



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA TRONCAL**

**AUTORA:**

**Ruiz Salazar Laura Elizabeth**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de**

**INGENIERA CIVIL**

**TUTORA:**

**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina MsC.**

**Guayaquil, Ecuador**

**2017**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Ruiz Salazar, Laura Elizabeth**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera Civil**.

**TUTORA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Clara Glas Cevallos, MsC.**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Mg.Sc.**

**Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2017**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Ruiz Salazar Laura Ruiz**

#### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA TRONCAL** previo a la obtención del Título de **Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2017**

**LA AUTORA**

f. \_\_\_\_\_

**Ruiz Salazar, Laura Elizabeth**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Ruiz Salazar, Laura Elizabeth**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA TRONCAL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 15 días del mes de Marzo del año 2017**

**LA AUTORA:**

f. \_\_\_\_\_

**Ruiz Salazar, Laura Elizabeth**

# URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TRABAJO DE TITULO LAURA RUIZ.docx (D26775867)  
**Submitted:** 2017-03-27 08:13:00  
**Submitted By:** ciaglas@hotmail.com  
**Significance:** 4 %

Sources included in the report:

TESIS 27 de julio del 2015.docx (D14988781)

Instances where selected sources appear:

2

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios.

A mi Madre y a mi Padre por orientar siempre mi camino para llegar a ser una profesional y que nunca debo rendirme ante los obstáculos y dificultades que la vida me presente.

A mis familiares, en especial a mis Tíos, Lía Salazar Y Milton Torres por el apoyo incondicional antes las necesidades que implicó mi vida universitaria.

A una persona que se ha convertido además de mi suegra, en una amiga, brindándome su apoyo en los momentos más difíciles para cumplir esta meta que para mí es muy importante, Hilda Cárdenas.

Por la constante colaboración, paciencia y conocimientos impartidos agradezco a mi Tutora, Ing. Clara Glas, al Ing. Miguel Cabrera y amigos que formaron parte de esta etapa de mi vida.

**Laura Elizabeth, Ruiz Salazar**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto al Ser más lindo que Dios me permitió traer al mundo, mi Hija LUCIANA CADME RUIZ quien ahora es el motor fundamental de mi vida para seguir luchando por nuevas metas

**Laura Elizabeth, Ruiz Salazar**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Clara Glas Cevallos, MsC.**

TUTORA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Mg.Sc.**

DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Castro Beltrán, Andrés Fernando, Mg.Sc.**

DELEGADO DE COORDINADOR DE ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Miguel Octavio Cabrera Santos**

OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
CALIFICACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Mg.Sc**  
TUTORA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Mg.Sc.**  
DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Castro Beltrán, Andrés Fernando, Mg.Sc.**  
DELEGADO DE COORDINADOR DE ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Miguel Octavio Cabrera Santos**  
OPONENTE

## INDICE GENERAL

CAPITULO 1 .....	18
1 Introducción.....	18
1.1 Planteamiento del problema de investigación.....	18
1.2 Justificación .....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo general .....	19
1.3.2 Objetivos específicos .....	19
1.4 Limitaciones.....	19
CAPITULO 2 .....	20
2 MARCO TEORICO.....	20
2.1 Agua Potable .....	20
2.2 Abastecimiento de Agua Potable.....	20
2.2.1 Componentes del Sistema de Abastecimiento.....	21
2.2.2 Diseño .....	24
2.3 Programas simuladores de procesos .....	25
CAPITULO 3.....	28
3 Generalidades.....	28
3.1 Información del Cantón La Troncal.....	28
3.1.1 La ciudad de La Troncal o Cabecera Cantonal .....	28
3.2 Ubicación Geográfica.....	28
3.3 Limites Territoriales.....	30
3.4 Análisis de Población.....	30
3.4.1 Población (Cabecera Cantonal La Troncal) .....	30
3.5 Superficie.....	32
3.6 Clima.....	32
3.7 Precipitación .....	32
3.8 Atributos Generales Económicas y Centralización .....	33
3.9 Hidrografía .....	37

3.10	Topografía .....	39
3.11	Acceso a los servicios básicos .....	40
3.11.1	Transporte y Acceso .....	40
3.11.2	Energía Eléctrica .....	41
3.11.3	Educación .....	42
3.11.4	Alcantarillado Sanitario.....	43
3.11.5	Agua Potable.....	43
CAPITULO 4.....		45
4	Sistema de abastecimiento de agua Potable .....	45
4.1	Fuente de agua superficial.....	45
4.2	Sistema de Captación.....	45
4.3	Conducción.....	47
4.3.1	Conducción Captación – Planta de Tratamiento .....	47
4.3.2	Conducción Planta de Tratamiento – Tanques de Reserva .....	47
4.4	Planta de Tratamiento.....	48
4.5	Tanques de Reserva.....	49
4.6	Red de Distribución .....	49
CAPITULO 5.....		51
5	Diseño y Análisis del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.....	51
5.1	Análisis de la Red de Distribución Existente de AAPP .....	51
5.1.1	Trazado de circuitos .....	51
5.1.2	Ubicación de Nudos y Área de Influencia.....	52
5.1.3	Análisis Densidad Poblacional .....	58
5.1.4	Dotación de Agua Potable.....	66
5.1.5	Trazado del Sistema de Abastecimiento en el Simulador WaterGEMS .....	68
5.1.6	Conclusiones de la evaluación del Sistema Existente.....	69
5.2	Diseño y Análisis de la Red de Distribución Futura de AAPP .....	70
5.2.1	Trazado de Circuitos .....	70
5.2.2	Nudos y Área de Influencia .....	70
5.2.3	Análisis Densidad Poblacional .....	70

5.2.4	Dotación .....	71
5.2.5	Rediseño de la red de distribución. ....	71
6	CAPITULO .....	74
6.1	CONCLUSIONES .....	74
6.2	RECOMENDACIONES.....	75
6.3	BIBLIOGRAFIA.....	76
7	ANEXOS .....	77
7.1	Anexo 1. Plano general del sistema de abastecimiento de agua potable 77	
7.2	Anexo 2. Plano de la ciudad La Troncal .....	77
7.3	Anexo 3. Plano de densidades. ....	77
7.4	Anexo 4. Plano de áreas de influencia por nudo .....	77
7.5	Anexo 5. Plano de red existente .....	77
7.6	Ver Anexo 6. Plano de sistema de distribución propuesto.....	77
7.7	Ver Anexo 7. Plano- Delimitación Urbanística de la Cabecera Cantonal La Troncal.....	77
7.8	Ver Anexo 8. Plano de Red de Distribución Futura .....	
7.9	Ver Anexo 9. Registros de consumos y caudales por nudo.....	77
7.10	Ver Anexo 10. Resultados de WaterGEMS para el modelo del Sistema de Abastecimiento existente y futuro. ....	77
7.11	Ver Anexo 11. Curva de variación de la demanda horaria.....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Coordenadas del perímetro de la Cabecera Cantonal La Troncal .....	29
Tabla 2.Población del Cantón La Troncal .....	31
Tabla 3.Tasa de crecimiento anual La Troncal .....	31
Tabla 4. Registro de precipitaciones en la cuenca baja del Rio Cañar .....	33
Tabla 5. Sectores Económicos – Estructura Productiva .....	34
Tabla 6. Cabecera Cantonal La Troncal- Unidades de uso según su tipo .....	36
Tabla 7. Diámetros existentes para un Sistema de Alcantarillado en la Cabecera Cantonal de La Troncal .....	43
Tabla 8. Rango de Tarifas de la EMAPAT-EP .....	44
Tabla 9. Características de la Red de Distribución. ....	50
Tabla 10. Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa) .....	53
Tabla 11. Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa) .....	54
Tabla 12. Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa) .....	55
Tabla 13. Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa) .....	56
Tabla 14. Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa) .....	57
Tabla 15. Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa) .....	58
Tabla 16. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	59
Tabla 17. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	60
Tabla 18. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	61
Tabla 19. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	62
Tabla 20. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	63
Tabla 21. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	64
Tabla 22. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	65

Tabla 23. Densidad Poblacional Área Central-Área Externa .....	66
Tabla 24. Perdida de AAPP .....	67
Tabla 25. Dotación de AAPP para la red existente .....	67
Tabla 26. Proyección futura de la población de La Troncal. ....	71
Tabla 27. Densidad para la población futura de La Troncal.....	71

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1. Esquema Sistema de abastecimiento de agua potable .....</b>	<b>21</b>
<b>Gráfico 2. Esquema de Bocatoma .....</b>	<b>22</b>
<b>Gráfico 3. Pozos (Captación Agua Subterránea) .....</b>	<b>22</b>
<b>Gráfico 4. Esquema de una red de distribución de agua potable.....</b>	<b>24</b>
<b>Gráfico 5. Diseño de Red de distribución.....</b>	<b>27</b>
<b>Gráfico 6. Ubicación Cantón La Troncal – Provincia Cañar (IGM).....</b>	<b>29</b>
<b>Gráfico 7. Población de la Cabecera Cantonal La Troncal.....</b>	<b>31</b>
<b>Gráfico 8. Precipitaciones Medias Anuales .....</b>	<b>32</b>
<b>Gráfico 9. Estructura Productiva .....</b>	<b>35</b>
<b>Gráfico 10. Carretera Puerto Inca – La Troncal .....</b>	<b>40</b>
<b>Gráfico 11. Carretera Duran – Tambo. (Acceso La Troncal) .....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 12. Subestación La Troncal de CNEL-Milagro .....</b>	<b>42</b>
<b>Gráfico 13. Captación Yanayacu .....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfico 14. Infraestructura Captación Yanayacu .....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfico 15. Conducción de Agua cruda – Paso elevado Rio Bulu Bulu sector Palillos.....</b>	<b>47</b>
<b>Gráfico 16. Planta de Agua Potable “Copalillo” .....</b>	<b>48</b>
<b>Gráfico 17. Tanques de Reserva de AAPP .....</b>	<b>49</b>
<b>Gráfico 18. Zonas de Influencia del Sistema de Agua Potable – La Troncal .....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 19. Trazado de circuitos – Plano Urbano La Troncal .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 20. Sectorización por densidades poblacionales.....</b>	<b>59</b>

**Gráfico 21. Red Matriz del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable La  
Troncal ..... 68**

## RESUMEN

El presente documento contiene el análisis y rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la población urbana de la Cabecera Cantonal de La Troncal. Mediante un modelo hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable, elaborado con el software WaterGEMS se realizó un análisis del sistema existente, para definir si este abastece la demanda actual y conocer, en detalle, su comportamiento frente a la demanda actual.

Con una evaluación del sistema existente se vio la necesidad de repotenciar la red existente, dividiéndola en dos subsistema para lograr, con estos cambios, presiones que se acerquen a las óptimas, esto entre 20 mca y 30. La primera red se abastecerá directamente del Tanque Regulador ubicado en el Cerro Huaquillas y servirá al sector central de la ciudad. La segunda abastecerá al sector más próximo a Voluntad de Dios y será alimentada de la línea de conducción planta de tratamiento-tanque Huaquillas, a través de un tanque de carga.

Con la alternativa propuesta se logra tener presiones óptimas en toda la distribución.

**Palabras Clave:** La Troncal, Cerro Huaquillas, Sistema de abastecimiento, Red de Distribución, agua potable, área urbana, presiones, tanque regulador, cota, tanque de carga, línea de conducción.

# CAPITULO 1

## 1 Introducción

### 1.1 Planteamiento del problema de investigación

Conocer el estado actual del sistema de distribución de agua potable de La Troncal, frente a las demandas actuales y a partir de los resultados los resultados, proponer las modificaciones pertinentes.

### 1.2 Justificación

Los recursos de agua son aprovechados de diferentes formas, entre ellas el uso para agua potable, que es un servicio fundamental para el desarrollo de las comunidades. El agua potable debería llegar a cada uno de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural, es por eso que este servicio es, desde la antigüedad, ha sido preocupación de la humanidad..

Para cada ciudad, pueblo o área rural es importante dotar a todos sus habitantes de agua potable, para ello es necesario contar con un sistema de abastecimiento de agua que brinde un servicio de calidad.

En el caso de la ciudad de La Troncal, este si cuenta con un sistema de abastecimiento de AAPP. El sistema cuenta con: captación de agua superficial (Rio Yanayacu y Estero Azul); planta de tratamiento; conducción hasta los dos tanques de reserva del cerro Huaquillas: y red de distribución. La red de conducción es de asbesto cemento y la red de distribución es de PVC. Actualmente cada vivienda tiene su medidor y existen tarifas para este servicio. Un pequeño porcentaje de viviendas no cuentan con AAPP.

En el presente trabajo se preparará un modelo hidráulico del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de La Troncal para conocer la situación actual de este servicio y presentar posibles soluciones.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

El objetivo de este trabajo de titulación es, elaborar un modelo hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable del Cantón La Troncal.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar un modelo hidráulico de los sistemas de conducción, distribución y regulación del sistema de abastecimiento de agua potable para ciudad de La Troncal.
- Definir el mejoramiento y ampliación de la red, a nivel matriz, para suplir las necesidades actuales y futuras de la ciudad.

## **1.4 Limitaciones**

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se presentaron algunas dificultades, entre las más relevantes tenemos:

- Falta de Documentación Técnica del sistema, lo que representó una pérdida de tiempo en cuanto al avance de la elaboración del presente documento.
- De igual forma la obtención de información sobre: población (INEC), consumos de agua potable (EMAPAT), planos de desarrollo urbano (GAD LA TRONCAL), requirió bastante esfuerzo y tiempo.

## CAPITULO 2

### 2 MARCO TEORICO

#### 2.1 Agua Potable

El agua forma parte esencial de la vida y está íntimamente ligado a la salud, razón por la que, el ser humano tiene el derecho al abastecimiento de agua potable y saneamiento.

Como lo describe la OMS el agua potable es el agua utilizada para los fines doméstico y la higiene personal, así como para beber y cocinar. Además a nivel mundial el abastecimiento de agua potable es una de sus principales preocupaciones debido al efecto que tiene en la salud pública. Enfermedades y muertes al año son a causa de que no existen servicios de suministro de agua, saneamiento e higiene.

