
P-30	J-3	J-23	39,94	110,00	0,60	0,06
P-32	J-23	J-24	62,17	63,00	0,18	0,06
P-33	J-23	J-25	32,59	110,00	0,06	0,01
P-34	J-25	J-4	28,83	110,00	0,06	0,01

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Corrida de Escenario 3 (Demanda de incendio en nodo J-10)

Tabla 5.19.- Demandas en nodos (Escenario 3)

Nodo	Demanda (l/s)
J-1	0,00
J-2	0,20
J-3	0,00
J-4	0,06
J-5	0,10
J-7	0,10
J-8	0,35
J-9	0,00
J-10	**5,35**
J-11	0,35
J-12	0,00
J-13	0,05
J-14	0,26
J-15	0,12
J-16	0,36
J-17	0,10
J-18	0,30
J-19	0,16
J-20	0,30
J-21	0,05
J-22	0,05
J-23	0,36
J-24	0,18
J-25	0,00

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.20.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 3)

Nodo	Cota (msnm)	Demanda (l/s)	Presión (mca)	Observación
J-1	29,64	0,00	17,58	*OK*
J-2	29,10	0,20	18,08	*OK*
J-3	24,66	0,00	22,37	*OK*
J-4	19,50	0,06	27,52	*OK*
J-5	29,49	0,10	17,72	*OK*
J-7	28,70	0,10	18,48	*OK*
J-8	28,50	0,35	18,61	*OK*
J-9	26,39	0,00	20,63	*OK*
J-10	26,43	5,35	20,55	*OK*
J-11	26,41	0,35	20,60	*OK*
J-12	28,73	0,00	18,44	*OK*
J-13	26,42	0,05	20,75	*OK*
J-14	26,54	0,26	20,56	*OK*
J-15	21,93	0,12	25,16	*OK*
J-16	24,17	0,36	22,87	*OK*
J-17	18,32	0,10	28,71	*OK*
J-18	27,12	0,30	19,87	*OK*
J-19	28,42	0,16	18,57	*OK*
J-20	29,61	0,30	17,38	*OK*
J-21	28,91	0,05	18,28	*OK*
J-22	28,89	0,05	18,30	*OK*
J-23	22,71	0,36	24,32	*OK*
J-24	26,33	0,18	20,70	*OK*
J-25	20,10	0,00	26,92	*OK*

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.21.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 3)

Tuberia	Nodo inicio	Nodo fin	Longitud	Diámetro (mm)	Q (l/s)	V (m/s)
P-1	T-1	J-1	30,78	110	8,80	0,93
P-2	J-1	J-2	21,37	110	4,51	0,47
P-5	J-1	J-5	13,08	110	4,29	0,45
P-7	J-5	J-7	16,13	110	3,71	0,39
P-8	J-7	J-8	37,77	110	3,99	0,42
P-9	J-8	J-9	62,33	110	3,64	0,38
P-10	J-9	J-10	29,25	110	3,64	0,38
P-12	J-11	J-3	36,26	110	2,82	0,30
P-13	J-2	J-12	6,56	110	4,31	0,45
P-15	J-12	J-13	30,83	63	0,05	0,02
P-16	J-12	J-14	33,97	110	4,26	0,45
P-18	J-14	J-15	46,23	63	0,12	0,04
P-19	J-14	J-16	35,23	110	3,88	0,41
P-20	J-16	J-3	5,50	110	3,42	0,36
P-21	J-16	J-17	46,44	63	0,10	0,03
P-22	J-10	J-18	13,70	110	1,71	0,18
P-23	J-18	J-11	38,19	110	2,08	0,22
P-24	J-18	J-19	66,51	63	0,07	0,02
P-25	J-19	J-20	7,41	63	0,09	0,03
P-26	J-20	J-11	60,48	63	0,39	0,12
P-27	J-7	J-21	20,03	63	0,38	0,12
P-28	J-21	J-22	14,38	63	0,43	0,14
P-29	J-22	J-5	21,45	63	0,48	0,15
P-30	J-3	J-23	39,94	110	0,60	0,06
P-32	J-23	J-24	62,17	63	0,18	0,06
P-33	J-23	J-25	32,59	110	0,06	0,01
P-34	J-25	J-4	28,83	110	0,06	0,01

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Corrida de Escenario 4 (Demanda de incendio en nodo J-2)

Tabla 5.22.- Demandas en nodos (Escenario 4)

Nodo	Demanda (l/s)
J-1	0,00
J-2	**5,20**
J-3	0,00
J-4	0,06
J-5	0,10
J-7	0,10
J-8	0,35
J-9	0,00
J-10	0,35
J-11	0,35
J-12	0,00
J-13	0,05
J-14	0,26
J-15	0,12
J-16	0,36
J-17	0,10
J-18	0,30
J-19	0,16
J-20	0,30
J-21	0,05
J-22	0,05
J-23	0,36
J-24	0,18
J-25	0,00

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.23.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 4)

