

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Análisis de la situación actual y solución para mejorar la red de abastecimiento y distribución del agua potable del cantón Caluma”

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero civil**

Presentado por:

Jaime Daniel Castro San Lucas  
Roddy Estefano Rizzo Verdesoto

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

## **DEDICATORIA**

Dedicado primero a Dios por estar siempre guiándome y llenándome de bendiciones, de igual manera a mis padres; Víctor Rizzo Palma y Margarita Verdesoto Sánchez y a mis hermanos quienes supieron formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante y a esforzarme para poder cumplir esta meta.

**Roddy Estefano Rizzo Verdesoto**

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres, Jaime Castro Mendoza y Cecilia San Lucas Macías, a mis queridos hermanos, Javier, Pamela y Aníbal, siendo todos ellos juntos ese pilar fundamental de confianza y motivación a lo largo de mi formación académica

**Jaime Daniel Castro San Lucas**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por brindarme salud y constancia para no rendirme; a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este y me motivaron constantemente para cumplir mis metas.

Al Ph.D Miguel Ángel Chávez, Tutor general de este proyecto, junto con el M.S.c Xavier Zambrano, Tutor de la materia y el M.S.c Eduardo Santos, Tutor de presupuesto, los cuales me guiaron con constancia y dedicación para realizar este proyecto.

**Roddy Estefano Rizzo Verdesoto**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a Dios por concederme salud y conocimiento para poder cumplir con mis metas; a mi amada familia que siempre estuvieron con perseverancia y constancia, brindándome apoyo emocional, moral y económico; a mis amigos y compañeros que sin duda alguna formaron un complemento invaluable a lo largo de mi formación académica.

Al Ph.D Miguel Ángel Chávez, Tutor general de este proyecto, junto con el Ing. Xavier Zambrano, Tutor de la materia, que juntos impartimos una constante dedicación y esfuerzo para el desarrollo de este proyecto.

**Jaime Daniel Castro San Lucas**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jaime Castro San Lucas, Roddy Rizzo Verdesoto* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Jaime Castro San Lucas

Roddy Rizzo Verdesoto

# EVALUADORES

---

**PhD Miguel Ángel Chavez**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Ing. Xavier Zambrano**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto de materia integradora fue elaborado con el fin de analizar la situación actual y dar una solución para mejorar la red de distribución de agua potable del Cantón Caluma, ya que en varios sectores no cuentan con flujo continuo de agua potable y las presiones son bajas.

Con el propósito de dar una solución para mejorar la red actual de distribución, se diseñó el proyecto para un periodo de 20 años y se modeló la red nueva de diseño usando el software EPANET, con el que se realizó cambios de tuberías y así mismo se agregó nuevos tramos de tuberías con el fin de cerrar ramales abiertos para disminuir las pérdidas en la red de distribución.

Los resultados obtenidos de la modelación de la red actual de distribución nos indicaron que en distintos tramos de la red no cumplían con las presiones y velocidades adecuadas según la Norma Urbana de SENAGUA, esto debido a que contaban con diámetros inadecuados de tuberías y con un esquema de red combinado. Con respecto a la nueva red diseño, los resultados que se obtuvieron de la modelación fueron satisfactorios ya que cumplían con las normas de diseño.

Por los resultados obtenidos se concluyó que la red actual de distribución es insuficiente para abastecer a la población actual y futura de Caluma, por lo que se diseñó una nueva red por gravedad que cumplió con todos los parámetros y aseguro el abastecimiento continuo de agua potable para los habitantes de Caluma.

**Palabras Clave:** Red de distribución, situación actual, abastecimiento, Epanet, Agua potable.



## **ABSTRACT**

*The present project of integrating work was elaborated with the purpose of analyze the current situation and to give a solution to improve the drinking water distribution network of Caluma, in some places they don't have a continuous flow of drinking water and the pressures are low.*

*With the purpose of providing a solution to improve the current distribution network, the project was designed for a period of 20 years and the new design network was modeled using the EPANET software, and changes of pipes were made, as well as added new sections of pipes in order to close open branches to reduce losses in the distribution network.*

*The results obtained from the simulation of the current distribution network indicated that different sections of the network did not complied with the appropriate pressures and speeds according to the Urban Regulation of SENAGUA, this is because they had inadequate diameters of pipes and a network scheme combined. With respect to the new design network, the results obtained from the simulation were satisfactory since they complied with the design standards.*

*Based on the obtained results, it was concluded that the current distribution network is insufficient to supply the current and future population of Caluma, a new network was designed by gravity that is meet all the parameters and ensured the supply of drinking water for Caluma's people.*

*Keywords: Distribution network, current situation, water supply, Epanet, Drinking water.*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	10
1.    Introducción .....	10
1.1    Descripción del problema .....	10
1.2    Justificación del problema.....	11
1.3    Objetivos.....	12
1.3.1    Objetivo General .....	12
1.3.2    Objetivos Específicos .....	12
1.4    Marco teórico .....	12
1.4.1    Red Hidráulica de Distribución .....	12
1.4.2    Componentes de una Red de Distribución.....	16
1.4.3    Consideraciones generales para el diseño de una red de distribución de agua potable.....	18
CAPÍTULO 2.....	23
2.    Metodología .....	23
2.1    Características de zona de estudio.....	23
2.1.1    Situación Geográfica .....	23
2.1.2    Hidrografía .....	24

2.1.3	Geomorfología .....	25
2.1.4	Clima .....	25
2.1.5	Población .....	26
2.2	Análisis de la situación actual de la red de distribución de agua potable .....	26
2.2.1	Análisis de la red existente de Caluma Viejo .....	28
2.2.2	Análisis de la red existente en Caluma Nuevo .....	31
2.3	Diseño de la futura red de agua potable requerida en el cantón Caluma .....	34
2.3.1	Periodo de Diseño.....	34
2.3.2	Tasa de Incremento Poblacional de Caluma.....	34
2.3.3	Proyección Poblacional hacia el 2038.....	37
2.3.4	Análisis de la red proyectada para el 2038 en Caluma Viejo .....	38
2.3.5	Análisis de la red proyectada para el 2038 en Caluma Nuevo .....	40
CAPÍTULO 3.....		43
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	43
3.1	Análisis y resultados del modelamiento de la Red de Distribución actual.....	43
3.1.1	Resultados del modelamiento de la Red de Distribución actual en Caluma Viejo. ....	43
3.1.2	Resultados del modelamiento de la Red de Distribución actual en Caluma Nuevo.....	45
3.2	Análisis y resultados del modelamiento de la Red de Distribución proyectada para el 2038.....	46
3.2.1	Resultados del modelamiento de la Red de Distribución de Caluma Viejo proyectada para el 2038.....	47
3.2.2	Resultados del modelamiento de la Red de Distribución de Caluma Nuevo proyectada para el 2038.....	49
3.3	Análisis del presupuesto referencial .....	50

3.3.1	Análisis del presupuesto de la Red de Distribución de Caluma Viejo para el 2038.	50
3.3.2	Análisis del presupuesto de la Red de Distribución de Caluma Nuevo para el 2038.....	51
CAPÍTULO 4.....		53
4.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES.....	53
	Conclusiones.....	53
	Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....		56
5.	Bibliografía.....	56
ANEXOS.....		58

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
SSA	Secretaría de la Salud

## SIMBOLOGÍA

m	Metro
Q	Caudal
p.s.i.	Libra por pulgada Cuadrado
m.c.a.	Metro de columna de Agua

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 2.1 Sub-Barrios de Caluma Viejo (Castro & Rizzo, 2019) .....	30
Ilustración 2.2 Modelamiento en EPANET de la red actual Caluma Viejo (Castro & Rizzo, 2019).....	31
Ilustración 2.3 Sub-Barrios de Caluma Nuevo (Castro & Rizzo, 2019) .....	33
Ilustración 2.4 Modelamiento en EPANET de la red de distribución de Caluma Nuevo (Castro & Rizzo, 2019).....	34
Ilustración 2.5 Modelamiento en EPANET de la red en Caluma Viejo para el 2038 (Castro & Rizzo, 2019).....	40
Ilustración 2.6 Modelamiento en EPANET de la red en Caluma Nuevo para el 2038 (Castro & Rizzo, 2019).....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Velocidades máximas y mínimas para tuberías.....	16
Tabla 1-2 Periodo de diseño para los elementos de un sistema de agua potable .....	18
Tabla 1-3 Dotaciones en función al número de habitantes y el clima .....	20
Tabla 1-4 Dotación de agua contra incendio según el número de habitantes .....	22
Tabla 1-5 Caudales de diseño de los elementos que conforman un sistema de agua potable .....	22
Tabla 2-1 Población de Caluma según su género en el 2010 .....	26
Tabla 2-2 Habitantes correspondiente al porcentaje de área del 2018 .....	28
Tabla 2-3 Habitantes de Caluma en los últimos 3 censos .....	35
Tabla 2-4 Habitantes de Caluma Nuevo y Caluma Viejo para el 2038 .....	38
Tabla 3-1 Resultados más representativos de las tuberías Caluma Viejo .....	43
Tabla 3-2 Resultados de los nodos en Caluma Viejo .....	44
Tabla 3-3 Resultados más representativos de las tuberías en Caluma Nuevo.....	45
Tabla 3-4 Resultados más representativos de los nodos en Caluma Nuevo.....	46
Tabla 3-5 Resultados más representativos de las tuberías en Caluma Viejo para el 2038.....	47
Tabla 3-6 Resultados más representativos de los nodos en Caluma Viejo para el 2038.....	48
Tabla 3-7 Resultados más representativos de las tuberías en Caluma Nuevo para el 2038.....	49
Tabla 3-8 Resultados más representativos de los nodos en Caluma Nuevo para el 2038.....	50
Tabla 3-9 Precios de las etapas del proyecto (Caluma Viejo 2038).....	51
Tabla 3-10 Presupuesto total incluido indirectos y utilidades (Caluma Viejo 2038) ...	51
Tabla 3-11 Costos de las etapas del proyecto (Caluma Nuevo 2038) .....	51
Tabla 3-12 Presupuesto total incluido indirectos y utilidades (Caluma Nuevo 2038).51	



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

Sin duda alguna el abastecimiento del agua potable es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de una comunidad ya que la misma es esencial para la vida y es derecho de todo ser humano contar con el suministro del líquido vital. Es por esto que la distribución de agua potable desde su fuente de captación hasta su disposición final para los usuarios cumple un papel muy importante en el sistema de abastecimiento. Ya que, se debe garantizar una buena distribución del líquido vital cumpliendo con las normas urbanas de SENAGUA, para el bienestar y salud de los habitantes de una comunidad.

El Cantón Caluma es uno de los siete cantones que conforman la provincia de Bolívar, está ubicado al occidente de la provincia, en la Hoya del Río Chimbo, cuenta con una superficie aproximadamente de 225 km<sup>2</sup>, se encuentra a 12° 36´ 19´´ de latitud sur y 79° 18´ 22´´ de longitud occidental, altitud promedio de 350 msnm, a una distancia de 57 km desde la provincia de Guaranda y una distancia de 150 km desde Guayaquil. Este Cantón es considerado uno de los más importantes debido a su ubicación geográfica que aporta considerablemente a la economía de la Provincia de Bolívar.

En la actualidad el Cantón antes mencionado cuenta con dos sistemas de agua potable que trabajan por gravedad (sin sistemas de bombeo) para abastecer a todos sus habitantes. El sistema más antiguo abastece a Caluma Viejo, mientras que Caluma Nuevo es abastecida por el sistema actual, los cuales se encuentran divididos por el principal afluente que es el Río que lleva el nombre del Cantón.

El principal problema que tienen los habitantes es que no cuentan con dotación continua de agua potable y a su vez la calidad del agua no cumple con los parámetros de consumo mínimo, por lo que no es idónea para el consumo humano.

En Caluma Viejo la falta de dotación continua de agua potable, se debe a que el caudal que baja de las vertientes de las montañas no es suficiente para abastecer en forma constante a sus habitantes; mientras que en Caluma Nuevo, debido a su extensa red y

considerando que este sistema trabaja por gravedad existen problemas de presiones bajas en diferentes sectores.

## **1.2 Justificación del problema**

Caluma inicio su cantonización por decreto ejecutivo el 31 de julio de 1990, finalizando su proceso con la publicación del registro oficial el 23 de Agosto de 1990, mediante Decreto Ejecutivo No.123, asentándose como una de las zonas más importante de la provincia de Bolívar, gracias a su gran aporte económico, aporte que está destinada a la producción agrícola y ganadera.

El Cantón Caluma cuenta actualmente con dos infraestructuras de sistemas de agua potable, los cuales funcionan por gravedad e independientemente. Cabe recalcar que el sistema que abastece a la zona de Caluma viejo inicio su proceso constructivo en el año de 1977, a medida que el Cantón se fue incrementando considerablemente, asentando y afianzando en la zona la cual en la actualidad tiene el nombre de Caluma Nuevo junto con su sistema de agua potable. Es evidente que el Cantón de Caluma, cuentan con una estadística positiva el incremento poblacional, convirtiéndose los actuales sistemas de abastecimiento en ineficientes para abastecer continuamente a sus pobladores. Esto nos quiere decir que a medida que su población aumente, mayor será la demanda de agua que requiera el Cantón.

Con el fin de justificar de manera formal el presente estudio, se procedió a realizar encuestas, los cuales determinaron el malestar de los habitantes por el servicio del agua potable.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar la situación actual y desarrollar una solución viable desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental en el sistema de distribución de agua potable del Cantón Caluma para el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Realizar el modelamiento de la red de distribución del sistema de agua potable existente del Cantón Caluma utilizando el software EPANET para conocer los posibles problemas en la red.

Modelar la red de distribución mejorada utilizando el software EPANET para proyectarla de acuerdo a la norma urbana de SENAGUA a 20 años.

Presentar un estudio de Plan de Manejo Ambiental con el fin de mitigar los posibles impactos ambientales en este proyecto al momento de su ejecución.

Elaborar los análisis de precios unitarios correspondientes a cada rubro del presupuesto referencial de la alternativa de solución planteada para conocer el costo del mejoramiento de la red de distribución del cantón Caluma.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Red Hidráulica de Distribución**

Un sistema de distribución de agua es una red que consta de diferentes componentes (bombas, depósitos, tuberías, válvulas, etc.) que son utilizados para transportar agua potable desde uno o más nodos de recursos a múltiples nodos de demanda (doméstica, comercial e industrial consumidores). El agua debe ser suministrada en cantidades suficientes y a una presión adecuada, el agua que se distribuye a bajas presiones generalmente no es utilizada y las presiones que son demasiado altas pueden causar daños en las tuberías de la red. (Eusuff & Lansey, 2003)

Las tuberías llevarán el agua desde tanques o depósitos de distribución, pasando por los diferentes ramales, hasta llegar a la toma domiciliaria donde los pobladores gozaran del servicio de agua potable, o hidrantes públicos que permitirán la conexión de mangueras o de equipos contra incendio. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005)

#### **1.4.1.1 Forma de distribución de una red**

De acuerdo a las características geomorfológicas, una red de agua potable puede abastecer a una población de dos formas: por bombeo y por gravedad. (CONAGUA, 2007)

➤ Por bombeo.

Esta forma de distribución es aplicada cuando los puntos de demanda en la red están por arriba de la pendiente de las alturas piezométrica, esta esta forma de distribución se encuentran implicados los sistemas de bombeo con la finalidad de proporcionar una presión adecuada. (Monserrate, 2016)

➤ Por gravedad.

Una distribución es por gravedad cuando existen diferencia de cotas, con el fin de aprovechar la energía potencia, este método es eficiente ya que prácticamente la red cuenta con presión continua. (Mutikanga, Sharma, & Vairavamoorthy, 2013)

#### **1.4.1.2 Clasificación de una red según su esquema**

La configuración o esquema describe la forma geométrica de una red, dicho de otra manera, se refiere al modo que trazan las tuberías por las aceras o calles.