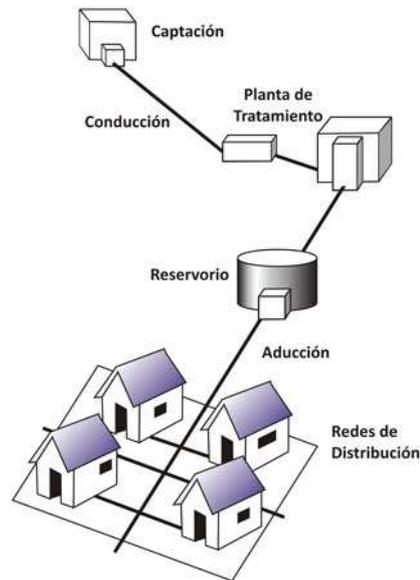
#### 2.2 Abastecimiento de Agua Potable

El sistema de agua potable permite suministrar el líquido elemento a los habitantes de una comunidad, pueblo o área rural, dicho sistema está formado por obras ingenieriles que permiten la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua. ,

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se clasifican por la fuente de agua, se tiene así dos tipos:

- **Fuente de agua superficial:** entre las fuentes naturales superficiales se tiene el agua de los Ríos, arroyos, agua de lluvia, lagos y embalses.
- **Fuente agua subterránea:** como fuente de agua subterránea están los manantiales. El agua aflora a la superficie, en caso de que no ocurra esto, se realizan galerías o pozos filtrantes.

**Gráfico 1.** Esquema Sistema de abastecimiento de agua potable



## 2.2.1 Componentes del Sistema de Abastecimiento

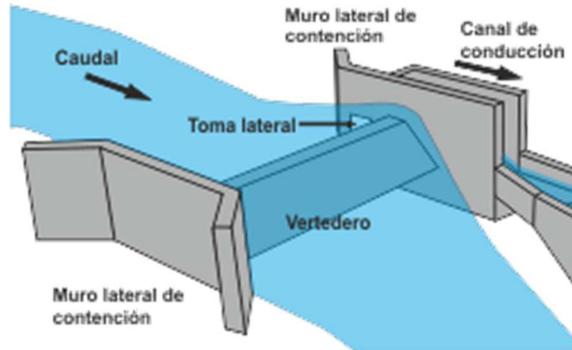
### 2.2.1.1 Captación

La captación es el primer componente derivador del sistema de abastecimiento, aquí se recoge el agua cruda proveniente ya sea de una fuente superficial o subterránea mediante estructuras hidráulicas especiales para cada caso.

- **La Captación de aguas superficiales** se realiza mediante derivaciones o bocatomas adaptadas a la forma del río y debe estar localizada en el tramo recto del cauce, procurando que el suelo sea estable y no exista erosión. (Burela, 2014)

La ubicación de la captación se realiza aguas arriba del área que se va a abastecer, esto para prevenir la contaminación que la población de dicha área pueda causar.

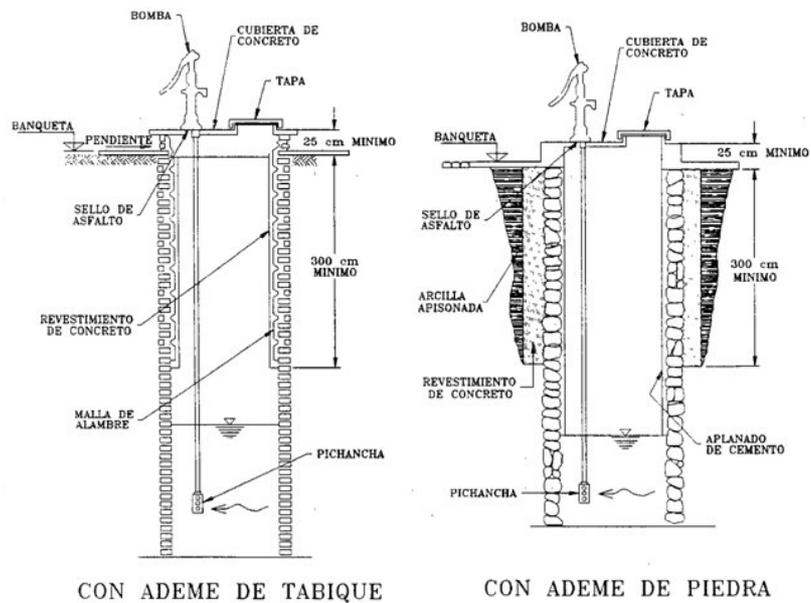
**Gráfico 2.**Esquema de Bocatoma



Fuente: (APROTEC, 2004)

- **La Captación de aguas subterráneas** se realiza a través de galerías filtrantes o pozos. Estos pueden ser profundos o superficiales. A diferencia de la captación de aguas superficiales, la captación de aguas subterráneas puede resultar más costosa y se necesita de estudios preliminares que permitirán conocer el punto de ubicación.

**Gráfico 3.** Pozos (Captación Agua Subterránea)



Fuente: CivilGeeks

### **2.2.1.2 Conducción**

Una vez que el agua es captada de su fuente natural, tiene que ser transportada por medio de tuberías hasta su punto de reserva. Esta conducción puede realizarse a gravedad, si el punto de captación es mayor al punto de almacenamiento, por lo contrario si la captación está en un punto más bajo que el punto de almacenamiento, la conducción por gravedad no es posible y el agua debe ser bombeada

### **2.2.1.3 Tratamiento**

El tratamiento del agua cruda es la parte más delicada del sistema, ya que se maneja la calidad de agua que consumirán los habitantes del área servida. “Por lo general todos los sistemas de abastecimiento de agua requieren un tratamiento del agua para que sea potable”.(CITAR)

Existen diversas unidades componentes en los sistemas de tratamiento de agua potable, en función de la calidad del agua cruda. Una planta de tratamiento para aguas superficiales, generalmente, está compuesta básicamente por las siguientes unidades:

- Cámara de llegada
- Unidad de Floculación
- Unidad de Filtración
- Unidad de desinfección

### **2.2.1.4 Almacenamiento de agua tratada**

El agua tratada se almacena en depósitos para abastecer las variaciones horarias de consumo, emergencias e incendios. Los tanques de reserva pueden ser de dos tipos:

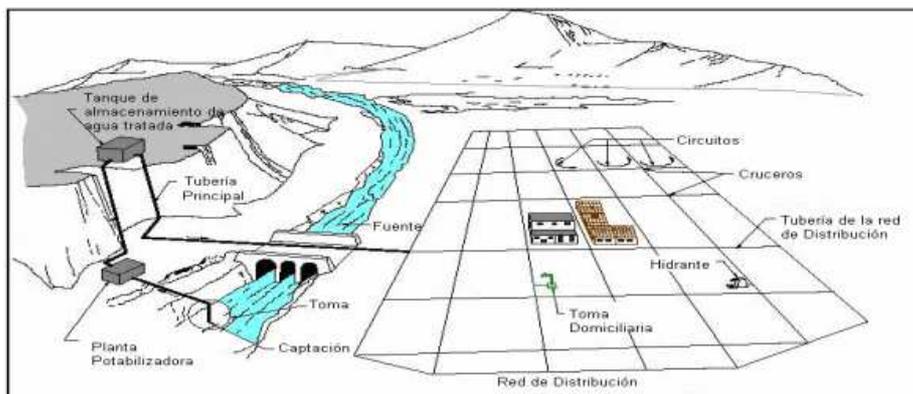
- Tanques elevados
- Tanques bajos (apoyados en el suelo)

### **2.2.1.5 Red de distribución**

La red de distribución inicia desde el tanque de reserva de agua tratada hasta los consumidores o hidrantes públicos. “La red de distribución de agua está constituida por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras, las mismas

que son las encargadas de conducir el líquido”. López, J. (2009). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, Estado Anzoátegui*. (Trabajo de grado) Universidad de Oriente. Venezuela.

**Gráfico 4.** Esquema de una red de distribución de agua potable



**Fuente:** López, J. (2009)

## 2.2.2 Diseño

Para el diseño de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable es necesario conocer, principalmente los siguientes datos que se describen a continuación.

- **Consumo:** Es la cantidad de agua que utilizan los habitantes de un área urbana determinada. El agua consumida por cierto grupo de habitantes se clasifica de acuerdo a su uso, así:
  - **Consumo Doméstico:** Como su nombre lo indica, el consumo doméstico se refiere al de las viviendas y varía de acuerdo con los hábitos de los consumidores,
  - **Consumo Público:** en este consumo se encuentran las instalaciones públicas como escuelas, hospitales, mercados, entre otros.
  - **Consumo Industrial:** Es importante conocer el tipo y tamaño de las industrias. Para este sector se consume agua como materia

prima, agua consumida en procesamiento industrial, agua utilizada para congelación, agua necesaria para las instalaciones sanitarias, comedores, etc. Aguirre, A. (s.f). Tomado de (Aguirre)

- **Consumo Comercial:** El sector comercial comprende a restaurantes, bares, etc.
- **Demanda:** Es la cantidad de agua que los usuarios de un sistema de abastecimiento pretenden utilizar de acuerdo a determinados usos y costumbres. De no existir pérdidas o limitaciones en el servicio, el consumo y la demanda deberían ser iguales para una misma fecha. López, J. (2009). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, Estado Anzoátegui*. (Trabajo de grado) Universidad de Oriente. Venezuela.
- **Dotación:** la dotación se mide por la cantidad de agua que necesita cada habitante de un área determinada, se expresa en litros por persona por día. Para el diseño de un abastecimiento de agua potable, es importante medir o conocer de forma actualizada y veraz cual es la dotación, ésta representa sin duda un número que varía de acuerdo a los requerimientos de la población.

### 2.3 Programas simuladores de procesos

Los programas de simulación son herramientas que permiten optimizar los diseños de las redes de abastecimiento de agua potable, ya que se puede incluir todas las variables que intervienen en el diseño y mediante repetidas simulaciones alcanzar la mejor solución.

Existen varios programas simuladores para sistemas de abastecimiento de agua potable entre ellos el WaterGEMS.

- **WaterGEMS**

La mayoría de los programas para la simulación hidráulica, entre ellos el WaterGEMS, representan una herramienta valiosa a la hora de optimizar, analizar y diseñar un sistema de abastecimiento de agua.

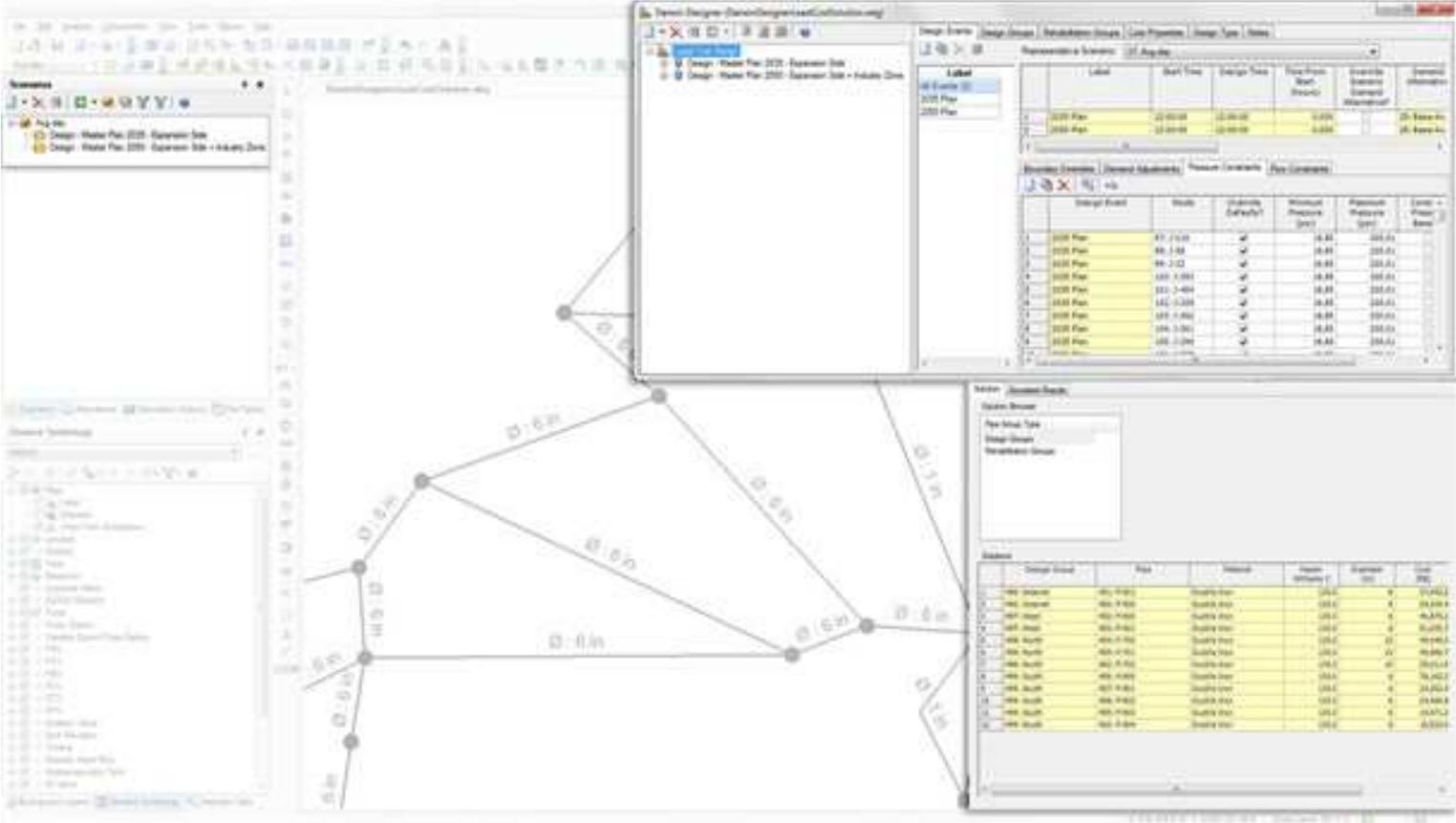
WaterGEMS es un software que permite simular un sistema para diferentes situaciones operativas, permite ingresar y cambiar los escenarios del modelo, con el fin de conocer y evaluar diferentes opciones para un mismo modelo.