Nodo	Cota (msnm)	Demanda (l/s)	Presión (mca)	Observación
J-1	29,64	0,00	17,58	*OK*
J-2	29,10	5,20	18,04	*OK*
J-3	24,66	0,00	22,46	*OK*
J-4	19,50	0,06	27,61	*OK*
J-5	29,49	0,10	17,73	*OK*
J-7	28,70	0,10	18,51	*OK*
J-8	28,50	0,35	18,68	*OK*
J-9	26,39	0,00	20,76	*OK*
J-10	26,43	0,35	20,71	*OK*
J-11	26,41	0,35	20,72	*OK*
J-12	28,73	0,00	18,41	*OK*
J-13	26,42	0,05	20,71	*OK*
J-14	26,54	0,26	20,59	*OK*
J-15	21,93	0,12	25,19	*OK*
J-16	24,17	0,36	22,95	*OK*
J-17	18,32	0,10	28,79	*OK*
J-18	27,12	0,30	20,01	*OK*
J-19	28,42	0,16	18,71	*OK*
J-20	29,61	0,30	17,52	*OK*
J-21	28,91	0,05	18,30	*OK*
J-22	28,89	0,05	18,32	*OK*
J-23	22,71	0,36	24,41	*OK*
J-24	26,33	0,18	20,79	*OK*
J-25	20,10	0,00	27,01	*OK*

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.23.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 4)

Tuberia	Nodo inicio	Nodo fin	Longitud	Diámetro (mm)	Q (l/s)	V (m/s)
P-1	T-1	J-1	30,78	110	8,80	0,93
P-2	J-1	J-2	21,37	110	6,20	0,65
P-5	J-1	J-5	13,08	110	2,60	0,27
P-7	J-5	J-7	16,13	110	2,20	0,23
P-8	J-7	J-8	37,77	110	2,30	0,24
P-9	J-8	J-9	62,33	110	1,95	0,20
P-10	J-9	J-10	29,25	110	1,95	0,20
P-12	J-11	J-3	36,26	110	0,49	0,05
P-13	J-2	J-12	6,56	110	1,00	0,11
P-15	J-12	J-13	30,83	63	0,05	0,02
P-16	J-12	J-14	33,97	110	0,95	0,10
P-18	J-14	J-15	46,23	63	0,12	0,04
P-19	J-14	J-16	35,23	110	0,57	0,06
P-20	J-16	J-3	5,50	110	0,11	0,01
P-21	J-16	J-17	46,44	63	0,10	0,03
P-22	J-10	J-18	13,70	110	1,60	0,17
P-23	J-18	J-11	38,19	110	1,03	0,11
P-24	J-18	J-19	66,51	63	0,27	0,09
P-25	J-19	J-20	7,41	63	0,11	0,03
P-26	J-20	J-11	60,48	63	0,19	0,06
P-27	J-7	J-21	20,03	63	0,20	0,06
P-28	J-21	J-22	14,38	63	0,25	0,08
P-29	J-22	J-5	21,45	63	0,30	0,10
P-30	J-3	J-23	39,94	110	0,60	0,06
P-32	J-23	J-24	62,17	63	0,18	0,06
P-33	J-23	J-25	32,59	110	0,06	0,01
P-34	J-25	J-4	28,83	110	0,06	0,01

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Corrida de Escenario 5 (Demanda de incendio en nodo J-8)

Tabla 5.24.- Demandas en nodos (Escenario 5)

Nodo	Demanda (l/s)
J-1	0,00
J-2	0,20
J-3	0,00
J-4	0,06
J-5	0,10
J-7	0,10
J-8	**5,35**
J-9	0,00
J-10	0,35
J-11	0,35
J-12	0,00
J-13	0,05
J-14	0,26
J-15	0,12
J-16	0,36
J-17	0,10
J-18	0,30
J-19	0,16
J-20	0,30
J-21	0,05
J-22	0,05
J-23	0,36
J-24	0,18
J-25	0,00

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.25.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 5)

Nodo	Cota (msnm)	Demanda (l/s)	Presión (mca)	Observación
J-1	29,64	0,00	17,58	*OK*
J-2	29,1	0,20	18,09	*OK*
J-3	24,66	0,00	22,43	*OK*
J-4	19,5	0,06	27,58	*OK*
J-5	29,49	0,10	17,71	*OK*
J-7	28,7	0,10	18,46	*OK*
J-8	28,5	5,35	18,57	*OK*
J-9	26,39	0,00	20,68	*OK*
J-10	26,43	0,35	20,64	*OK*
J-11	26,41	0,35	20,67	*OK*
J-12	28,73	0,00	18,46	*OK*
J-13	26,42	0,05	20,76	*OK*
J-14	26,54	0,26	20,6	*OK*
J-15	21,93	0,12	25,2	*OK*
J-16	24,17	0,36	22,93	*OK*
J-17	18,32	0,10	28,76	*OK*
J-18	27,12	0,30	19,95	*OK*
J-19	28,42	0,16	18,65	*OK*
J-20	29,61	0,30	17,46	*OK*
J-21	28,91	0,05	18,26	*OK*
J-22	28,89	0,05	18,29	*OK*
J-23	22,71	0,36	24,38	*OK*
J-24	26,33	0,18	20,76	*OK*
J-25	20,1	0,00	26,98	*OK*

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.26.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 5)