Las redes de distribución se clasifican según su esquema considerando ciertos factores, como los son la topografía, la forma en que se dividen sus manzanas y a su vez tomando en cuenta los principales afluentes, formando mallados cerrados, ramificaciones abiertas y una combinación de ambas. (CONAGUA, 2007)

➤ Mallados cerrados

Una red cerrada es cuando los tramos forman circuitos cerrados conformando polígonos, las ventajas de estos circuitos es que disminuyen las pérdidas y a su vez brindan un fácil mantenimiento. (Filián, 2004)

➤ Ramificaciones abiertas

Las ramificaciones abiertas están formadas por tramos con ramales que normalmente terminan en tapones, la ventaja de este tipo de red es que sus fugas se localizan de una manera rápida, no obstante su mantenimiento es una gran desventaja, ya que un cierre de tubería implicaría dejar sin servicio a una cierta parte de la población. (CONAGUA, 2007)

➤ Combinada

Este tipo de esquema se lo aplica en casos particulares, en especial cuando la topografía del terreno es muy irregular o la población diverge en su área. (CONAGUA, 2008)

#### **1.4.1.3 División de una red de distribución según funcionamiento Hidráulico.**

La red de distribución se divide según su funcionamiento en redes: primaria, secundaria y terciaria, las mismas que conducen el agua desde una planta o reservorio, pasando por un sistema de bombeo si es de requerirlo, hasta las conexiones domiciliarias. (Xu & Goulter, 1999)

➤ Red primaria

Este tipo de red es la más importante en una distribución, ya que es la encargada de llevar el agua por los tramos principales abasteciendo a la red secundaria, es recomendable colocar estas tuberías en las calles principales a ambos lados de las aceras, se debe de considerar que el diámetro mínimo a utilizarse en estos tramos es 110 mm, no obstante si la situación lo demanda se pueden aceptar diámetros desde hasta 75 mm, cabe recalcar que en zonas rurales se toleran diámetros de hasta 50 mm. (Mutikanga, Sharma, & Vairavamoorthy, 2013)

➤ Red secundaria

Se define como red secundaria, a las líneas de tuberías que cruzan las calles secundarias, estos tramos se alimentan por la red primaria, normalmente suelen conectarse en los cruces o intercepciones de calles. En los casos más comunes esta tubería alimenta directamente a las casas. (CONAGUA, 2007)

➤ Red terciarias

Este tipo de red es utilizado en casos particulares, comúnmente se derivan de la redes secundarias, este tipo de tuberías suelen tener un diámetro hasta de 32mm. (Cárdenas, 1975)

## 1.4.2 Componentes de una Red de Distribución

### 1.4.2.1 Tuberías

Elemento utilizado para el transporte de un fluido, comúnmente está conformado por tubos y uniones, por otra parte las tuberías se las encuentran clasificadas según su material (plástico, hierro fundido, cemento), y diámetros comerciales que al tratarse de agua potable van desde 630mm a 32mm. (Tixe, 2004)

A continuación se presentará un cuadro con las velocidades permisibles en tuberías para agua potable.

**Tabla 1-1 Velocidades máximas y mínimas para tuberías**

Material	Velocidad ( m/s )	
	Mínima	Máximas
PVC (policloruro de vinilo)	0.30	5.00
Poliétileno de alta densidad	0.30	5.00
Hierro dúctil	0.30	5.00
Fierro fundido	0.30	5.00
Asbesto cemento	0.30	5.00
Acero galvanizado	0.30	5.00
Acero sin revestimiento	0.30	5.00
Acero con revestimiento	0.30	5.00
Concreto preforzado	0.30	3.50
Concreto reforzado	0.30	3.50
Concreto simple	0.30	3.50

Fuente: (CONAGUA, 2008)

### 1.4.2.2 Accesorios

También conocido como piezas especiales, se define como accesorios a todas las conexiones hidráulicas, en el caso de una red de distribución se refiere a todas las intercepciones, cambio de dirección o en algún cambio de diámetro, los más usuales suelen ser: (Eiger, Shamir, & Ben-Tal, 1994)

- Codos
- Tee
- Reductores

- Cruces
- Tapones

Considerando ahora que la mayoría de estos accesorios estarán conformando los nodos, punto donde se analizara las presiones, teniendo en cuenta que esta no debe de descender de los 10 m.c.a. y a su vez tampoco exceder los 70 m.c.a. (Nazif, Karamouz, Tabesh, & A., 2009)

### **1.4.2.3 Válvulas**

Elemento empleado para el control del flujo en un sistema de agua potable, del mismo modo el tiempo de vida útil de estos accesorios lo define el tipo de material, cabe mencionar que cuentan con un diámetro comercial ya definido. En una red de distribución usualmente las válvulas son utilizadas para regular las presiones además de dar facilidad al mantenimiento de la red. (Filián, 2004)

Tipos de válvulas:

- Reductora de presión
- Sostenedora de presión
- Rotura de carga
- Controladora de caudal
- Reguladora por estrangulación
- De propósito general
- De purga
- De aire o ventosa

### **1.4.2.4 Sistema de Bombeo**

El sistema de bomba cumple con un papel muy importante en una red de distribución, ya que esta tiene la finalidad de proporcionar presión a las líneas de flujo, puedes clasificarse según el número de células de bombeo, forma geométricas, potencia, entre otros factores. (Monserrate, 2016)



### 1.4.2.5 Anclaje y empalme

Elemento estructural comúnmente de hormigón, con la finalidad de ofrecerle estabilidad a la red, usualmente se los coloca en lugares donde se instala algún accesorio y en intercepciones, cabe recalcar que recomienda colocar bloques de anclajes en tramos con distancias largas. (Cárdenas, 1975)

## 1.4.3 Consideraciones generales para el diseño de una red de distribución de agua potable

### 1.4.3.1 Periodo de Diseño

Se define como periodo de diseño al tiempo de vida útil en el cual un elemento debe garantizar eficacia, cumpliendo con los parámetros establecidos en todo momento, por otro lado es importante mencionar que este periodo de diseño se relaciona con los factores socioeconómico, así como también la importancia que tengan estos elementos en los futuros proyectos. (IEOS, 1986)

El periodo de diseño en los proyectos de agua potable está en función de los elementos a diseñarse, a continuación los principales elementos con su respectiva vida útil.

**Tabla 1-2 Periodo de diseño para los elementos de un sistema de agua potable**

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captacion	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: (SENAGUA, 2012)

### 1.4.3.2 Proyección de la Población Futura.

#### 1.4.3.2.1 Tasa de Incremento Poblacional.

Valor expresado comúnmente como porcentaje, se lo define como el aumento del número de habitantes de un área determinada para un periodo de tiempo, dicho de mejor manera, representa la velocidad en magnitud de crecimiento de una población.

Con respecto a la estimación del valor de la tasa de incremento, es necesario utilizar datos de los últimos censos, a continuación se describirán los parámetros que intervienen. (Cardenas & Patiño, 2010)

$P_f = Poblacion\ final$

$P_i = Poblacion\ inicial$

$t = Tiempo\ entre\ censos$

$r = Tasa\ de\ incremento\ poblacional$

➤ Método Geométrico

$$r_g = \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad \text{Ecuación 1.1}$$

➤ Método Aritmético

$$r_a = \frac{\left(\frac{P_f}{P_i} - 1\right)}{t} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

➤ Método Exponencial

$$r_e = \frac{\ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right)}{t} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

#### 1.4.3.2.2 Población futura

Se define como población futura al número de habitantes totales que se espera tener hasta el final del periodo de diseño, el cálculo de esta proyección poblacional se encuentra en función de la tasa de incremento poblacional y de los años de periodo de diseño. (Cárdenas, 1975)

➤ Método Geométrico

$$P_f = P_i (1 + r)^t \quad \text{Ecuación 1.4}$$

- Método Aritmético

$$P_f = P_i ( 1 + rt ) \quad \text{Ecuación 1.5}$$

- Método Exponencial

$$P_f = P_i e^{rt} \quad \text{Ecuación 1.6}$$

### 1.4.3.3 Variaciones de Consumo

#### 1.4.3.3.1 Dotación

Se define como dotación a la cantidad de agua requerida por un población para poder satisfacer las necesidades, cabe recalcar que para el cálculo de esta dotación se deben de tener en consideración los consumos de demanda, en el cual están implicado el servicio doméstico, servicio público, servicio comercial e industrial incluyendo las perdidas física de agua, además tomando en cuenta el número de habitantes de la población. (Eiger, Shamir, & Ben-Tal, 1994)

**Tabla 1-3 Dotaciones en función al número de habitantes y el clima**

Habitantes	Clima	Dotación media futura ( l / hab / día )
Hasta 5,000	Cálido	170 - 200
	Templado	130 - 160
	Frio	120 - 150
5,000 a 50,000	Cálido	200 - 230
	Templado	190 - 220
	Frio	180 - 200
Más de 50,000	Cálido	> 230
	Templado	> 220
	Frio	> 200

Fuente: (SENAGUA, 2012)

#### 1.4.3.3.2 Caudal Promedio Diario

También llamado consumo promedio, se define como la cantidad de agua que es requerida por los habitantes de una población en un día promedio, para un sistema de agua potable, este valor es requerido para el cálculo del volumen del reservorio, así

como también para estimar el consumo máximo diario y el consumo máximo horario. (Enriquez, 2001)

$$Q_m = \frac{q \cdot N}{(86400)} \quad \text{Ecuación 1.7}$$

Dónde:

$$q = \text{Dotacion}$$

$$N = \text{Numero de habitantes}$$

#### 1.4.3.3.3 Caudal máximo Diario

Se define el caudal máximo diario como la máxima demanda solicitada por una población en 1 día promedio del año, por otra parte esta variable es utilizada para los cálculos hidráulico en las líneas de conducción, esta demanda es estimada multiplicando el caudal promedio diario por un coeficiente me mayoración presentado a continuación. (Chong & Romero, 2017)

$$K_{max. d} = 1,3 - 1,5$$

Para luego:

$$Q_{max. d} = K_{max. d} * Q_m \quad \text{Ecuación 1.8}$$

#### 1.4.3.3.4 Caudal máximo Horario

Cantidad de demanda de agua requerida por una población, en la hora máxima de un día promedio, este valor es utilizado en las líneas de aducción y red de distribución, esta demanda también requiere de un factor de mayoración, como se muestra a continuación. (Enriquez, 2001)

$$K_{max. h} = 2 - 2,3$$

$$Q_{max. h} = K_{max. h} * Q_m \quad \text{Ecuación 1.9}$$

#### 1.4.3.4 Dotación de Agua contra Incendios.

Demanda de agua requerida por la población, para poder abastecer de manera adecuada una situación en caso de incendios, para mayor ilustración se presenta la siguiente tabla. (SENAGUA, 2012)

**Tabla 1-4 Dotación de agua contra incendio según el número de habitantes**

<b>NUMERO DE HABITANTES</b>	<b>NUMERO DE INCENDIOS SIMULTANEOS</b>	<b>DOTACION POR INCENDIO ( l/s )</b>
5,000	1	10
10,000	1	10
25,000	2	10
50,000	2	20
100,000	2	25
200,000	3	25
500,000	3	25
1'000,000	3	25
2'000,000	3	25

Fuente: (SENAGUA, 2012)

#### 1.4.3.5 Caudal de Diseño

Se define como Caudal de diseño, a la suma de consumo requerida por un componente de un sistema de agua potable considerando las variaciones de consumo. (IEOS, 1986)

**Tabla 1-5 Caudales de diseño de los elementos que conforman un sistema de agua potable**

<b>Elemento</b>	<b>Caudal</b>
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: (SENAGUA, 2012)

## **CAPÍTULO 2**

### **2. METODOLOGÍA**

Con la finalidad de realizar este estudio, como primera actividad se tuvo que conseguir planos topográficos y de la red de distribución actual, proporcionada por el departamento de aguas y de catastros del municipio del Cantón Caluma. Al revisar los planos topográficos se evidenció que en ciertas intersecciones de las calles, en especial de Caluma Viejo no se encontraron datos de cotas, por lo que se realizó un trabajo de campo para poder obtener las cotas en esos puntos, ya que estas cotas nos sirvieron para el modelamiento y análisis de la red de distribución de agua potable del Cantón Caluma.

#### **2.1 Características de zona de estudio**

##### **2.1.1 Situación Geográfica**

El Cantón de Caluma junto con los cantones de Chillanes, San José de Chimbo, Echeandia, Guaranda, Las Naves y San Miguel, se encuentra conformando la provincia de Bolívar, una de las 24 provincias que forma parte de la República de Ecuador, esta provincia se encuentra ubicada en la región interandina en el centro del país.

Caluma que geográficamente converge en la parte sur-occidental de la provincia de Bolívar, en los estribos de las ramificaciones de la Hoya del río Chimbo, se encuentra a 79° 18' 22" de longitud occidental y 12° 36' 19" de latitud sur, a su vez contando con una altitud promedio de 250 m.s.n.m. llegando a sobrepasar los 1000 m.s.n.m. en sus partes montañosas.

Caluma se encuentra limitada por:

- Guaranda, Echeandía y Urdaneta por el norte.
- Chimbo y Montalvo por el sur.
- Guaranda y Chimbo por el este.
- Urdaneta y Montalvo por el oeste.

### **2.1.2 Hidrografía**

En cuanto a la hidrografía de Caluma, esta cuenta con su principal afluente que es el Río Caluma, a que su vez está formado por la unión de los Ríos Tabla y Escaleras, estos ríos antes mencionados también tienen una gran importancia ya que de ellos desembocan un conjunto de esteros, los mismo que componen pequeños subsistemas que no dejan de ser importante, entre los principales afluentes tenemos:

- Río Charquiyacu

Quebradas:

- Guarumal
- Turumpacha
- Guayabal
- Sanatana
- Las Chorreras

Esteros:

- Diablo Huaycu
- Leche y Pacana
- Estero del Pescado

- Huamaspungo
- Caluma

### **2.1.3 Geomorfología**

La geomorfología del cantón de Caluma se asemeja a una meseta, ya que topográficamente es una zona que se encuentra entre montañas y valles estrechos que a su vez son poco profundos, que son resultado de la erosión de ciertos materiales, el centro de Caluma cuenta con relieves planos y ondulados y a su mismo tiempo posee pendientes moderadas y poco pronunciadas que varían desde un 20% hasta un 70% en sus pronunciadas laderas

### **2.1.4 Clima**

Por lo que se refiere al clima, Caluma es conocido por poseer un ambiente bastante húmedo y con precipitaciones en su gran parte del año, regularmente esto suele suceder en épocas de invierno, donde está catalogado por tener un clima subtropical húmedo, por otra parte en épocas de verano pasa a ser seco y templado, es por este motivo que Caluma se caracteriza por tener un clima variable, cabe recalcar que la estación de verano no tiene mucha incidencia sobre el clima en general.

#### **2.1.4.1 Temperatura**

Este cantón a lo largo del año cuenta con temperaturas variables, en donde su periodo más cálido se encuentran entre los meses de octubre y abril, obteniendo temperaturas que van desde los 24°C a 28°C, mientras tanto que su época templada va desde los meses de mayo a septiembre con temperaturas que varían entre 20°C a 24°C.

Acorde a la información recopilada y de acuerdo con los registros de temperatura proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía, se tiene que los valores máximo de temperatura están por los 28.9°C y mínimos 19.3°C, correspondiéndole una temperatura promedio mensual de 23.4°C aproximadamente.



### 2.1.4.2 Precipitación

Caluma cuenta con una precipitación media anual de 500 mm de humedad aproximadamente, ocasionadas por las corrientes de aire húmedo procedente de la región costera del país, y estas a su vez se condensan en las montañas de la Cordillera Occidental de los Andes.

### 2.1.5 Población

De acuerdo con el censo del 2010, la población de Caluma para dicho año era de 13129 habitantes, a continuación se ilustrara una tabla para tener una mayor interpretación de la partición según su género, información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**Tabla 2-1 Población de Caluma según su género en el 2010**

GENERO	POBLACIÓN	(%)
Hombres	6,509	49.58
Mujeres	6,620	50.42
Total	13,129	100

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Con respecto a la situación actual, Caluma tiene aproximadamente 15,885 habitantes, dato que fue tomado de la proyección poblacional cantonal entre el 2010 y 2020, información proporcionada por el INEC.

## 2.2 Análisis de la situación actual de la red de distribución de agua potable

El Cantón Caluma actualmente cuenta con una extensa red de distribución de agua potable de aproximadamente 35,758.08 ml de tubería, sin embargo esta red se divide en el Barrio del centro de Caluma Viejo, cabe mencionar además que la red de Caluma Viejo cuenta con más años de servicio con relación a la red que abastece a Caluma Nuevo.

Existen dos captaciones de agua que permiten abastecer a Caluma Nuevo: una, denominada El Pescado y otra que proviene del estero Cacahoyacu, las cuales aportan con un caudal de aproximadamente 30 l/s, así mismo existe una captación que se deriva desde el estero El Cumbe que abastece de agua a Caluma Viejo, con un caudal aproximado de 15 l/s, cabe recalcar que estos valores se estimaron en época de verano, periodo en el cual se realizó esta investigación, en época de invierno estos valores disminuyen, debido al gran porcentaje de sedimentos que vienen arrastrando los afluentes formado por las lluvias, este es el motivo por el cual parte del caudal captado es desviado.

Para el análisis de la situación actual de la red de distribución de agua potable en Caluma, se optó por dividir la red actual en dos redes individuales, una para Caluma Nuevo y la otra para Caluma Viejo.

El modelamiento actual de la red de distribución de agua potable del Cantón Caluma se lo realizó mediante el software EPANET para lo cual se necesitaron de parámetros iniciales como la topografía con las curvas de nivel cada 1m, en vista de que esta red tiene muchos años de servicio y de vida útil, no se obtuvieron datos precisos de las cotas a la cual se encuentran las tuberías, pero por fines prácticos y para poder seguir con el análisis, se optó por utilizar las cotas del terreno natural, asumiendo que por tratarse de una red de agua potable, las tuberías estarían enterradas a no más de 1 metro de profundidad.

Con ayuda del plano topográfico proporcionado por la Municipalidad de Caluma y por medio del software AutoCAD se llevó a cabo el cálculo de cada una de las áreas correspondientes a los barrios que serán abastecidos por las redes del Cantón Caluma, obteniendo un área total de  $1839156.39 m^2$  lo cual ayudará a determinar el número aproximado de habitantes que corresponde tanto a Caluma Viejo como a Caluma Nuevo, hay que mencionar que además este número de habitante es tomada en cuenta en los cálculos posteriores para la estimación de la proyección poblacional hacia el 2038, así mismo como las variaciones de consumo.

