



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

"Implantación de una red para complementar la distribución de agua potable
en el cantón General Antonio Elizalde (Bucay)"

PROYECTO DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

JORGE ANDRÉS CHONG CALDERÓN

SANTIAGO FELIPE ROMERO PAREDES

GUAYAQUIL-ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia, a mis amigos por el constante apoyo y consejos hasta este instante. De igual manera a quienes aportaron en la formación de este proyecto para la culminación del mismo.

A todas las personas que contribuyeron con su conocimiento e inculcaron valores, durante la carrera universitaria.

Jorge Andrés Chong Calderón

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel Romero y Joly Paredes, quienes me han brindado su apoyo incondicional durante toda mi vida y han sido mi pilar fundamental para alcanzar esta meta.

A mi hija Emily, por ser mi inspiración para esforzarme cada día más.

Santiago Felipe Romero Paredes

AGRADECIMIENTO

A PhD. Miguel Ángel Chávez y M. Sc. Alby Aguilar Pesantes que nos guiaron y brindaron su tiempo.

A nuestra prestigiosa universidad ESPOL, la cual nos permite obtener una excelente preparación para un futuro competitivo y formándonos como profesionales socialmente responsables, con principios y valores morales.

A todas esas personas que nos compartieron su conocimiento en este proyecto.

Jorge Andrés Chong Calderón

Santiago Felipe Romero Paredes

TRIBUNAL DE PROYECTO

PhD. Hugo Egüez Álava
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA

MSc. Luis De Grau Vidal
MIEMBRO EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta trabajo de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

Jorge Andrés Chong Calderón

Santiago Felipe Romero Paredes

RESUMEN

El presente trabajo detalla un análisis acerca de la distribución del agua potable en el cantón General Antonio Elizalde (Bucay). Actualmente gran parte de la población hace uso del agua cruda proveniente de la represa “Agua Clara” y “Río Blanco”. Este estudio tiene como objetivo estabilizar y asegurar la disponibilidad del agua potable para todos los habitantes del cantón.

Nuestro procedimiento estuvo guiado por estudios previos relacionados, en donde se plantea una metodología con la finalidad de generar una red de distribución de agua potable. Para ello se empleó programas computacionales como: AutoCAD, Epanet, Epacad, y hojas electrónicas de Excel.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
TRIBUNAL DE PROYECTO.....	V
DECLARACIÓN EXPRESA.....	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XIV
SIMBOLOGÍA.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
CAPÍTULO 1.....	18
INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 Preámbulo.....	19

1.2	Planteamiento del Problema.....	19
1.2.1	Información sobre el cantón “Bucay”	19
1.2.2	Ríos en el entorno del cantón “Bucay”	20
1.2.3	Planta de tratamiento de agua potable “La Lolita”	21
1.2.4	Planta de tratamiento de agua potable “Bellavista”	23
1.3	Hipótesis	25
1.4	Objetivos	26
1.4.1	Objetivo General	26
1.4.2	Objetivos Específicos.....	26
1.5	Metodología de estudio	26
CAPÍTULO 2.....		28
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		28
2.1	El agua.....	29
2.1.1	El agua dulce	29
2.1.2	El agua en el mundo	30
2.1.3	Desperdicio del agua	30
2.2	Redes Hidráulicas de Distribución.....	31
2.2.1	Descripción de los componentes de las redes.....	31
2.2.1.1	Fluido	31
2.2.1.2	Presión en un fluido	32
2.2.1.3	Viscosidad, Fricción y Flujo ideal.....	32
2.2.1.4	Tipos de flujos.....	33

2.2.1.5	Efecto Tensión Superficial	34
2.2.1.6	Topología de red	34
2.2.1.7	Nudos.....	34
2.2.1.8	Líneas	35
2.2.1.9	Orden de conectividad en un nudo	35
2.2.1.10	Tubería	36
2.2.1.11	Trayecto.....	36
2.2.1.12	Malla básica	36
2.2.2	Operación.....	36
2.2.3	Mantenimiento.....	37
2.3	Tuberías.....	37
2.3.1	Plástico.....	38
2.3.2	Hierro	38
2.3.3	Concreto.....	38
2.3.4	Asbesto-Cemento	39
2.3.5	Acero.....	39
2.4	Válvulas	39
2.4.1	Válvulas reguladoras de caudal	39
2.4.2	Válvulas reguladoras de presión.....	40
2.4.3	Válvulas ventosas	40
2.4.4	Válvulas purga	40
2.4.5	Válvulas de corte.....	40
2.4.6	Válvulas de alivio	41

2.4.7	Válvulas de paso directo	41
2.4.8	Hidrantes	41
2.5	Válvulas Especiales.....	41
2.5.1	Válvula limitadora de caudal	42
2.5.2	Válvula reductora de presión	42
2.5.3	Válvulas de retención.....	43
2.5.4	Válvula sostenedora de presión.....	43
2.6	Leyes Físicas Aplicadas	44
2.6.1	Principio de conservación de la energía	44
2.7	Pérdidas de Cargas (h_{12}).....	45
2.7.1	Generalidad de la pérdida de carga.....	45
2.7.2	Pérdida de carga unitaria o pendiente hidráulica.....	46
2.7.3	Red mallada en régimen permanente.....	46
2.8	Pérdida de Carga en una línea según Chezzy	46
2.9	Pérdida de Carga en una línea según Darcy-Weisbach.....	48
2.10	Factor de Fricción (f)	48
2.11	Leyes de Kirchoff.....	50
2.11.1	Primera Ley de Kirchoff “Conservación de Masa”	50
2.11.2	Segunda Ley de Kirchoff “Conservación de Energía”	52
2.12	Epanet	53
2.12.1	Descripción	53
2.12.2	Capacidades para la confección de modelos hidráulicos	54

2.12.3	Capacidades para la confección de modelos de calidad de agua	56
--------	--------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 3		59
METODOLOGÍA		59
CAPÍTULO 4		68
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		68
CAPÍTULO 5		71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		71

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

GAE	General Antonio Elizalde
EPANET	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
UDAPA	Unidad Descentralizada de Agua Potable y Alcantarillado
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
PVC	Polivinilo de Cloruro
GRP	Poliéster reforzado con fibra de vidrio
PE	Polietileno de alta densidad
VR	Válvula de retención
VRP	Válvula reductora de presión
VSP	Válvula sostenedora de presión
VLQ	Válvula limitadora de caudal

SIMBOLOGÍA

q	Caudales internos que circulan por las tuberías
Q	Caudales externos aplicados a los nudos
H	Altura piezométrica
P	Presión
γ	Peso específico del fluido
h	Perdida de carga
v	Velocidad del fluido en la tubería
2g	Gravedad
l	Litros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
hab	Habitantes
LAG	Líneas de alturas geométricas
LAP	Líneas de altura piezométricas
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
°C	Grados Centígrados

%	Porcentaje
z	Energía Potencial
$\frac{P}{\gamma}$	Energía de presión del fluido
$\frac{v^2}{2g}$	Energía Cinética.
h_{12}	Pérdidas de Cargas
h_m	Pérdidas de cargas localizadas o menores
C	Coeficiente experimental que depende del diámetro, material y velocidad en la tubería
R_h	Radio Hidráulico
A	Área
P	Perímetro
ϵ_r	Rugosidad relativa
R_e	Número de Reynolds