Tuberia	Nodo inicio	Nodo fin	Longitud	Diámetro (mm)	Q (l/s)	V (m/s)
P-1	T-1	J-1	30,78	110	8,80	0,93
P-2	J-1	J-2	21,37	110	3,73	0,39
P-5	J-1	J-5	13,08	110	5,07	0,53
P-7	J-5	J-7	16,13	110	4,41	0,46
P-8	J-7	J-8	37,77	110	4,77	0,50
P-9	J-8	J-9	62,33	110	0,58	0,06
P-10	J-9	J-10	29,25	110	0,58	0,06
P-12	J-11	J-3	36,26	110	2,04	0,21
P-13	J-2	J-12	6,56	110	3,53	0,37
P-15	J-12	J-13	30,83	63	0,05	0,02
P-16	J-12	J-14	33,97	110	3,48	0,37
P-18	J-14	J-15	46,23	63	0,12	0,04
P-19	J-14	J-16	35,23	110	3,10	0,33
P-20	J-16	J-3	5,50	110	2,64	0,28
P-21	J-16	J-17	46,44	63	0,10	0,03
P-22	J-10	J-18	13,70	110	0,93	0,10
P-23	J-18	J-11	38,19	110	1,38	0,15
P-24	J-18	J-19	66,51	63	0,15	0,05
P-25	J-19	J-20	7,41	63	0,01	0,00
P-26	J-20	J-11	60,48	63	0,31	0,10
P-27	J-7	J-21	20,03	63	0,46	0,15
P-28	J-21	J-22	14,38	63	0,51	0,16
P-29	J-22	J-5	21,45	63	0,56	0,18
P-30	J-3	J-23	39,94	110	0,60	0,06
P-32	J-23	J-24	62,17	63	0,18	0,06
P-33	J-23	J-25	32,59	110	0,06	0,01
P-34	J-25	J-4	28,83	110	0,06	0,01

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Corrida de Escenario 6 (Demanda de incendio en nodo J-25)

Tabla 5.27.- Demandas en nodos (Escenario 6)

Nodo	Demanda (l/s)
J-1	0,00
J-2	0,20
J-3	0,00
J-4	0,06
J-5	0,10
J-7	0,10
J-8	0,35
J-9	0,00
J-10	0,35
J-11	0,35
J-12	0,00
J-13	0,05
J-14	0,26
J-15	0,12
J-16	0,36
J-17	0,10
J-18	0,30
J-19	0,16
J-20	0,30
J-21	0,05
J-22	0,05
J-23	0,36
J-24	0,18
J-25	**5,00**

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.28.- Demandas y presiones en nodos (Escenario 6)

Nodo	Cota (msnm)	Demanda (l/s)	Presión (mca)	Observación
J-1	29,64	0,00	17,58	*OK*
J-2	29,10	0,20	18,07	*OK*
J-3	24,66	0,00	22,33	*OK*
J-4	19,50	0,06	27,27	*OK*
J-5	29,49	0,10	17,72	*OK*
J-7	28,70	0,10	18,49	*OK*
J-8	28,50	0,35	18,64	*OK*
J-9	26,39	0,00	20,67	*OK*
J-10	26,43	0,35	20,61	*OK*
J-11	26,41	0,35	20,60	*OK*
J-12	28,73	0,00	18,43	*OK*
J-13	26,42	0,05	20,73	*OK*
J-14	26,54	0,26	20,54	*OK*
J-15	21,93	0,12	25,14	*OK*
J-16	24,17	0,36	22,83	*OK*
J-17	18,32	0,10	28,67	*OK*
J-18	27,12	0,30	19,91	*OK*
J-19	28,42	0,16	18,59	*OK*
J-20	29,61	0,30	17,40	*OK*
J-21	28,91	0,05	18,28	*OK*
J-22	28,89	0,05	18,31	*OK*
J-23	22,71	0,36	24,16	*OK*
J-24	26,33	0,18	20,54	*OK*
J-25	20,10	5,00	26,67	*OK*

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Tabla 5.29.- Caudales, diámetros y velocidades en tuberías (Escenario 6)

Tuberia	Nodo inicio	Nodo fin	Longitud	Diámetro (mm)	Q (l/s)	V (m/s)
P-1	T-1	J-1	30,78	110	8,80	0,93
P-2	J-1	J-2	21,37	110	5,03	0,53
P-5	J-1	J-5	13,08	110	3,77	0,40
P-7	J-5	J-7	16,13	110	3,25	0,34
P-8	J-7	J-8	37,77	110	3,47	0,37
P-9	J-8	J-9	62,33	110	3,12	0,33
P-10	J-9	J-10	29,25	110	3,12	0,33
P-12	J-11	J-3	36,26	110	1,66	0,17
P-13	J-2	J-12	6,56	110	4,83	0,51
P-15	J-12	J-13	30,83	63	0,05	0,02
P-16	J-12	J-14	33,97	110	4,78	0,50
P-18	J-14	J-15	46,23	63	0,12	0,04
P-19	J-14	J-16	35,23	110	4,40	0,46
P-20	J-16	J-3	5,50	110	3,94	0,41
P-21	J-16	J-17	46,44	63	0,10	0,03
P-22	J-10	J-18	13,70	110	2,77	0,29
P-23	J-18	J-11	38,19	110	2,10	0,22
P-24	J-18	J-19	66,51	63	0,37	0,12
P-25	J-19	J-20	7,41	63	0,21	0,07
P-26	J-20	J-11	60,48	63	0,09	0,03
P-27	J-7	J-21	20,03	63	0,32	0,10
P-28	J-21	J-22	14,38	63	0,37	0,12
P-29	J-22	J-5	21,45	63	0,42	0,14
P-30	J-3	J-23	39,94	110	5,60	0,59
P-32	J-23	J-24	62,17	63	0,18	0,06
P-33	J-23	J-25	32,59	110	5,06	0,53
P-34	J-25	J-4	28,83	110	0,06	0,01

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

5.8. Análisis y comentarios acerca de resultados obtenidos en los diferentes escenarios en la red modelada

Una vez realizadas las corridas del programa en los diferentes escenarios planteados en el software, se puede notar que las presiones en los nodos de la red se mantienen dentro de los rangos permisibles, por lo tanto, no habría inconveniente en la instalación de hidrantes en los puntos señalados. El código ecuatoriano recomienda que la distancia entre hidrantes deberá ser entre 200 y 300 metros entre cada uno (en la red matriz), por lo que la instalación de 2 hidrantes sería lo óptimo en el área de diseño.