Esta información se comprenderá de mejor manera en el siguiente cuadro a presentarse.

**Tabla 2-2 Habitantes correspondiente al porcentaje de área del 2018**

	<b>Área Abastecida</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Habitantes</b>
<b>Caluma Nuevo</b>	1347540,96	73,27	11,639
<b>Caluma Viejo</b>	491615,43	26,73	4,246
<b>Total</b>	1839156,39	100	15,885

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Ahora bien, como para toda población mayor a 5 mil habitantes se debe considerar una dotación de agua contra incendios, la cual la obtendremos de la Tabla 1-4

Finalmente para determinar el caudal que usaremos en el análisis y modelamiento de la red actual de Caluma se deberá utilizar la Tabla 1-5 la cual dependerá del tipo de componente o elemento de diseño del sistema de agua potable, que en nuestro caso es una red de distribución.

### **2.2.1 Análisis de la red existente de Caluma Viejo**

Esta red cuenta con una extensión de aproximadamente 5,651.37 ml de tuberías, con diámetro de 110 mm hasta diámetro de 32mm.

➤ Dotación

Teniendo en cuenta que Caluma Viejo cuenta con un aproximado de 4,246 habitantes, se tomó una dotación de 155.48 litros / hab./ día, dotación que fue resultado de una interpolación considerando los valores en la Tabla 1-3

➤ Calculo de variaciones de consumo.

✓ Caudal Medio Diario (Qm)

Por medio de la Ecuación .7 tenemos que:

$$Qm = \frac{155.48 * 4,246}{(86400)}$$

Por lo tanto:

$$Q_m = 7.64 \text{ l/s}$$

✓ Caudal Máximo Diario (Qmd)

Por medio de la Ecuación 1.8 y utilizando un factor de mayoración de 1.4

$$K_{\text{max. d}} = 1.4$$

$$Q_{md} = 1.4 * 7.64$$

Por lo tanto tenemos que:

$$Q_{md} = 10.7 \text{ l/s}$$

✓ Caudal Máximo Horario (Qmh)

Utilizando la Ecuación 1.9 y considerando un factor de 2 se tiene que:

$$K_{\text{max. h}} = 2$$

$$Q_{mh} = 2 * 7.64$$

Por lo tanto tenemos que:

$$Q_{mh} = 15.28 \text{ l/s}$$

➤ Caudal contra incendios

Dado que Caluma Viejo cuenta con una población por debajo de los 5.000 habitantes, no se consideró una demanda contra incendio para el modelamiento.

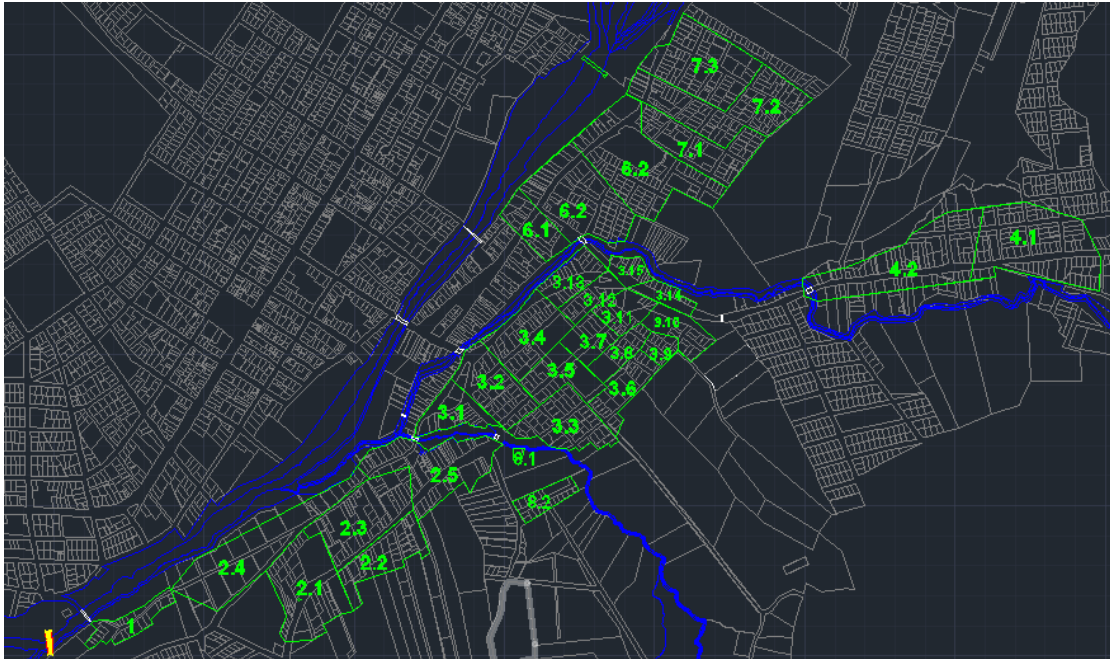
➤ Caudal de Diseño

De acuerdo con la Tabla 1-5 y al mismo tiempo no considerando un caudal contra incendio, se tiene que:

$$Q_{\text{Diseño}} = Q_{mh} = 15.28 \text{ l/s}$$

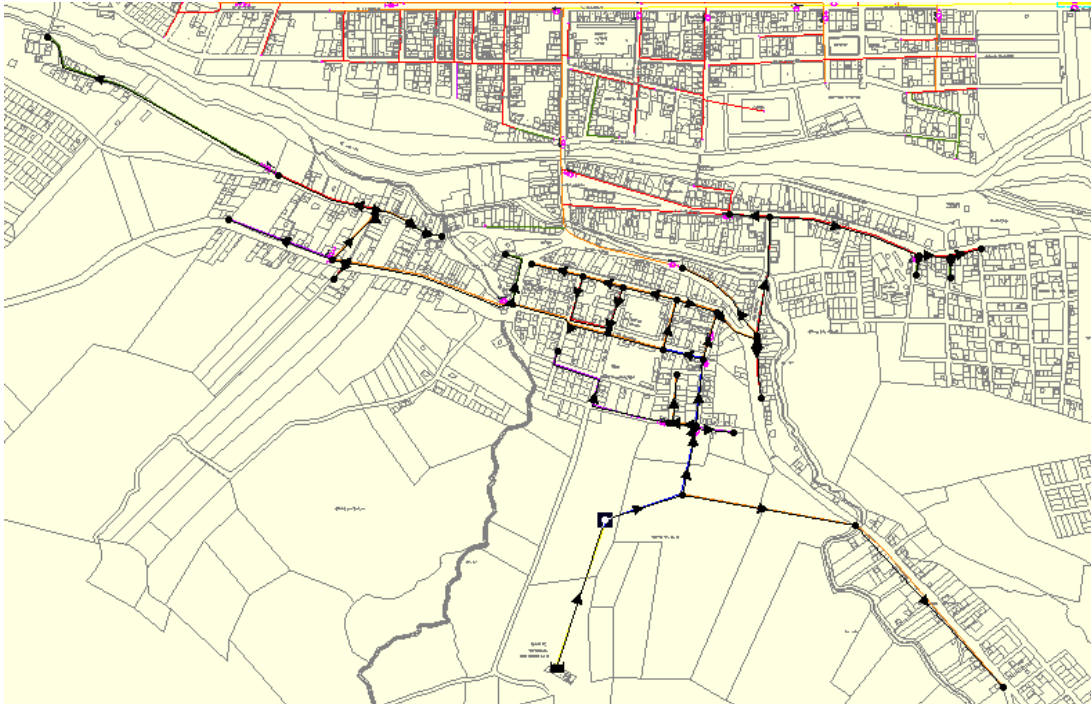
➤ Modelamiento de la red existen de Caluma Viejo en el software EPANET

Antes del modelamiento es necesario dividir los barrios de Caluma Viejo en áreas más pequeña, para ilustrar de mejor manera lo antes mencionado se presenta el siguiente gráfico.



**Ilustración 2.1 Sub-Barrios de Caluma Viejo (Castro & Rizzo, 2019)**

A continuación para poder modelar la red distribución se tuvo que distribuir el caudal de diseño de forma proporcional al área que le corresponde a cada nodo de demanda.



**Ilustración 2.2 Modelamiento en EPANET de la red actual Caluma Viejo (Castro & Rizzo, 2019)**

### **2.2.2 Análisis de la red existente en Caluma Nuevo**

Esta red en relación con la de Caluma Viejo es mucho más extensa, contando con aproximadamente 30,106.71 ml de tubería, del mismo modo cuenta con tuberías con diámetros de 110 mm hasta diámetros menores de 32 mm.

➤ **Dotación**

Considerando que Caluma Nuevo cuenta con aproximadamente de 11,639 habitantes, Se tomó una dotación de 194.47 litros / hab. / día, considerando los valores en la Tabla 1-3 y mediante una interpolación.

➤ **Calculo de variaciones de consumo**

✓ **Caudal Medio Diario (Qm)**

Por medio de la Ecuación 1.7 tenemos que:

$$Q_m = \frac{194.47 * 11,639}{(86400)}$$

Por lo tanto:

$$Q_m = 26.20 \text{ l/s}$$

✓ Caudal Máximo Diario (Qmd)

Por medio de la Ecuación 1.8 y del mismo modo utilizando el factor a continuación:

$$K_{\text{max. d}} = 1.4$$

Entonces:

$$Q_{md} = 1.4 * 26.20$$

Por lo tanto tenemos que:

$$Q_{md} = 36.68 \text{ l/s}$$

✓ Caudal Máximo Horario (Qmh)

Utilizando la Ecuación 1.9 y considerando un factor de 2 se tiene que:

$$K_{\text{max. h}} = 2$$

$$Q_{mh} = 2 * 26.20$$

Por lo tanto tenemos que:

$$Q_{mh} = 52.4 \text{ l/s}$$

➤ Caudal contra incendios

En vista de que la población en Caluma Nuevo supera los 5.000 habitantes y de acuerdo con las Tabla 1-4, tenemos que la dotación contra incendio es de:

$$Q_{\text{contra incendio}} = 10 \text{ l/s}$$

➤ Caudal de Diseño

De acuerdo con la Tabla 1-5, Caluma Nuevo cuenta con un caudal de diseño de:

$$Q_{Diseño} = 52.4 + 10$$

Por lo tanto:

$$Q_{Diseño} = 62.4 \text{ l/s}$$

➤ Modelamiento de la red existen de Caluma Nuevo en el software EPANET

Del mismo modo que como se hizo en el análisis anterior, se procedió a realizar mediante AutoCAD las divisiones de las áreas en Caluma Nuevo, para ilustrar mejor sírvase de ejemplo el siguiente gráfico.



**Ilustración 2.3 Sub-Barrios de Caluma Nuevo (Castro & Rizzo, 2019)**



De la misma manera para poder modelar la red distribución se tuvo que distribuir el caudal de diseño asignado para Caluma Nuevo de forma proporcional al área que le corresponde a cada nodo de demanda.



**Ilustración 2.4 Modelamiento en EPANET de la red de distribución de Caluma Nuevo**  
(Castro & Rizzo, 2019)

## **2.3 Diseño de la futura red de agua potable requerida en el cantón Caluma**

### **2.3.1 Periodo de Diseño**

Con respecto a proponer una solución para mejorar la red de distribución de agua potable, primero fue necesario definir el periodo de diseño, para aquello revisamos la Tabla 1-2

### **2.3.2 Tasa de Incremento Poblacional de Caluma**

Los valores que se mostraran en la siguiente tabla, fueron necesarios para el cálculo del incremento poblacional, habría que decir también que estos datos son proporcionados por INEC.

**Tabla 2-3 Habitantes de Caluma en los últimos 3 censos**

<b>Año de Censo</b>	<b>Habitantes en Caluma</b>
1990	9,828
2001	11,074
2010	13,129

**Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)**

Para calcular el valor del incremento poblacional, se utilizaron 3 métodos, que luego se hizo el promedió de los resultados por cada método, con el fin de obtener un valor más exacto.

➤ Método Geométrico

De la Ecuación 1.1 tenemos que:

- De 1990 a 2001

$$r_1 = \left( \frac{11,074}{9,828} \right)^{\frac{1}{11}} - 1 = 0.010$$

- De 2001 a 2010

$$r_2 = \left( \frac{13,129}{11,074} \right)^{\frac{1}{9}} - 1 = 0.019$$

Por lo tanto tenemos un r geométrico promedio de:

$$r_g \% = \frac{0.010 + 0.019}{2} = 0.0145$$

➤ Método Aritmético

Del mismo modo y utilizando la Ecuación 1.2 tenemos que:

- De 1990 a 2001

$$r_1 = \frac{\left(\frac{11,074}{9,828} - 1\right)}{11} = 0.0115$$

- De 2001 a 2010

$$r_2 = \frac{\left(\frac{13,129}{11,074} - 1\right)}{9} = 0.020$$

Por lo tanto tenemos un r aritmético promedio de:

$$r_a \% = \frac{0.0115 + 0.020}{2} = 0.015$$

➤ Método Exponencial

Para este cálculo se hizo uso de la Ecuación 1.3

- De 1990 a 2001

$$r_1 = \frac{\ln\left(\frac{11,074}{9,828}\right)}{11} = 0.010$$

- De 2001 a 2010

$$r_2 = \frac{\ln\left(\frac{13,129}{11,074}\right)}{9} = 0.018$$

Por lo tanto obtuvimos un r exponencial promedio de:

$$r_e \% = \frac{0.010 + 0.018}{2} = 0.014$$

Finalmente obtuvimos un incremento poblacional promedio de 0.0145, el cual fue utilizado para el cálculo de la proyección poblacional.

### 2.3.3 Proyección Poblacional hacia el 2038

Para poder estimar la población que será abastecida por la red de distribución para el año del periodo de diseño escogido, se utilizaron los 3 métodos antes mencionados, teniendo en consideración el incremento poblacional antes calculado.

➤ Método Geométrico

De la Ecuación 1.4 se obtuvo que:

$$P_f = 15,885 (1 + 0.0145)^{20} = 21,185 \text{ hab}$$

➤ Método Aritmético

Utilizando la Ecuación 1.5 tuvimos que:

$$P_f = 15,885 (1 + 0.0145 (20)) = 20,492 \text{ hab}$$

➤ Método Exponencial

Del mismo modo utilizando la Ecuación 1.6 obtuvimos que:

$$P_f = 15,885 e^{0.0145 (20)} = 21,223 \text{ hab}$$

Promediando los valores calculados por los métodos, se obtuvo una población final proyectada al 2038 de:

$$P_f \% = \frac{21,185 + 20,492 + 21,223}{3} = 20,967 \text{ hab}$$

Del mismo modo que para el análisis de la situación actual, se dividió el número de habitantes proyectado en proporción al área que le corresponde a Caluma Nuevo y Caluma Viejo.

En la siguiente tabla se ilustrara de mejor manera lo antes mencionado.

**Tabla 2-4 Habitantes de Caluma Nuevo y Caluma Viejo para el 2038**

	Área Abastecida	Porcentaje	Habitantes
<b>Caluma Nuevo</b>	1347540,96	73,27	15,362
<b>Caluma Viejo</b>	491615,43	26,73	5,605
<b>Total</b>	1839156,39	100	20,967

**Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)**

Del mismo modo se consideró la Tabla 1-3, para luego calcular el consumo de variación que además está en función del número de habitantes. Además se revisaron los valores de las dotaciones contra incendios, con el propósito de obtener nuestro caudal de diseño.

**2.3.4 Análisis de la red proyectada para el 2038 en Caluma Viejo**

- Dotación para el 2038

Asumiendo la población proyectada para el 2038 de la Tabla 2-4, a su vez considerando los valores de la Tabla 1-3, se obtuvo una dotación de 190.43 litros / hab. / día, valor que fue resultado de una interpolación.

- Calculo de variaciones de consumo para el 2038
- ✓ Caudal Medio Diario (Qm)

Por medio de la Ecuación 1.7 tuvimos que:

$$Qm = \frac{190.43 * 5,605}{(86400)}$$

Por lo tanto:

$$Q_m = 12.35 \text{ l/s}$$

✓ Caudal Máximo Diario (Qmd)

Por medio de la Ecuación 1.8 y del mismo modo, usando un factor de mayoración de 1.4

$$K_{\text{max. d}} = 1.4$$

$$Q_{md} = 1.4 * 12.35$$

Por lo tanto tuvimos que:

$$Q_{md} = 17.30 \text{ l/s}$$

✓ Caudal Máximo Horario (Qmh)

Utilizando la Ecuación 1.9 y considerando un factor de 2 se tuvo que:

$$K_{\text{max. h}} = 2$$

$$Q_{mh} = 2 * 12.35$$

Por lo tanto obtuvimos que:

$$Q_{mh} = 24.7 \text{ l/s}$$

➤ Caudal contra incendios

Para estimar el caudal contra incendio revisaremos la Tabla 1-4, debido a que Caluma Viejo para el 2038 cuenta con más 5.000 habitantes, se tomó una dotación contra incendio de 10 l/s.