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estadística de la población actual del cantón G.A.E. (Bucay).	16
Figura 1.2 Represa de Agua Clara durante el invierno .¡Error! Marcador no definido.	
Figura 1.3 Sedimentador planta La Lolita	18
Figura 1.4 Captación Agua Clara	19
Figura 1.5 Captación Río Limón.....	20
Figura 1.6 Planta Bellavista.....	21
Figura 2.1 Características de fluido.....	29
Figura 2.2 Primera ley Kirchoff.....	46
Figura 2.3 Segunda ley de Kirchoff	47
Figura 3.1 Elevaciones en las zonas de estudio	55
Figura 3.2 Interfaz del programa EPANET.....	59
Figura 3.3 Opciones hidráulicas en EPANET	60
Figura 3.4 Cotas en EPANET	60
Figura 3.5 Características de tuberías en EPANET	61
Figura 3.6 Resumen en EPANET	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Coordenadas de las zonas de estudio.....	54
Tabla II. Desnivel entre las zonas analizadas.....	55
Tabla III. Dotaciones recomendadas	57
Tabla IV. Vida útil de elementos de agua potable.....	58
Tabla V. Coeficiente de rugosidad según Hazen-William.....	59

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Preámbulo

En el Ecuador existe una gran cantidad de poblaciones que no cuentan con un adecuado sistema de dotación de agua potable, teniendo en cuenta que dichos lugares se encuentran ubicados en las cercanías de ríos, de donde resulta óptimo captarlas y tratarlas esas aguas con el fin de abastecer a esas poblaciones.

Para conseguir el desarrollo del buen vivir de los seres humanos es necesario el tratamiento previo del agua, para posteriormente ser ingerida sin preocupación alguna de adquirir enfermedades de tipo gastrointestinales.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Información sobre el cantón “Bucay”

El cantón General Antonio Elizalde más distinguido como Bucay se encuentra asentado a 320 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 24°C y precipitación promedio anual de 200 mm y una extensión de 152km². De acuerdo a los datos del Censo INEC 2010 este cantón cuenta con una población de 10642 habitantes.

Del total de los habitantes el 49.55% representa a las mujeres y el 50.45% representa a los hombres de toda la población

respectivamente.

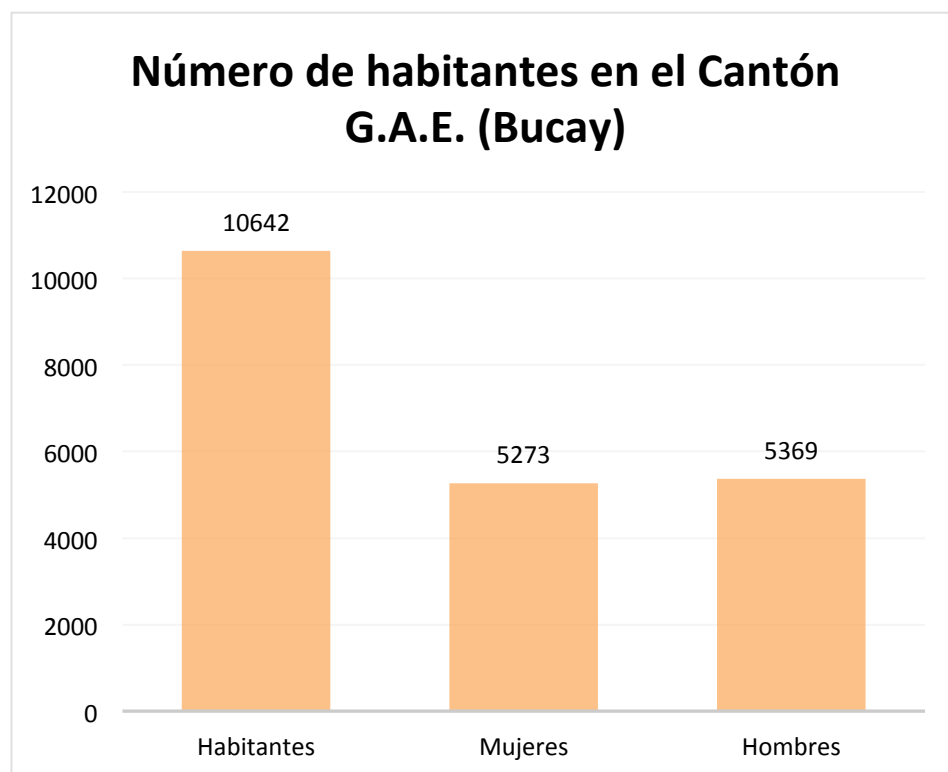


Figura 1.1 Estadística de la población actual del cantón G.A.E. (BUCAY).

Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

1.2.2 Ríos en el entorno del cantón “Bucay”

Bucay se encuentra ubicado en medio de varios ríos entre los principales se tiene: Río Chimbo, Río Chagüe, y Río Limón. Desde sus inicios las fuentes de donde se abastecía de agua el cantón era de la represa “Agua Clara” y “Río Blanco”, siendo estas fuentes solo lugares de captación que posteriormente se llevaba el agua

mediante una tubería de hierro dúctil a la planta de agua potable “La Lolita”.



Figura 1.2 Represa Agua Clara durante invierno.
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

1.2.3 Planta de tratamiento de agua potable “La Lolita”

Esta planta de agua potable fue creada en el año 1928 según personas que trabajaron desde los inicios de funcionamiento de la planta.

Uno de los problemas de esta planta es que se encuentra ubicada después de la cabecera cantonal y está en un lugar bajo con respecto a la población; lo que implica que se necesitaría una bomba para dotar de agua al cantón.



Figura 1.3 Sedimentador planta La Lolita.
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

Otro problema de esta planta es que en los lugares de captación en época invernal por efecto de las altas precipitaciones en la zona, ocurren deslaves cerca de los afluentes provocando un alto grado de turbiedad en el agua, siendo esta agua conducida directamente a los domicilios de los habitantes, debido a que la planta de tratamiento se encuentra ubicada después del cantón como se explicó anteriormente.



Figura 1.4 Captación Agua Clara.
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

1.2.4 Planta de tratamiento de agua potable “Bellavista”

Posteriormente se diseñó y construyó una planta de tratamiento para agua potable llamada “Bellavista”, en donde la principal fuente de captación de esta planta es el río “Limón”, este río es de tipo perenne debido a las características de su cuenca.



Figura 1.5 Captación Río Limón.
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

El inconveniente de esta planta es que no cuenta con una adecuada distribución del agua al cantón por completo; en consecuencia a estos dos lugares de captación anteriormente se los sigue utilizando para las ciudadelas que no abastece la planta “Bellavista”.

En la figura se muestra una vista panorámica de la planta de agua potable “Bellavista”.



Figura 1.6 Planta Bellavista.
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

1.3 Hipótesis

Este proyecto consiste en dar tres alternativas analizando con tres tipos diferentes de materiales para la distribución de agua de la planta para la solución de la problemática de la dotación de agua potable a todo el cantón General Antonio Elizalde (Bucay) para evitar algún tipo de enfermedad y conseguir el desarrollo del buen vivir en todos los habitantes del cantón.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar tres materiales distintos en la implantación de una red para solucionar el problema de abastecimiento de agua potable para todo el cantón General Antonio Elizalde (Bucay).

1.4.2 Objetivos Específicos

- Plantear una propuesta factible que no afecte el ecosistema para la distribución de agua potable.
- Dotar de agua potable a todas las ciudadelas del cantón.
- Contribuir con una propuesta para el desarrollo del buen vivir en todos los habitantes del cantón.
- Terminar con posibles enfermedades de tipo gastrointestinales en los habitantes por la falta de agua potable.
- Acabar con la escasez de agua en época de invierno.