El WaterGEMS tiene todo lo que necesita en un entorno multiplataforma flexible, desde simulaciones de caudal para extinción de incendios y calidad del agua, hasta análisis de costos energéticos. (Bentley Systems, 2017). El software WaterGEMS permite a los usuarios disfrutar de la potencia y versatilidad que ofrece trabajar CAD, GIS y plataformas independientes mientras accede a una fuente de datos de proyecto única y compartida.

A continuación se presenta algunas de las acciones que permite realizar el programa WaterGEMS.

- Diseño de Red de Distribución
- Simulación de redes en tiempo real
- Programa de lavado de tuberías
- Identificar las Fugas de agua
- Análisis de tuberías
- Gestionar el consumo energético

**Gráfico 5.** Diseño de Red de distribución



Fuente:(Bentley Systems, 2017)

## **CAPITULO 3**

### **3 Generalidades**

#### **3.1 Información del Cantón La Troncal**

La Troncal pertenece a la provincia del Cañar, según el INEC, Censo 2010 supera los 50 000 habitantes. Está ubicado en la región 6 centro-sur del país, su zona vial es intermedia ya que va hacia Guayaquil, Machala y Cuenca.

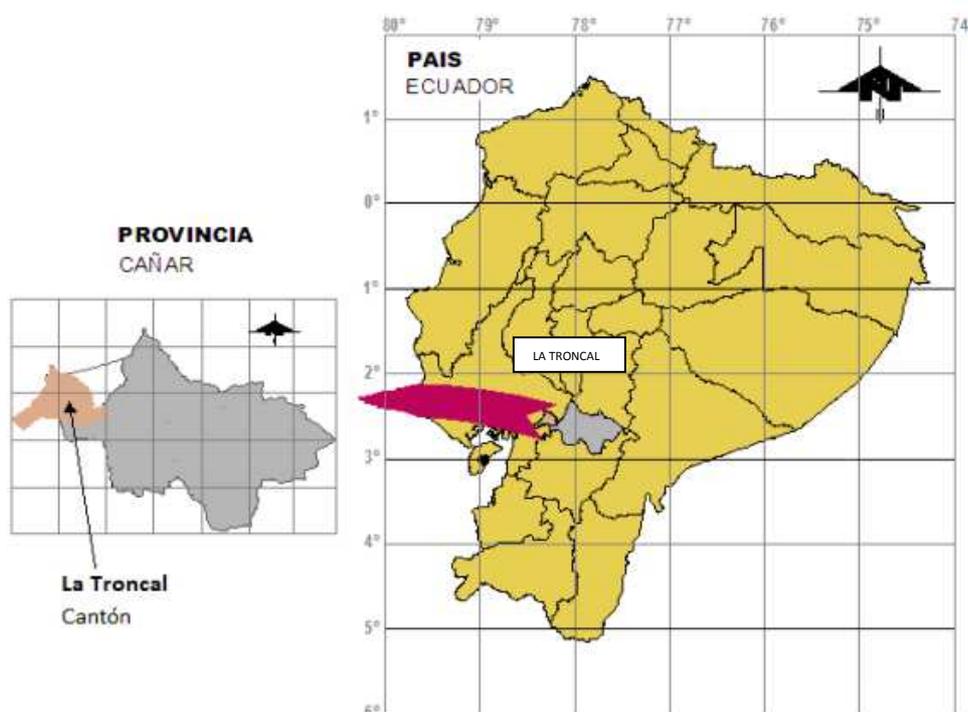
##### **3.1.1 La ciudad de La Troncal o Cabecera Cantonal**

Según el GAD La Troncal, la estructura física urbana se conforma a partir del tramo de la vía Panamericana que la atraviesa centralmente y que toma el nombre de avenida 25 de Agosto, con un tramo reticular rectangular que se extiende a los cuatro costados del asentamiento. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2014).

#### **3.2 Ubicación Geográfica**

La Troncal está ubicada en la Zona occidental, con coordenadas geográficas: latitud sur 2°28'22" y 2°30'05" y longitud oeste 79°14'14" y 79°31'45".(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2014).

**Gráfico 6.** Ubicación Cantón La Troncal – Provincia Cañar (IGM)



Fuente: GAD La Troncal

El presente proyecto dedica su análisis a la Cabecera Cantonal de La Troncal por ello se presenta a continuación sus coordenadas.

**Tabla 1.** Coordenadas del perímetro de la Cabecera Cantonal La Troncal

Este ( X )	Coordenadas del Proyecto	
	Norte ( Y )	Observación
685534.0000	9730681.000	Hito IGM
682158.4362	9731815.6174	Punto Perímetro
682120.9519	9731570.4043	Punto Perímetro
681071.3467	9731618.8394	Punto Perímetro
681078.8991	9731410.9030	Punto Perímetro
682272.4476	9731204.8593	Punto Perímetro
683729.5849	9729558.1344	Punto Perímetro
684313.6588	9730513.3703	Punto Perímetro
684388.6733	9730510.1176	Punto Perímetro
684522.9950	9730498.5579	Punto Perímetro
684985.5408	9732231.0356	Punto Perímetro

Coordenadas del Proyecto		
Este ( X )	Norte ( Y )	Observación
685534.0000	9730681.000	Hito IGM
682158.4362	9731815.6174	Punto Perímetro
682120.9519	9731570.4043	Punto Perímetro
681071.3467	9731618.8394	Punto Perímetro
681078.8991	9731410.9030	Punto Perímetro
682272.4476	9731204.8593	Punto Perímetro
683729.5849	9729558.1344	Punto Perímetro
684313.6588	9730513.3703	Punto Perímetro
684388.6733	9730510.1176	Punto Perímetro
684522.9950	9730498.5579	Punto Perímetro
684985.5408	9732231.0356	Punto Perímetro

Fuente: Empresa de Agua Potable La Troncal – EMAPAT

### 3.3 Límites Territoriales

**Canton La Troncal:** La Troncal está limitada al Norte con el cantón El Triunfo que pertenece al Guayas y parroquia General Morales perteneciente al Cañar, al Sur limita con la parroquia San Antonio (Cañar) y parroquia San Carlos (Naranjal - Guayas), al Este limita con la parroquia Chontamarca (Cañar) y al Oeste limita con los cantones El Triunfo, Taura y Naranjal de la provincia del Guayas.

### 3.4 Análisis de Población

#### 3.4.1 Población (Cabecera Cantonal La Troncal)

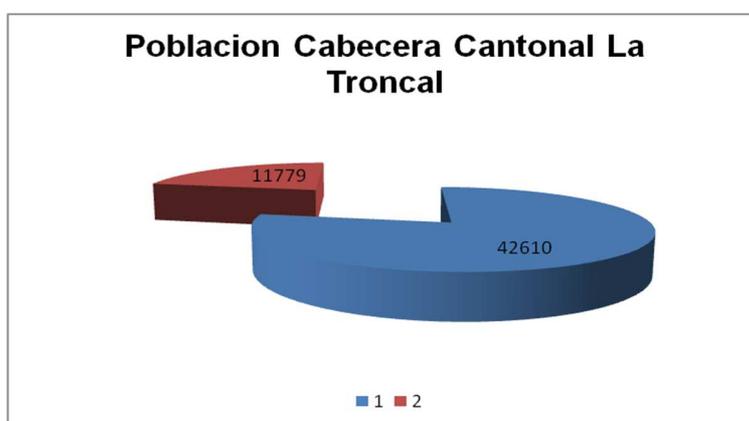
La Población de la cabecera cantonal La Troncal según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC 2010) es:

**Tabla 2.** Población del Cantón La Troncal

Nivel Cantonal	Población	%
Área Urbana	42610	78,34
Área Rural	11779	21,66
<b>Total</b>	<b>54389</b>	<b>100%</b>

Fuente: INEC-2010

**Gráfico 7.** Población de la Cabecera Cantonal La Troncal



Fuente: INEC 2010

A continuación en la Tabla 3. se muestra las tasas de crecimiento anual para la parroquia La Troncal, cuyas tasas según el INEC, tienen una tendencia declinante hasta el 2010.

**Tabla 3.** Tasa de crecimiento anual La Troncal

PARROQUIA	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010		
	Hombre	Mujer	Total
LA TRONCAL	2,46%	2,31%	2,38%
	Tasa de Crecimiento Anual 1990 - 2001		
	2,66%	3,21%	2,93%

Fuente: INEC, Censo 2010

### 3.5 Superficie

El cantón La Troncal tiene una extensión superficial de 9,25 km<sup>2</sup>. En tanto que el área urbana ocupa una superficie de 5,6 km<sup>2</sup>.

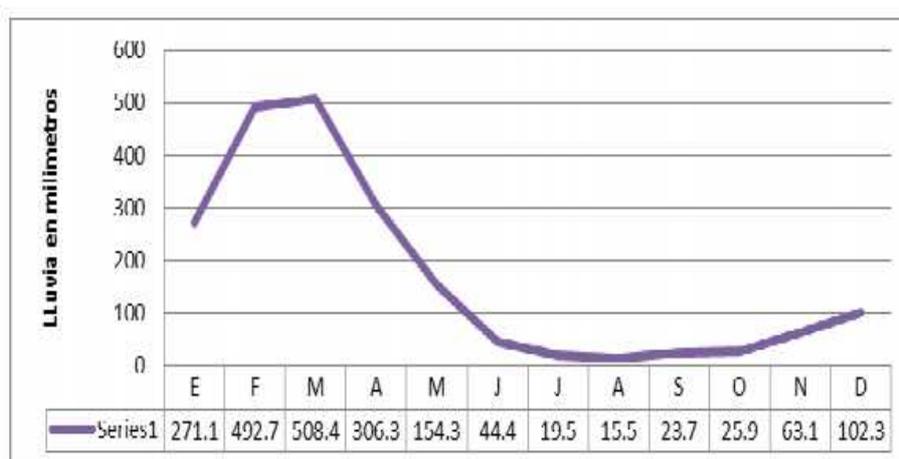
### 3.6 Clima

Con una Ubicación Geográfica intermedia entre costa y Sierra, el Clima de este Cantón es bastante tropical con temperaturas medias entre 18°C- 24°C. Según datos climáticos cuenta con dos estaciones, una época lluviosa que se presenta en los meses de diciembre hasta mayo y la época seca en los meses Junio – Noviembre.

### 3.7 Precipitación

Según el GAD del cantón La Troncal “en la zona caen aproximadamente 2.027,2 milímetros de lluvia en un año, repartidas mayormente en los meses de enero a mayo con 1.732,8 mm, lo que equivale al 85.47%; por lo que se puede definir como una zona con la presencia de dos épocas una lluviosa de enero a mayo y otra seca de mayo a diciembre, conforme se puede apreciar en el Gráfico N° 2.1. y Tabla N° 3.

**Gráfico 8.** Precipitaciones Medias Anuales



Elaboración: (GAD LA TRONCAL, 2014)

**Tabla 4.** Registro de precipitaciones en la cuenca baja del Rio Cañar

AÑOS	MESES											
	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1993	315,4	599,5	622,2	604,4	358,1	24,0	27,2	7,8	10,4	13,9	16,3	142,1
1994	366,2	435,8	296,1	269,9	72,7	8,7	5,1	3,7	5,3	18,7	16,3	245,6
1995	324,3	390,9	297,9	272,0	54,3	8,1	23,5	9,2	7,2	22,5	12,6	19,7
1996	295,0	595,7	585,3	74,1	20,8	6,1	4,7	4,8	8,6	9,1	17,6	29,5
1997	205,2	520,9	718,7	495,7	530,8	322,1	112,6	135,5	187,7	141,8	672,7	559,0
1998	606,7	1293,1	748,9	770,2	565,6	165,9	50,0	12,6	10,8	18,7	19,9	34,3
1999	149,7	514,8	527,3	358,8	141,7	8,1	14,5	3,5	24,7	18,4	19,0	151,7
2000	140,0	490,1	482,6	239,8	141,4	28,7	1,6	8,9	22,2	19,3	4,2	20,4
2001	293,1	413,1	685,2	248,7	71,2	1,0	6,3	4,6	6,3	9,8	17,5	22,4
2002	152,2	427,9	705,0	326,5	33,0	16,8	5,8	4,1	5,9	17,3	22,0	57,5
2003	261,5	210,8	217,7	92,8	35,3	10,2	8,7	6,5	6,9	13,0	8,9	31,8
2004	207,5	317,6	480,2	220,2	40,1	9,7	4,5	2,5	14,9	35,2	12,0	8,7
2005	68,2	142,0	286,4	184,4	5,3	5,3	3,3	5,7	8,9	14,3	14,1	45,3
2006	410,1	545,9	469,6	131,8	89,3	7,3	5,2	7,7	11,6	10,4	29,8	64,8
TOTAL	3795,1	6898,1	7123,1	4289,3	2159,6	622,0	273,0	217,1	331,4	362,4	882,9	1432,8
PROM	271,1	492,7	508,8	306,4	154,3	44,4	19,5	15,5	23,7	25,9	63,1	102,3

Elaboración: (GAD LA TRONCAL, 2014)

### 3.8 Atributos Generales Económicas y Centralización

La Troncal al tener un buen clima cálido y suelos fértiles, es caracterizada principalmente por su actividad agrícola, siendo el cantón más productivo de la provincia desde siempre. Los ciudadanos han conseguido que el cantón se destaque como sector altamente productivo. Se cultiva gran variedad de productos como el cacao, caña de azúcar, banano, arroz y gran variedad de frutas tropicales.

La caña de azúcar es el principal producto en cultivarse. La mayoría de la producción se destina para la elaboración de azúcar y su industrialización está a cargo del Ingenio COAZUCAR, el mismo que representa uno de los Ingenios de Azúcar más importantes del Ecuador.