➤ Caudal de Diseño

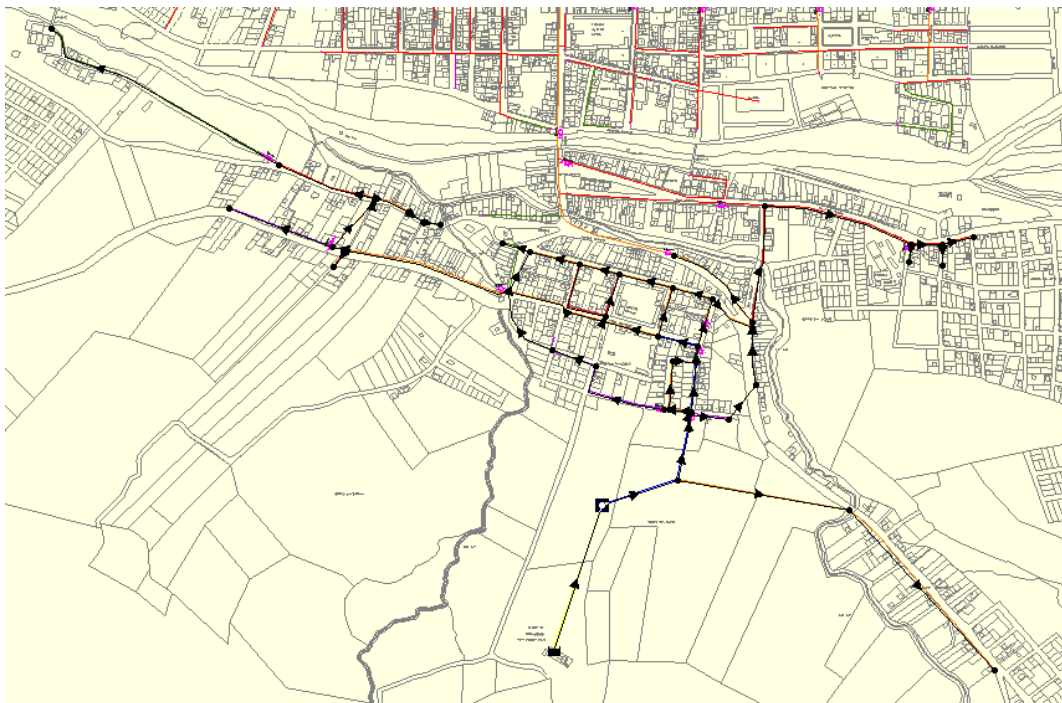
De acuerdo con la Tabla 1-5, el caudal de diseño para Caluma Viejo en el 2038 fue de:

$$Q_{\text{Diseño}} = 24.7 + 10 = 34.7 \text{ l/s}$$

- Modelamiento de la red existente de Caluma Viejo en el software EPANET

De igual forma para realizar el modelamiento fue necesario dividir por áreas como se muestra en la Ilustración 2.1, utilizando la misma metodología aplicada anteriormente, se distribuye de forma proporcional el caudal de diseño.

Hay que mencionar además que con la finalidad de disminuir las perdidas, se modificó la red en algunos tramos, convirtiendo las ramificaciones abiertas en mallados.



**Ilustración 2.5 Modelamiento en EPANET de la red en Caluma Viejo para el 2038 (Castro & Rizzo, 2019)**

### **2.3.5 Análisis de la red proyectada para el 2038 en Caluma Nuevo**

- Dotación

Del mismo modo y basándonos en la Tabla 2-4 Caluma Nuevo para el 2038 cuenta con aproximadamente 15,362 habitantes, a su vez se tomó una dotación de 196.96 litros / hab. / día, valor que fue interpolado considerando la Tabla 1-3

- Cálculo de variaciones de consumo
- ✓ Caudal Medio Diario (Qm)

Por medio de la Ecuación 1.7 tuvimos que:

$$Q_m = \frac{196.96 * 15,362}{(86400)}$$

Por lo tanto:

$$Q_m = 35.02 \text{ l/s}$$

- ✓ Caudal Máximo Diario (Qmd)

Por medio de la Ecuación 1.8 y del mismo modo utilizando un factor de mayoración de 1.4

$$K_{max. d} = 1.4$$

$$Q_{md} = 1.4 * 35.02$$

Por lo tanto:

$$Q_{md} = 49.03 \text{ l/s}$$

- ✓ Caudal Máximo Horario (Qmh)

Utilizando la Ecuación 1.9 y considerando un factor de 2 se tuvo que:

$$K_{max. h} = 2$$

$$Q_{mh} = 2 * 35.02$$

Por lo tanto:

$$Q_{mh} = 70.04 \text{ l/s}$$

- Caudal contra incendios

Para la dotación contra incendio se revisó la Tabla 1-4, que está en función del número de habitantes, teniendo una demanda de:

$$Q_{contra incendio} = 10 \text{ l/s}$$



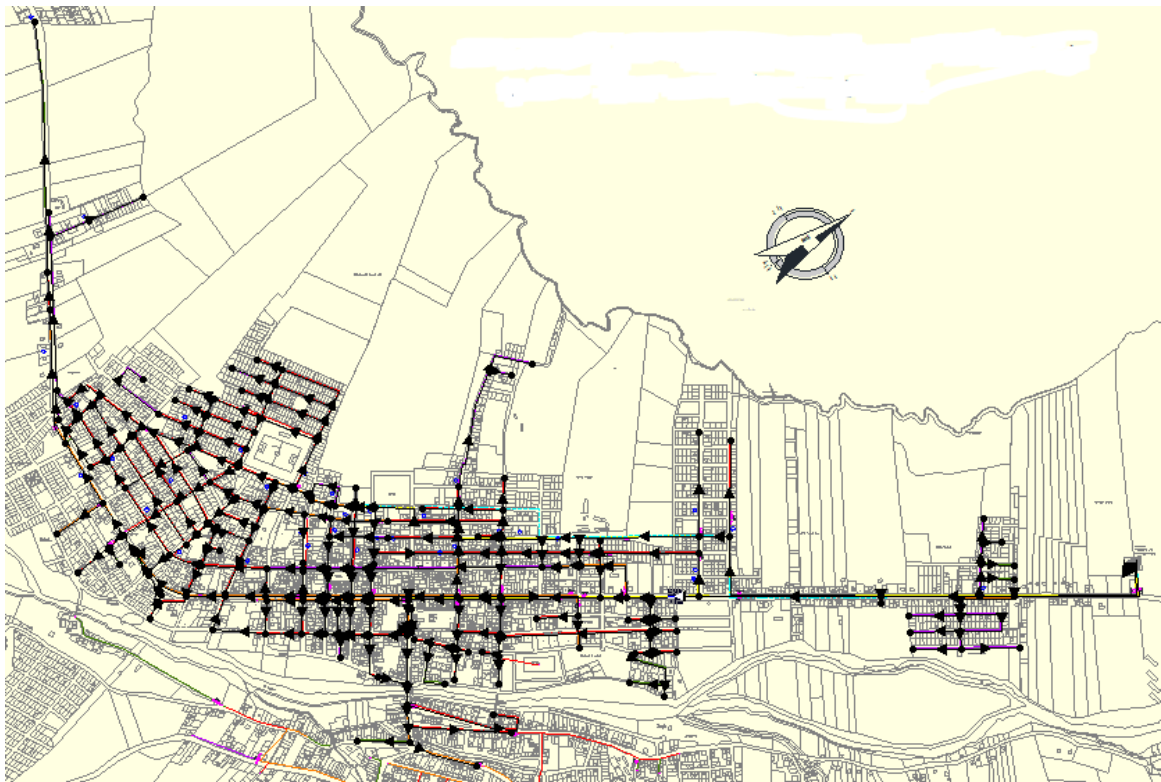
➤ Caudal de Diseño

Del mismo modo guiándonos con la Tabla 1-5, se tuvo que para el 2038 Caluma Nuevo conto con un caudal de diseño de:

$$Q_{Diseño} = 70.04 + 10 = 80.04 \text{ l/s}$$

➤ Modelamiento de la red proyectada para el 2038 en Caluma Nuevo mediante el software EPANET

Del mismo modo siguiendo los pasos mencionado anteriormente, fue necesario dividir por zona a Caluma Nuevo, como se muestra en la Ilustración 2.3, para luego distribuir de forma proporcional la demanda de diseño calculada,



**Ilustración 2.6 Modelamiento en EPANET de la red en Caluma Nuevo para el 2038 (Castro & Rizzo, 2019)**

Como se logra ver en la Ilustración 2.6, la red proyectada fue modificada de la misma forma que en Caluma Viejo, aumentando algunos tramos con la finalidad de formar circuitos cerrados.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Análisis y resultados del modelamiento de la Red de Distribución actual

En cuanto a los resultados del modelamiento de la red actual en Caluma Viejo, se presentaron los datos más representativos obtenidos mediante el software EPANET, a su vez se analizaron los componentes más importantes para el modelamiento de una red de distribución de agua potable, los cuales son las tuberías y los nodos de demandas, así mismo se estudiaron los resultados críticos obtenidos de las velocidades en las tuberías y de las presiones en los nodos de demanda.

#### 3.1.1 Resultados del modelamiento de la Red de Distribución actual en Caluma Viejo.

Para mayor detalle de los resultados véase en las tablas ANEXO Tabla A. 1 y ANEXO Tabla A. 2

➤ **Análisis y resultado de las tuberías actuales en Caluma Viejo.**

**Tabla 3-1 Resultados más representativos de las tuberías Caluma Viejo**

<b>Tuberías</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Headloss</b>	<b>Estado</b>
ID	LPS	m/s	m/km	
7	0,24	0,19	1,45	Open
10	0,77	0,25	1,36	Open
12	-0,19	0,06	0,1	Open
20	0,34	0,17	0,92	Open
21	0,52	0,17	0,67	Open
22	0,46	0,15	0,53	Open
23	0,06	0,03	0,04	Open
34	0,72	0,23	1,2	Open
40	0,25	0,08	0,17	Open
41	0,13	0,07	0,16	Open
43	0,28	0,14	0,65	Open

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Con respecto a los resultados de las tuberías actuales en Caluma Viejo mostradas en la Tabla 3-1 y conociendo que todas las tuberías son de PVC se pueden observar muchas tuberías con velocidades por debajo de la mínima, la cual guiándonos con la Tabla 1-1 es de 0,30 m/s para materiales de PVC, estas velocidades bajas de las tuberías causaron un aumento en la presión, así mismo como en la sedimentación en el interior de las tuberías ya que en la temporada de invierno, al no contar con un buen sistema de conducción y de tratamiento, el agua termina mezclándose con sedimentos lo que causa que a los pobladores les llegue agua contaminada.

➤ **Análisis y resultado de los Nodos en Caluma Viejo.**

**Tabla 3-2 Resultados de los nodos en Caluma Viejo**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>cota</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
1	0	388,36	11,11
3	0	381,43	11,23
5	1,01	378,18	9,99
33	0,72	354,18	-4,68
51	1,01	330,54	-0,96
52	0,53	329,9	-4,66
53	0	329,71	-4,69
54	0,82	328,04	-6,26
55	0,74	329,49	-7,75

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Analizado los resultados de los nodos con sus demandas actuales en Caluma Viejo mostradas en la Tabla 3-2 se observaron presiones negativas en varios nodos de la red de distribución, estos nodos con presiones por debajo de la mínima, la cual es de 10mca como lo indica la sección Accesorios, están ubicados en los lugares más lejanos de red con cotas altas, a su vez estas presiones negativas nos alertan de que en esos sectores donde están ubicados estos nodos no contarán con los suficientes metros de columna de presión para abastecerse de agua potable.

### 3.1.2 Resultados del modelamiento de la Red de Distribución actual en Caluma Nuevo

A continuación presento los resultados más representativos obtenidos mediante el modelamiento en el software EPANET de la red actual de Caluma Nuevo, así mismo se revisó y analizó los datos más críticos de velocidades en las tuberías y de las presiones en los nodos de demanda de la red de distribución.

Para más detalles de los resultados mirar en ANEXO Tabla A. 3 y ANEXO Tabla A. 4

➤ **Análisis y resultado de las tuberías actuales en Caluma Nuevo.**

**Tabla 3-3 Resultados más representativos de las tuberías en Caluma Nuevo**

<b>Tuberías</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Headloss</b>	<b>Estado</b>
ID	LPS	m/s	m/km	
5	0,36	0,11	0,33	Open
9	0,12	0,15	1,18	Open
80	0,85	0,27	1,64	Open
81	0,47	0,15	0,55	Open
99	-0,41	0,21	1,33	Open
103	-0,22	0,11	0,39	Open
107	-10,53	5,36	535,13	Open
115	0,86	0,28	1,69	Open
150	0,2	0,1	0,36	Open
273	-0,27	0,14	0,6	Open

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Se observó en los resultados de las tuberías actuales de Caluma Nuevo mostradas en la Tabla 3-3 se presentaron velocidades muy bajas, por debajo de la mínima que es de 0,3 m/s como lo muestra la Tabla 1-1, lo que podría provocar sedimentación en el interior de las tuberías y aumento en la presión, también se observaron velocidades altas que están por encima de la velocidad máxima que es de 5 m/s para tuberías de PVC como se lo indica la tabla antes mencionada, lo que podría provocar erosión y daños en las paredes interiores de las tuberías de la red de distribución.

➤ **Análisis y resultado de los Nodos en Caluma Nuevo.**

**Tabla 3-4 Resultados más representativos de los nodos en Caluma Nuevo**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Cota</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	mca
2	0	396,07	-0,48
8	0	370,52	2,62
9	0	370,46	2,93
39	0,41	328,2	-19,6
60	0,24	324,69	-9,94
79	0,11	324,46	-3,64
90	0,41	334,88	0,12
141	0,27	214,24	-105,78
204	0,33	221,1	-122,8
238	0,72	241,05	-98,33

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

En la Tabla 3-4 se presentan los valores de presiones críticas en la red actual de distribución de Caluma Nuevo que están por debajo del valor de presión mínima, los cuales en su mayoría son valores negativos, lo que perjudicará a los habitantes de los sectores en donde se encuentran estos nodos impidiéndoles abastecerse de agua potable.

### **3.2 Análisis y resultados del modelamiento de la Red de Distribución proyectada para el 2038**

Conociendo que la población de Caluma proyectada para el 2038 es de 20.967 habitantes y teniendo en cuenta que el caudal de diseño que demandará esta población aumentará con respecto al 2018 se modeló el nuevo diseño de la red en el software EPANET, se obtuvieron los resultados de las velocidades en las tuberías y de las presiones en los nodos de demanda de la red distribución, los cuales se presentan a continuación.

### 3.2.1 Resultados del modelamiento de la Red de Distribución de Caluma Viejo proyectada para el 2038

➤ **Análisis y resultado de las tuberías en Caluma Viejo para el 2038.**

**Tabla 3-5 Resultados más representativos de las tuberías en Caluma Viejo para el 2038**

<b>Tuberías</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Headloss</b>	<b>Estado</b>
ID	LPS	m/s	m/km	
1	24,03	1,19	8,53	Open
15	-7,27	0,77	5,79	Open
16	0,67	0,53	9,69	Open
28	5,38	1,73	50,01	Open
42	6,58	2,11	72,56	Open
48	1,25	0,64	10,32	Open
29	1,5	0,77	14,53	Open
50	15,24	1,6	22,77	Open
51	16,09	1,69	25,21	Open
66	1,57	0,8	15,84	Open
67	0,99	0,51	6,73	Open

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

En la Tabla 3-5 se muestran los resultados de las velocidades en la nueva red de diseño de Caluma Viejo para el 2038, los cuales fueron valores favorables en velocidad ya que no exceden los valores mínimos, ni máximos de las velocidades que se encuentran entre 0,3m/s y 5 m/s para tuberías de materiales de PVC que se observan en la Tabla 1-1, hay que mencionar que para obtener estos valores favorables se redujeron los diámetros de tuberías en algunos tramos de la red de distribución y se optó por cerrar en lo posible los ramales abiertos con la finalidad de reducir pérdidas.

➤ **Análisis y resultado de los Nodos en Caluma Viejo, para el 2038.**

**Tabla 3-6 Resultados más representativos de los nodos en Caluma Viejo para el 2038**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Head</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
1	0	391,41	14,16
17	0,5	385,34	40,21
29	0	380,1	44,16
30	0,65	379,75	41,6
38	0,52	384,27	40,71
39	0,5	383,27	52,86
48	0,22	386,77	45,42
49	1,35	368,87	43,27
51	1,7	356,21	24,71
52	0,89	355,64	21,08
13	0	385,49	35,26

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Como se observa en la Tabla 3-6 los resultados de las presiones en los nodos de la nueva red de diseño de Caluma Viejo para el 2038 son valores favorables ya que no superan el valor de presión máxima de 70 metros de columna de agua ni se encuentran por debajo del valor de presión mínima de 10 metros de columna de agua; se obtuvo estos valores favorables de presión al aumentar diámetros en algunos tramos de tuberías.