1.5 Metodología de estudio

En el presente estudio se diseñará una red con tres tipos de materiales diferentes para una adecuada distribución de agua potable que

abastezca a todos los pobladores del cantón General Antonio Elizalde (Bucay).

Para el diseño de la red se utilizó programas computacionales como: AutoCad, Epanet, Epacad, y hojas electrónicas de Excel para realizar los diferentes cálculos necesarios.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 El agua

2.1.1 El agua dulce

La superficie del planeta está cubierta más del 70% por agua, se le localiza en lagos, ríos, océanos, en el aire y en el suelo.

En la Tierra el agua ayuda a regular el clima y debido a su enorme modera al mundo, es un solvente extraordinario, un material flexible, en muchos procesos metabólicos es un reactivo ideal.

De la cantidad total de agua en el planeta el 97.5% proviene de los océanos y tan solo el 2.5% es agua dulce apta para el consumo de los seres vivos. El agua dulce se la encuentra en los glaciares, nieve y hielo de los cascos polares en un 80%, en el agua subterránea en un 19% y tan solo el 1% en el agua de superficie de libre acceso.

El agua se caracteriza por ser un recurso renovable finito, al año se estima que se evaporan 505 000 km³ de agua en los océanos, la mayor parte de esta agua se precipita sobre los océanos, no pudiendo utilizarse fácilmente para consumo de los seres vivos. (Cirelli, 2012)

2.1.2 El agua en el mundo

En la Tierra el agua es fundamental para la vida; para que los ecosistemas y los humanos puedan desarrollarse el agua debe estar limpia, permanecer limpia y lo principal debe abastecer a todos.

Alrededor de 2.500 millones de los seres humanos no poseen un adecuado un sistema sanitario, 884 millones de personas, la mayoría del continente africano, no tienen acceso al agua potable. Aproximadamente 1.5 millones de niños menores a cinco años mueren por enfermedades transmitidas por el agua en un año.

El motivo por el que las familias disminuyen las posibilidades de educar a sus hijos es debido a las enfermedades vinculadas al agua y el problema económico que acarrear. (Bokova, 2010).

2.1.3 Desperdicio del agua

El mayor consumidor de agua en el mundo es la irrigación: alrededor de 69% (lo que corresponde unos 483 m³ por persona al año), la industria le sigue con un 23% igual a 161m³ persona/año y tan solo un 8% es para uso doméstico del agua dulce, lo que equivale 56m³/persona/año.

Se estima que se invierte en proyectos relacionados con el uso del agua: 15 billones en proyectos hidroeléctricos, 25 billones millones en proyectos sanitarios y otros 25 billones en irrigación y drenaje, el 90% de estas inversiones son provenientes de recursos internos y especialmente del sector público, con frecuencia a través de préstamos internacionales; estas inversiones representan alrededor del 15 % de los gastos del sector público a nivel mundial (Toledo, 2002)

2.2 Redes Hidráulicas de Distribución

Es la agrupación de tuberías, accesorios y estructuras que se instalan con el objetivo de transportar el agua desde un reservorio hasta los domicilios o piletas públicas.

2.2.1 Descripción de los componentes de las redes

2.2.1.1 Fluido

Es una sustancia que no es apta para resistir fuerzas o esfuerzos de corte sin desplazarse. Los fluidos son gases y líquidos, los líquidos se caracterizan debido a que están sometidas a fuerzas intermoleculares que lo mantienen junto de tal manera que el volumen no varía

pero no su forma, además su densidad depende de su temperatura y presión.

2.2.1.2 Presión en un fluido

La presión en un fluido en reposo por unidad de área (Esfuerzo Normal) que actúa sobre una superficie sumergida en un fluido se la conoce como fuerza de compresión normal.

2.2.1.3 Viscosidad, Fricción y Flujo ideal

La viscosidad es la propiedad causante de fricción en los fluidos.

Es ideal el fluido si la fricción es despreciable.

Los motivos por los que la fricción puede ocasionarse son debido a la viscosidad o turbulencia.

Cuando el fluido se encuentra en movimiento la viscosidad se convierte en una medida de resistencia del fluido al corte.

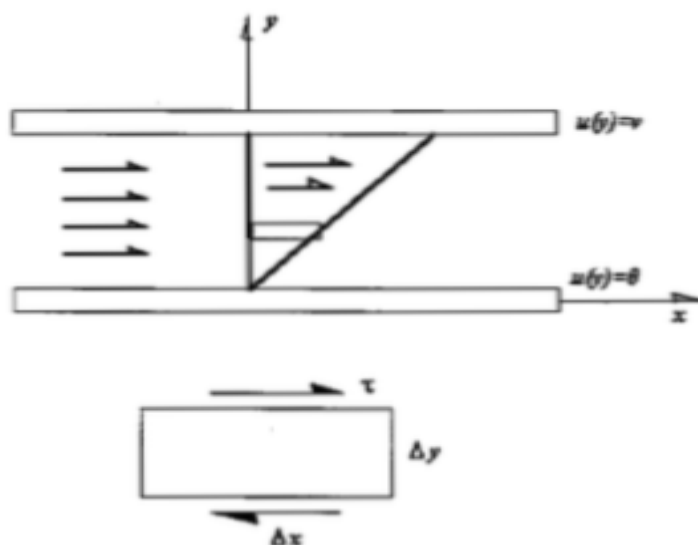


Figura 2.1 Características del fluido
Elaborado: Bustamante, J., Ramos, P., 2017

2.2.1.4 Tipos de flujos

Dependiendo de la velocidad y tamaño del conducto para que un fluido tenga un flujo laminar o turbulento.

Por esta razón, para que los flujos presenten un comportamiento de acuerdo al modelo utilizado es importante mantener velocidades máximas y mínimas en la red.

2.2.1.4.1 Flujo Laminar

El fluido se desplaza en láminas o capas.

2.2.1.4.2 Flujo Turbulento

Las componentes de velocidad tienen variaciones turbulentas al azar que se superan sobre sus medias.

2.2.1.5 Efecto Tensión Superficial

El término tensión superficial es usado ampliamente para identificar el esfuerzo aparente que aparece en la capa superficial de un líquido.

Este parámetro depende del tipo de material conductor y el modelo utilizado.

2.2.1.6 Topología de red

Es la repartición física de la red, la cual consta de elementos como: nudos y líneas.

2.2.1.7 Nudos

Son puntos establecidos en la red, los cuales se caracterizan por ser intersección de líneas o extremos.

Se los puede clasificar como: nudos de consumo, nudos fuente, nudos de conexión.

Si los datos del caudal en el modelo son conocidos se llamarán Nudos de Caudal, de la misma manera si los datos de altura piezométrica son conocidos se llamarán Nudos de Presión.

2.2.1.8 Líneas

Los elementos que disipan la energía en la red serán representados por líneas, las cuales pueden simbolizar: tuberías, válvulas de regulación de presión, estas últimas son consideradas como elementos pasivos, mientras que las bombas que suministran energía al fluido son consideradas como elementos activos.

Posteriormente se considerará como línea a un segmento de la red que no tiene ramificaciones y transporta un caudal constante.

2.2.1.9 Orden de conectividad en un nudo

Es la cantidad de líneas que se encuentran conectadas al nudo menos uno.