Otro producto de igual importancia para los Troncaleños es el cacao. Comunidades pequeñas como San José, Zhucay son productores

importantes de Cacao. Al ser un Cantón Agrícola, genera una actividad comercial importante dentro de la zona urbana de La Troncal.

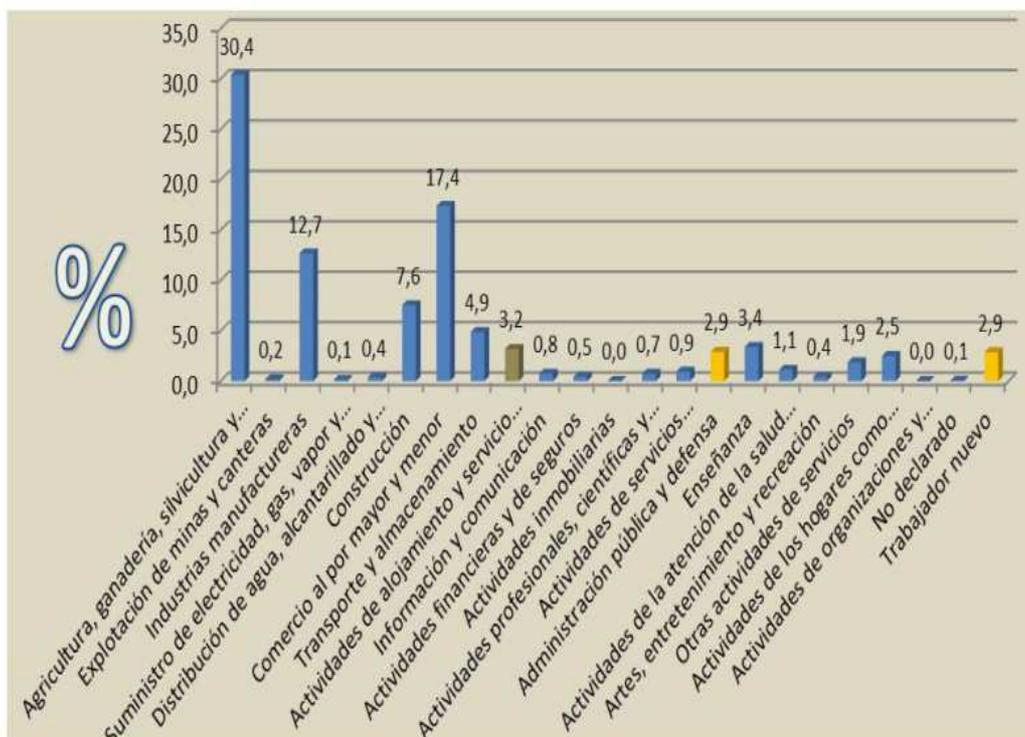
**Tabla 5. Sectores Económicos – Estructura Productiva**

RAMA DE ACTIVIDAD	HOMBRES		MUJERES		TOTAL	
	Número	%	Número	%	Número	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	5345	25,7%	974	4,7%	6319	30,4%
Explotación de minas y canteras	35	0,2%	4	0,0%	39	0,2%
Industrias manufactureras	2239	10,8%	396	1,9%	2635	12,7%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	22	0,1%	4	0,0%	26	0,1%
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	72	0,3%	10	0,0%	82	0,4%
Construcción	1530	7,4%	38	0,2%	1568	7,6%
Comercio al por mayor y menor	1904	9,2%	1708	8,2%	3612	17,4%
Transporte y almacenamiento	960	4,6%	53	0,3%	1013	4,9%
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	196	0,9%	470	2,3%	666	3,2%
Información y comunicación	76	0,4%	81	0,4%	157	0,8%
Actividades financieras y de seguros	35	0,2%	59	0,3%	94	0,5%
Actividades inmobiliarias	3	0,0%	2	0,0%	5	0,0%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	75	0,4%	78	0,4%	153	0,7%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	156	0,8%	40	0,2%	196	0,9%
Administración pública y defensa	406	2,0%	196	0,9%	602	2,9%
Enseñanza	243	1,2%	466	2,2%	709	3,4%
Actividades de la atención de la salud humana	74	0,4%	161	0,8%	235	1,1%
Artes, entretenimiento y recreación	64	0,3%	26	0,1%	90	0,4%
Otras actividades de servicios	192	0,9%	196	0,9%	388	1,9%
Actividades de los hogares como empleadores	24	0,1%	493	2,4%	517	2,5%
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	0	0,0%	2	0,0%	2	0,0%
No declarado	569	2,7%	492	2,4%	1061	0,1%
Trabajador nuevo	331	1,6%	266	1,3%	597	2,9%
Total	14551	70,1%	6215	29,9%	20766	100,0%

**Fuente:** Censo de Población y Vivienda 2010

En la Tabla 4 podemos apreciar que, según el Censo de Población y Vivienda del 2010, la población económicamente activa es de 20 766 habitantes, lo que representa un 38.2% del 100%. El 70,1% de la población económicamente activa son hombres y solo el 29.9% son mujeres.

**Gráfico 9. Estructura Productiva**



**Fuente:** Censo de Población y Vivienda 2010

La cabecera cantonal La Troncal es un asentamiento altamente activo, como se muestra en la Figura 2.3. la aportación a la base agropecuaria cantonal es significativa, pero esta parroquia urbana representa un importante nivel de comercialización de productos importados y no producidos en el territorio. La centralización de la población en esta parroquia está ligada como lo hemos indicado anteriormente, PRINCIPALMENTE a la comercialización pero parte importante también en este desarrollo urbano es el Ingenio Azucarero LA TRONCAL-COAZUCAR, el que genera un fuerte porcentaje de trabajo por su producción de materia prima y el procesamiento de la misma. Al establecerse este Ingenio en los años sesenta empieza la configuración de los primeros grupos urbanos que actualmente son el núcleo de La Troncal. La ciudad de la Troncal o Cabecera Cantonal representa también un centro residencial mayor, edificación dominante es de uno y dos pisos, pero en la parte central de la Ciudad se puede apreciar muchas edificaciones de tres y

cuatro pisos, se puede identificar bloques hasta de 6 niveles, esto gracias a su estructura productiva que atrae fácilmente. Según el Gobierno Autónomo Descentralizado La Troncal (2014) el emplazamiento de las residencias con respecto a la vía pública muestra diferentes formas o tipos tales como: edificación continua con portal, continua con retiro frontal, aislada y pareada, en algunos casos formando sectores o conjuntos urbanos.

**Tabla 6.** Cabecera Cantonal La Troncal- Unidades de uso según su tipo

TIPO DE USO	UNIDADES
Bazares	27
Ferretería	33
Abacerías y despensas	131
Farmacias	20
Expendio de gas	5
Panaderías	8
Salón de belleza y peluquería	13
Almacenes de respuestas	22
Almacenes de calzado	11
Librerías y papelerías	10
Bancos y mutualistas	5
Gasolineras	9
Artefactos y muebles de hogar	34
Cooperativas de transporte	15
Hoteles, pensiones y centros recreativos	19
Casas de cambios	11
Almacenes de insumos agrícolas	12
Sucursal, bebidas gaseosas	1
Distribuidoras de gaseosas	5

**Fuente:** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal La Troncal (2014)

Distribuidoras de gaseosas	5
Constructoras	5
Almacenes boutique	23
Pilladoras	5
Mecánicas	16
Almacenes de ropa en general y surtidos varios	31
Picantería	39
Lavadoras y Lubricadoras	9
Discotecas y pistas de baile	7
Carrocerías	11
Bares, cantinas y moteles	12
Fabricas varias	6
Clínicas y laboratorios	5
Talleres de aluminio y vidrio	11
Almacenes de video	7
Taller de bicicletas y Tricimotos	6
Agencias de viajes y turismo	2
Depósitos de madera	7
Bodegas Agrícolas	5
Billares	11
Sastres y modistas	11
Imprentas	3
Funerarias	3
Joyerías	2
Expendio de productos naturales	4
Heladerías	2
<b>TOTAL</b>	<b>634</b>

**Fuente y Elaboración:** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal La Troncal (2014).

### 3.9 Hidrografía

#### **Clasificación Hidrográfica de los cursos Fluviales según Clasificación y codificación CNRH.**

Según SENAGUA Los cursos Fluviales de la Troncal pertenecen al sistema de la vertiente del Pacífico ubicada en la parte centro sur del país, cuyos ríos se enmarcan mayoritariamente en la zona hidrográfica del río Taura de código 14, y en menor proporción en la zona hidrográfica del río Cañar de

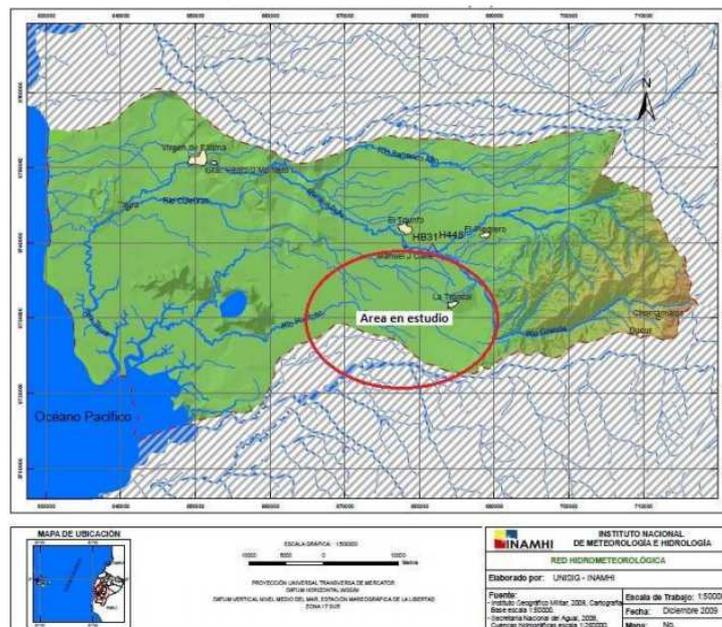
código No. 15. (Gobierno Autónomo Descentralizado La Troncal, 2014). Ver Gráfico 3.5.

En lo referente a la clasificación de las cuencas hidrográficas, el cantón forma parte de las cuencas de los ríos Taura (código 1453) y Churute (código 1454) de la zona 14 y de la cuenca del río Cañar (código 1555) de la zona 15. (Gobierno Autónomo Descentralizado La Troncal, 2014)

La clasificación hídrica en Subcuencas, en el cantón se ubican la de los ríos Culebras (código 14531), Churute (145401), Ruidoso (145401), río Trapiche o estero Seco (código 155501) y drenajes menores del río Cañar (155501).(Gobierno Autónomo Descentralizado La Troncal, 2014). Tiene dos Microcuenca; Microcuenca del Río Cañar y Microcuenca del Río Bulubulu.

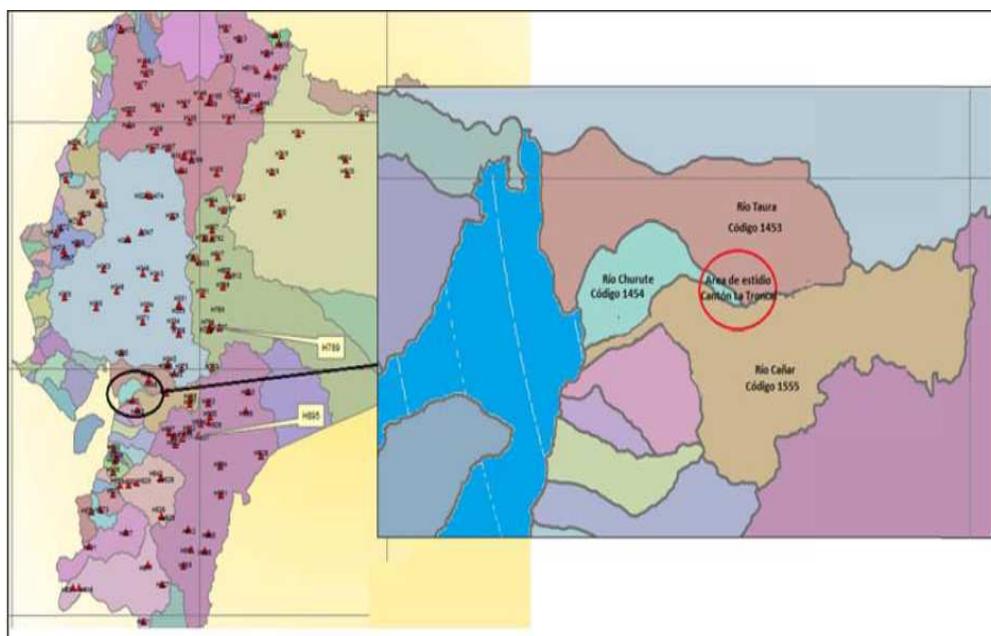
- **Microcuenca del Río Cañar:**  
Río Tigsay: influencia sobre un espacio estimado de 2.900 Ha. Estero Zhucay, estero Pogyo y río Patul, con una extensión de 11.900 Ha., aproximadamente.
- **Microcuenca del Río Bulubulu:**  
Río Yanayacu y estero Azul: 2500 Has., aproximadamente. Esteros Victoria y Burcados: 2100 Ha., aproximadamente.