### 3.2.2 Resultados del modelamiento de la Red de Distribución de Caluma Nuevo proyectada para el 2038

➤ **Análisis y resultado de las tuberías en Caluma Nuevo para el 2038.**

**Tabla 3-7 Resultados más representativos de las tuberías en Caluma Nuevo para el 2038**

Tubería	Caudal	Velocidad	Headloss	Estado
ID	LPS	m/s	m/km	
2	37,47	1,19	6,56	Open
90	-1,79	0,91	20,09	Open
3	-6,89	1,08	13,92	Open
201	2,07	1,06	26,39	Open
222	0	0	0.00 CI	Closed
228	0,5	0,4	5,61	Open
255	0	0	0.00 CI	Closed
257	0,56	0,44	6,83	Open
284	1,06	0,84	22,46	Open
291	0	0	0.00 CI	Closed
307	-2,91	0,93	16,02	Open
311	0,57	0,46	7,25	Open

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

La Tabla 3-7 nos muestra los resultados de las velocidades en la nueva red de diseño de Caluma Nuevo para el 2038, los cuales al analizarlos se observó que son velocidades favorables ya que se encuentran entre la velocidad mínima y máxima para tuberías de materiales de PVC que son de 0,3m/s y 5 m/s respectivamente como lo muestra la Tabla 1-1, lo cual evitará que se produzca erosión y sedimentación en el interior de las tuberías, cabe recalcar que se obtuvieron estas velocidades favorables al reducir los diámetros de tuberías en algunos tramos de la red de distribución y al cerrar en lo posible los ramales abiertos para así también reducir pérdidas.

Siguiendo con el análisis, se pueden apreciar tuberías cerradas con velocidades nulas, estas tuberías ya son existentes y se optó por conservarlas con la finalidad de usarlas para mantenimiento de la red sin perjudicar el abastecimiento de agua potable.



➤ **Análisis y resultado de los Nodos en Caluma Nuevo para el 2038.**

**Tabla 3-8 Resultados más representativos de los nodos en Caluma Nuevo para el 2038**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Head</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
3	0,32	394,88	19,83
12	0,53	384,33	25,88
22	1,02	392,94	24,04
131	0,82	334,86	22,01
132	0,2	373,15	34,08
214	0,53	384,4	34,45
225	0,26	371,76	22,96
238	0,98	372,85	33,47
169	0,3	386,15	23,15
243	0,55	364,68	31,58
244	0,56	363,72	29,67

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

Como se muestra en la Tabla 3-8, los valores de los resultados de las presiones en los nodos de la nueva red de diseño de Caluma Nuevo para el 2038 son favorables debido a que se encuentran entre el valor mínimo de presión que es de 10 mca y el valor máximo de presión que es de 70 mca, cabe indicar que para obtener estos valores favorables de presión se aumentaron diámetros en algunos tramos de tuberías.

### **3.3 Análisis del presupuesto referencial**

#### **3.3.1 Análisis del presupuesto de la Red de Distribución de Caluma Viejo para el 2038.**

Para el análisis del presupuesto de la nueva red de distribución de Caluma Viejo para el 2038, se definieron las etapas del proyecto con sus respectivas actividades. A continuación se mostrará una tabla con los costos de cada etapa del proyecto y el valor total del presupuesto:

**Tabla 3-9 Precios de las etapas del proyecto (Caluma Viejo 2038)**

ETAPAS DEL PROYECTO DE LA RED DE DISTRIBUCION DE CALUMA VIEJO PARA EL 2038	PRECIO
1. PRELIMINARES	6554,23
2. MOVIMIENTO DE TIERRA	31712,93
3. SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS	33070,23
4. PAVIMENTACION	64146,99
5. SEGURIDAD EN OBRA	1858,65
	<b>137343,02</b>

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

**Tabla 3-10 Presupuesto total incluido indirectos y utilidades (Caluma Viejo 2038)**

TOTAL COSTO	137343,02
COSTOS INDIRECTOS (25%)	34335,76
VALOR TOTAL (CD + CI)	171678,78
VALOR TOTAL OFERTADO	<b>171679,00</b>

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

### 3.3.2 Análisis del presupuesto de la Red de Distribución de Caluma Nuevo para el 2038.

**Tabla 3-11 Costos de las etapas del proyecto (Caluma Nuevo 2038)**

ETAPAS DEL PROYECTO DE LA RED DE DISTRIBUCION DE CALUMA NUEVO PARA EL 2038	PRECIO
1. PRELIMINARES	20311,64
2. MOVIMIENTO DE TIERRA	111937,58
3. SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS	136325,77
4. PAVIMENTACION	224211,06
5. SEGURIDAD EN OBRA	5251,03
	<b>498037,07</b>

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

**Tabla 3-12 Presupuesto total incluido indirectos y utilidades (Caluma Nuevo 2038)**

TOTAL COSTO	498037,07
COSTOS INDIRECTOS (25%)	124509,27
VALOR TOTAL (CD + CI)	622546,34
VALOR TOTAL OFERTADO	<b>622546,00</b>

Fuente: (Castro & Rizzo, 2019)

En la Tabla 3-9 y Tabla 3-11 se muestran los precios de las diferentes etapas del proyecto, de la cual podemos observar que la etapa con mayor costo es la pavimentación, la cual consiste en la reposición de las diferentes capas dependiendo del tipo de superficie en donde se realizarán los cambios de tuberías y la colocación de nuevos tramos de tuberías, los costos en esta etapa son los más altos ya que se utilizó material de sub-base para los tres tipos de superficies que existen en Caluma Viejo y Caluma Nuevo (Lastre, Asfalto y Adoquines), cabe indicar que minimizamos costos al rellenar las secciones de las tuberías con material de sitio, el cual corresponde al 50% del material excavado en la etapa de Movimiento de Tierra.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El cantón Caluma actualmente cuenta con 2 redes de abastecimiento de agua potable, las mismas que están en funcionamiento desde hace más de 20 años, por lo cual probablemente cuente con accesorios en mal estado y diámetros inadecuados, por este motivo se vio la necesidad de plantear una propuesta con el objetivo de mejorar la red de distribución

### **Conclusiones**

Debido a que Caluma cuenta con una geomorfología muy favorable por la forma de su terreno natural, con una cota máxima de 397 msnm y una cota mínima de 299 msnm, su red de abastecimiento de agua potable se distribuye por gravedad aprovechando de manera conveniente las alturas piezométricas.

Caluma está formada por barrios, divididos en manzanas, los cuales se distribuyen a lo largo de Caluma Nuevo y Caluma Viejo. Por otra parte, se encuentra dividido por esteros y su afluente principal, dicho lo anterior, la red de distribución en cuanto al esquema de sus ramificaciones se lo hace de manera combinada, contando con circuitos cerrados en el centro del cantón y ramificaciones abiertas en sus extremos.

Como resultado del modelamiento de la red actual en el software EPANET, se obtuvieron nodos con presiones por debajo de los 10 mca, por consiguiente se concluye que algunos diámetros de tuberías no son adecuados, convirtiendo algunas tuberías en tramos ineficientes.

Puesto que la mayoría de los tramos cuentan con tuberías de un diámetro no adecuado, se realizaron cambio de tubería aumentando así sus diámetros, ya que así lo requiere la futura demanda asignada a la red de distribución proyectada para el 2038.

De acuerdo con la densidad poblacional que le correspondió tanto como a Caluma Nuevo y Caluma Viejo, y a su vez basándonos en la Tabla 1-4, se determinó que hasta ahora en la actualidad Caluma Viejo, en cuanto a su red se refiere, no requiere de una dotación contra incendios por motivo a su número de habitantes, ya que no supera los 5000, sin embargo tomando en cuenta la tasa de incremento poblacional junto con la proyección realizada para el 2038, la densidad poblacional en Caluma Viejo ya supera los 5000 habitantes, esto quiere decir que la norma exige al menos un hidrante en dicho sector de la comunidad, cabe recalcar que Caluma Nuevo cuenta actualmente con un hidrante y que para su proyección en el 2038 este número de hidrante se mantiene.

De acuerdo con los cálculos realizados con el fin de obtener las variaciones de consumo que nos permitieron analizar y realizar el modelamiento de la red de distribución, se llegó a la conclusión de que actualmente los habitantes de Caluma tiene una mayor demanda de consumo máximo horario, esto quiere decir que supera el caudal que actualmente se obtiene en cada sistema de captación.

### **Recomendaciones**

Es bastante probable que actualmente existan conexiones clandestinas, por lo tanto, dicho esto es recomendable que se hagan monitoreos trimestrales a los medidores con la finalidad de impedir y localizar estas conexiones.

Debido a que Caluma cuenta con una gran aportación a la provincia de Bolívar en el ámbito socioeconómico, y teniendo en cuenta que esta tendencia se mantiene ya que la contribución en el área agrícola y ganadera es considerable, es por esta razón que se recomiendan que se hagan seguimientos periódicos en los principales puntos de demanda de agua, con la finalidad de tener datos estadísticos que ayuden en un futuro a tener resultados más realistas.

Con la finalidad de reducir las pérdidas y facilidad de proporcionar mantenimiento a la red de distribución, si en un futuro se requiere extender dicha red, se recomienda utilizar esquemas de circuitos cerrados, evitando en lo posible ramificaciones abiertas.

Con el objetivo de mantener la calidad del agua y a su vez de reducir las pérdidas por fricción en los conductos, se recomienda utilizar en lo posible tuberías de PVC, evitando la contaminación por corrosión y a su vez contando con el beneficio de brindar una gran facilidad al momento instalarlas.

Considerando las variaciones de consumo obtenidas en el capítulo 2 y de la misma manera teniendo en cuenta la proyección realizada para el 2038, aumentando su población en un 32%, se recomienda hacer estudios hidrográficos con la finalidad de encontrar fuentes de captaciones que garanticen la cantidad necesaria y la calidad requerida del agua cruda para satisfacer las demandas proyectadas para la vida del proyecto.

# BIBLIOGRAFÍA

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- ALPEROVITS, E., & SHAMIR, U. (1977). Design of Optimal Water Distribution Systems. *Water Resources Research*.
- Cárdenas, A. (1975). *Cálculo y diseño de Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Ciudad de Machala*. Guayaquil.
- Cardenas, D., & Patiño, F. (2010). *Estudios y Diseños definitivos del Sistema de Abastecimiento de Agua potable de la comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia del Azuay*. Cuenca.
- Castro, J., & Rizzo, R. (2019). Guayaquil, Guayas.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN EN SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA*. Lima.
- Chong, J., & Romero, S. (2017). *Implantación de una red para complementar la distribución de agua potable en el cantón General Antonio Elizalde (Bucay)*. Guayaquil.
- CONAGUA. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. En *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. Ciudad de Mexico, Mexico.
- CONAGUA. (2008). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. En *Datos Basicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. Ciudad de México.
- Cueto, W., & Rivas, R. (2003). Sistema de control basado en autómatas programables de la red de distribución de agua potable Troncoso. *Automática*.
- Eiger, G., Shamir, U., & Ben-Tal, A. (1994). Optimal design of water distribution networks. *WATER RESOURCES RESEARCH*.
- Enriquez, I. (2001). *Sistema de Agua Potable para el centro poblado de la Comuna San Antonio de Playas de la Provincia del Guayas: Viabilidad y Ejecución*. Guayaquil.
- Eusuff, M. M., & Lansey, K. E. (2003). Optimization of Water Distribution Network Design Using the Shuffled Frog Leaping Algorithm. *JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT*.
- Filián, G. (2004). *Utilización del EPANET a un sistema de Agua Potable*. Guayaquil.

- Fujiwara, O., & Khang, D. (1990). A Two-Phase Decomposition Method for Optimal Design of Looped Water Distribution Networks. *WATER RESOURCES RESEARCH*.
- Geem, Z. (2005). Optimal cost design of water distribution networks using harmony search. *Engineering Optimization*.
- Giustolisi, O., Savic, D., & Kapelan, Z. (2008). Pressure-Driven Demand and Leakage Simulation for Water. *JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING*.
- IEOS. (1986). *Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos*.
- Monserate, J. (2016). *PROPUESTA DE SISTEMA BOOSTER PARA LA URBANIZACIÓN COLINAS DEL BOSQUE, PERTENECIENTE A LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS, UBICADO EN EL KM. 10,5 VIA A LA COSTA*. Guayaquil.
- Mutikanga, H., Sharma, S., & Vairavamoorthy, K. (2013). Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. *JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT*.
- Nazif, S., Karamouz, M., Tabesh, M., & A., M. (2009). Pressure Management Model for Urban Water Distribution Networks. *Water Resour Manage*.
- SENAGUA. (2012). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Ecuador.
- SIAPA. (2014). Sistemas de agua potable. En *Lineamientos técnicos para Factibilidades*.
- Tixe, S. (2004). *Especificaciones técnicas para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima.
- Xu, C., & Goulter, I. (1999). RELIABILITY-BASED OPTIMAL DESIGN OF WATER DISTRIBUTION NETWORKS. *JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT*.



# **ANEXOS**

## ANEXO A

**ANEXO Tabla A. 1 Resultados de tuberías (Caluma Viejo 2018) (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Tubería</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Headloss</b>	<b>Estado</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diámetro</b>
ID	LPS	m/s	m/km		m	mm
1	13,92	1,46	19,27	Open	284,32	110
2	13,92	2,19	51,2	Open	135,4	90
3	1,99	0,64	7,92	Open	297,7	63
4	1,01	0,32	2,26	Open	393,7	63
5	11,93	1,88	38,48	Open	94,1	90
6	11,93	1,88	38,49	Open	31,06	90
7	0,24	0,19	1,45	Open	66,9	40
8	11,69	1,84	37,06	Open	5,31	90
9	0,96	0,31	2,04	Open	38,9	63
10	0,77	0,25	1,36	Open	8,11	63
11	0,46	0,37	4,91	Open	290	40
12	-0,19	0,06	0,1	Open	90,44	63
13	-10,63	1,67	31,08	Open	122,97	90
14	6,7	1,05	13,22	Open	71,61	90
15	-3,72	1,19	25,27	Open	89,28	63
16	-1,15	0,37	2,87	Open	71,56	63
17	-2,45	0,79	11,67	Open	94,57	63
18	1,3	0,42	3,61	Open	94,87	63
19	0,28	0,14	0,64	Open	82,34	50
20	0,34	0,17	0,92	Open	8,33	50
21	0,52	0,17	0,67	Open	70,37	63
22	0,46	0,15	0,53	Open	90,73	63
23	0,06	0,03	0,04	Open	150,4	50
24	4,04	1,29	29,38	Open	273,11	63
25	0,27	0,34	5,46	Open	115,2	32
26	3,58	1,15	23,55	Open	291,66	63
27	0,39	0,2	0,18	Open	37,69	50
28	3,19	1,02	19,05	Open	25,49	63
30	0,72	0,57	10,94	Open	190,6	40
31	1,82	0,58	6,69	Open	108,5	63
32	1,82	0,58	6,69	Open	9,06	63
33	1,1	0,56	8,11	Open	176,5	50
34	0,72	0,23	1,2	Open	61,25	63
35	0,72	0,89	32,54	Open	33,48	32

36	0,72	0,89	32,54	Open	29,85	32
37	0,22	0,28	3,73	Open	483	32
38	4,69	1,5	38,77	Open	88,76	63
39	4,44	1,42	35,04	Open	10,06	63
40	0,25	0,08	0,17	Open	190,7	63
41	0,13	0,07	0,16	Open	106,7	50
42	4,19	2,13	96,89	Open	218,2	50
43	0,28	0,14	0,65	Open	69,95	50
44	3,11	1,58	55,75	Open	266,47	50
45	0,53	0,66	18,61	Open	34,43	32
46	1,57	0,8	15,68	Open	53,31	50
47	0,82	1,02	41,99	Open	39,86	32
48	0,74	0,38	3,93	Open	54,57	50

**ANEXO Tabla A. 2Resultados de nodos (Caluma Viejo 2018) (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Head</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
1	0	388,36	11,11
3	0	381,43	11,23
4	0,98	379,07	31,17
5	1,01	378,18	9,99
6	0,24	376,52	16,72
7	0	376,61	13,86
8	0,1	376,42	14,12
9	0	376,34	12,09
10	0,19	376,33	22,45
14	0,46	374,9	33,18
15	0,21	372,59	22,37
16	0,18	370,34	27,91
17	0	370,54	25,41
18	0,21	371,65	20,49
20	0,34	370,14	22,12
24	0	370,15	21,84
25	0	370,15	30,74
26	0,46	370,1	41,19
28	0,66	356,27	20,22
29	0	356,75	20,81
30	0,39	356,71	18,56

32	0,72	353,35	36,75
33	0,72	354,18	-4,68
34	0,87	354,05	40,35
35	0,22	352,25	53,01
36	0	377,81	14,66
37	0,3	376,33	12,46
38	0,5	370,2	26,64
39	0,18	363,62	33,21
40	0,27	362,99	35,01
41	0	355,54	39,2
42	0	355,48	40,81
43	0	355,41	39,15
44	0	354,32	37,02
45	0,12	366,9	29,8
46	0	366,54	30,34
47	0,25	366,51	40,81
48	0,13	366,88	25,53
49	0,8	345,4	19,8
50	0,28	345,36	20,51
51	1,01	330,54	-0,96
52	0,53	329,9	-4,66
53	0	329,71	-4,69
54	0,82	328,04	-6,26
55	0,74	329,49	-7,75
2	-15,28	393,84	0

**ANEXO Tabla A. 3 Resultados de Tuberías (Caluma Nuevo 2018) (Castro & Rizzo, 2019)**

Tubería	Caudal	Velocidad	Headloss	Estado	Longitud	Diámetro
ID	LPS	m/s	m/km		m	mm
1	23,26	2,45	49,88	Open	32,58	110
2	25,46	2,68	58,93	Open	430,45	110
5	0,36	0,11	0,33	Open	11,75	63
6	1,14	0,91	25,79	Open	43,13	40
7	1,5	0,48	4,67	Open	151,3	63
8	1,04	0,82	21,64	Open	48,25	40
9	0,12	0,15	1,18	Open	89,21	32
10	-0,92	0,73	17,23	Open	40,63	40
11	0,16	0,2	2,04	Open	87,15	32
12	0,5	0,39	5,51	Open	60,71	40
13	0,18	0,22	2,51	Open	51,6	32