Objetivo 3: Preparar un presupuesto y planos para la ejecución.

Las cantidades de obra, precios unitarios y costo total de los rubros para la construcción del sistema se detalla en la siguiente tabla de presupuesto:

Tabla 5.30.- Presupuesto referencial de la red de distribución y obras complementarias

"CONSTRUCCION DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA CIUDADELA ELBA GONZÁLEZ, CANTÓN SAN VICENTE"					
RUBRO	**DESCRIPCION**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P. UNIT.**	**P. TOTAL**
	SISTEMA DE BOMBEO				**$ 1.321,04**
1	Suministro, instalación y prueba de Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=90 mm	ml	100,00	$ 4,79	$ 479,07
2	Bomba centrífuga 2 HP (incluye accessorios)	u	1,00	$ 742,03	$ 742,03
3	CODO 90° PVC 90MM (MAT/TRANS/INST)	u	5,00	$ 19,99	$ 99,94
	RED DE DISTRIBUCIÓN				**$ 53.227,12**
4	Replanteo y nivelación	m2	696,00	$ 0,68	$ 469,88
5	Excavación a máquina, H=0-2 m	m3	626,40	$ 4,72	$ 2.955,64
6	Excavación manual	m3	62,64	$ 10,77	$ 674,35
7	Cama de Arena	m3	104,40	$ 26,81	$ 2.799,23
8	Desalojo de Material	m3	112,75	$ 4,92	$ 554,37
9	Relleno con material de Mejoramiento	m3	522,00	$ 26,57	$ 13.870,17
10	Suministro, instalación y prueba de Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=63 mm	ml	380,00	$ 3,95	$ 1.501,28
11	Suministro, instalación y prueba de Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=110 mm	ml	490,00	$ 16,70	$ 8.183,58
12	Anclaje de hormigon simple - 0,4*0.4*0.4	u	21,00	$ 41,31	$ 867,49
13	CODO 90° PVC 110 MM (MAT/TRANS/INST)	u	3,00	$ 36,21	$ 108,64
14	TEE REDUCTORA PVC 110 MM A 63 MM (MAT/TRANS/INST)	u	8,00	$ 35,11	$ 280,91
15	TAPON PVC 63MM (MAT.TRAN.INST)(MAT/TRANS/INST)	u	4,00	$ 12,42	$ 49,67
16	CODO 90° PVC 63 MM (MAT/TRANS/INST)	u	4,00	$ 16,50	$ 66,00
17	TAPON PVC 110MM (MAT.TRAN.INST)	u	1,00	$ 27,30	$ 27,30
18	TEE PVC 110 MM (MAT/TRANS/INST)	u	1,00	$ 23,14	$ 23,14
19	Válvula compuerta 63 MM (MAT/TRANS/INST)	u	4,00	$ 211,48	$ 845,93
20	Válvula compuerta 110 MM (MAT/TRANS/INST)	u	7,00	$ 483,88	$ 3.387,18
21	Conexión Domiciliaria Servicio PVC 1/2" (MAT/INST)	u	150,00	$ 94,71	$ 14.206,50
22	Suministro e Instalación de Hidrante	u	2,00	$ 1.177,93	$ 2.355,86
	TOTAL				**$ 54.548,16**

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Los salarios de la mano de obra obedecen a los determinados por la Contraloría General del Estado para el año 2017, el costo de indirectos representa el 20% de los costos directos. Los análisis de precios unitarios y planos se pueden revisar en el **Anexo A.**

De acuerdo a las dimensiones y volúmenes de obras requeridos, el tanque de almacenamiento y el cárcamo de bombeo tendrían costos de $20.000,00 y $5.000,00 USD aproximadamente. Por lo tanto, el costo total de la construcción del sistema sería $79.500,00 USD.

6. CONCLUSIONES

- La red de agua potable para la ciudadela Elba González tendrá un periodo de diseño de 25 años y la dotación de servicio será destinada para consumo doméstico (220 l/hab/día).

- El caudal de diseño de la red de distribución es 8,80 l/s y el tanque de almacenamiento debe tener una capacidad de 50 m3.

- El trazado de la red de distribución es del tipo mixto (combinación entre red abierta y cerrada). Los diámetros de tubería de la red son D=110mm y D=63mm, de material PVC.

- El presupuesto para la construcción de la red de distribución a $ 54.548,16 USD.

7. RECOMENDACIONES

- Poner funcionamiento los hidrantes en determinados periodos de tiempo para la evacuación de sedimentos que puedan acumularse en tramos de tuberías donde las velocidades son bajas y por lo tanto no presentan un esfuerzo cortante mínimo.

- Revisar las unidades de dibujo y parámetros bajo los que se está trabajando en software WaterCAD, el no hacerlo puede derivar en reportes erróneos o resultados incoherentes.