2.2.1.10 Tubería

Es un fragmento de la línea que conserva características físicas constantes como es su diámetro interno, y los elementos de rugosidad.

2.2.1.11 Trayecto

Es una secuencia de líneas conectadas entre sí y que no crean ramificaciones.

2.2.1.12 Malla básica

Si la malla no se superpone a otras mallas se la conoce como básica, y si atraviesa dos o más mallas es denominada no básica.

2.2.2 Operación

La manera de distribuir el agua en cantidad y la presión determinada en el diseño del sistema es conocida como operación de la red de distribución. Además, es la intervención permanente en las tuberías, válvulas y conexiones domiciliarias existentes.

2.2.3 Mantenimiento

Es la ocupación fija en las tuberías, válvulas y conexiones domiciliarias existentes.

El mantenimiento deberá ser ejecutado en los siguientes criterios:

- Aspectos de las redes
- Condiciones de las válvulas
- Volúmenes
- Presiones

2.3 Tuberías

Para el transporte de agua a presión las tuberías utilizadas se las fabrica en diferentes materiales. Para seleccionar el material más adecuado en tuberías que transportan agua se debe considerar ciertos factores tales como: características del agua, capacidad de carga, vida útil, características del suelo, presión, rugosidad relativa, economía del proyecto y las comodidades de transporte e instalación.

Los materiales más usuales de las tuberías a presión son:

2.3.1 Plástico

Son resistentes a la corrosión, livianas, de fácil manejo, de baja rugosidad relativa, se acoplan con facilidad a las condiciones del terreno y tienen gran resistencia a cargas externas, se las fabrican en polivinilo de cloruro (PVC), poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP) o polietileno de alta densidad (PE).

2.3.2 Hierro

Son tuberías fabricadas en hierro fundido (HF) o hierro dúctil (HD). Es un material duradero y puede llegar a cumplir los 100 años de vida útil. En el interior pueden aparecer residuos de óxido que reducen la sección hidráulica e incrementan la rugosidad. Por esta causa, algunas tuberías de hierro son revestidas con cemento o material graso.

2.3.3 Concreto

Para el caso de presiones bajas se las puede fabricar sin refuerzo de acero, pero en la mayoría de los casos son reforzadas de varillas de acero y revestida por mortero de cemento (CCP) externa e internamente, tiene gran capacidad de resistencia a la presión interna y cargas externas su vida útil puede llegar a los 75 años.

2.3.4 Asbesto-Cemento

Tubería con una superficie interna muy lisa debido que está compuesta por cemento Portland y fibra de asbesto (AC), que es un material estable, aunque frágil y se deteriora en presencia de suelos ácidos, debido al efecto cancerígeno que produce la fibra de asbesto su uso ha disminuido.

2.3.5 Acero

Es un material que resiste altas presiones y es relativamente liviano, su vida útil puede rebasar los 50 años. Esta tubería está expuesta externamente por suelos ácidos o alcalinos.

2.4 Válvulas

A continuación se hace una explicación del tipo de válvulas que pueden ser utilizadas en las redes:

2.4.1 Válvulas reguladoras de caudal

Este tipo de válvula restringe el caudal que pasa a través de ella a un máximo valor. Corresponde ser una válvula de tipo mariposa. Este tipo de tubería previene que la presión aguas arriba descienda por debajo de un valor crítico, por lo que se puede emplear para que regule la presión aguas arriba.

2.4.2 Válvulas reguladoras de presión

Son válvulas que controlan y permiten estabilizar la presión aguas debajo de la misma, en donde la pérdida introducida es controlada e independiente del caudal que pasa a través de ella. Se utilizan en los casos que se causaría una presión excesiva aguas abajo.

2.4.3 Válvulas ventosas

Para retirar el aire incorporado deben ser instaladas en todos los puntos altos de la red. Pueden ser de acción simple o doble. Por lo general el diámetro de las válvulas en las redes menores es de 1 a 2 pulgadas.

2.4.4 Válvulas purga

Para descargar al sistema de alcantarillado se las deben colocar en todos los puntos bajos de la red. En tuberías principales, el diámetro de la depuración se determina de acuerdo con el tiempo de vaciado de la tubería especificado.

2.4.5 Válvulas de corte

Sirven para separar sectores en caso de que haya rotura de tuberías o de incendios y seguir abasteciendo agua al resto de la población, denominadas también de mariposa o compuerta.

2.4.6 Válvulas de alivio

Son válvulas que cuando superan una determinada presión son abiertas, disminuyendo de esta manera la presión y descargando el agua al sistema de alcantarillado o drenaje natural. Son utilizadas para reducir la presión por una inadecuada operación en el sistema o por golpe de ariete.

2.4.7 Válvulas de paso directo

Son colocadas en las tuberías aguas debajo de una bomba y permiten el paso de agua en un solo sentido.

2.4.8 Hidrantes

Es un accesorio que sirve para obtener el caudal de agua a una requerida presión, con el fin de calmar un incendio. Para aislarlo de la red de distribución cada hidrante lleva una válvula de corte.

Generalmente, la máxima distancia entre hidrantes es de 300 m y el diámetro mínimo del hidrante es de 3".

2.5 Válvulas Especiales

Existen una gran variedad de válvulas con características especiales, de las cuales se destacarán cuatro tipos, que debido a sus características pueden intervenir en el análisis en régimen permanente de la red:

válvula de retención (VR), válvula reductora de presión (VRP), válvula sostenedora de presión (VSP) y válvula limitadora de caudal (VLQ).

2.5.1 Válvula limitadora de caudal

Este tipo de válvula automática permite controlar de forma directa el caudal que la atraviesa, impidiendo que supere un valor conocido.

Al igual que las válvulas anteriores, se trata de un elemento que trabaja en una sola dirección el cual no admite el flujo en sentido contrario al previsto. Así, el caudal cambiado por la VLQ que depende de las presiones del sistema puede variar entre 0 y el valor de seguridad.

En el instante en que el caudal alcanza el valor de seguridad, la VLQ funciona en modo activo, de manera que mantiene el valor del caudal manteniendo una pérdida de carga variable.

2.5.2 Válvula reductora de presión

Es un elemento que está diseñado para mantener en su extremo situado aguas abajo una presión determinada, sin depender aguas arriba de la magnitud de la presión, y tiene el objetivo de evitar elevadas presiones que se pueden alcanzar debido a las depresiones del terreno en algunos puntos de la red, cercanía de la estación de bombeo u otras causas.

Las VRP también son empleadas para controlar desde varios puntos de la red el caudal suministrado, en función del nivel de la demanda existente, de tal manera que la VRP trabaja hasta que la presión se reduzca por debajo de su nivel crítico como válvula de retención.

2.5.3 Válvulas de retención

Son elementos que trabajan en una sola dirección permitiendo el paso del fluido en un sentido. Su función principal radica en evitar el flujo en sentido contrario al establecido.

La VR protegen las instalaciones en algún determinado punto, direccionando el flujo en un solo sentido, por ejemplo, para evitar el vaciado de una tubería, y de una bomba.

2.5.4 Válvula sostenedora de presión

Es una válvula automática destinada para conservar la presión mínima en su extremo situado aguas arriba. Su objetivo es evitar que en algún punto de la red la presión descienda por debajo de un nivel predeterminado.

La VSP únicamente permite el paso del caudal si la presión en el extremo aguas arriba supera el límite preestablecido, de otro modo,

se cierra, obstaculizando el caudal para mantener la presión aguas arriba.