14	0,16	0,13	0,68	Open	70,19	40
15	23,26	2,45	49,88	Open	479,68	110
16	0,99	0,78	19,73	Open	2,74	40
17	0,71	0,56	10,64	Open	93,8	40
18	0,28	0,22	1,92	Open	133,5	40
19	0,15	0,12	0,63	Open	395,4	40
20	0,09	0,07	0,23	Open	127,91	40
21	0,35	0,28	2,9	Open	155	40
22	23,73	2,5	51,72	Open	351,45	110
23	0,61	0,31	2,74	Open	18,18	50
24	22,24	2,34	45,87	Open	476,78	110
25	15,58	1,64	23,73	Open	122,77	110
26	1,68	0,54	5,81	Open	63,25	63
27	0,08	0,04	0,06	Open	64,81	50
28	0,36	0,18	1,01	Open	60,29	50
29	1,25	0,4	3,35	Open	31,47	63
30	0,08	0,04	0,06	Open	66,75	50
31	0,86	0,28	1,68	Open	63,86	63
32	0,14	0,07	0,17	Open	70,85	50
33	0,72	0,37	3,76	Open	41,86	50
34	0,29	0,15	0,71	Open	7,23	50
35	0,43	0,54	12,64	Open	150,82	32
36	0,25	0,31	4,61	Open	31,68	32
37	0,18	0,23	2,54	Open	93,2	32
38	0,31	0,16	0,79	Open	387,22	50
39	13,34	1,4	17,81	Open	65,89	110
40	7,41	0,78	5,99	Open	67,87	110
41	6,88	0,72	5,22	Open	260,63	110
42	5,37	0,57	3,31	Open	108,82	110
43	1,02	0,52	7,12	Open	98,46	50
44	0,37	0,19	1,06	Open	110,5	50
45	-0,84	0,43	4,93	Open	92,87	50
46	0,87	0,44	5,31	Open	49,86	50
47	0,22	0,11	0,4	Open	29,88	50
48	0,47	0,24	1,66	Open	69,42	50
49	0,15	0,08	0,21	Open	47,1	50
50	0,19	0,1	0,32	Open	86,8	50
51	0,42	0,21	1,35	Open	62,66	50
52	0,23	0,12	0,47	Open	47,69	50
53	0,18	0,09	0,29	Open	7,55	50
54	0,18	0,09	0,29	Open	72,71	50

55	0	0	0	Open	106,1	50
56	0,31	0,39	7,03	Open	165,6	32
57	4,53	0,48	2,41	Open	133,38	110
58	4,53	1,45	36,45	Open	2,06	63
59	2,41	0,77	11,32	Open	83,21	63
60	0,46	0,23	1,62	Open	9,62	50
61	0,24	0,12	0,49	Open	58,28	50
62	0,22	0,11	0,42	Open	6,54	50
63	1,95	0,63	7,65	Open	17,47	63
64	1,96	0,63	7,7	Open	147,65	63
65	1,96	0,63	7,7	Open	46,33	63
66	1,22	0,39	3,18	Open	65,1	63
67	0,48	0,15	0,57	Open	42,8	63
68	0,48	0,6	15,43	Open	134,92	32
69	0	0	0	Open	191,56	63
70	0,41	0,21	1,28	Open	261,61	50
71	0,35	0,18	0,98	Open	396,3	50
72	2,12	0,68	8,95	Open	98,3	63
73	0,54	0,28	2,18	Open	89,72	50
74	0,06	0,03	0,03	Open	136,1	50
75	0,03	0,04	0,1	Open	66,62	32
76	-0,01	0	0	Open	98,28	50
77	1,44	0,46	4,33	Open	54,24	63
78	1,2	0,38	3,08	Open	31,07	63
79	0,92	0,3	1,91	Open	31,94	63
80	0,85	0,27	1,64	Open	60,84	63
81	0,47	0,15	0,55	Open	95,48	63
82	0,29	0,09	0,23	Open	25,13	63
83	0,18	0,09	0,28	Open	93,22	50
84	0,2	0,1	0,36	Open	36,18	50
85	-0,26	0,13	0,56	Open	95,46	50
86	-0,52	0,27	2,04	Open	60,83	50
87	-0,45	0,23	1,54	Open	31,94	50
88	-0,39	0,2	1,17	Open	6,6	50
89	0,16	0,13	0,68	Open	64,44	40
90	-0,55	0,28	2,23	Open	24,46	50
91	-0,45	0,23	1,57	Open	54,45	50
92	0,24	0,12	0,48	Open	97,64	50
93	-0,17	0,09	0,13	Open	96,98	50
94	0,07	0,04	0,01	Open	96,34	50
95	0,17	0,09	0,27	Open	95,13	50

96	-2,55	0,27	0,83	Open	45,27	110
97	-5,96	0,63	4	Open	124,6	110
98	-0,75	0,24	1,31	Open	297,6	63
99	-0,41	0,21	1,33	Open	276,9	50
100	21,58	2,27	43,4	Open	80,61	110
101	-21,99	2,31	44,95	Open	820,8	110
3	-3,94	2,01	86,55	Open	44,43	50
4	6,16	3,14	198,11	Open	122,24	50
102	5,94	3,02	185,23	Open	40,16	50
103	-0,22	0,11	0,39	Open	40,16	50
104	0,64	0,32	2,96	Open	41,14	50
105	-1,15	0,59	8,89	Open	38,11	50
106	-0,22	0,11	0,4	Open	163,42	50
107	-10,53	5,36	535,13	Open	104,72	50
108	-4,66	2,37	118,29	Open	99,89	50
109	-3,77	3	236,58	Open	44,15	40
110	-4,11	1,32	30,37	Open	55,76	63
111	-5,52	1,77	52,54	Open	211,26	63
112	2,87	1,46	48,2	Open	311,76	50
113	22,66	2,38	47,49	Open	313,05	110
114	22,02	2,32	45,05	Open	99,86	110
115	0,86	0,28	1,69	Open	258,88	63
116	0,22	0,07	0,14	Open	88,93	63
117	0,29	0,15	0,69	Open	109,7	50
118	-0,6	0,75	23,33	Open	710,3	32
119	-0,88	0,45	5,39	Open	110,1	50
120	-1,38	0,44	4,03	Open	382,42	63
121	-0,1	0,03	0,02	Open	195,92	63
122	0,25	0,08	0,17	Open	148,3	63
123	-0,55	0,18	0,73	Open	108,59	63
124	1,31	0,67	11,33	Open	51,84	50
125	0,77	0,39	4,21	Open	107,66	50
126	0,17	0,22	2,36	Open	53,77	32
127	-1,86	0,6	7,01	Open	62,94	63
128	0,14	0,18	1,62	Open	67,84	32
129	-2	0,64	8,04	Open	194,42	63
130	0,47	0,24	1,69	Open	85,09	50
131	0,26	0,13	0,56	Open	20,66	50
132	0,21	0,11	0,38	Open	53,01	50
133	-2,99	0,96	16,83	Open	99,86	63
134	0,27	0,14	0,59	Open	100,9	50

135	-3,25	1,04	19,72	Open	106,96	63
136	-2,8	0,9	14,92	Open	98,67	63
137	-3,18	1,02	18,92	Open	64,18	63
138	-3,16	1,01	18,67	Open	61,68	63
139	-2,88	0,92	15,72	Open	52,39	63
140	-1,4	0,45	4,15	Open	226,07	63
141	-5,04	1,62	44,25	Open	112,43	63
142	3,34	2,66	189,47	Open	447,07	40
143	1,47	1,17	41,43	Open	52,54	40
144	1,01	0,81	20,71	Open	61,68	40
145	0,99	0,79	19,86	Open	55,96	40
146	0,84	0,67	14,65	Open	7,02	40
147	0,82	0,65	14,07	Open	95,85	40
148	-0,1	0,05	0,04	Open	172,5	50
149	0,3	0,15	0,66	Open	6,85	50
150	0,2	0,1	0,36	Open	86,1	50
151	0,46	0,23	1,57	Open	78,83	50
152	0,02	0,01	0	Open	78,73	50
153	0,02	0,01	0,01	Open	78,73	50
154	0,46	0,23	1,61	Open	78,73	50
155	0,1	0,05	0,01	Open	72,49	50
156	0,34	0,17	0,68	Open	9,49	50
157	0,22	0,11	0,41	Open	69,75	50
158	-0,15	0,08	0,17	Open	220,2	50
159	1,51	0,77	14,49	Open	97,29	50
160	0,33	0,17	0,89	Open	48,48	50
161	1,4	0,71	12,7	Open	140,17	50
162	1,52	0,77	14,79	Open	85,98	50
163	1,28	1,6	95,23	Open	16,51	32
164	0,88	0,45	5,38	Open	55,19	50
165	1,61	1,28	49,07	Open	41,57	40
166	0,23	0,18	1,35	Open	84,03	40
167	-1,38	1,1	36,8	Open	334,07	40
168	0,79	0,63	13,07	Open	71,74	40
169	0,59	0,47	7,65	Open	268,97	40
170	-1,73	0,88	18,8	Open	78,73	50
171	-0,88	0,45	5,41	Open	115,57	50
172	0,06	0,03	0,04	Open	32,12	50
173	1	0,51	6,82	Open	48,02	50
174	-1,28	0,65	10,82	Open	146,97	50
175	0,62	0,32	2,74	Open	50,32	50



176	-1,16	0,59	9,01	Open	50,77	50
177	-0,82	0,42	4,7	Open	29,21	50
178	1,57	0,8	15,72	Open	138,91	50
179	-2,39	1,22	34,21	Open	33,88	50
180	-2,64	1,35	41,33	Open	113,04	50
181	2,27	1,16	31,13	Open	15,6	50
182	0,3	0,24	2,14	Open	91,65	40
183	1,97	1	24	Open	194,47	50
184	-2,63	1,34	40,9	Open	130,22	50
185	0	0	0	Open	80,42	50
186	1,96	1	23,79	Open	98,78	50
187	0,73	0,37	3,79	Open	5,35	50
188	0,22	0,11	0,41	Open	158,62	50
189	-0,9	0,46	5,58	Open	220,51	50
191	-2,15	1,1	28,23	Open	82,6	50
192	2,89	1,47	48,73	Open	58,69	50
193	0,23	0,12	0,46	Open	68,72	50
194	2,65	1,35	41,67	Open	34,37	50
195	1,14	0,58	8,77	Open	22,66	50
196	0,18	0,09	0,29	Open	56,04	50
197	0,96	0,49	6,35	Open	61,25	50
198	0,17	0,09	0,26	Open	29,32	50
199	0,79	0,4	4,41	Open	55,15	50
200	1,51	0,77	14,66	Open	7,46	50
201	1,07	0,55	7,77	Open	43,28	50
202	1,13	0,57	8,53	Open	43,28	50
203	0,24	0,12	0,44	Open	48,33	50
204	-0,74	0,38	3,93	Open	321,02	50
205	-0,3	0,15	0,72	Open	296,44	50
206	0,2	0,1	0,34	Open	105,1	50
207	-4,98	2,54	133,68	Open	106,18	50
208	4,28	2,18	100,99	Open	79,13	50
209	5,28	2,69	149,01	Open	77,75	50
210	0,23	0,12	0,45	Open	265	50
211	-0,47	0,37	5,01	Open	242,3	40
212	-0,47	0,24	1,69	Open	121,08	50
213	-1,6	0,82	16,32	Open	50,84	50
214	-0,9	0,46	5,57	Open	44,02	50
215	0,3	0,15	0,74	Open	72,9	50
216	0,24	0,12	0,49	Open	93,4	50
217	2,28	1,16	31,5	Open	53,21	50

218	-1,4	0,71	12,68	Open	79,43	50
219	-0,91	0,46	5,61	Open	59,52	50
220	1,94	0,99	23,18	Open	5,56	50
221	1,2	0,61	9,63	Open	44,01	50
222	0,13	0,07	0,13	Open	51,49	50
223	-2,35	1,2	33,33	Open	53,82	50
224	0,73	0,37	3,81	Open	53,75	50
225	-1,07	0,55	7,81	Open	132,3	50
226	-1,48	0,75	14,14	Open	131,28	50
227	-0,91	0,46	5,71	Open	47,5	50
228	0,21	0,1	0,37	Open	75,16	50
229	-0,11	0,06	0,01	Open	43,62	50
230	0,18	0,09	0,27	Open	75,63	50
231	-0,29	0,15	0,59	Open	3,91	50
232	-0,69	0,35	3,07	Open	160,3	50
233	-1,59	0,81	16,12	Open	37,54	50
234	-2,85	1,45	47,61	Open	49,14	50
235	1,93	0,98	23,08	Open	160,8	50
236	1	0,51	6,85	Open	160,5	50
237	-4,78	2,44	124,01	Open	155,7	50
238	9,26	2,97	136,8	Open	55,49	63
239	0,57	0,29	2,34	Open	207,78	50
240	0,29	0,15	0,69	Open	75,55	50
241	0,06	0,03	0,12	Open	47,53	50
242	0,18	0,14	0,81	Open	48,21	40
243	-14,04	4,51	295,78	Open	57,32	63
244	-14,27	4,58	304,62	Open	62,93	63
245	-14,68	4,71	321,02	Open	48,94	63
246	-14,68	1,54	21,26	Open	6,06	110
247	0,31	0,16	0,8	Open	53,42	50
248	-15,26	1,61	22,85	Open	51,19	110
249	0,27	0,14	0,61	Open	168,38	50
250	0,12	0,06	0,15	Open	161,1	50
251	-1,61	0,52	5,37	Open	107,08	63
252	0,21	0,11	0,38	Open	148,7	50
253	-0,15	0,08	0,2	Open	138,3	50
254	-1,82	0,58	6,73	Open	70,35	63
255	0,15	0,08	0,2	Open	48,8	50
256	-0,21	0,11	0,38	Open	101,8	50
257	0,41	0,33	3,89	Open	151,2	40
258	-15,77	1,66	24,28	Open	253,64	110

259	-1,97	0,63	7,79	Open	150,76	63
260	-0,58	0,46	7,32	Open	129,6	40
261	-0,82	0,42	4,76	Open	183	50
262	3,17	1,02	18,79	Open	166,08	63
263	-0,12	0,06	0,15	Open	332,4	50
264	0,41	0,21	1,31	Open	63,55	50
265	0,12	0,1	0,41	Open	143,93	40
266	0,65	0,52	9,18	Open	59,24	40
267	-0,77	0,62	12,58	Open	346,47	40
268	-1,47	0,75	13,95	Open	58,08	50
269	-1,75	0,56	6,27	Open	85,5	63
270	-0,72	0,37	3,72	Open	88,7	50
271	-1,37	0,7	12,24	Open	30,48	50
272	-3,53	1,8	70,61	Open	46,85	50
273	-0,27	0,14	0,6	Open	210,7	50
274	2,16	1,1	28,42	Open	301,8	50
275	-15,77	1,66	24,28	Open	270,16	110

**ANEXO Tabla A. 4 Resultados de nodos (Caluma Nuevo 2018) (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Head</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
2	0	396,07	-0,48
3	0,24	372,34	-2,71
5	0,23	372,15	-1,45
6	0,36	371,63	-0,22
7	0	371,63	-0,28
8	0	370,52	2,62
9	0	370,46	2,93
10	0,28	370,21	5,71
11	0,15	370,27	8,41
12	0,09	369,43	10,98
13	0,27	369,46	9,2
14	0,35	369,02	3,85
15	0	371,11	-6,09
16	0,12	371	-9,05
17	0,16	370,23	-10,62
18	0,26	370,41	-7,39

19	0,16	370,07	-7,73
20	0,18	369,94	-8,96
21	0,16	370,02	-6,78
22	0,88	354,16	-14,74
23	0,61	354,11	-13,89
24	0,7	332,29	-22,18
25	0,55	329,38	-20,51
26	0	329,01	-17,44
27	0,08	329,01	-18,92
28	0,36	328,95	-16,29
29	0	328,9	-17,25
30	0,08	328,9	-17,99
31	0,31	328,6	-9,55
32	0	328,8	-16,35
33	0,14	328,78	-17,85
34	0	328,64	-15,47
35	0,29	328,63	-15,46
36	0	326,73	-5,93
37	0,18	326,5	-3,76
38	0,25	326,59	-5,43
39	0,41	328,2	-19,6
40	0,31	327,8	-17,95
41	0,48	326,43	-12,07
42	0	326,08	-10,32
43	0,24	325,73	-12,25
44	0,33	325,62	-10,56
45	0	325,35	-9,74
46	0	325,65	-11,54
47	0,22	325,34	-9,9
48	0,23	325,63	-10,36
49	0	325,65	-11,39
50	0	325,65	-11,85
51	0,18	325,63	-4,59
52	0,19	325,32	-3,88
53	0,15	325,23	-5,3
54	0	325,24	-7,97
55	0,31	324,07	-2,09