ANEXO A: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Suministro, instalación y prueba de Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=90 mm
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta Menor	%MO	0.05%MO			0,03
				Subtotal de Equipo:	0,03

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=90 mm	m	1,0000	3,40		3,40
				Subtotal de Materiales:	3,40

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
AYUDANTE (ESTR.OC D2)		2,0000	3,41	0,0400	0,27
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc C1)		0,1000	3,82	0,0400	0,02
Plomero (Estr.Oc D2)		2,0000	3,45	0,0400	0,28
				Subtotal de Mano de Obra:	0,56

Costo Directo Total:	3,99

COSTOS INDIRECTOS

20 %	0,80

Precio Unitario Total	4,79

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Bomba centrífuga 2 HP (incluye accessorios)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta Menor	%MO	5%MO			5,64
				Subtotal de Equipo:	5,64

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Bomba centrífuga (incluye accesorios)	glb	1,0000	500,00		500,00
				Subtotal de Materiales:	500,00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0,00
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Ayudante (ESTR.OC D2)		2,0000	3,41	8,0000	54,56
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc C1)		1,0000	3,82	8,0000	30,56
Plomero (Estr.Oc D2)		1,0000	3,45	8,0000	27,60
				Subtotal de Mano de Obra:	112,72

Costo Directo Total:	618,36

COSTOS INDIRECTOS

20 %	123,67
Precio Unitario Total	742,03

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: CODO 90° PVC 90MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	HERRAMIENTAS MENORES	%MO	5%MO			0,53
					Subtotal de Equipo:	0,53

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	CODO 90° PVC 90MM	U	1,0000	5,52		5,52
					Subtotal de Materiales:	5,52

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Albanil (ESTR. OC D2)		1,0000	3,45	0,7730	2,67
	Ayudante de albanil		1,0000	3,41	0,7730	2,64
	Plomero		1,0000	3,45	0,7730	2,67
	Ayudante de Plomero (ESTR.OC E)		1,0000	3,41	0,7730	2,64
					Subtotal de Mano de Obra:	10,61

Costo Directo Total:	16,66

COSTOS INDIRECTOS

20 %	3,33

Precio Unitario Total	19,99

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Replanteo y nivelación (m2)
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta Menor	%MO	5%MO			0,01
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	Hora	1,0000	6,00	0,0200	0,12
				Subtotal de Equipo:	0,13

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tiras de 2x4x250 cm.	U	0,1500	1,00		0,15
				Subtotal de Materiales:	0,15

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Cadenero		2,0000	3,45	0,0200	0,14
Peón		1,0000	3,41	0,0200	0,07
Topógrafo 2: Titulo exper. mayor a 5 años (estr. Oc. C1)		1,0000	3,82	0,0200	0,08
				Subtotal de Mano de Obra:	0,28

Costo Directo Total:	0,56

COSTOS INDIRECTOS

20 %	0,11

Precio Unitario Total	0,68

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Excavación a máquina, H=0-2 m
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	Herramienta Menor	%MO	5%MO			0,04
	Excavadora Sobre Oruga	Hora	1,0000	45,00	0,0700	3,15
					Subtotal de Equipo:	3,19

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0,00

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Operador de Excavadora		1,0000	3,82	0,0700	0,27
	Peón		2,0000	3,41	0,0700	0,48
					Subtotal de Mano de Obra:	0,74

Costo Directo Total: 3,93

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0,79

Precio Unitario Total 4,72

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Excavación manual
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	HERRAMIENTAS MENORES	%MO	5%MO			0,43
					Subtotal de Equipo:	0,41

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0,00

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Peon (ESTR. OC E2)		1,0000	3,41	1,2480	4,26
	Albanil (ESTR. OC D2)		1,0000	3,45	1,2480	4,31
					Subtotal de Mano de Obra:	8,56

Costo Directo Total:	8,97

COSTOS INDIRECTOS

20 %	1,79

Precio Unitario Total	10,77

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Cama de Arena
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	HERRAMIENTAS MENORES	%MO	5%MO			0,57
					Subtotal de Equipo:	0,57

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	Arena de rio	m3	1,0000	6,00		6,00
					Subtotal de Materiales:	6,00

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
	Arena	m3	1,2000	12,60	0,2905	4,39
					Subtotal de Transporte:	4,39

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Peon (ESTR. OC E2)		3,0000	3,41	0,8103	8,29
	Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc. C		1,0000	3,82	0,8103	3,10
					Subtotal de Mano de Obra:	11,38

Costo Directo Total:	22,34

COSTOS INDIRECTOS

20 %	4,47

Precio Unitario Total	26,81

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Desalojo de Material
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	HERRAMIENTAS MENORES	%MO	5%MO			0,03
	Excavadora 130 HP/1,0 m3	Hora	1,0000	45,00	0,0401	1,81
	Volqueta 8 m3	Hora	2,0000	20,00	0,0401	1,60
					Subtotal de Equipo:	3,44

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0,00

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Op. Excavadora		0,5000	3,82	0,0401	0,08
	Chofer licencia E		2,0000	5,00	0,0401	0,40
	Estructura ocupacional D2		1,0000	3,45	0,0401	0,14
	Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc. C		0,2500	3,82	0,0401	0,04
					Subtotal de Mano de Obra:	0,65

Costo Directo Total:	4,10

COSTOS INDIRECTOS

20 %	0,82

Precio Unitario Total	4,92

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Relleno con material de Mejoramiento
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
HERRAMIENTAS MENORES	%MO	5%MO			0,02
Retroexcavadora	Hora	1,0000	60,00	0,0286	1,71
Compactador Manual	Hora	1,0000	3,15	0,0286	0,09
				Subtotal de Equipo:	1,82