Cuando en una red de distribución existen grandes desniveles puede ocurrir que debido a una fuerte demanda en zonas de cota baja las zonas elevadas queden desabastecida; en esta circunstancia, VSP permite restringir el caudal suministrado hacia las zonas bajas siempre y cuando no se mantenga en las zonas altas una presión mínima.

2.6 Leyes Físicas Aplicadas

2.6.1 Principio de conservación de la energía

“Si la presión y velocidad son uniformes en cualquier sección transversal de la conducción del fluido entonces la energía total del fluido se mantiene constante”.

Ecuación de Bernoulli: $z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = cte$ ecuación 2.1

(z) **Energía Potencial.**- También se la conoce como **altura de presión**, usualmente es considerado el valor de la presión manométrica, de tal manera que la presión atmosférica adquiere el valor de cero.

$\left(\frac{P}{\gamma}\right)$ **Energía de presión del fluido.**- También conocida como **altura de presión**, normalmente el valor de la presión manométrica es

considerado, de tal modo que la presión atmosférica toma el valor de cero.

$\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ **Energía Cinética.**- También se la llama **altura cinética**, y es la energía específica del fluido.

En dos secciones: sección 1 y sección 2, por un aporte de energía en la conducción se tiene pérdidas por fricción, entonces la ecuación de Bernoulli será:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{12} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

h_{12} Es la variación de energía es decir:

$$h_{12} = E_1 - E_2$$

Se aprecia que:

- Si $h_{12} < 0$ existe contribución de energía, es decir existe mayor energía la sección 2.
- Si $h_{12} > 0$ la energía en la sección 2 es menor, es decir existe pérdida de energía.

2.7 Pérdidas de Cargas (h_{12})

2.7.1 Generalidad de la pérdida de carga

Hay dos tipos de pérdidas de cargas:

- Pérdidas de cargas continuas o por fricción (h_f)
- Pérdidas de cargas localizadas o menores (h_m)

2.7.2 Pérdida de carga unitaria o pendiente hidráulica

Es la pérdida de carga debido a la fricción en una unidad de longitud.

2.7.3 Red mallada en régimen permanente

En esta red mallada predomina el flujo del fluido constante y permanente, por lo que la demanda es desconocida o incierta este régimen en realidad no existe, solo si son considerados tramos pequeños este argumento es muy válido y los cálculos se simplifican.

A continuación se presenta las aproximaciones más frecuentes para el cálculo de la pérdida de carga en una línea (Tubería) en término de los materiales que la componen.

2.8 Pérdida de Carga en una línea según Chezy

Relaciona la pérdida de carga en función del caudal, a continuación se detalla el procedimiento:

Se parte de la ecuación principal de Chezy de la velocidad que existe en un fluido de una tubería a presión.

$$v = C * \sqrt{JR_h} \text{ Ecuación 2.3}$$

Donde C es un coeficiente experimental de ajuste que depende del diámetro, material y velocidad en la tubería.

Además se sabe que: $R_h = \frac{A}{P}$ donde el área de la tubería y el perímetro se determina bajo la hipótesis que la tubería sea redonda por lo tanto:

$$R_h = \frac{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2}{\pi D} = \frac{D}{4} \text{ Ecuación 2.4}$$

Con esta última ecuación y $J = \frac{h_f}{L}$

Se tiene:

$$v = C\sqrt{JR_h} = C\sqrt{\frac{h_f D}{L} \frac{D}{4}} \text{ Ecuación 2.5}$$

Se obtiene despejando la pérdida de C:

$$h_f = \frac{4v^2 L}{C^2 D} \text{ Ecuación 2.6}$$

La definición del caudal

$$Q = Av = \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 v \text{ Ecuación 2.7}$$

Se tiene que la velocidad es:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \text{ Ecuación 2.8}$$

Por tanto obtenemos como resultado:

$$h_f = \frac{4\left(\frac{4Q}{\pi D^2}\right)^2 L}{C^2 D} \text{ Ecuación 2.9}$$

$$h_f = \frac{64Q^2 L}{C^2 \pi^2 D^5} \text{ Ecuación 2.10}$$

2.9 Pérdida de Carga en una línea según Darcy-Weisbach

La siguiente relación se la conoce como ecuación de Darcy-Weisbach, la misma que depende de un factor f al cual se lo llamará **factor de fricción**, y este a su vez depende del número de Reynolds y la rugosidad relativa

$$h_f = \left(\frac{8fL}{\pi^2 g D^5} \right) Q^2 \text{ Ecuación 2.11}$$

La expresión ecuación 2.11 debido a que el factor f es adimensional esta ecuación es la más utilizada, y por esto analizará este factor y las formas de calcularlo y obtenerlo.

2.10 Factor de Fricción (f)

Hazen-Williams, al reemplazar el factor de fricción de Darcy-Weisbach en la ecuación 2.11 obtienen:

$$Q = 0,2785CD^{2,63}J^{0,54} \text{ Ecuación 2.12}$$

De donde se puede obtener la pérdida unitaria de carga total J

Von Karman-Prandtl (1930), proponen al factor de fricción en una expresión en forma implícita

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7D} \right) \text{ Ecuación 2.13}$$

Y es útil para tubos rugosos en régimen turbulento.

Nikuradse y Poiseuille, plantean para tuberías rugosas que se encuentran con flujo laminar la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{Re}; Re \leq 2000 \text{ Ecuación 2.14}$$

Colebrook-White, proponen para tuberías comerciales una relación del factor de fricción aplicable:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon_r}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \text{ Ecuación 2.15}$$

Se necesita de métodos iterativos para las expresiones anteriores para calcular el factor de fricción, por ello varios autores proponen calcular el factor de fricción en **explícitas** expresiones, entre estas tenemos:

Moody

$$f = 0,0055 \left[1 + \left(20000 \varepsilon_r + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right] \text{ Ecuación 2.16}$$

$$4 \times 10^3 \leq Re \leq 10^7$$

$$\varepsilon_r \leq 0,001$$

Con un error de 5%

Barr

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{5,1286}{Re^{0,89}} + \frac{\varepsilon_r}{3,7} \right) \text{ Ecuación 2.17}$$

Swamee y Jain

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{5,74}{Re^{0,9}} + \frac{\varepsilon_r}{3,7} \right) \right]^2} \text{ Ecuación 2.18}$$

Con una precisión de $\pm 1\%$, en el intervalo de valores:

$$5 \times 10^3 \leq Re \leq 10^8 \text{ y } 10^{-6} \leq \varepsilon_r \leq 10^{-2}$$

Churchill

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{7}{Re} \right)^{0,9} + \frac{\varepsilon_r}{3,7} \right] \text{ Ecuación 2.19}$$

Con una precisión de $\pm 0,58\%$, en el intervalo de valores:

$$4 \times 10^3 \leq Re \leq 10^8 \text{ y } 0 \leq \varepsilon_r \leq 0,05$$

Haaland

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log_{10} \left[\left(\frac{\varepsilon_r}{3,7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \text{ Ecuación 2.20}$$

Con una precisión de $\pm 0,33\%$, en el intervalo de valores:

$$4 \times 10^3 \leq Re \leq 10^8 \text{ y } 0 \leq \varepsilon_r \leq 0,05$$

Chen

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\left(\frac{4,52}{Re} \right) \log_{10} \left(\frac{Re}{7} \right) + \frac{\varepsilon_r}{3,7} \right] \text{ Ecuación 2.21}$$

Con una precisión de $\pm 0,33\%$, en el intervalo de valores:

$$4 \times 10^3 \leq Re \leq 10^8 \text{ y } 0 \leq \varepsilon_r \leq 0,05$$

2.11 Leyes de Kirchoff

2.11.1 Primera Ley de Kirchoff “Conservación de Masa”

En un nudo la suma neta de todos los caudales que fluyen a este debe ser nula. Se debe tener en cuenta los signos, es decir se considera positivo cuando sale del nudo y negativo cuando ingresa.

$$\sum_{j \in A_i} q_{ij} = Q_i; \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, N \text{ Ecuación 2.22}$$

q_{ij} Caudales que salen del nudo i al nudo j

$A_i = \{(i,j) \text{ arco}; \forall j = 1, \dots, N\}$ Conjunto de arcos que salen del nudo i y arcos que llegan al nudo i .