**Gráfico 3.5.** Mapa de la zona hidrográfica Taura (Código 14)



**Fuente y Elaboración:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, Diciembre 2009

**Grafico 3.6.** Cuencas Hídricas en el área del Cantón La Troncal



**Fuente y Elaboración:** Instituto Nacional de Meteorología e hidrología INAMHI, Diciembre 2009

### 3.10 Topografía

De acuerdo al GAD del Cantón La Troncal, basándose en el mapa Geomorfológico, solo el 10% de la superficie es de tipo accidentado, lo que indica que tiene características que van de menos a más como por ejemplo: relieve montañoso, relieve escarpado y laderas coluviales, estas se encuentran al Sur Oriental del Cantón hacia la sierra por el lado de Cochancay, el restante 90% de la superficie es plana, teniendo así terrazas, conos de deyección etc. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal La Troncal, 2014)

Debido al mal manejo, los suelos que se ven vulnerables e incluso sufren actualmente de erosión, son aquellos que están en la parte montañosa. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal La Troncal, 2014)

### 3.11 Acceso a los servicios básicos

#### 3.11.1 Transporte y Acceso

La Troncal tiene carreteras nacionales de primer orden; Durán – Tambo y La Troncal – Puerto Inca. Actualmente estas carreteras se encuentran en perfecto estado, mantiene conectada a La Troncal con la parte sur (Machala, Naranjal, etc), a la serranía (Cañar, Cuenca, etc) y con la parte costanera (El Triunfo, Guayaquil, etc).

La cooperativa La Troncaleña y Rircay es la ruta del Cantón que conecta con las ciudades antes mencionadas, otras cooperativas que tienen como destino este cantón son: Coop. Super Semeria, Coop. San Luis, Coop. Super Taxi. El tiempo de viaje a este Cantón desde Guayaquil es aproximadamente dos horas. Además entre los medios de transporte que se utiliza dentro de la ciudad para la comunidad urbana y comunidades cercanas son las tricimotos.

**Gráfico 10.** Carretera Puerto Inca – La Troncal



**Foto:** Pablo Andrés Reinoso

**Gráfico 11.** Carretera Duran – Tambo. (Acceso La Troncal)



Fuente: [www.azoguenos.com](http://www.azoguenos.com)

### **3.11.2 Energía Eléctrica**

La comunidad de La Troncal cuenta con electricidad las 24 horas del día, hay pequeños inconvenientes con el abastecimiento. La población se queja de este, debido a las reiteradas ocasiones que el pueblo se queda sin energía, e indican que debe mejorar. La red de electricidad la administra, la Empresa Eléctrica Centrosur, la red eléctrica está conectada también a la Empresa Eléctrica de Milagro.

Respecto a los medidores para la correspondiente lectura, se pudo conocer extraoficialmente que la Regional CENTROSUR ha instalado aproximadamente 3000 medidores, los cuales mejorarían la lectura y consecuentemente la facturación. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal La Troncal, 2014)

**Gráfico 12.**Subestación La Troncal de CNEL-Milagro



**Fuente:** (GAD La Troncal, 2014)

### **3.11.3 Educación**

El cantón la troncal cuenta con servicio de educación en todo el área, es decir existen escuelas que fueron creadas para que la población pueda desde cualquier sector ya sea urbana o rural acceder a este servicio. Algunas de las escuelas ubicadas el área urbana son las siguientes:

- ❖ Escuela benjamín Sarmiento La Troncal
- ❖ Escuela fiscal Jaime Roldos
- ❖ Escuela Fiscal Roilan S.
- ❖ Escuela Fiscal Mixta 5 De Febrero
- ❖ Escuela Froilán Navas Calle
- ❖ Escuela Luis Donoso

### 3.11.4 Alcantarillado Sanitario

La parroquia La Troncal cuenta con el servicio de alcantarillado sanitario desde 1999. El sistema fue construido por la Empresa COANDES y según los datos obtenidos por la EMAPAT, se estima que un 44,11% de la población tiene acceso al sistema, el resto elimina los desechos a través de letrinas y pozos sépticos. Gobierno Autónomo Descentralizado La Troncal, (2017).

**Tabla 7.** Diámetros existentes para un Sistema de Alcantarillado en la Cabecera Cantonal de La Troncal

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Material</b>	<b>Longitud (m)</b>
110	PVC	72811.51
150	HS	2857.32
200	HS	15019.68
250	HS	2975.54
300	HS	1318.50
350	HS	378.79
400	HS	328.54
450	HS	475.09
500	HS	850.09
600	HS	1256.04
675	HS	747.35

**Fuente:** Empresa de Agua Potable (EMAPAT, 2017)

### 3.11.5 Agua Potable

La Ciudad de la Troncal tiene desde el año 1999 el servicio de agua potable. El sistema fue construido por la constructora COANDES, y opera hasta la actualidad. En el año 2001 se creó la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPAT-EP) y hasta la actualidad es la entidad encargada del manejo y control de los sistemas de infraestructura sanitaria de la Cabecera Cantonal La Troncal.

Según el GAD La Troncal el sistema de Agua Potable tiene una cobertura del 87,87 % de la población de la Cabecera Cantonal. Para las tarifas del servicio se establecen tres tipos de usuarios:

- Residencial
- Comercial
- Industria

De acuerdo a la categoría existe un pago básico mensual y para cada m<sup>3</sup> consumido superiores al básico establecido, el costo del m<sup>3</sup> se calcula de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 8.** Rango de Tarifas de la EMAPAT-EP

Categoría	Rangos de Consumo (m <sup>3</sup> )		Valor por consumo (USD/m <sup>3</sup> )
RESIDENCIAL	0	15	Básico Mensual (mcb) x 1 x 15
	16	40	mcb x 1.10 x c/m
	41	60	mcb x 1.20 x c/m
	61	80	mcb x 1.30 x c/m
	Consumos mayores a 80 metros cúbicos en esta categoría, se considerarán como Categoría Comercial.		
COMERCIAL	0	20	mcb x 1.30 x 20
	21	50	mcb x 1.40 x c/m
	51	80	mcb x 1.50 x c/m
	81	250	mcb x 1.60 x c/m
	Consumos mayores a 250 metros cúbicos en esta categoría o categoría Residencial se considerarán como categoría Industrial		
INDUSTRIAL	0	40	mcb x 1.60 x 40
	41	80	mcb x 1.70 x c/m
	81	120	mcb x 1.80 x c/m
	121	250	mcb x 1.90 x c/m
	> 250		mcb x 2.00 x c/m
INSTITUCIONAL O PUBLICA	Los incluidos en esta categoría pagaran las tarifas establecidas en la categoría residencial, manteniendo su categoría en consumos superiores a 60 metros cúbicos.		

**Fuente:** Empresa de Agua Potable (EMAPAT)

**Nota:** El valor básico de consumo es de un dólar americano (\$1) por cada metro cúbico (c/m), para consumos que sean mayores al metro cúbico se calcula de acuerdo a como se indica en la Tabla 4.

## CAPITULO 4

### 4 Sistema de abastecimiento de agua Potable

A continuación se describirá el sistema existente de agua potable del Cantón La Troncal. Para el presente trabajo, es de interés solo el sistema de conducción de agua potable, desde la planta potabilizadora a los tanques de reservorio y la red de distribución.

El sistema de abastecimiento de agua potable está compuesto por las siguientes unidades:

- Captación de las aguas superficiales del río Yanayacu y Estero Azul.
- Línea de conducción de aguas crudas: captación - planta de Cochancay.
- Línea de conducción de aguas tratadas: planta Cochancay – Tanque de reserva en el cerro Huaquillas.
- Tanque de reserva en el cerro Huaquillas.
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias

#### 4.1 Fuente de agua superficial

La fuente de abastecimiento de agua es superficial, estando ubicada la toma en el río Yanayacu que está a 7 km de la planta de tratamiento. Adicionalmente se vio la necesidad de ubicar otro punto de captación, debido al aumento de la demanda del servicio, el mismo que está ubicado a 4 Km de la planta de tratamiento en el Estero Azul.

#### 4.2 Sistema de Captación

De acuerdo al GAD La Troncal, la Captación Yanayacu está ubicado en las siguientes coordenadas 694 480, 9 729 989 con una altura de 368 metros sobre el nivel del mar. El tipo de captación utilizado es una toma tipo caucasiana. En la corona o parte superior del azud tiene una rejilla, ubicada sobre el canal de captación. El azud está ubicado en una terraza aluvial, la que se ha mantenido estable, aun en los fuertes inviernos. Según la Empresa de Agua Potable La Troncal este sistema ha sido diseñado para captar 85

l/seg. Y permitir el paso de una creciente del río Yanayacu de 175 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a una frecuencia de 50 años.

**Gráfico 13.** Captación Yanayacu



**Fuente:** Empresa de Agua Potable La Troncal "EMAPAT"

**Gráfico 14.** Infraestructura Captación Yanayacu



**Fuente:** Empresa de Agua Potable La Troncal "EMAPAT"

### 4.3 **Conducción**

#### 4.3.1 **Conducción Captación – Planta de Tratamiento**

La conducción se divide en dos tramos, con una longitud total de 5170 m, 1587 m tiene un diámetro de 450 mm y 3583 de 300 mm, esta conducción es por gravedad.

Según EMAPAT (Empresa de Agua Potable La Troncal) los diseños que se efectuaron consideraron un caudal de 85 l/s, que con un 95% de seguridad, puede ser explotada en la fuente.

**Gráfico 15.** Conducción de Agua cruda – Paso elevado Rio Bulu Bulu sector Palillos



**Fuente:** GAD La Troncal (2014).

#### 4.3.2 **Conducción Planta de Tratamiento – Tanques de Reserva**

La planta de tratamiento Copalillo está ubicada en el recinto Cochancay. La conducción, desde esta hasta los tanques del cerro Huaquillas es por gravedad y tiene una longitud de 9608 metros, la tubería de la línea de conducción es de asbesto de cemento con un diámetro de 350 milímetros. A 1015 metros de la planta Copalillos existe un tanque rompe presión. En lo relativo a la capacidad de la

línea de conducción, el segundo tramo es el restrictivo. Considerando una rugosidad absoluta 0,015 mm para la tubería de asbesto cemento, esta conduce 135 l/seg, para los niveles existentes al inicio y final de la línea.

#### 4.4 Planta de Tratamiento

La Planta de tratamiento está ubicada en el recinto Cochancay alejado de la cabecera cantonal casi 10 km.

El tipo de planta de tratamiento utilizado es la “compacta”, cuenta con una cámara de llegada, estructura de retención de sólidos, cámara de floculación, sedimentadores, filtros y desinfección con cloro.

De acuerdo a la Gerencia de la empresa de Agua Potable del Cantón La Troncal la planta de tratamiento presenta serios problemas de funcionamiento en época de invierno, debido al incremento de la turbiedad ,por ello se debe diferenciar el tipo de proceso que se requiere en cada época así:

- Época – Seca: Coagulación por contacto, filtración rápida, directa o por contacto, estabilización química y desinfección.
- Época – Lluviosa: Coagulación por barrido, floculación, decantación, filtración rápida descendente, estabilización química y desinfección.

**Gráfico 16.** Planta de Agua Potable “Copalillo”



**Fuente:** Empresa de Agua Potable La Troncal “EMAPAT”

#### 4.5 Tanques de Reserva

Existe dos tanques de reserva, los mismos que tienen una capacidad de 2500 m<sup>3</sup>, estos son tanques de hormigón, con cubierta de cúpula y están ubicados en el Cerro Huaquillas a una altura de 140 msnm. En este trabajo a estos tanques se los ha denominado; Tanque A y Tanque B.

Uno de los tanques ya tiene más de 20 años funcionando (Tanque A). Este presenta fisuras, por lo que debe ser reparado o abandonado El otro (Tanque B) fue construido en el 2008 y actualmente se encuentra funcionando, en buenas condiciones.

**Gráfico 17.** Tanques de Reserva de AAPP



**Fuente:** Empresa de Agua Potable La Troncal “EMAPAT”

#### 4.6 Red de Distribución

La red de distribución se inicia en los Tanques de Reserva, que están ubicados en la parte más alta del Cantón, en el cerro Huaquillas a una altura de 140 msnm. La Troncal cuenta con el servicio de agua potable ya más de dos décadas. La red de distribución con el pasar de los años ha sufrido ciertos cambios con el propósito de incrementar la cobertura del servicio, en función del desarrollo de la ciudad. La red de distribución cuenta con tuberías principales, las mismas que forman los circuitos matrices. La red matriz es complementada por redes secundarias o de relleno. Además de tuberías la

red cuenta con válvulas de seccionamiento e hidrantes para el control de incendios. De acuerdo con el catastro del sistema la longitud total de la tubería de agua potable es de alrededor de 80 000 metros. El material de dichas tuberías es de PVC, con diámetros diferentes. A continuación se presenta una tabla con el detalle de longitud y diámetro de cada tubería existente en la red de distribución.

**Tabla 9.** Características de la Red de Distribución.

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>
25	73.02
50	4205.33
63	53242.07
90	6960.23
110	7165.72
160	946.45
200	2829.95
250	817.99
315	341.18
350	4299.29

**Fuente: GAD LA TRONCAL**

**Ver Plano de la Cabecera Cantonal con su red de agua potable (Anexo 1)**

## CAPITULO 5

### 5 Diseño y Análisis del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Para el presente trabajo se realizará el análisis de la red de conducción, Planta de Tratamiento-Tanques de Reserva y de la red de distribución desde los tanques de regulación y almacenamiento. Se describirán procesos importantes que han permitido un correcto análisis y rediseño de la red de agua potable.

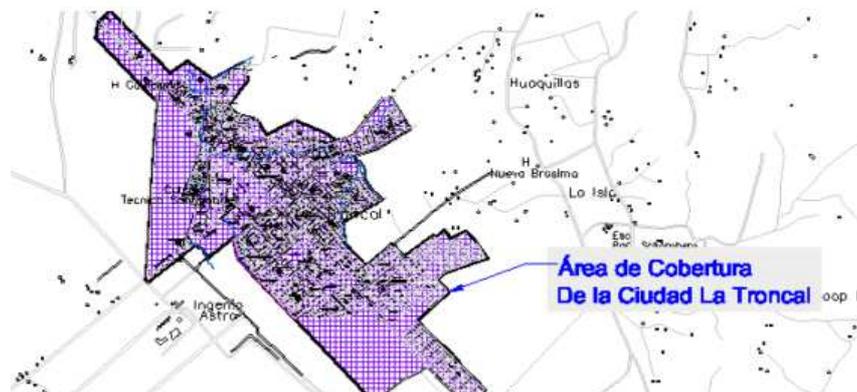
#### 5.1 Análisis de la Red de Distribución Existente de AAPP

##### 5.1.1 Trazado de circuitos

El GAD de La Troncal proporciono los planos que contienen la información de la red existente, lo que permitió:

- Conocer el área de cobertura y de influencia del sistema de agua potable. En las siguientes imágenes se muestra la cobertura del sistema de agua potable.