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Material de mejoramiento	m3	1,2000	4,00		4,80
				Subtotal de Materiales:	4,80

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Material de Mejoramiento	m3	1,2000	12,60	1,0000	15,12
				Subtotal de Transporte:	15,12

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peon (ESTR. OC E2)		2,0000	3,41	0,0286	0,19
Estructura ocupacional D2		1,0000	3,45	0,0286	0,10
Operador de Retroexcavadora		1,0000	3,82	0,0286	0,11
				Subtotal de Mano de Obra:	0,40

Costo Directo Total:	22,14

COSTOS INDIRECTOS

20 %	4,43

Precio Unitario Total	26,57

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Suministro, instalación y prueba de Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=63 mm
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta Menor	%MO	0.0554%MO			0,03
				Subtotal de Equipo:	0,03

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=63 mm	m	1,0000	2,70		2,70
				Subtotal de Materiales:	2,70

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
AYUDANTE (ESTR.OC D2)		2,0000	3,41	0,0400	0,27
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc C1)		0,1000	3,82	0,0400	0,02
Plomero (Estr.Oc D2)		2,0000	3,45	0,0400	0,28
				Subtotal de Mano de Obra:	0,56

Costo Directo Total:	3,29

COSTOS INDIRECTOS

20 %	0,66
Precio Unitario Total	3,95

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Suministro, instalación y prueba de Tubería PVC - P 0.63 MPA U/E D=110 mm
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta Menor	%MO	0.0554%MO			0,05
				Subtotal de Equipo:	0,05

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubería PVC - P 1.00 MPA U/E D=110 mm	m	1,0000	12,97		12,97
				Subtotal de Materiales:	12,97

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
AYUDANTE (ESTR.OC D2)		2,0000	3,41	0,0640	0,44
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc C1)		0,1000	3,82	0,0640	0,02
Plomero (Estr.Oc D2)		2,0000	3,45	0,0640	0,44
				Subtotal de Mano de Obra:	0,90

Costo Directo Total:	13,92

COSTOS INDIRECTOS

20 %	2,78
Precio Unitario Total	16,70

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Anclaje de hormigon simple - 0,4*0.4*0.4
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor (5% M.O.)	%MO	5%MO			0,76
Hormigonera	Hora	1,0000	5,00	1,0750	5,38
				Subtotal de Equipo:	6,14

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Cemento Portland Tipo 1	Kg	60,0000	0,14		8,40
ENCOFRADO RECTO	m2	0,2500	6,00		1,50
Piedra Bola	m3	0,0400	8,00		0,32
Ripio	m3	0,2000	11,50		2,30
Arena	m3	0,1000	6,00		0,60
				Subtotal de Materiales:	13,12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
ARENA RIO 0.42km	m3	0,0500	0,08	1,0000	0,00
ripio	m3/km	0,1000	0,20	1,0000	0,02
				Subtotal de Transporte:	0,02

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador de equipo liviano		1,0000	3,82	1,0750	4,11
Peón		2,0000	3,41	1,0750	7,33
Albañil		1,0000	3,45	1,0750	3,71
				Subtotal de Mano de Obra:	15,15

Costo Directo Total:	34,42

COSTOS INDIRECTOS

20 %	6,88

Precio Unitario Total	41,31

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: CODO 90° PVC 110 MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta manual y menor de plomería	%MO	3%MO			0,35
				Subtotal de Equipo:	0,35

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
CODO 90° PVC 110 MM	u	1,0000	22,29		22,29
				Subtotal de Materiales:	22,29

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales en volqueta	m3/km	2,0000	0,29	1,0000	0,58
				Subtotal de Transporte:	0,58

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero		1,0000	3,45	0,6750	2,33
Albañil		1,0000	3,45	0,6750	2,33
Peón		1,0000	3,41	0,6750	2,30
				Subtotal de Mano de Obra:	6,96

Costo Directo Total:	30,18

COSTOS INDIRECTOS

20 %	6,04
Precio Unitario Total	36,21

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: TEE REDUCTORA PVC 110 MM A 63 MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta Menor	%MO	0.2%MO			0,21
				Subtotal de Equipo:	0,21

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
TEE REDUCTORA PVC 110 MM A 63 MM	u	1,0000	24,94		24,94
				Subtotal de Materiales:	24,94

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero		1,0000	3,45	0,6000	2,07
Peón		1,0000	3,41	0,6000	2,05
				Subtotal de Mano de Obra:	4,12

Costo Directo Total:	29,26

COSTOS INDIRECTOS

20 %	5,85
Precio Unitario Total	35,11

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: TAPON PVC 63MM (MAT.TRAN.INST)(MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor (5% M.O.)	%MO	5%MO			0,27
				Subtotal de Equipo:	0,27

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
TAPON PVC UZ 63MM PN10	U	1,0000	4,74		4,74
				Subtotal de Materiales:	4,74

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero		1,0000	3,45	0,5000	1,73
Peón		1,0000	3,41	0,5000	1,71
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc C1)		1,0000	3,82	0,5000	1,91
				Subtotal de Mano de Obra:	5,34

Costo Directo Total:	10,35

COSTOS INDIRECTOS

20 %	2,07
Precio Unitario Total	12,42

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: CODO 90° PVC 63 MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta manual y menor de plomería	%MO	3%MO			0,15
				Subtotal de Equipo:	0,15