56	0	325,75	-8,35
57	0	325,68	-8,32
58	0	324,74	-6,46
59	0	324,72	-5,92
60	0,24	324,69	-9,94
61	0,22	324,72	-5,53
62	0	324,6	-5,47
63	0	323,47	3,62
64	0,39	323,11	3,8
65	0,33	322,9	3,6
66	0	322,88	2,14
67	0,48	320,79	3,64
68	0	322,88	-3,05
69	0,35	322,72	0,12
70	0,41	322,57	-2,23
71	0,14	324,8	-8,47
72	0,02	324,6	-6
73	0,03	324,6	3,06
74	0,03	324,59	4,43
75	0	324,56	-8,18
76	0,14	324,52	-5
77	0	324,46	-4,45
78	0,16	324,42	1,86
79	0,11	324,46	-3,64
80	0,1	324,47	-7,58
81	0	324,41	-7,67
82	0	324,41	-3,68
83	0,44	324,28	-2,8
84	0,21	324,31	-6,29
85	0	324,26	-3,22
86	0,29	324,25	-2,25
87	0,24	324,23	-1,56
88	0,2	324,22	-0,56
89	0	335,25	-18,88
90	0,41	334,88	0,12
91	0,75	331,36	-3,75
92	0,72	331,75	-20,95

93	0,54	331,79	-22,42
4	0,22	327,73	-21,31
94	0	316,89	-32,32
95	0	316,76	-34,45
96	0,26	317,1	-34,01
97	0,31	312,39	-37,13
98	0,28	304,95	-46,19
99	0,21	304,96	-44,14
100	0,34	315,41	-33,79
101	0,31	248,91	-100,6
102	0	245,06	-104,74
103	0,26	224,69	-113,93
104	0,35	224,26	-118,45
105	0,29	224,18	-116,04
106	0,22	224,24	-117,23
107	0,46	219,72	-116,65
108	0,25	218,78	-115,11
109	0,18	217,96	-115,19
110	0	216,8	-115,55
111	0,4	215,59	-115,51
112	0	214,12	-113,52
114	0	212,01	-111,66
115	0,27	211,95	-109,85
116	0,51	210,33	-109,24
117	0	210,18	-108,16
118	0,26	210,17	-108,45
119	0,21	210,16	-106,14
120	0	208,77	-108,34
121	0,14	208,66	-108,6
122	0	208,32	-108,1
123	0,37	207,74	-105,86
124	0,17	207,61	-107,29
125	0,77	207,28	-99,7
126	0,2	208,25	-111,2
127	0,25	208,22	-99,08
128	0	208,24	-116,14
129	0,28	206,11	-120,18

130	0,5	206,7	-125,71
131	0,6	189,53	-123,32
132	0,14	220,26	-118,81
133	0	218,08	-119,83
134	0	216,81	-119,62
135	0	215,69	-118,11
136	0	215,59	-117,79
137	0,47	214,24	-116,13
138	0,39	214,25	-108,03
139	0	214,24	-107,56
140	0	214,24	-105,83
141	0,27	214,24	-105,78
142	0,22	214,21	-103,07
143	0,31	214,27	-113,06
144	0,4	212,87	-115,29
145	0,33	212,82	-111,6
146	0	211,08	-119,13
147	0,23	209,81	-114,31
148	0,15	210,79	-119,98
149	0	208,75	-121,07
150	0,23	208,63	-118,33
151	0	196,46	-125,75
152	0,79	195,52	-123,62
153	0,59	194,4	-107,1
154	0,2	214,21	-105,31
113	0,63	211,41	-122,91
155	0,34	211,41	-121,47
156	0	213	-119,28
157	0,55	213,46	-121,62
158	0	213,6	-123,04
159	0,56	214,76	-123,14
160	0	218,94	-121,05
161	0	219,43	-121,1
162	0,3	218,75	-119,95
163	0,19	217,04	-121,16
164	0,34	214,69	-116,69
165	0,31	214,67	-116,28

166	0,22	214,6	-103,03
167	0	224,75	-119,15
168	0	217,04	-126,46
170	0,14	214,97	-115,01
171	0,14	214,63	-113,39
172	0,14	214,26	-110,44
173	0,24	219,37	-120,43
174	0	216,51	-118,4
175	0,23	216,48	-120,34
176	0,18	214,86	-117,66
177	0	214,88	-115
178	0	215,08	-115,95
179	0	214,49	-110,73
180	0,17	214,48	-112,42
181	0	238,95	-105,97
182	0,38	230,96	-109,78
183	0,23	230,84	-93,04
184	0	246,54	-99,49
185	0	227,23	-120,33
186	0,26	224,89	-120,6
187	0,33	224,29	-117,57
188	0,22	223,8	-114,77
189	0,29	223,75	-112,12
190	0,46	223,79	-117,47
191	0	223,79	-117,69
192	0,18	223,73	-111,97
193	0	223,77	-114,94
194	0,21	223,76	-117,04
195	0	223,79	-119,47
196	0	223,52	-119,32
197	0	223,39	-119,04
198	0,24	223,19	-116,81
199	0	222,97	-118,35
200	1	222,96	-119,32
201	0,2	222,18	-117,95
202	0,3	222,13	-117,97
203	0,13	221,93	-121,46



204	0,33	221,1	-122,8
205	0,24	221,89	-119,81
206	0	220,9	-118,95
207	0,47	219,69	-119,03
208	0	282,66	-67,07
209	0,23	263,49	-82,89
210	0,41	282,08	-65,22
211	0	298,37	-52,38
212	0	298,5	-52,42
213	0,38	299,67	-51,19
214	0,31	298,46	-51,49
215	0	231,53	-112,44
216	0	232,01	-113,8
217	0,15	232	-111,87
218	0,15	215,67	-127,83
219	0,21	231,48	-102,77
220	0,21	214,74	-122,19
221	0,37	214,78	-128,92
222	0,27	298,4	-39,92
223	0,12	299,65	-40,15
224	0	305,83	-42,42
225	0,19	233,18	-115,62
226	0,25	215,72	-130,45
227	0,59	216,6	-133,08
228	0,27	241,26	-106,15
229	0,12	248,86	-93,65
230	0,41	244,98	-105,32
231	0,28	216,06	-129,28
232	0,7	215,25	-125,3
233	0	210,89	-120,2
234	0,65	210,35	-121,5
235	0,12	210,83	-120,17
236	0	241,76	-105,56
237	0,38	241,38	-103,2
238	0,72	241,05	-98,33
1	-48,72	397,7	0

## ANEXO B

**ANEXO Tabla B. 1 Resultados de tuberías (Caluma Viejo 2038) (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Tubería</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Headloss</b>	<b>Estado</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diametro</b>
ID	LPS	m/s	m/km		m	mm
1	24,03	1,19	8,53	Open	284,32	160
2	24,03	1,19	8,53	open	135,4	160
3	3,35	0,53	3,66	Open	297,7	90
4	1,7	0,55	5,92	Open	393,7	63
5	20,68	1,03	6,46	Open	94,1	160
6	20,68	1,03	6,46	Open	31,06	160
7	1,91	0,97	22,62	Open	66,9	50
8	18,77	0,93	5,4	Open	5,31	160
9	3,36	1,08	20,95	Open	38,9	63
10	2,08	1,06	26,64	Open	8,11	50
12	-1,28	0,65	10,77	Open	90,44	50
14	8,57	0,9	7,85	Open	71,61	110
15	-7,27	0,77	5,79	Open	89,28	110
16	0,67	0,53	9,69	Open	71,56	40
17	-0,56	0,44	6,85	Open	94,57	40
18	0,73	0,58	11,26	Open	94,87	40
21	0,95	0,76	18,6	Open	70,37	40
22	0,63	0,51	8,73	Open	90,73	40
26	6,03	0,95	10,89	Open	291,66	90
27	0,65	0,52	9,23	Open	37,69	40
28	5,38	1,73	50,01	Open	25,49	63
30	1,21	0,96	28,71	Open	190,6	40
31	3,06	1,56	54,14	Open	108,5	50
32	3,06	1,56	54,13	Open	9,06	50
33	1,85	0,94	21,31	Open	176,5	50
34	1,21	0,62	9,71	Open	61,25	50
35	1,21	0,96	28,8	Open	33,48	40
36	1,21	0,96	28,8	Open	29,85	40
37	0,85	0,67	14,93	Open	483	40
38	6,39	0,67	4,56	Open	88,76	110

39	7,48	2,4	92,01	Open	10,06	63
41	-1,28	0,65	10,77	Open	106,7	50
42	6,58	2,11	72,56	Open	218,2	63
44	5,23	1,68	47,49	Open	266,47	63
45	0,89	0,71	16,5	Open	34,43	40
46	2,64	1,34	41,14	Open	53,31	50
47	1,39	1,1	37,14	Open	39,86	40
48	1,25	0,64	10,32	Open	54,57	50
29	1,5	0,77	14,53	Open	80	50
50	15,24	1,6	22,77	Open	92,47	110
51	16,09	1,69	25,21	Open	30,5	110
53	7,66	0,81	6,37	Open	98,04	110
54	6,34	1	11,93	Open	175,07	90
55	0,75	0,59	11,79	Open	92,64	40
56	1,57	0,8	15,84	Open	182,81	50
59	1,06	0,54	7,6	Open	41,69	50
62	0,6	0,48	7,87	Open	48,75	40
63	0,8	0,63	13,26	Open	83,26	40
65	0,9	0,46	5,62	Open	190,7	50
66	1,57	0,8	15,84	Open	83,11	50
67	0,99	0,51	6,73	Open	134,54	50

**ANEXO Tabla B. 2 Resultados de nodos (Caluma Viejo 2038) (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Head</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
1	0	391,41	14,16
3	0	390,26	20,06
4	1,65	389,17	41,27
5	1,7	386,84	18,65
6	0,41	387,94	28,14
7	0	389,45	26,7
8	0,17	389,42	27,12
9	0	388,61	24,36
10	0,22	387,63	33,75
14	0,58	384,18	42,46
15	0,25	386,55	36,33
16	0,21	386,03	43,6
17	0,5	385,34	40,21

18	0,36	385,98	34,82
25	0,32	382,96	43,55
26	0,83	382,17	53,26
28	1,12	378,82	42,77
29	0	380,1	44,16
30	0,65	379,75	41,6
32	1,21	370,04	53,44
33	1,21	373,35	14,49
34	1	368,7	55
35	0,85	361,48	62,24
36	0	389,65	26,5
37	0,51	388,39	24,52
38	0,52	384,27	40,71
39	0,5	383,27	52,86
40	0,6	381,78	53,8
41	0	372,95	56,61
42	0	372,46	57,79
43	0	371,86	55,6
44	0	370,9	53,6
45	0,19	385,62	48,52
46	0	384,7	48,5
48	0,22	386,77	45,42
49	1,35	368,87	43,27
51	1,7	356,21	24,71
52	0,89	355,64	21,08
53	0	354,02	19,62
54	1,39	352,54	18,24
55	1,25	353,45	16,21
11	0,2	387,31	34,7
12	0,57	385,36	37,34
13	0	385,49	35,26
19	0,9	383,63	57,93
2	-24,03	393,84	0

**ANEXO Tabla B. 3 Resultados de las tuberías Caluma Nuevo 2038 (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Tubería</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Headloss</b>	<b>Estado</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diámetro</b>
ID	LPS	m/s	m/km		m	mm
2	37,47	1,19	6,56	open	430,45	200
5	0,58	0,47	7,51	Open	11,75	40
6	2,4	1,91	102,55	Open	43,13	40
7	2,99	0,96	16,8	Open	151,3	63
8	2,2	1,75	87,5	Open	48,25	40
9	0,56	0,45	6,97	Open	89,21	40
10	-1,64	1,31	50,72	Open	40,63	40
11	0,62	0,49	8,34	Open	87,15	40
12	1,02	0,81	21,1	Open	60,71	40
13	0,51	0,4	5,74	Open	51,6	40
14	0,52	0,41	5,95	Open	70,19	40
16	1,86	1,48	63,85	Open	2,74	40
18	0,51	0,41	5,82	Open	133,5	40
20	0,53	0,42	6,32	Open	127,91	40
21	0,52	0,42	6,12	Open	155	40
22	34,17	1,09	5,52	Open	351,45	200
23	0,83	0,66	14,26	Open	18,18	40
24	32,32	1,03	4,98	Open	476,78	200
25	21,63	2,28	43,59	Open	122,77	110
26	4,03	1,29	29,31	Open	63,25	63
27	0,5	0,4	5,7	Open	64,81	40
28	0,53	0,42	6,17	Open	60,29	40
29	3	0,96	16,97	Open	31,47	63
30	0,5	0,4	5,7	Open	66,75	40
31	1,97	0,63	7,8	Open	63,86	63
32	0,55	0,43	6,61	Open	70,85	40
33	1,18	0,94	27,36	Open	41,86	40
35	1,08	0,86	23,21	Open	150,82	40
36	0,53	0,42	6,23	Open	31,68	40
37	0,55	0,44	6,63	Open	93,2	40
39	16,85	1,77	27,43	Open	65,89	110
40	14,56	1,53	20,94	Open	67,87	110
41	15,05	1,58	22,27	Open	260,63	110
42	12,32	1,3	15,36	Open	108,82	110
43	2,07	1,06	26,37	Open	98,46	50
44	0,68	0,54	9,85	Open	110,5	40
45	-1,86	0,95	21,67	Open	92,87	50

46	2,09	1,06	26,77	Open	49,86	50
47	0,54	0,43	6,54	Open	29,88	40
48	1,03	0,82	21,6	Open	69,42	40
49	0,51	0,4	5,76	Open	47,1	40
50	0,51	0,41	5,87	Open	86,8	40
51	1,07	0,85	22,93	Open	62,66	40
52	0,52	0,41	6,04	Open	47,69	40
53	0,55	0,44	6,68	Open	7,55	40
54	0,55	0,44	6,67	Open	72,71	40
56	0,53	0,42	6,21	Open	165,6	40
57	10,45	1,1	11,34	Open	133,38	110
58	10,45	3,35	171,21	Open	2,06	63
59	5,22	1,68	47,34	Open	83,21	63
60	1,02	0,81	21,14	Open	9,62	40
61	0,53	0,42	6,17	Open	58,28	40
62	0,5	0,4	5,55	Open	6,54	40
63	4,2	1,35	31,61	Open	17,47	63
64	2,93	0,94	16,2	Open	147,65	63
65	3,01	0,97	17,12	Open	46,33	63
66	2	0,64	8,02	Open	65,1	63
67	1	0,8	20,27	Open	42,8	40
68	0,5	0,4	5,61	Open	134,92	40
69	0,5	0,4	5,61	Open	191,56	40
70	0,55	0,44	6,74	Open	261,61	40
71	0,58	0,46	7,3	Open	396,3	40
72	5,23	1,68	47,51	Open	98,3	63
73	1,21	0,62	9,71	Open	89,72	50
74	0,55	0,44	6,68	Open	136,1	40
76	1,27	0,65	10,68	Open	98,28	50
77	3,83	1,23	26,6	Open	54,24	63
78	3,28	1,05	19,98	Open	31,07	63
79	2,61	0,84	13,13	Open	31,94	63
80	2,11	0,68	8,83	Open	60,84	63
81	1,3	0,42	3,62	Open	95,48	63
83	1,3	0,66	11,17	Open	93,22	50
84	2,1	1,07	27,03	Open	36,18	50
85	-1,12	0,57	8,42	Open	95,46	50
86	-1,19	0,61	9,42	Open	60,83	50
87	-1,34	0,68	11,76	Open	31,94	50
88	-1,27	0,65	10,67	Open	6,6	50
89	0,52	0,41	5,99	Open	64,44	40

90	-1,79	0,91	20,09	Open	24,46	50
91	-1,9	0,97	22,45	Open	54,45	50
92	0,55	0,44	6,66	Open	97,64	40
93	-0,52	0,42	6,1	Open	96,98	40
94	0,5	0,4	5,68	Open	96,34	40
95	0,52	0,42	6,13	Open	95,13	40
97	-9,73	0,48	1,6	Open	124,6	160
98	-1,03	0,52	7,19	Open	297,6	50
99	-0,56	0,45	6,99	Open	276,9	40
100	36	1,15	6,09	Open	80,61	200
101	-36,56	1,16	6,26	Open	820,8	200
3	-6,89	1,08	13,92	Open	44,43	90
4	6,02	0,95	10,85	Open	122,24	90
102	5,23	2,66	146,2	Open	40,16	50
103	0,64	0,51	8,87	Open	40,16	40
104	3,99	2,03	88,67	Open	41,14	50
105	2,09	1,07	26,85	Open	38,11	50
107	-14,34	2,25	54,13	Open	104,72	90
108	-9,76	1,53	26,52	Open	99,89	90
109	-3	0,96	16,96	Open	44,15	63
110	-3,46	1,11	22,12	Open	55,76	63
113	33,69	1,07	5,38	Open	313,05	200
114	29,7	0,95	4,26	Open	99,86	200
115	1,53	0,78	15,01	Open	258,88	50
117	0,55	0,43	6,61	Open	109,7	40
118	-0,82	0,65	14,03	Open	710,3	40
119	-1,2	0,61	9,64	Open	110,1	50
120	-1,89	0,61	7,21	Open	382,42	63
121	-1,83	0,59	6,8	Open	195,92	63
122	0,5	0,4	5,61	Open	148,3	40
123	-2,6	0,83	13,03	Open	108,59	63
124	1,79	0,91	20,17	Open	51,84	50
125	1,05	0,54	7,49	Open	107,66	50
126	0,64	0,51	8,82	Open	53,77	40
127	-3,27	1,05	19,84	Open	62,94	63
128	-0,6	0,48	7,93	Open	67,84	40
130	1,63	0,83	16,9	Open	85,09	50
131	1,1	0,56	8,16	Open	20,66	50
132	0,53	0,42	6,25	Open	53,01	40
133	-4,74	1,52	39,56	Open	99,86	63
134	-1,46	0,74	13,78	Open	100,9	50