Además: $q_{ij} = -q_{ji}$

Se puede interpretar de la siguiente forma:

Si $q_{ij} > 0$, significa que el caudal está en dirección desde el nudo i al nudo j .

Si $q_{ij} < 0$, significa que el caudal está en dirección desde el nudo j al nudo i .

Ejemplo:

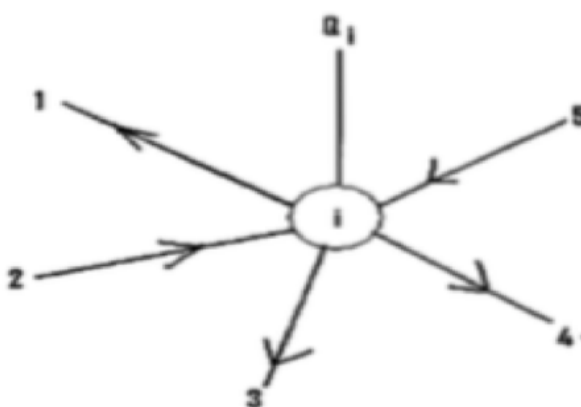


Figura 2.2 Primera Ley de Kirchoff
Elaborado: Bustamante, J., Ramos, P., 2017

$$Q_i = q_{i1} + q_{i2} + q_{i3} + q_{i4} + q_{i5}$$

Donde:

q_{i1}, q_{i3}, q_{i4} Positivos

q_{2i}, q_{5i} Negativos

La suma de caudales externos: $\sum_{i=1}^N Q_i = 0$ ecuación 2.23

2.11.2 Segunda Ley de Kirchoff “Conservación de Energía”

A lo largo de la malla la suma algebraica de las pérdidas de cargas es igual a cero. Se debe considerar un criterio de signos para la dirección de los caudales.

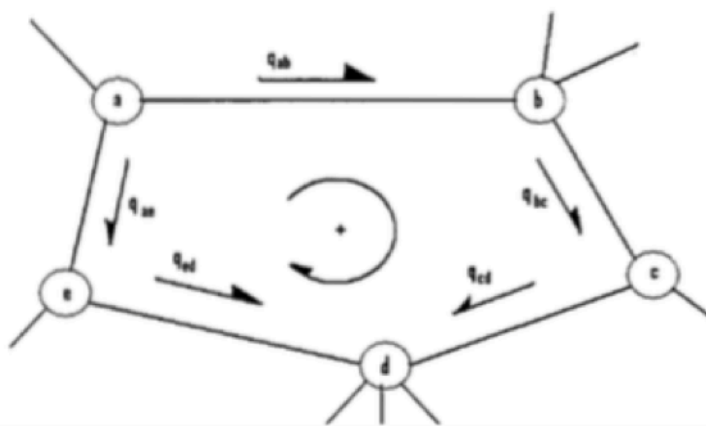


Figura 2.3 Segunda Ley de Kirchoff
Elaborado: Bustamante, J., Ramos, P., 2017

$$h_{ab} + h_{bc} + h_{cd} - h_{ed} - h_{ae} = 0$$

$$\sum_{(i,j) \in B_k} h_{ij} (\pm 1)_{ij} = 0 \text{ Ecuación 2.24}$$

Donde B_k es el conjunto de todos los arcos de la malla.

2.12 Epanet

2.12.1 Descripción

EPANET es un programa de computador que realiza representaciones en períodos extendidos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de abastecimiento a presión. Una red puede estar compuesta por nudos, tuberías, válvulas, bombas y depósitos de almacenamiento o embalses.

EPANET diagnostica la cantidad de los caudales que pasan a través de las tuberías, las presiones existentes en los nudos, los niveles que se suministran en los depósitos, y la concentración que se encuentran presentes en el agua de especies químicas dentro de la red, a lo largo del período en múltiples intervalos de tiempo. A parte de analizar la concentración de las distintas especies químicas, puede también estimar la permanencia del agua a través del tiempo de permanencia dentro de la red y analizar el origen de las diversas fuentes de abastecimiento.

EPANET se ha implantado como una herramienta de investigación para mejorar nuestro conocimiento sobre el avance y destino final de las diversas sustancias transportadas por el agua, mientras ésta discurre por la red de distribución. Entre sus diferentes aplicaciones puede citarse el diseño de programas de muestro, la calibración de un modelo hidráulico, el análisis del

cloro residual, o la evaluación de las dosis totales suministradas a un abonado. EPANET puede resultar también de ayuda para evaluar diferentes estrategias de gestión dirigidas a mejorar la calidad del agua a lo largo del sistema. Entre estas pueden citarse:

- Alternar la toma de agua desde diversas fuentes de suministro
- Modificar el régimen de bombeo, o de llenado y vaciado de los depósitos
- Implantar estaciones de tratamiento secundarias, tales como estaciones de cloración o depósitos intermedios
- Establecer planes de limpieza y reposición de tuberías

EPANET proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre estos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de isolíneas.

2.12.2 Capacidades para la confección de modelos hidráulicos

Dos de los requisitos fundamentales para poder construir con garantías un modelo de la calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning, considerando Darcy-Weisbach en este proyecto.
- Consta de pérdidas menores (accesorios)
- Definir sus costes, al igual que el consumo energético
- Tener la libertad de elegir varios tipos de válvulas, como válvulas de retención, válvulas de corte y reguladoras de caudal
- Se pueden admitir diferentes demandas en los nudos, cada uno con su respectiva curva de modulación en el tiempo
- Aquel caudal que depende de la presión (rociadores), se logra modelando tomas de agua

- Aprueba leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas y leyes simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por temporizador

2.12.3 Capacidades para la confección de modelos de calidad de agua

EPANET, brinda prestaciones con el propósito de lograr confección de modelos de calidad tales como son:

- Realiza una simulación del desplazamiento por toda la red de trazadores no reactivos durante todo el tiempo
- Realiza una simulación acerca del avance y disposición final de las sustancias reactivas cuya concentración o bien decrece o crece en el tiempo
- Realiza una simulación del tiempo de constancia del agua mientras la red discurre
- Permite seguir la evolución en el tiempo de la fracción de caudal que llega a cada nudo de la red procedente de un nudo determinado (análisis de procedencias)
- Realiza la simulación de las reacciones que se presentan en las paredes de las tuberías y también en el seno del agua