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Cemento Portland Tipo I	kg	3,5000	0,16		0,56
Arena	m3	0,0100	6,00		0,06
Ripio	m3	0,0100	11,50		0,12
Agua	m3	0,0100	1,00		0,01
CODO 90° PVC 63 MM	u	1,0000	7,11		7,11
				Subtotal de Materiales:	7,86

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales en volqueta	m3/km	2,0000	0,29	1,0000	0,58
				Subtotal de Transporte:	0,58

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero		1,0000	3,45	0,5000	1,73
Albañil		1,0000	3,45	0,5000	1,73
Peón		1,0000	3,41	0,5000	1,71
				Subtotal de Mano de Obra:	5,16

Costo Directo Total:	13,75

COSTOS INDIRECTOS

20 %	2,75
Precio Unitario Total	16,50

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: TAPON PVC 110MM (MAT.TRAN.INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor (5% M.O.)	%MO	5%MO			0,32
				Subtotal de Equipo:	0,32

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
TAPON PVC UZ 110MM PN10	U	1,0000	16,02		16,02
				Subtotal de Materiales:	16,02

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Plomero		1,0000	3,45	0,6000	2,07
Peón		1,0000	3,41	0,6000	2,05
Maestro mayor de ejecucion de obra (Estr.Oc C1)		1,0000	3,82	0,6000	2,29
				Subtotal de Mano de Obra:	6,41

Costo Directo Total:	22,75

COSTOS INDIRECTOS

20 %	4,55
Precio Unitario Total	27,30

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Válvula compuerta 63 MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta manual y menor de plomería	%MO	3%MO			0,34
Tecle	Hora	1,0000	1,22	0,8000	0,98
				Subtotal de Equipo:	1,32

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Válvula compuerta D = 63 mm	u	1,0000	163,00		163,00
				Subtotal de Materiales:	163,00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales en volqueta	m3/km	2,0000	0,29	1,0000	0,58
				Subtotal de Transporte:	0,58

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil		1,0000	3,45	0,8000	2,76
Peón		2,0000	3,45	0,8000	5,52
Maestro mayor en ejecución de obras civiles		1,0000	3,82	0,8000	3,06
				Subtotal de Mano de Obra:	11,34

Costo Directo Total:	176,24

COSTOS INDIRECTOS

20 %	35,25

Precio Unitario Total	211,48

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: TEE PVC 110 MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	Herramienta Menor	%MO	5%MO			0,21
					Subtotal de Equipo:	0,21

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	tee PVC 110 mm x 50 mm	u	1,0000	14,96		14,96
					Subtotal de Materiales:	14,96

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Plomero		1,0000	3,45	0,6000	2,07
	Peón		1,0000	3,41	0,6000	2,05
					Subtotal de Mano de Obra:	4,12

Costo Directo Total:	19,28

COSTOS INDIRECTOS

20 %	3,86
Precio Unitario Total	23,14

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Válvula compuerta 110 MM (MAT/TRANS/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta manual y menor de plomería	%MO	3%MO			0,34
Tecle	Hora	1,0000	1,22	0,8000	0,98
				Subtotal de Equipo:	1,32

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Válvula compuerta D = 110 mm	u	1,0000	390,00		390,00
				Subtotal de Materiales:	390,00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales en volqueta	m3/km	2,0000	0,29	1,0000	0,58
				Subtotal de Transporte:	0,58

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil		1,0000	3,45	0,8000	2,76
Peón		2,0000	3,45	0,8000	5,52
Maestro mayor en ejecución de obras civiles		1,0000	3,82	0,8000	3,06
				Subtotal de Mano de Obra:	11,34

Costo Directo Total:	403,24

COSTOS INDIRECTOS

20 %	80,65

Precio Unitario Total	483,88

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Conexión Domiciliaria Servicio PVC 1/2" (MAT/INST)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
HERRAMIENTAS MENORES	%MO	5%MO			0,35
				Subtotal de Equipo:	0,35

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Tubo PVC Rosc. 1/2"	m	6,0000	1,70		10,20
Valvula Check 1/2"	u	1,0000	11,20		11,20
Medidor de Agua 1/2"	u	1,0000	31,00		31,00
Codo 1/2" x 90 Rosc.	u	4,0000	0,57		2,28
Toma de Incorporación 1/2"	u	1,0000	6,00		6,00
Llave de Acera 1/2"	u	1,0000	6,00		6,00
Caja de Acera	u	1,0000	5,00		5,00
				Subtotal de Materiales:	71,68

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Estructura ocupacional D2		1,0000	3,45	1,0000	3,45
Plomero		1,0000	3,45	1,0000	3,45
				Subtotal de Mano de Obra:	6,90

Costo Directo Total: 78,93

COSTOS INDIRECTOS

20 % 15,79

Precio Unitario Total 94,71

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Suministro e Instalación de Hidrante
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
	Herramienta Menor	%MO	5%MO			1,03
					Subtotal de Equipo:	1,03

Materiales

	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
	kit - Hidrante	u	1,0000	960,00		960,00
					Subtotal de Materiales:	960,00

Transporte

	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0,00

Mano de Obra

	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
	Plomero		1,0000	3,45	3,0000	10,35
	Peón		1,0000	3,41	3,0000	10,23
					Subtotal de Mano de Obra:	20,58