135	-3,28	1,05	20	Open	106,96	63
136	-4,48	1,44	35,64	Open	98,67	63
137	-5,03	1,61	44,13	Open	64,18	63
138	-4,84	1,55	41,07	Open	61,68	63
139	-2,81	0,9	15,03	Open	52,39	63
140	-1,84	0,59	6,85	Open	226,07	63
141	-4,14	0,65	5,42	Open	112,43	90
142	2,87	0,92	15,62	Open	447,07	63
143	0,74	0,59	11,69	Open	52,54	40
144	1,88	1,49	65,02	Open	61,68	40
147	1,58	1,26	47,24	Open	95,85	40
148	2,38	1,21	34,03	Open	172,5	50
149	1,36	0,69	12	Open	6,85	50
151	-1,1	0,56	8,16	Open	78,83	50
153	0,54	0,43	6,5	Open	78,73	40
154	2,03	1,03	25,26	Open	78,73	50
155	1,36	0,69	12	Open	72,49	50
156	1,36	0,69	12	Open	9,49	50
158	0,55	0,44	6,72	Open	220,2	40
159	1,86	0,95	21,62	Open	97,29	50
160	1,21	0,62	9,69	Open	48,48	50
161	1,02	0,52	7,09	Open	140,17	50
164	0,79	0,4	4,44	Open	55,19	50
165	1,33	1,06	34,36	Open	41,57	40
166	-0,55	0,44	6,7	Open	84,03	40
167	-1,88	0,96	22	Open	334,07	50
168	1,07	0,85	23,13	Open	71,74	40
169	0,81	0,64	13,59	Open	268,97	40
170	-1,93	0,98	23,06	Open	78,73	50
171	-0,94	0,48	6,09	Open	115,57	50
172	0,51	0,4	5,74	Open	32,12	40
173	0,91	0,46	5,71	Open	48,02	50
174	-1,27	0,65	10,64	Open	146,97	50
175	0,9	0,72	16,79	Open	50,32	40
176	-1,01	0,51	6,95	Open	50,77	50
177	-0,84	0,43	4,98	Open	29,21	50
178	1,45	0,74	13,52	Open	138,91	50
179	-2,29	1,17	31,65	Open	33,88	50
180	-2,57	1,31	39,32	Open	113,04	50
181	1,51	0,77	14,72	Open	15,6	50
182	-0,53	0,42	6,27	Open	91,65	40



183	1,94	0,99	23,28	Open	194,47	50
184	-3,26	1,05	19,77	Open	130,22	63
185	1,99	1,01	24,41	Open	80,42	50
186	2,71	1,38	43,41	Open	98,78	50
187	1,13	0,58	8,63	Open	5,35	50
188	1,43	0,73	13,18	Open	158,62	50
189	-1,12	0,57	8,45	Open	220,51	50
191	-1,82	0,92	20,61	Open	82,6	50
192	2,15	1,1	28,31	Open	58,69	50
193	-0,78	0,62	12,83	Open	99,75	40
196	-0,93	0,74	17,89	Open	94,18	40
197	0,93	0,74	17,89	Open	61,25	40
198	0,5	0,4	5,61	Open	29,32	40
199	0,43	0,35	4,33	Open	55,15	40
201	2,07	1,06	26,39	Open	43,28	50
202	1,16	0,59	9,07	Open	43,28	50
204	-1,16	0,59	9,07	Open	321,02	50
205	-0,67	0,53	9,7	Open	296,44	40
206	-0,71	0,57	10,78	Open	105,1	40
207	-7,48	2,4	92,11	Open	106,18	63
208	4,16	2,12	95,98	Open	79,13	50
209	4,3	1,38	33,03	Open	77,75	63
211	-0,64	0,51	8,87	Open	242,3	40
212	-0,64	0,51	8,87	Open	121,08	40
213	-1,05	0,53	7,47	Open	50,84	50
214	-0,47	0,38	5,09	Open	44,02	40
215	0,67	0,54	9,73	Open	72,9	40
216	0,5	0,4	5,68	Open	93,4	40
217	0,83	0,42	4,8	Open	53,21	50
222	0	0	0,00 Cl	osed	51,49	40
223	-2,23	1,14	30,26	Open	53,82	50
225	-1,08	0,55	7,86	Open	132,3	50
226	-0,87	0,44	5,26	Open	131,28	50
227	0	0	0,00 Cl	osed	50,5	40
228	0,5	0,4	5,61	Open	75,16	40
232	-0,57	0,45	7,09	Open	160,3	40
233	-1,59	0,81	16,17	Open	37,54	50
234	-3,06	1,56	54,27	Open	51,14	50
235	2,23	1,13	30,07	Open	160,8	50
236	1,12	0,57	8,4	Open	160,5	50
237	-5,29	1,7	48,43	Open	155,7	63

238	11,65	1,83	36,79	Open	55,49	90
239	0,58	0,46	7,33	Open	207,78	40
240	0,59	0,47	7,65	Open	75,55	40
241	-0,61	0,49	8,13	Open	47,53	40
243	-16,93	2,66	73,59	Open	57,32	90
244	-17,24	2,71	76,08	Open	62,93	90
245	-17,79	2,8	80,69	Open	48,94	90
246	-17,79	0,57	1,65	Open	6,06	200
247	0,53	0,42	6,21	Open	53,42	40
248	-21,85	0,7	2,41	Open	51,19	200
251	-3,65	1,17	24,39	Open	107,08	63
254	-4,21	1,35	31,78	Open	70,35	63
255	0	0	0.00 Cl	osed	50,8	40
257	0,56	0,44	6,83	Open	151,2	40
258	-24,06	0,77	2,88	Open	253,64	200
259	-4,21	1,35	31,78	Open	150,76	63
260	-0,93	0,48	6,01	Open	129,6	50
261	-1,27	0,65	10,64	Open	183	50
264	0,56	0,44	6,88	Open	63,55	40
265	0,56	0,45	7,02	Open	143,93	40
266	0,5	0,4	5,61	Open	59,24	40
267	-1,06	0,85	22,73	Open	346,47	40
268	-2,01	1,03	24,99	Open	58,08	50
269	-2,4	0,77	11,23	Open	85,5	63
270	-0,98	0,5	6,6	Open	88,7	50
271	-1,86	0,6	7,03	Open	30,48	63
272	-6,33	1	11,9	Open	46,85	90
273	-0,57	0,45	7,06	Open	210,7	40
274	4,47	0,7	6,24	Open	301,8	90
275	-24,06	0,77	2,88	Open	270,16	200
281	-0,8	0,63	13,3	Open	60	40
282	-0,83	0,66	14,38	Open	10	40
283	-1,99	1,01	24,42	Open	5	50
285	1,82	0,93	20,8	Open	80	50
278	0,54	0,43	6,51	Open	270,4	40
279	0,53	0,42	6,32	Open	125	40
280	1,35	1,07	35,25	Open	45	40
284	1,06	0,84	22,46	Open	45	40
290	0,51	0,41	5,89	Open	73,62	40
291	0	0	0.00 Cl	osed	45,27	200
295	0,5	0,4	5,66	Open	88,93	40

296	0,52	0,42	6,14	Open	387,22	40
300	-1,73	0,55	6,08	Open	211,26	63
301	-0,92	0,73	16,44	Open	127,1	40
302	0,52	0,41	6,02	Open	36,3	40
303	9,3	1,46	24,25	Open	259,46	90
304	7,86	1,24	17,77	Open	52,3	90
305	0,55	0,44	6,79	Open	71,75	40
306	-2,66	0,85	13,6	Open	71	63
307	-2,91	0,93	16,02	Open	123,42	63
310	0	0	0.00 Cl	osed	50	40
311	0,57	0,46	7,25	Open	123,84	40
314	1,14	0,58	8,65	Open	92,49	50
315	1,02	0,52	7,14	Open	10	50
316	-0,87	0,69	15,53	Open	20	40
317	-0,75	0,6	12,03	Open	110	40
321	1,13	0,58	8,58	Open	5	50
322	0,77	0,61	12,49	Open	86,1	40
323	1,01	0,8	20,66	Open	116,33	40
324	-1,14	0,91	25,85	Open	216,07	40
325	-4,08	0,64	5,28	Open	44,53	90
326	-2,13	0,48	3,85	Open	121,55	75
327	1,68	1,34	53	Open	129,15	40
328	0,54	0,43	6,47	Open	31,95	40
330	3,53	1,8	70,71	Open	172,38	50
331	0,93	0,74	17,81	Open	23,24	40
332	0,53	0,42	6,18	Open	83,56	40
334	3	1,53	52,25	Open	56,44	50
335	1,9	0,97	22,41	Open	44,72	50
336	0,81	0,42	4,68	Open	163	50
337	0	0	0.00 Cl	osed	22,66	40
338	2,94	1,5	50,22	Open	41,83	50
341	0,62	0,49	8,31	Open	47,53	40
342	1,08	0,55	7,86	Open	44,01	50
343	1,15	0,58	8,82	Open	131,64	50
344	1,58	1,26	47,24	Open	62,98	40
345	0,55	0,44	6,65	Open	75,73	40
346	-0,56	0,45	6,92	Open	147,2	40
347	38,88	1,24	7,02	Open	512,26	200

**ANEXO Tabla B. 4 Resultados de los nodos en Caluma Nuevo 2038 (Castro & Rizzo, 2019)**

<b>Nodo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Head</b>	<b>Presión</b>
ID	LPS	m	m
3	0,32	394,88	19,83
5	0,12	394,1	20,5
6	0,58	392,25	20,4
7	0	392,34	20,43
8	0	387,91	20,01
9	0	387,74	20,21
10	0,51	386,96	22,46
11	0,53	385,36	23,5
12	0,53	384,33	25,88
13	0	385,14	24,88
14	0,52	384,19	19,02
15	0	389,88	12,68
16	0,56	389,26	10,21
17	0,62	387,1	10,1
18	0	387,82	10,02
19	0	386,54	10,31
20	0,51	386,24	10,14
21	0,52	386,12	10,02
22	1,02	392,94	24,04
23	0,83	392,68	24,68
24	0,96	390,56	36,09
25	0,76	385,21	35,32
26	0	383,35	36,9
27	0,5	382,99	35,06
28	0,53	382,98	37,74
29	0	382,82	36,67
30	0,5	382,44	35,55
31	0,52	380,44	42,29
32	0,25	382,32	37,17
33	0,55	381,85	35,22
34	0,1	381,18	37,07
36	0	377,68	45,02

37	0,55	377,06	46,8
38	0,53	377,48	45,46
39	0,56	383,4	35,6
40	0,43	381,98	36,23
41	0,66	376,18	37,68
42	0	374,5	38,1
43	0,33	373,58	35,6
44	0,45	372,49	36,31
45	0	371,16	36,07
46	0	372,14	34,95
47	0,54	370,96	35,72
48	0,52	371,85	35,86
49	0	372,09	35,05
51	0,55	371,61	41,39
52	0,51	370,65	41,45
53	0,51	369,39	38,86
54	0	369,66	36,45
55	0,53	368,63	42,47
56	0	372,99	38,89
57	0	372,64	38,64
58	0	368,7	37,5
59	0	368,5	37,86
60	0,53	368,14	33,51
61	0,5	368,46	38,21
62	0	368,15	38,08
63	0,42	365,76	45,91
64	0,44	364,96	45,65
65	0,45	364,44	45,14
66	0	363,57	42,83
67	0,5	362,82	45,67
68	0,5	362,5	36,57
69	0,58	362,07	39,47
70	0,55	362,68	37,88
71	0,2	367,97	34,7
72	0,03	367,1	36,5
73	0,04	366,19	44,65
75	0	366,53	33,79
76	0,66	365,88	36,36
77	0	365,38	36,47
78	0,52	365	42,44
79	0,45	365,31	37,21

80	0,14	365,91	33,86
81	0	365,49	33,41
82	0,65	364,94	36,85
83	0,59	364,37	37,29
84	0,28	364,95	34,35
85	0	364,6	37,12
87	0,32	363,56	37,77
88	0,28	362,58	37,8
89	0	388,96	34,83
90	0,56	387,03	52,27
91	1,03	386,33	51,22
92	1,28	388,47	35,77
93	0,43	390,36	36,15
4	0,52	383,85	34,81
94	0	386,79	37,58
95	0	383,14	31,93
96	0,36	382,12	31,01
97	0,42	386,36	36,84
98	0	380,49	29,35
99	0,77	380,13	31,03
100	0,46	380,88	31,68
101	0,42	374,82	25,31
102	0	374,2	24,4
103	0,35	373,5	34,88
104	0,48	369,61	26,9
105	0,55	368,89	28,67
106	0,5	369,11	27,64
107	0,17	372,89	36,52
108	0,96	371,34	37,45
109	0	370,55	37,4
110	0,35	368,02	35,67
111	0	365,18	34,08
112	0,1	361,67	34,03
114	0	359,53	35,86
115	0,36	360,92	39,12
116	0,2	355,58	36,01
117	0	354,14	35,8
118	0,3	353,97	35,35
119	0,53	353,81	37,51
120	0	352,64	35,53
121	0,19	353,17	35,91

122	0	351,39	34,97
123	0,1	350,34	36,74
124	0,64	349,87	34,97
125	1,05	349,53	42,55
126	0,27	349,97	30,52
127	0,5	349,14	41,84
128	0,96	348,64	24,26
129	0,38	344,82	18,53
130	0,69	345,88	13,47
131	0,82	334,86	22,01
132	0,2	373,15	34,08
133	0,37	372,54	34,63
134	0,28	368,53	32,1
136	0	365,55	32,17
137	0,3	361,03	30,66
138	0,69	355,15	32,87
139	0	355,07	33,27
140	0	354,2	34,13
141	0,25	354,09	34,07
143	0,63	352,61	25,28
144	0,54	350,51	22,35
145	0,45	350,04	25,62
146	0	349,51	19,3
148	0,4	349,27	18,5
149	0	347,84	18,02
150	0,32	348,4	21,44
151	0	340,49	18,28
152	1,07	338,83	19,69
153	0,81	336,83	35,33
154	0,77	354,08	34,56
113	0	349,97	15,65
155	0,87	349,79	16,91
156	0	351,35	19,07
157	0,96	351,7	16,62
158	0	351,85	15,21
159	0,96	352,92	15,02
160	0,11	357,14	17,15
161	0	357,37	16,84
162	0,3	357,71	19,01
163	0,26	357,85	19,65
164	0,46	353,57	22,19

165	0,42	353,52	22,57
166	0,3	351,43	33,8
167	0	359,94	16,04
168	0	359,82	16,32
170	0,19	355,8	25,82
171	0,2	354,65	26,63
172	0	354,26	29,56
173	0,33	359,56	19,76
174	0	357,9	22,99
175	0,32	359,18	21,98
176	0,15	358,17	24,92
177	0	356,49	26,61
179	0	355,39	30,17
180	0,5	355,23	28,33
181	0	369,72	24,8
182	0,52	362,13	21,39
183	0,81	357,41	33,53
184	0	371,76	25,73
185	0	364,22	16,66
186	0,35	361,45	15,96
187	0,45	360,84	18,98
188	0,6	359,32	20,75
189	0,59	358,74	22,87
190	0	359,7	18,44
193	0,57	358,81	23,11
194	0,5	359,68	18,88
195	0	360,1	16,84
196	0	359,39	16,55
199	0	359,04	17,72
200	1,37	358,31	16,03
201	0	358,23	18,1
202	0,67	357,52	17,42
203	0	358	14,61
204	0,45	357,62	13,72
205	0,5	357,47	15,77
206	0	356,55	16,7
207	0,64	354,4	15,68
208	0	380,77	31,04
209	0,31	375,98	29,6
210	0,56	379,74	32,44
211	0	384,72	33,97



212	0	384,73	33,81
213	0,52	384,85	33,99
214	0,53	384,4	34,45
215	0	364,74	20,77
216	0	366,97	21,16
217	0,41	369,05	25,18
221	0	369,46	25,76
223	0,54	377,8	38
224	0	385,58	37,33
225	0,26	371,76	22,96
226	0,34	370,24	24,07
227	0,41	372,18	22,5
228	0,57	371,94	24,53
229	0	378,01	35,5
230	0,56	373,77	23,47
231	0,39	371,22	25,88
232	0,95	369,77	29,22
233	0	361,9	30,81
234	0,5	361,56	29,71
235	0,56	360,89	29,89
236	0	373,65	26,33
237	0,32	373,43	28,85
238	0,98	372,85	33,47
169	0,3	386,15	23,15
239	0	384,07	32,87
240	0,8	353,6	36,32
241	0	348,71	24,59
242	0,2	372,42	25,17
243	0,55	364,68	31,58
244	0,56	363,72	29,67
1	-76,35	397,7	0