**Gráfico 18.** Zonas de Influencia del Sistema de Agua Potable – La Troncal

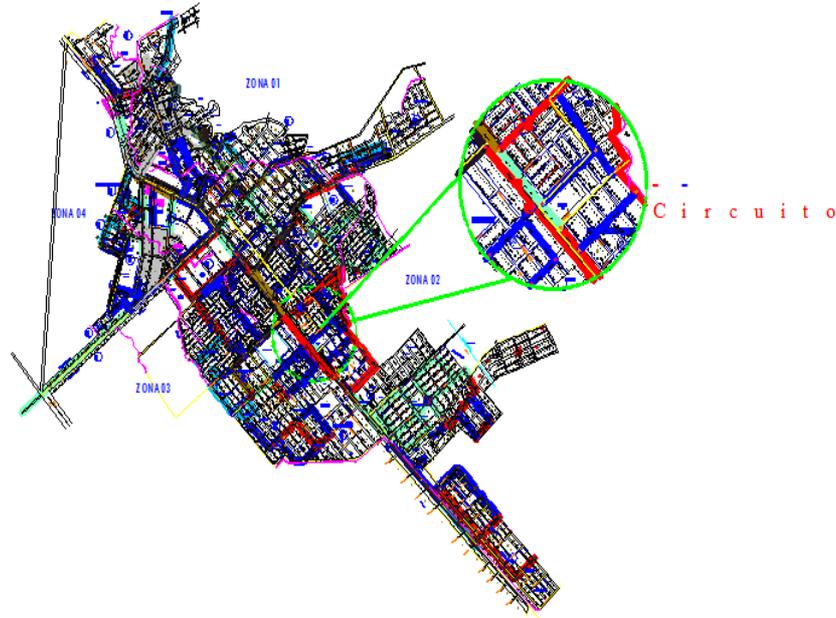


Fuente: GAD La Troncal

- **Nota:** Armado de los circuitos de la red matriz y determinación de las áreas a ser servidas por cada nudo de esta. Los circuitos no

deben tener perímetros superiores a 2 000 m. (Ver Anexo 5. Plano de la red de agua potable existente con los circuitos establecidos).

**Gráfico 19.** Trazado de circuitos – Plano Urbano La Troncal



Fuente: GAD La Troncal

### 5.1.2 Ubicación de Nudos y Área de Influencia

Una vez establecido los circuitos, se definen los nudos, los que se ubican necesariamente en un cambio de diámetro y en la unión de tuberías. En la red se han ubicado 165 nudos.

Para cada nudo colocado en la red, se asigna un área de influencia. A continuación se presenta el listado de nudos con su respectiva área (ha)

**Tabla 10.** Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa)

<b>LA TRONCAL</b>			
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á PERIFERICA</b>
<b>N-1</b>	2,08	2,08	-
<b>N-2</b>	2,98	0,00	2,98
<b>N-3</b>	3,12	3,12	-
<b>N-4</b>	2,61	2,61	-
<b>N-5</b>	1,23	-	1,23
<b>N-6</b>	4,22	-	4,22
<b>N-7</b>	1,57	1,57	-
<b>N-8</b>	1,81	1,81	-
<b>N-9</b>	3,05	3,05	-
<b>N-10</b>	3,22	3,22	-
<b>N-11</b>	5,39	5,39	-
<b>N-12</b>	1,73	1,73	-
<b>N-13</b>	8,21	-	8,21
<b>N-14</b>	7,22	-	7,22
<b>N-15</b>	3,76	-	3,76
<b>N-16</b>	2,85	2,85	-
<b>N-17</b>	1,26	1,26	-
<b>N-18</b>	3,52	3,52	-
<b>N-19</b>	4,18	4,18	-
<b>N-20</b>	1,71	-	1,71
<b>N-21</b>	2,01	-	2,01
<b>N-22</b>	2,67	-	2,67
<b>N-23</b>	1,37	-	1,37
<b>N-24</b>	1,42	-	1,42
<b>N-25</b>	1,78	-	1,78
<b>N-26</b>	1,98	-	1,98
<b>N-27</b>	5,26	5,26	-
<b>N-28</b>	2,42	-	2,42
<b>N-29</b>	6,53	-	6,53
<b>N-30</b>	7,89	-	7,89

Elaboración: Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 11.** Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa)

<b>LA TRONCAL</b>			
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á PERIFERICA</b>
<b>N-31</b>	2,54	2,54	-
<b>N-32</b>	3,69	-	3,69
<b>N-33</b>	5,54	-	5,54
<b>N-34</b>	5,75	-	5,75
<b>N-35</b>	3,57	-	3,57
<b>N-36</b>	3,28	3,28	-
<b>N-37</b>	2,45	2,45	-
<b>N-38</b>	2,45	2,45	-
<b>N-39</b>	3,13	3,13	-
<b>N-40</b>	2,21	2,21	-
<b>N-42</b>	2,63	-	2,63
<b>N-43</b>	2,90	-	2,90
<b>N-44</b>	3,20	-	3,20
<b>N-46</b>	3,88	3,88	0,00
<b>N-47</b>	5,98	-	5,98
<b>N-48</b>	3,21	-	3,21
<b>N-49</b>	3,04	-	3,04
<b>N-50</b>	2,99	-	2,99
<b>N-51</b>	4,40	-	4,40
<b>N-52</b>	4,60	-	4,60
<b>N-53</b>	4,62	-	4,62
<b>N-54</b>	0,00	-	-
<b>N-55</b>	11,05	-	11,05
<b>N-56</b>	3,29	-	3,29
<b>N-57</b>	4,69	-	4,69
<b>N-58</b>	0,00	-	0,00
<b>N-60</b>	6,70	-	6,70
<b>N-61</b>	2,48	-	2,48
<b>N-62</b>	3,03	-	3,03

Elaboración: Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 12.** Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa)

<b>LA TRONCAL</b>			
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á EXTERNA</b>
<b>N-63</b>	2,65	-	2,65
<b>N-64</b>	4,08	-	4,08
<b>N-65</b>	1,53	1,53	0,00
<b>N-66</b>	2,12	2,12	0,00
<b>N-67</b>	4,50	4,50	0,00
<b>N-68</b>	3,71	-	3,71
<b>N-69</b>	1,84	1,84	0,00
<b>N-70</b>	3,11	0,00	3,11
<b>N-72</b>	0,70	0,70	-
<b>N-73</b>	2,45	2,45	-
<b>N-74</b>	2,39	2,39	-
<b>N-75</b>	2,55	2,55	-
<b>N-76</b>	2,71	2,71	-
<b>N-77</b>	0,00	0,00	-
<b>N-78</b>	2,57	2,57	-
<b>N-79</b>	2,45	2,45	-
<b>N-80</b>	1,73	1,73	-
<b>N-81</b>	2,16	2,16	-
<b>N-82</b>	3,04	3,04	-
<b>N-83</b>	3,16	3,16	-
<b>N-84</b>	2,42	2,42	-
<b>N-85</b>	0,00	0,00	-
<b>N-86</b>	2,07	2,07	-
<b>N-87</b>	1,68	-	1,68
<b>N-88</b>	0,64	0,64	-
<b>N-89</b>	2,41	2,41	-
<b>N-90</b>	2,13	2,13	-
<b>N-92</b>	0,99	0,99	-

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 13.** Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa)

<b>LA TRONCAL</b>			
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á EXTERNA</b>
<b>N-93</b>	0,00	-	-
<b>N-94</b>	1,55	1,55	-
<b>N-95</b>	0,00	-	-
<b>N-96</b>	0,00	-	-
<b>N-97</b>	0,00	-	-
<b>N-98</b>	1,85	1,85	-
<b>N-99</b>	2,53	-	2,53
<b>N-100</b>	2,54	2,54	-
<b>N-101</b>	2,08	-	2,08
<b>N-102</b>	2,46	2,46	-
<b>N-103</b>	2,67	2,67	-
<b>N-104</b>	3,33	3,33	-
<b>N-105</b>	5,03	5,03	-
<b>N-106</b>	3,27	3,27	-
<b>N-107</b>	1,12	1,12	-
<b>N-108</b>	1,60	1,60	-
<b>N-109</b>	2,64	2,64	-
<b>N-110</b>	1,88	1,88	-
<b>N-111</b>	0,00	-	-
<b>N-112</b>	0,41	0,41	-
<b>N-113</b>	1,86	1,86	-
<b>N-114</b>	3,04	-	3,04
<b>N-115</b>	2,81	2,81	-
<b>N-116</b>	4,67	4,67	-
<b>N-117</b>	5,32	-	5,32
<b>N-118</b>	4,63	4,63	-
<b>N-119</b>	5,28	5,28	-
<b>N-120</b>	3,93	-	3,93
<b>N-121</b>	16,21	16,21	-
<b>N-122</b>	8,07	8,07	-
<b>N-123</b>	4,68	4,68	-
<b>N-124</b>	2,31	2,31	-
<b>N-125</b>	2,87	2,87	-

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 14.** Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa)

<b>LA TRONCAL</b>			
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á EXTERNA</b>
<b>N-126</b>	6,91	6,91	-
<b>N-127</b>	7,30	7,30	-
<b>N-128</b>	1,98	-	1,98
<b>N-129</b>	5,71	-	5,71
<b>N-130</b>	2,88	-	2,88
<b>N-131</b>	8,87	-	8,87
<b>N-132</b>	2,18	-	2,18
<b>N-133</b>	7,58	-	7,58
<b>N-134</b>	8,36	-	8,36
<b>N-135</b>	6,56	-	6,56
<b>N-136</b>	11,84	-	11,84
<b>N-137</b>	4,12	-	4,12
<b>N-138</b>	4,73	-	4,73
<b>N-139</b>	0,00	-	0,00
<b>N-140</b>	3,40	-	3,40
<b>N-141</b>	1,59	-	1,59
<b>N-142</b>	1,57	-	1,57
<b>N-143</b>	0,86	-	0,86
<b>N-144</b>	1,48	-	1,48
<b>N-145</b>	12,78	-	12,78
<b>N-146</b>	5,57	-	5,57
<b>N-147</b>	2,85	-	2,85
<b>N-148</b>	1,31	-	1,31
<b>N-149</b>	8,02	8,02	8,02
<b>N-150</b>	5,21	-	5,21
<b>N-151</b>	10,31	-	10,31
<b>N-152</b>	1,99	-	1,99
<b>N-153</b>	4,50	-	4,50
<b>N-154</b>	3,10	-	3,10

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 15.** Nudos y Áreas de influencia (Área Central-Área Externa)

<b>LA TRONCAL</b>			
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á EXTERNA</b>
<b>N-155</b>	2,86	-	2,86
<b>N-156</b>	5,23	-	5,23
<b>N-157</b>	4,28	-	4,28
<b>N-158</b>	3,03	-	3,03
<b>N-159</b>	4,92	-	4,92
<b>N-160</b>	3,43	-	3,43
<b>N-161</b>	2,23	-	2,23
<b>N-162</b>	3,30	-	3,30
<b>N-163</b>	0,00	-	0,00
<b>N-164</b>	7,14	-	7,14
<b>N-165</b>	3,43	-	3,43
<b>TOTAL</b>	<b>554,20</b>	<b>216,1</b>	<b>346,1</b>

Elaboración: Laura Ruiz, (2017).

### 5.1.3 Análisis Densidad Poblacional

De acuerdo a los registros de población del último censo (INEC, Censo 2010), comentado en los capítulos anteriores, se determinó el número de habitantes por hectárea para, con esto, realizar una distribución territorial de la población, obtener densidades a la fecha del censo y luego proyectarla en función del crecimiento poblacional, previsto en el horizonte de diseño propuesto.

El departamento técnico de la Empresa de Agua Potable ha delimitado el área más densa, siendo ésta la parte central de la cabecera Cantonal. A continuación, se mostrara el número de habitantes por área que se obtuvo mediante datos del INEC del Censo 2010,

pudiéndose de esta manera identificar una densidad para el sector central y el periférico. (Ver Anexo 3. Plano de densidades)

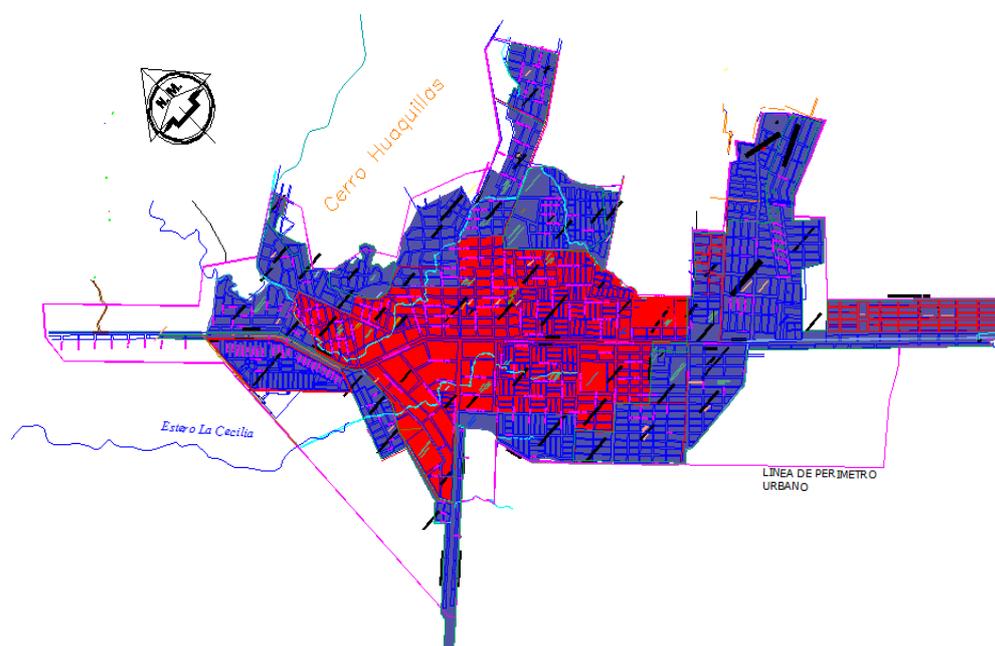
**Tabla 16.** Densidad Poblacional Área Central-Área Periférica

Tabla	ÁREA	POBLACION- URBANA	DENSIDAD
MAS DENSA	216,1	24382,00	112,81
MENOS DENSA	346,1	18228,00	52,67
<b>TOTAL</b>		<b>42610,00</b>	

Fuente: INEC, Censo 2010

Elaboración: Laura Ruiz, (2017).