Costo Directo Total: 981,61

COSTOS INDIRECTOS

20 % 196,32

Precio Unitario Total 1.177,93

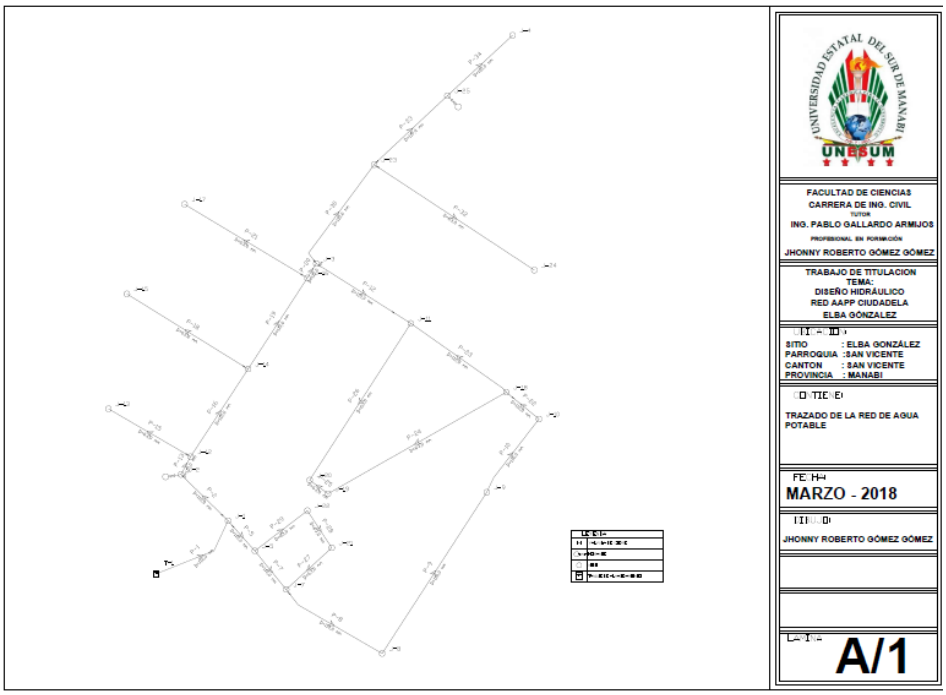
ANEXO B: LISTADO DE ACCESORIOS Y PLANO DE LA RED

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDADELA "ELBA GONZÁLEZ", CANTÓN SAN

ACCESORIOS REQUERIDOS PARA LAS RED DE DISTRIBUCIÓN

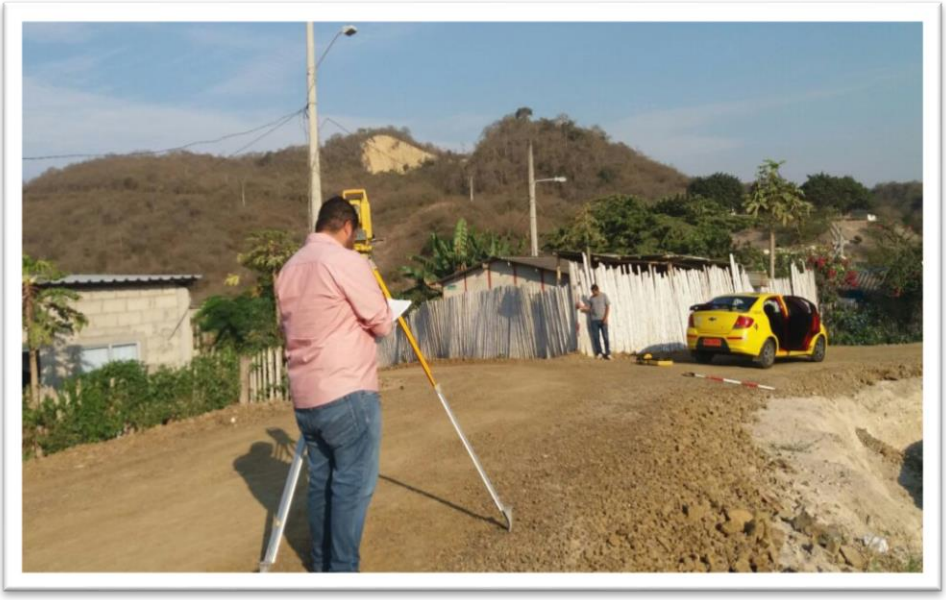
NUDO	NUMERO DE ACCESORIOS SEGÚN TIPO Y DIAMETRO NOMINAL										
	CODOS 90°		TEES			TAPONES		TEES REDUCTORAS	VALV. COMP.		HIDRANTE
	63	110	63	110	200	63	110	110 63	63	110	
J-1				1						2	
J-2		1									1
J-3					1					1	1
J-4							1				
J-5								1			
J-7								1		1	
J-8		1									1
J-9											
J-10		1									1
J-11								1		1	
J-12								1	1		
J-13						1					
J-14								1	1		
J-15						1					
J-16								1	1		
J-17						1					
J-18								1		1	
J-19	1										
J-20	1										
J-21	1										
J-22	1										
J-23								1	1	1	
J-24						1					
J-25											1
TOTALES	4	3	0	1	1	4	1	8	4	7	5

Plano del Sistema



ANEXO C: REPORTE FOTOGRÁFICO

Figura 1.- Levantamiento Topográfico en la Ciudadela Elba González.



Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 2.- Recopilación de datos a los habitantes del sector.

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 3.- Recopilación de información a los moradores de la Ciudadela Elba González.

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto

Figura 4.- Medición del sitio Ciudadela Elba González.

Fuente: Gómez Gómez Jhonny Roberto