- Admite trabajar con cinéticas de orden n y así, modelar las reacciones en el seno del agua
- Analiza en las paredes de las tuberías cinéticas de orden cero o de primer orden para modelar las reacciones
- Toma en cuenta las limitaciones en las paredes de las tuberías, el traslado de masa al modelar las reacciones
- Las reacciones de crecimiento o decrecimiento de la concentración de una sustancia es permitido hasta conseguir un valor límite
- La posibilidad para determinadas tuberías a través de coeficientes de reacción globales para toda la red, y modificar estos posteriormente
- Los coeficientes de velocidad de reacción en la pared de las tuberías con su respectiva rugosidad son admitidos
- En cualquier punto de la red de un caudal másico o de concentración específica es permitida la inyección en, variable en el tiempo
- Mediante un modelo de pistón, o como un reactor de dos compartimentos se logra simular como una mezcla homogénea la evolución de la calidad del agua en los depósitos

EPANET admite estudiar fenómenos relacionados con la calidad del agua tales como:

- El envejecimiento del agua mientras discurre por la red
- La pérdida de cloro residual
- La unión del agua de diversas fuentes
- El aumento de los subproductos derivados de la cloración
- Tras la intrusión de un contaminante en la red, tener el historial del avance

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Para conocer y establecer con mayor claridad las elevación sobre el nivel del mar y el desnivel que existe entre los lugares como: La captación de la planta “Bellavista”, Represa “Agua Clara” y La planta de tratamiento de agua potable “La Lolita”, se contó con la ayuda del navegador GARMIN G2, de donde se obtuvieron las siguientes coordenadas UTM WGS 84 que se muestran a continuación en la tabla...:

Tabla I. Coordenadas de las zonas de estudio

LUGAR	COORDENADA X	COORDENADA Y	ELEVACION MSNM
Río Limón - Captación	708398	9762141	577
Planta de tratamiento "Bellavista"	706776	9756831	332
Represa Agua Clara	708321	9756439	327
Planta de tratamiento "La Lolita"	701659	9757914	225

Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

A continuación se aprecia los desniveles que existen los cuales se detallan en la tabla II:

Tabla II.Desniveles entre las zonas analizadas

Lugares	Desnivel (m)
Captación Río Limón- Planta "Bellavista"	245
Represa "Agua Clara"- Planta "Lolita"	102

Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

En el gráfico 3.1 se muestran los lugares descritos anteriormente con sus respectivas alturas sobre el nivel del mar.

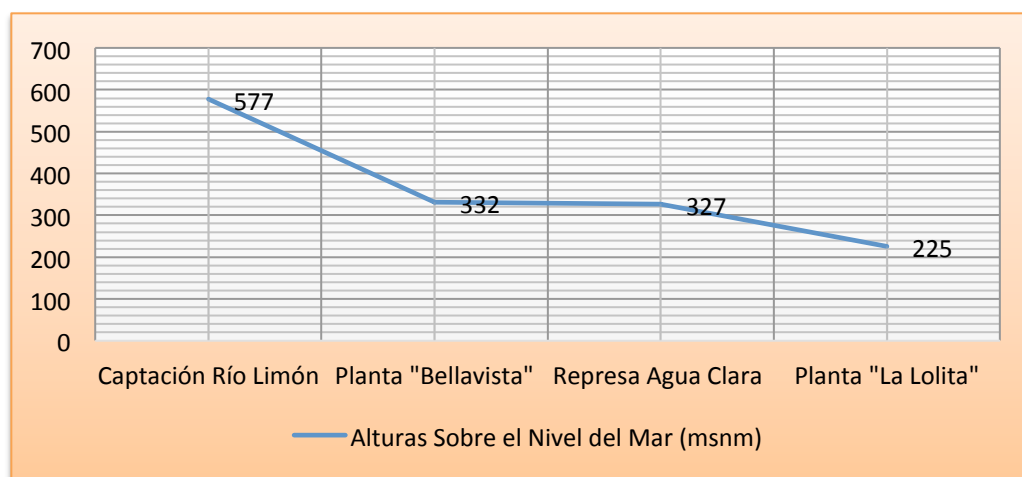


Figura 3.1 Elevaciones en las distintas zonas de estudio

Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

Al no poseer información necesaria para verificar si la planta de agua potable estaba diseñada para la cantidad actual de habitantes en el cantón, se realizó los cálculos que se muestran a continuación:

Una vez cerrada las válvulas de entrada, se determinó el volumen del tanque de almacenamiento considerando la altura que desciende el agua.

Dimensiones del tanque = 20m x 20m x 3m

Volumen a la altura descendida por el agua = $(20)(20)(0.27) = 108 \text{ m}^3$

Caudal en el tiempo que descendió el agua = $108\text{m}^3/0.5\text{h} = 216 \text{ m}^3/\text{h} = 5184000 \text{ l/día}$

Finalmente para estimar la cantidad de habitantes a la que fue diseñada la planta se escoge una dotación recomendada de 220 l/hab/día de acuerdo la Tabla III.

Hab = $(5184000 \text{ l/día})/(220 \text{ l/hab/día}) \approx 23563\text{hab}$

Al tratarse de una población que se encuentra entre los 5000 a 50000.Habitantes el Código Ecuatoriano de la Construcción CPE INEN 5 Parte 9.1:1.992 recomienda que se base en ciertas condiciones particulares de la población como es el clima, para que se estime el consumo de agua.

Tabla III. Dotaciones recomendadas

Población (Habitantes)	Clima	Dotación Media Futura l/hab/día
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción, 1992

A continuación se detallan la vida útil de las partes que conforman un sistema en la Tabla IV.

Tabla IV. Vida útil de elementos de agua potable

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción, 1992

En la Tabla V. Se muestran los valores de rugosidad para los distintos materiales que la herramienta EPANET utiliza

Tabla V. Coeficiente de rugosidad según Hazen-Williams

Material	Hazen-Williams C (adimensional)
Hierro Colado	130-140
Hormigón o Revestido de Hormigón	120-140
Hierro galvanizado	120
Plástico	140-150
Acero	140-150
Arcilla Vitrificada	110

Fuente: Grupo Multidisciplinar de Modelación de fluidos

Una vez que se haya analizado los parámetros que se necesitan para el uso de la herramienta EPANET, a continuación se describe el procedimiento a seguir para el ingreso de los datos en el software.

Para el análisis de una red EPANET basa su cálculo en el método iterativo de Hardy Cross y para el cálculo de pérdidas de cargas uno de los métodos que se va a utilizar es el de Hazen-Williams.

A continuación en la figura 3.2 se muestra la interfaz que muestra el programa.



Figura 3.2 Interfaz del programa EPANET
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

- En la Figura 3.3 se muestra los parámetros de diseño a utilizar en el software

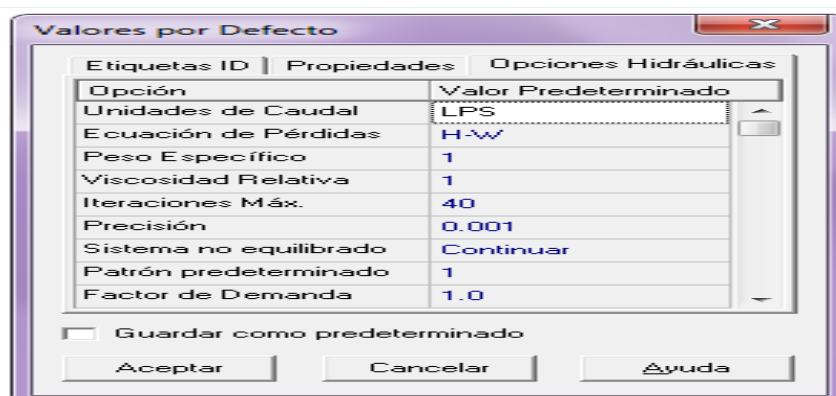


Figura 3.3 Opciones hidráulicas en EPANET
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

- A continuación en la figura 3.4 se indica el perfil longitudinal de las cotas que fueron ingresadas en el programa.