**Gráfico 20.** Sectorización por densidades poblacionales



Fuente: GAD La Troncal

El Gráfico 5.3 muestra la zonificación por densidades de la cabecera Cantonal. El color rojo define el sector más denso y el azul el de menor densidad. Se presenta a

continuación la población servida por cada nudo, calculada en función de su área de influencia y de las densidades correspondientes.

**Tabla 17.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

<b>LA TRONCAL</b>					
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>		<b>POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á EXTERNA</b>	<b>POB_C</b>	<b>POB_E</b>
N-1	2,08	2,08	0,00	179,00	
N-2	2,98	0,00	2,98		220,00
N-3	3,12	3,12	0,00	344,00	
N-4	2,61	2,61	0,00	305,00	
N-5	1,23	0,00	1,23		128,00
N-6	4,22	0,00	4,22		159,00
N-7	1,57	1,57	0,00	171,00	
N-8	1,81	1,81	0,00	179,00	
N-9	3,05	3,05	0,00	320,00	
N-10	3,22	3,22	0,00	441,00	
N-11	5,39	5,39	0,00	315,00	
N-12	1,73	1,73	0,00	186,00	
N-13	8,21	0,00	8,21		254,00
N-14	7,22	0,00	7,22		287,00
N-15	3,76	0,00	3,76		95,00
N-16	2,85	2,85	0,00	309,00	
N-17	1,26	1,26	0,00	115,00	
N-18	3,52	3,52	0,00	378,00	
N-19	4,18	4,18	0,00	384,00	
N-20	1,71	0,00	1,71		231,00
N-21	2,01	0,00	2,01		171,00
N-22	2,67	0,00	2,67		40,00
N-23	1,37	0,00	1,37		69,00
N-24	1,42	0,00	1,42		165,00
N-25	1,78	0,00	1,78		280,00
N-26	1,98	0,00	1,98		82,00

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017)

**Tabla 18.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

<b>LA TRONCAL</b>					
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>AREAS ha</b>		<b>POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)</b>	
		<b>Á CENTRAL</b>	<b>Á EXTERNA</b>	<b>POB_C</b>	<b>POB_E</b>
N-27	5,26	5,26	0,00	475,00	
N-28	2,42	0,00	2,42		116,00
N-29	6,53	0,00	6,53		125,00
N-30	7,89	0,00	7,89		233,00
N-31	2,54	2,54	0,00	313,00	
N-32	3,69	0,00	3,69		221,00
N-33	5,54	0,00	5,54		233,00
N-34	5,75	0,00	5,75		236,00
N-35	3,57	0,00	3,57		175,00
N-36	3,28	3,28	0,00	308,00	
N-37	2,45	2,45	0,00	217,00	
N-38	2,45	2,45	0,00	360,00	
N-39	3,13	3,13	0,00	428,00	
N-40	2,21	2,21	0,00	215,00	
N-41	2,02	2,02	0,00	278,00	
N-42	2,63	0,00	2,63		130,00
N-43	2,90	0,00	2,90		117,00
N-44	3,20	0,00	3,20		172,00
N-46	3,88	3,88	0,00	488,00	
N-47	5,98	0,00	5,98		157,00
N-48	3,21	0,00	3,21		114,00
N-49	3,04	0,00	3,04		338,00
N-50	2,99	0,00	2,99		128,00
N-51	4,40	0,00	4,40		18,00
N-52	4,60	0,00	4,60		188,00
N-53	4,62	0,00	4,62		195,00
N-54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 19.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

<b>LA TRONCAL</b>				
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)</b>		
		<b>POBLACION</b>	<b>POB_C</b>	<b>POB_E</b>
N-55	11.05	332.9		333.00
N-56	3.29	71.1		71.00
N-57	4.69	44.0		44.00
N-58	0.00	-		0.00
N-60	6.70	558.1		558.00
N-61	2.48	162.0		162.00
N-62	3.03	148.0		148.00
N-63	2.65	149.3		149.00
N-64	4.08	251.6		252.00
N-65	1.53	83.0	183.00	
N-66	2.12	246.0	246.00	
N-67	4.50	278.0	578.00	
N-68	3.71	268.1		268.00
N-69	1.84	136.0	186.00	
N-70	3.11	82.0		182.00
N-72	0.70	118.0	218.00	
N-73	2.45	281.0	281.00	
N-74	2.39	198.0	348.00	
N-75	2.55	240.0	240.00	
N-76	2.71	260.0	310.00	
N-77	0.00		0.00	
N-78	2.57	154.8	205.00	
N-79	2.45	147.2	147.00	
N-80	1.73	133.1	233.00	

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 20.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

<b>LA TRONCAL</b>				
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)</b>		
		<b>POBLACION</b>	<b>POB_C</b>	<b>POB_E</b>
N-81	2.16	161.4	261.00	
N-82	3.04	275.8	276.00	
N-83	3.16	357.5	358.00	
N-84	2.42	119.3	294.00	
N-85	0.00	0.0	0.00	0.00
N-86	2.07	238.2	238.00	
N-87	1.68	90.7		191.00
N-88	0.64	99.7	100.00	
N-89	2.41	241.0	241.00	
N-90	2.13	289.4	289.00	
N-92	0.99	95.4	195.00	
N-93	0.00		0.00	0.00
N-94	1.55	252.6	253.00	
N-95	0.00		0.00	0.00
N-96	0.00		0.00	0.00
N-97	0.00		0.00	0.00
N-98	1.85	212.2	212.00	
N-99	2.53	156.2		256.00
N-100	2.54	409.0	409.00	
N-101	2.08	152.4		352.00
N-102	2.46	222.6	323.00	
N-103	2.67	299.3	299.00	
N-104	3.33	397.5	398.00	
N-105	5.03	507.0	507.00	
N-106	3.27	802.8	803.00	

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 21.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

LA TRONCAL				
NODO	AREA TOTAL (ha)	POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)		
		POBLACION	POB_C	POB_E
N-107	1.12	228.2	228.00	
N-108	1.60	309.0	309.00	
N-109	2.64	271.0	446.00	
N-110	1.88	265.2	265.00	
N-111	0.00	0.0	0.00	0.00
N-112	0.41	47.9	148.00	
N-113	1.86	252.6	253.00	
N-114	3.04	300.0		300.00
N-115	2.81	151.0	251.00	
N-116	4.67	203.4	203.00	
N-117	5.32	393.0		393.00
N-118	4.63	822.6	823.00	
N-119	5.28	491.0	491.00	
N-120	3.93	337.5		338.00
N-121	16.21	1025.3	1625.00	
N-122	8.07	1000.5	1200.00	
N-123	4.68	636.2	636.00	
N-124	2.31	258	258.00	
N-125	2.87	157.0	257.00	
N-126	6.91	346.25	646.00	
N-127	7.30	398.0	698.00	
N-128	1.98	81.0		181.00
N-129	5.71	453.0		453.00
N-130	2.88	188.0		188.00
N-131	8.87	803.5		804.00
N-132	2.18	100.0		300.00

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 22.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

<b>LA TRONCAL</b>				
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)</b>		
		<b>POBLACION</b>	<b>POB_C</b>	<b>POB_E</b>
N-133	7.58	362.0		462.00
N-134	8.36	472.4		472.00
N-135	6.56	422.0		422.00
N-136	11.84	90.0		290.00
N-137	4.12	161.0		261.00
N-138	4.73	174.4		374.00
N-139	0.00	0.0		0.00
N-140	3.40	98.0		223.00
N-141	1.59	129.0		129.00
N-142	1.57	80.2		180.00
N-143	0.86	36.8		137.00
N-144	1.48	14.0		114.00
N-145	12.78	51.0		151.00
N-146	5.57	34.5		35.00
N-147	2.85	32.5		133.00
N-148	1.31	17.0		67.00
N-149	8.02	306.0	306	306.00
N-150	5.21	275.00	0	275.00
N-151	10.31	543.00	0	543.00
N-152	1.99	105.00	0	105.00
N-153	4.50	237.00	0	237.00
N-154	3.10	163.00	0	163.00
N-155	2.86	201.00	0	201.00

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

**Tabla 23.** Densidad Poblacional Área Central-Área Externa

<b>LA TRONCAL</b>				
<b>NODO</b>	<b>AREA TOTAL (ha)</b>	<b>POBLACION EXISTENTE (INEC 2010) (a)</b>		
		<b>POBLACION</b>	<b>POB_C</b>	<b>POB_E</b>
N-156	5.23	275.00	0	275.00
N-157	4.28	225.00	0	225.00
N-158	3.03	159.00	0	159.00
N-159	4.92	259.00	0	259.00
N-160	3.43	181.00	0	181.00
N-161	2.23	118.00	0	118.00
N-162	3.30	174.00	0	174.00
N-163	0.00	0.00	0	0.00
N-164	7.14	376.00	0	376.00
N-165	3.43	181.00	0	181.00
<b>TOTAL</b>	<b>554</b>	<b>42610</b>	<b>24382</b>	<b>18228</b>
			<b>42610</b>	

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

#### **5.1.4 Dotación de Agua Potable**

Para determinar la dotación del sistema existente se utilizó el catastro de usuarios del sistema de agua potable de la cabecera Cantonal La Troncal. Se obtuvo la siguiente información

- Registro de conexiones de AAPP (EMAPAT )
- Consumo por conexiones de AAPP (EMAPAT)
- Perdidas en la distribución de AAPP

De acuerdo con los registros de la Empresa de Agua Potable La Troncal se llega a las siguientes conclusiones:

**Tabla 24.** Perdida de AAPP

REGISTRO MENSUAL- DIC 2016			
Conexiones	Caudal Producido m3/mes	Consumo m3/mes	Perdidas %
8706	311040	137353	<b>56%</b>

**Fuente:** Empresa de Agua Potable La Troncal

**Elaboración:** Laura Ruiz, (2017).

Como se muestra en la Tabla 24. Las pérdidas de agua potable superan el 50%. Según EMAPAT esto se debe principalmente a las conexiones ilícitas y conexiones no planteadas en la red, como el agua destinada para riego de plantas en parques o calles de la ciudad.

**Tabla 25.** Dotación de AAPP para la red existente

REGISTRO "DIARIO"	
CONSUMO (m3/día)	DOTACION (l/d/Hab)
<b>4578,43</b>	<b>105,17</b>

**Fuente:** Empresa de Agua Potable La Troncal

**Elaboración:** Laura Ruiz

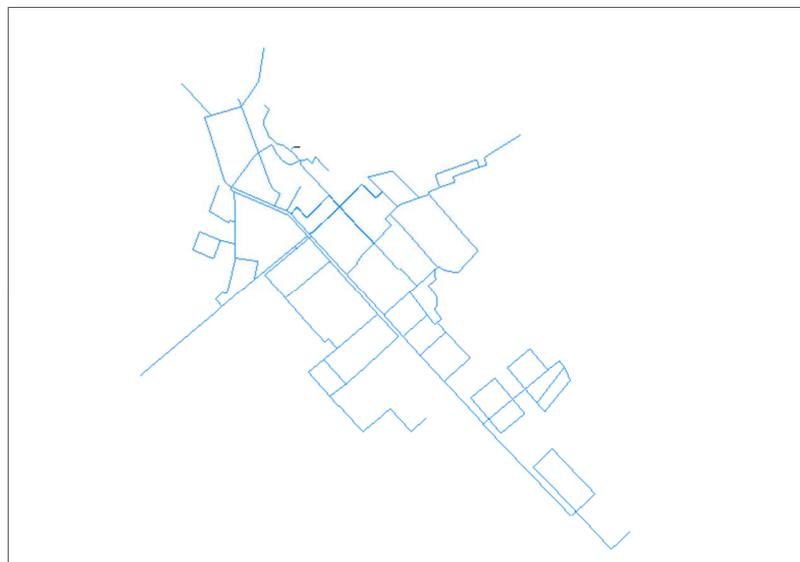
Como se muestra en la tabla 24 el consumo mensual es en promedio 137353 m<sup>3</sup>, lo que representa un consumo diario de 4578 m<sup>3</sup>-día. El número de conexiones catastradas es 8706, por lo tanto, el consumo per cápita sin incluir las perdidas es 105 litros-día. (Ver Tabla 25.) Para propósito de la evaluación de la red existente y su rediseño se consideró una dotación de 200 l/hab/día, lo que incluye las perdidas y además se ajusta a las normas de diseño.