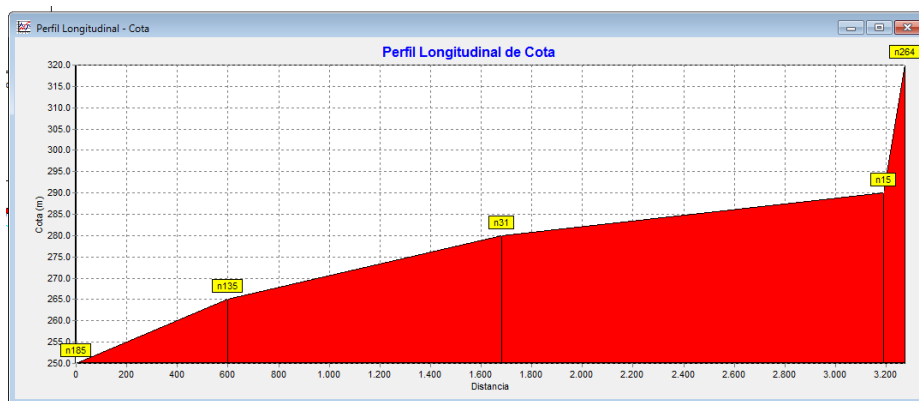


Figura 3.4 Cotas en EPANET
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

- El programa también muestra en forma tabular las características de las tuberías como se indica en la figura 3.5.

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad
Tubería p2	67.73	200	140
Tubería p3	94.92	200	140
Tubería p4	67.68	200	140
Tubería p5	93.27	200	140
Tubería p6	43.34	200	140
Tubería p7	16.32	200	140
Tubería p8	31.51	200	140
Tubería p10	62.74	200	140
Tubería p11	56.61	200	140
Tubería p12	37.93	200	140
Tubería p13	28.10	200	140
Tubería p14	18.30	200	140
Tubería p15	34.12	200	140
Tubería p16	99.57	200	140
Tubería p17	135.6	200	140

Figura 3.5 Características de tuberías en EPANET
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

- La herramienta nos indica la cantidad que se ha utilizado de los diferentes elementos en EPANET como se muestra en la Figura 3.6

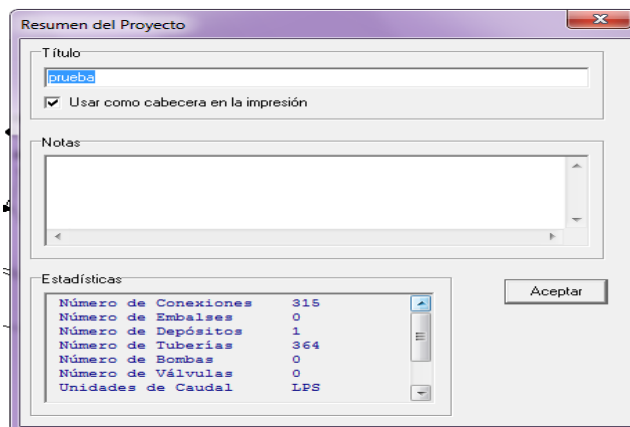


Figura 3.6 Resumen en EPANET
Elaborado: Chong, J., Romero, S., 2017

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de que se eligió el tema y se conocía la problemática en el cantón General Antonio Elizalde (Bucay) se planteó tres hipótesis: La primera fue diseñar otra planta para que funcione paralelamente a la existente, la segunda opción que se tuvo fue el diseño de una planta en sector de Agua Clara y la última alternativa fue colocar una bomba de agua en el sector La lolita.

Finalmente se decidió implantar una red de agua para los lugares que no son abastecidos por la planta de agua potable existente, debido a los resultados obtenidos

- El número de habitantes para la cual fue diseñada la planta es para 23 563 aproximadamente.
- Si se utiliza una red de agua potable de hierro dúctil la vida útil de ésta será de 40 a 50 años.
- La red de agua potable que utilice PVC tendrá una vida útil de 20 a 25 años.
- Debido a que se trabajó con distintos materiales en EPANET se utilizó diferentes tipos de valores para el coeficiente de rugosidad: 120 (Hormigón o revestido de hormigón), 140 (plástico) y 145 (acero).

- El desnivel entre el punto más alto, que la planta de agua potable “Bellavista”, y el punto más bajo de la red es de aproximadamente de 82 m.
- El número de conexiones que se utilizó fueron 315 y el número de y el número de tuberías que se utilizó fueron 364.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Debido a que no se encontraron los datos necesarios para determinar si la planta estaba bien diseñada, se debió realizar un relevamiento del tanque de distribución de agua potable para saber el volumen de almacenamiento del tanque.

Con el caudal calculado en un tiempo de 0.5 horas se pudo determinar el número de habitantes para el cual fue diseñada la planta de agua potable

Se escogió una dotación de 220 l/hab/día debido a las condiciones climáticas del cantón General Antonio Elizalde (Bucay).

Con el caudal obtenido y la dotación escogida se calculó que la planta de agua potable fue diseñada para 23 563 habitantes aproximadamente, y de acuerdo al último censo realizado el cantón General Antonio Elizalde tiene solo 10 642 habitantes, lo que implica que se encuentra bien diseñada de acuerdo a sus dimensiones.

Entre los tres materiales analizados se escogió el PVC, debido a que son tuberías livianas, de fácil manejo al momento de instalarlas, tienen gran resistencia a cargas externas, de baja rugosidad relativa y se acoplan con facilidad a las condiciones del terreno.

En la implantación de la red de agua potable se usaron 315 conexiones y 364 tuberías de 200 mm de diámetro.

RECOMENDACIONES

Se debe analizar de una manera adecuada la topografía del sitio o lugar en donde se va a instalar una red de agua potable para verificar el desnivel que existe, entre puntos internos.

Si se utiliza un navegador se debe tener presente el error de fábrica para tener precaución al momento de marcar un punto.

En una determinada zona se debe analizar de una manera correcta el clima de ese lugar con el propósito de escoger una adecuada dotación que permita el cálculo del número de habitantes a la que fue diseñada la planta.

Se debe escoger el material idóneo, dependiendo de sus características para el buen funcionamiento de la red.

ANEXOS

ANEXO A
PLANTA DE AGUA POTABLE “BELLAVISTA”







BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Bokova, I. (2010). Agua limpia para un mundo sano. Elementalwatson “la” revista, 5.

Bustamante, J., Ramos, P. 2007. Modelo Operativo y Estratégico de Toma de Decisiones Para la Planificación de la Red de Agua Potable de la Ciudad de Durán (Tesis de maestría). ESPOL, Guayaquil.

Cirelli, A. F. (2012). El agua: un recurso esencial, Revista Química Viva, 147-170.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Código de práctica ecuatoriano (C.P.E. INEN Parte 9.1:1992). Quito-Ecuador.

Rossmann, L. EPANET 2 MANUAL DEL USUARIO (Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos Universidad Politécnica de Valencia, trad).

Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. Gaceta Ecológica, 9-18.