**NOTA:** El Registro de Conexiones de AAPP y consumos fue seleccionado del mes de Diciembre, 2016. (Ver Anexo 9. Registro de consumos por conexión y. Caudales por Nudo)

### 5.1.5 Trazado del Sistema de Abastecimiento en el Simulador WaterGEMS

A partir de la red existente, se realiza el trazado de la red matriz para simular la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable. En el modelo se ingresaron datos existentes como diámetro de tuberías, longitud, ubicación, cota. Estos datos se obtuvieron de la información proporcionada por la Empresa de Agua Potable y del Municipio de la Cabecera Cantonal La Troncal. Además de las características físicas de la red se ingresan los caudales por nudo y cota del tanque de reserva con su ubicación y volumen. Para efectuar un análisis en periodo extendido se ingresó al programa una curva de variación horaria de la demanda. Por no tener registros del sistema de la Troncal se empleó una curva obtenida de la literatura técnica. (Ver Anexo Curva de Variación de demanda)

**Gráfico 21.** Red Matriz del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable La Troncal



**Elaboración:** Laura Ruiz (2017)

**Nota:** Ver Anexo 10. Resultados de WaterGEMS para el modelo del Sistema de Abastecimiento actual.

### 5.1.6 Conclusiones de la evaluación del Sistema Existente

- La red no tiene capacidad para manejar la demanda actual. Para la hora de máxima demanda en algunos nudos se presentan presiones negativas, lo que significa que el agua no llega a esos sectores y que es necesario aumentar el diámetro de las tuberías. Las presiones son altas, en ciertos nudos en horas de baja demanda, lo que favorece las pérdidas físicas y además puede producir daños en las instalaciones de las piezas sanitarias. Por lo anterior es necesario potenciar el sistema de distribución, para lo cual se procede al rediseño del mismo.
- Desde el tanque regulador ubicado en el Cerro Huaquillas (cota: 143 metros) hacia la zona central, los niveles descienden sensiblemente, hasta una cota aproximada de 80 metros y siguiendo la vía Duran-Tambo en dirección al Este las cotas, del terreno, suben nuevamente.
- Para mantener las presiones en el área central de la ciudad, dentro de valores aceptables, tendientes a la reducción de pérdidas, es necesario colocar una válvula reguladora de presión a la salida del tanque. La implantación, dentro del sistema de la válvula reductora de presión, produce una disminución de las presiones a un nivel inferior al mínimo requerido (15 metros), en la zona sur-este. Por la razón antes anotada es necesario dividir la red en dos subsistemas y la construcción de un nuevo tanque que debe ser abastecido desde la línea de conducción (Planta de Tratamiento - Cerro Huaquillas), el que se deberá ubicar estratégicamente en la *Zona 10* de acuerdo al plano zonificado de la Cabecera Cantonal, para abastecer el nuevo subsistema creado.
- Como se indicó en capítulos anteriores, la línea de conducción en el tramo que sale del rompe presión tiene una capacidad de 135l/seg, este caudal es inferior al que requiere la ciudad para la demanda futura. Es necesario repotenciar la línea de conducción.

## **5.2 Diseño y Análisis de la Red de Distribución Futura de AAPP**

En función de las conclusiones, luego de evaluar el sistema de abastecimiento existente en la Cabecera Cantonal, se presenta a continuación el rediseño del sistema.

### **5.2.1 Trazado de Circuitos**

De acuerdo con la evaluación de la Red de Distribución existente, que propone dividir la red matriz en dos subsistemas. El primero abastecerá de agua potable desde la cota 120 (m), hasta la cota 90 (m). en la cota 120 (m) se ubicará la *Válvula Reguladora de Presión*. Del Tanque de Reserva ubicado en la cota 143 (m) se suministrará el caudal para la primera parte de la Red de distribución futura. El segundo subsistema abastecerá el sector Sur-Este de la población alimentándose de un tanque que necesariamente deberá ser construido para este propósito. Este último deberá conectarse con la línea de conducción. (Ver Anexo 11. *Plano Curvas delimitante de sistema 1 y 2*)

### **5.2.2 Nudos y Área de Influencia**

Los Nudos son los mismos que en el sistema existente, para las áreas de influencia se toma en consideración la misma pero además se incluye el área de crecimiento urbanístico delimitado por el Gobierno Autónomo Descentralizado La Troncal. (Ver Anexo 1. *Plano-Delimitación Urbanística de la Cabecera Cantonal La Troncal*)

### **5.2.3 Análisis Densidad Poblacional**

La poblacional futura se la proyecto a partir de los últimos periodos intercensales, considerando un crecimiento con tasa declinante, como es la tendencia nacional. En el siguiente cuadro se presentan los datos de los censos y las proyecciones de población para los años 2020, 2030 y 2040.

**Tabla 26.**Proyección futura de la población de La Troncal.

TABLA	TASA DECLINANTE				
AÑO	1990- 2001	2001-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040
	2,93	2,38	2,19	2,09	2,01
POBLACION	34388	42610	52937,2	65090,2	79454,4

Elaboración: Laura Ruiz (2017)

Con la población proyectada se preparó la densificación de las áreas como se muestra a continuación. **Tabla 27.** Densidad para la población futura de La Troncal

Tabla	ÁREA	DENSIDAD (Futura)	POBLACION (2020)
MAS DENSA	216,1	140	30258
MENOS DENSA	346,1	125	43261
EXP FUTURA	238,93	30	7168
<b>TOTAL</b>	<b>801,2</b>		<b>80687</b>

Elaboración: Laura Ruiz (2017)

#### 5.2.4 Dotación

La dotación será la misma que se utilizó para el modelo de red existente.

#### 5.2.5 Rediseño de la red de distribución.

Considerando los resultados de la simulación del sistema existente, las demandas futuras y los parámetros de calidad que deben cumplir los sistemas de agua potable, se procedió a rediseñar el sistema de distribución.

Como se indicó en el numeral 5.2.1, se propone:

- Separar la red matriz en dos subsistemas, en función de la topografía de la ciudad
- Inclusión de una Válvula Reguladora de presión a la salida del tanque de Reserva ubicado en el Cerro Huaquillas
- Colocación de un tanque elevado para abastecer el subsistema del sector sur-este.

- Cambio de diámetros de las tuberías existentes para alcanzar las presiones residuales mínimas definidas en las normas.

La demanda media del primer subsistema para el final del periodo de diseño es 125 l-seg. La demanda para este sector está regulada por los tanques de Huaquillas, por lo tanto la línea de conducción debe abastecer 162,78 l-seg, si se considera un coeficiente de demanda máxima diaria de 1,3.

El tanque previsto para el segundo subsistema no tiene capacidad de regulación, por lo tanto, desde la conducción debe abastecerse la demanda máxima que alcanza un valor de 61,96 l-seg.

El caudal que debe ser abastecido por la línea de conducción es la suma de los dos caudales antes mencionados (224,74 l-seg).

La línea de conducción en su tramo más restrictivo tiene una capacidad de 135 l-seg por lo que, es necesario colocar una tubería paralela.

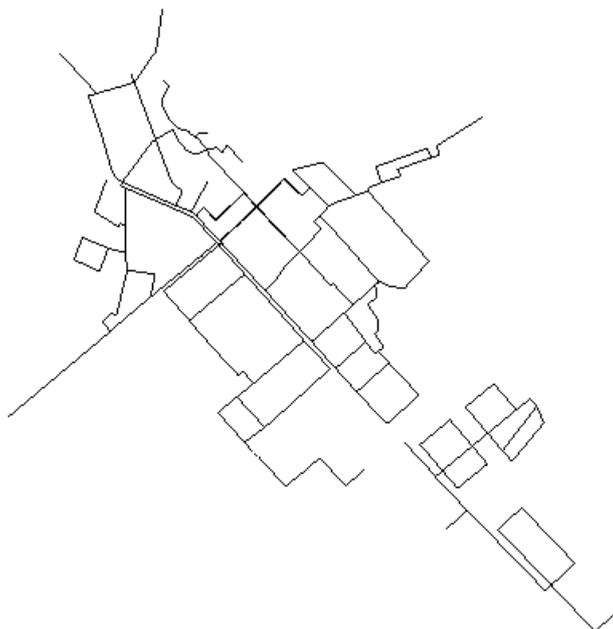
La demanda media del primer subsistema es de aproximadamente 10820 m<sup>3</sup>-día, por lo que, el volumen del tanque debe ser:

- Regulación: 25% del volumen diario = 2700 m<sup>3</sup>
- Volumen para incendios: 734 m<sup>3</sup>
- Volumen para emergencia: 675 m<sup>3</sup>
- Volumen total requerido para el Tanque de regulación y reserva 4109 m<sup>3</sup>.

El tanque existente tiene un volumen de 2500 m<sup>3</sup>, por lo que será necesario construir un adicional de 1500 o 2000 m<sup>3</sup>.

**Nota:** *El rediseño del sistema se presenta en los anexos.*

**Grafico 26** Red Matriz (primera y segunda parte).



**Elaboración:** Laura Ruiz (2017)

**Nota:** (Ver Anexo 6. Plano de Red de Distribución Futura) y (Ver Anexo 10. Resultados de WaterGEMS para el modelo del Sistema de Abastecimiento Futuro).

## 6 CAPITULO

### 6.1 CONCLUSIONES

- La línea de conducción desde la Planta hasta el Cerro Huaquillas debe ser repotenciada para manejar los caudales que requiere la ciudad hasta el año 2040.
- De acuerdo con las normas de diseño el volumen que se requiere para reserva, regulación y control de incendios es alrededor de 4000 m<sup>3</sup>, siendo la capacidad del tanque existente únicamente de 2500 m<sup>3</sup> se requiere la construcción de un nuevo tanque de alrededor de 1500 m<sup>3</sup>.
- Con el rediseño ´propuesto se espera cumplir con las demandas de la población de manera satisfactoria tanto en caudal como en presiones. La división del sistema de distribución en dos redes tiene como propósito fundamental regular las presiones de tal forma que en la zona central estas no sobrepasen valores que generen pérdidas excesivas y en la zona Sur - Este se alcancen presiones mínimas para abastecer edificaciones de hasta 1 piso elevado.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- El propósito de este trabajo ha sido realizar una evaluación expedita de la red de distribución existente de la ciudad La Troncal frente a demandas actuales y futuras. Con los cálculos hidráulicos se ha demostrado que la red además de ser insuficiente en capacidad, presenta en horas del día presiones altas que favorecen las pérdidas. En este trabajo no se ha realizado análisis alguno de las redes de relleno ni del sistema de operación. Se considera muy importante que, dadas las altas pérdidas que presenta el sistema, es importante iniciar un proceso de sectorización que permita detectar fugas y ordenar el sistema operativo de la red.
- En este trabajo se destacan medidas que deben realizarse para mejorar la operación del sistema frente a las demandas futura:
  - Repotenciación de la conducción
  - Construcción de un nuevo tanque en el cerro Huaquillas
  - Construcción de un tanque para el subsistema de sector Sur-Este.
  - Ampliación de la red
  - Instalación de válvula reguladora de presión.

Estos trabajos están a un nivel de pre factibilidad por lo que, si se desea continuar en esta línea deberá profundizarse en los estudios y diseño.

### 6.3 BIBLIOGRAFIA

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Obtenido el 10 de Enero del 2017. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.cob.ec/>
- Chow, V.; Maidment, D.; y Ways, L. (1994). Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia.: McGraw-Hill
- Comisión Nacional del Agua, (2009). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Consultado el 17 de Enero de 2017. Obtenido de [hftp://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Alcantarillado%20Pluvial.pdf](http://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Alcantarillado%20Pluvial.pdf)
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (n.d). Cartas Topográficas. Obtenido el 20 de febrero de 2017. Disponible en <http://www.geoportalmgm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>

## 7 ANEXOS

- 7.1 **Anexo 1.** Plano general del sistema de abastecimiento de agua potable
- 7.2 **Anexo 2.** Plano de la ciudad La Troncal
- 7.3 **Anexo 3.** Plano de densidades.
- 7.4 **Anexo 4.** Plano de áreas de influencia por nudo
- 7.5 **Anexo 5.** Plano de red existente
- 7.6 **Ver Anexo 6.** Plano de sistema de distribución propuesto
- 7.7 **Ver Anexo 7.** Plano- Delimitación Urbanística de la Cabecera Cantonal La Troncal
- 7.8 **Ver Anexo 8.** Registros de consumos y caudales por nudo
- 7.9 **Ver Anexo 9.** Resultados de WaterGEMS para el modelo del Sistema de Abastecimiento existente y futuro.
- 7.10 **Ver Anexo 10.** Curva de variación de la demanda horaria.

## 7.1 DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo **Ruiz Salazar, Laura Elizabeth**, con C.C: # 0302345236 autora del trabajo de titulación: **MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA TRONCAL** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de Marzo de 2017

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Ruiz Salazar, Laura Elizabeth**

C.C: **0302345236**

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	<b>MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA TRONCAL</b>
<b>AUTOR</b>	<b>Ruiz Salazar, Laura Elizabeth.</b>
<b>TUTOR</b>	<b>Ing. Clara Glas Cevallos, MsC.</b>
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
<b>FACULTAD:</b>	<b>Facultad de Ingeniería</b>
<b>CARRERA:</b>	<b>Ingeniería Civil</b>
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	<b>Ingeniera Civil</b>
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>15 de Marzo de 2017</b> <b>No. DE PÁGINAS:</b> <b>106</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	<b>Análisis y diseños de red de distribución; y análisis de la red de conducción para agua potable.</b>
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	La Troncal, Cerro Huaquillas, Sistema de abastecimiento, Red de Distribución, agua potable, área urbana, presiones, tanque regulador, cota, tanque de carga, línea de conducción.
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b>	
<p>El presente documento contiene el análisis y rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la población urbana de la Cabecera Cantonal de La Troncal. Mediante un modelo hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable, elaborado con el software WaterGEMS se realizó un análisis del sistema existente, para definir si este abastece la demanda actual y conocer, en detalle, su comportamiento frente a la demanda actual. Con una evaluación del sistema existente se vio la necesidad de repotenciar la red existente, dividiéndola en dos subsistema para lograr, con estos cambios, presiones que se acerquen a las óptimas, esto entre 20 mca y 30. La primera red se abastecerá directamente del Tanque Regulador ubicado en el Cerro Huaquillas y servirá al sector central de la ciudad. La segunda abastecerá al sector más próximo a Voluntad de Dios y será alimentada de la línea de conducción planta de tratamiento-tanque Huaquillas, a través de un tanque de carga. Con la alternativa propuesta se logra tener presiones óptimas en toda la distribución.</p>	
<b>ADJUNTO PDF:</b>	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> 0981051427 <b>E-mail:</b> lelizabeth92@hotmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Glas Cevallos Clara Catalina
	<b>Teléfono:</b> +593 984616792
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>	
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	

