



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN MEDIANTE
EL SOFTWARE EPANET DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE
AGUA POTABLE DE LA CABECERA CANTONAL DE GUANO,
PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

PATRICIO ALEJANDRO IDROBO OLEAS

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

Riobamba – Ecuador

2018

i

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-03-13

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparada por:

IDROBO OLEAS PATRICIO ALEJANDRO

Titulado:

“DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE EPANET DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA CANTONAL DE GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco
DIRECTOR

Ing. Juan Pablo Chuquin Vasco
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: IDROBO OLEAS PATRICIO ALEJANDRO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE EPANET DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA CANTONAL DE GUANO, PROVINCIA CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2017-05-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny xxx Novillo Andrade PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco DIRECTOR			
Ing. Juan Pablo Chuquin Vasco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Geovanny Novillo Andrade
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Idrobo Oleas Patricio Alejandro

060370193-9

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Patricio Alejandro Idrobo Oleas, declaro que el presente trabajo de titulación es de mí autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Idrobo Oleas Patricio Alejandro

060370193-9

DEDICATORIA

A Dios, que ha caminado conmigo durante este camino.

A mis padres, por el amor, la paciencia y apoyo que me siguen brindando.

A mi hija, que es la inspiración de todo lo que hago.

A mi hermana, por sus consejos y su dedicación.

A mi abuelita, por es mi segunda mamá quien me apoyado incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por darme la salud y poder culminar esta etapa de mi vida, a mis padres que son la estructura principal de mi vida, agradezco a mi hija que me da la inspiración para crecer profesionalmente y como persona, a mis maestros por los conocimientos brindados, a mis amigos que son la familia que uno escoge y por ese apoyo incondicional.

ÍNDICE

RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.....	2
1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.2.1 Formulación del problema.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Justificación Práctica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica.....	4
1.3.3 Justificación Metodológica.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Epanet.....	6
2.1.1 Capacidad de simulación hidráulica.....	7
2.2 Autocad.....	8
2.3 Epcad.....	9
2.4 ArcGIS.....	12
2.5 ArcMap.....	13
2.6 ArcView.....	13
CAPÍTULO III.....	18
3. SITUACIÓN ACTUAL.....	18
3.1 Fundamentación teórica.....	18
3.1.1. Agua potable y red de distribución a nivel mundial.....	18
3.1.2. Agua potable y red de distribución a nivel nacional.....	20
3.1.3 Agua potable y red de distribución a nivel provincial.....	23
3.1.4 Agua potable y red de distribución de la cabecera cantonal de Guano- Chimborazo.....	26

3.2	Descripción del área de estudio.	27
3.2.1	Descripciones físicas.	27
3.2.2	Descripciones geográficas y ambientales.	28
3.2.3	Topografía general de la zona del proyecto de investigación.	29
3.3	Población y muestra.	29
3.3.1	Población actual y futura.	33
3.3.2	Tipos de redes.	34
3.3.3	Determinación de la Dotación del Servicio.	37
CAPÍTULO IV.....		40
4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
4.1.	Modelo de simulación de la red de distribución de agua potable para la cabecera cantonal de guano provincia de chimborazo.	40
4.1.1	Etapas para la elaboración del modelo matemático.	40
4.1.2.	Recopilación de información.	41
4.1.3	Esqueletización de la red (Arcgis-Arcview-Epanet)	43
4.1.4	Área de servicio.	43
CAPITULO V.....		46
5.	SIMULACIÓN.....	46
5.1	Elaboración.	46
5.1.1	Obtención de un plano de tuberías en AutoCAD	46
5.1.2	Conversión del plano AutoCAD a EPANET.	46
5.1.3	Creación del proyecto en ARCVIEW.	47
5.1.4	Importación de las curvas de nivel.	49
5.1.5	Asignación de mallado de puntos.	50
5.1.6	Aplicación de demandas a la red.	55
5.2	CURVA DE MODULACIÓN DE DEMANDA.	56
5.3	ANÁLISIS Y DEDUCCIONES DE LOS RESULTADOS	59
5.3.1	Visualización de los diámetros de las tuberías	59
5.3.2	Visualización de la topografía	60
5.3.3	Interpretación de presiones.	61
5.3.4	Interpretación de caudales	62
5.3.5	Interpretación de velocidades	63
5.3.6	Interpretación de pérdidas por longitud de tubería	64
5.4	ANÁLISIS POR SECTORES.....	65
5.4.1	Análisis red 1 Barrios Altos.....	65

5.4.2	Análisis red 2 Lluishi.....	68
5.4.3	Análisis red 3 Inmaculada	71

CAPITULO VI.....74

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....74

6.1 Conclusiones.....74

6.2 Recomendaciones.....75

7. BIBLIOGRAFÍA.....76

ANEXOS.....

¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-3: Consumo de Agua a Nivel Nacional por Provincias	21
Tabla 2-3: Calificación de la Calidad del Agua por Ciudades – Ecuador.....	22
Tabla 3-3: Distribución de Caudal	24
Tabla 4-3: Fuentes de Agua	25
Tabla 5-3: Catastros poblacionales	34
Tabla 6-3: Población por redes de distribución de agua potable cantón Guano	34
Tabla 7-3: Dotación Urbana.....	38
Tabla 8-3: Promedio de lectura medidores de agua	38
Tabla 3-9 Consumo de agua por persona al día	39
Tabla 1-4: Caudales Saliente de Agua Potable Cabecera Cantonal	43
Tabla 2-4: Redes de Distribución Guano	44
Tabla 1-5: Consumo total.....	56
Tabla 2-5: Factor de la curva de modelación	57
Tabla 3-5: Características de la tubería.....	59
Tabla 4-5: Pérdidas por longitud Red 1	67
Tabla 5-5: Pérdidas por longitud Red 2	70
Tabla 6-5: Pérdidas por longitud red 3.....	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Ingreso al Programa	6
Figura 2-2: AUTODESK, AUTOCAD 2016.....	8
Figura 3-2: EPACAD	10
Figura 4-2: Conectividad entre nudos.....	10
Figura 5-2: Comprobación en los detalles	11
Figura 6-2: Generación de la red	11
Figura 7-2: Accesos de ArcGIS	12
Figura 8-2: Interfaz	14
Figura 9-2: Información cartográfica.....	15
Figura 10-2: Tablas ArcView	16
Figura 11-2: Gráficos ArcView	16
Figura 12-2: Layouts ArcView	17
Figura 1-3: Red de Agua Potable en la Cabecera Cantonal de Guano	27
Figura 2-3: Topografía del Cantón Guano.....	29
Figura 3-3: Red ramificada.....	35
Figura 4-3: Red Reticular o Mallada	35
Figura 5-3: Red Mallada de arteria circular.....	36
Figura 6-3: Red Mixta	36
Figura 7-3: Red en Pisos.....	37
Figura 1-4: Etapas del Modelo de Simulación.....	41
Figura 2-4: Mapa del Red de Agua Potable de Guano	42
Figura 3-4: Mapa de las sectorizaciones.....	42
Figura 4-4: Flujograma para esqueletización de red.....	43
Figura 5-4: Área de Servicio Red 1 Tanque Lluishi	45
Figura 6-4: Área de Servicio Red 2 Tanque La Inmaculada	45
Figura 7-4 Área de servicio RED 3 – TANQUE BARRIOS ALTOS	45
Figura 1-5: Red de tubería	46
Figura 2-5: Conversión de formato.....	47
Figura 3-5: Creación de un nuevo Proyecto en ARCVIEW.....	47
Figura 4-5: Software ARCVIEW	48
Figura 5-5: Posibles errores en las uniones de las Tuberías.	49
Figura 6-5: Corrección de las desconexiones de las tuberías (ARCGIS 10.3).	49
Figura 7-5: Asignación de cotas en los puntos de elevación.	50

Figura 8-5: Asignación de Cotas mediante interpolación.....	50
Figura 9-5: ArcToolbox.....	51
Figura 10-5: ArcToolbox,TIN,Crear TIN.....	51
Figura 11-5: Crear TIN.....	52
Figura 12-5: Crear TIN.....	52
Figura 13-5: Tin to Raster.....	53
Figura 14-5: Tin To Raster.....	53
Figura 15-5: Raster.....	54
Figura 16-5: ArcToolbox,From raster, Raster to Multipoint.....	54
Figura 17-5: Raster to Multipoint.....	54
Figura 18-5: Mallado,Multipoint.....	55
Figura 19-5: Curvas de caudal.....	57
Figura 20-5: Curvas de modulación.....	58
Figura 21-5: Curva de patrones.....	58
Figura 22-5: Diámetro.....	60
Figura 23-5: Mapa de isocotas.....	61
Figura 24-5: Diagrama de Cotas.....	61
Figura 25-5: Presiones en isocotas.....	62
Figura 26-5: Diagrama de Presiones.....	62
Figura 27-5: Caudal Máximo.....	63
Figura 28-5: Caudal Mínimo.....	63
Figura 29-5: Velocidades máximas.....	64
Figura 30-5: Pérdidas por longitud.....	64
Figura 31-5: Presión red 1.....	65
Figura 32-5: Caudal red 1.....	66
Figura 33-5: Velocidades de distribución red 1.....	67
Figura 34-5: Pérdidas por longitud.....	68
Figura 35-5: Presión red 2.....	68
Figura 36-5: Caudal red 2.....	69
Figura 37-5: Velocidades de Distribución red 2.....	70
Figura 38-5: Pérdidas por longitud red 2.....	71
Figura 39-5: Presión red 3.....	71
Figura 40-5: Caudal red 3.....	72
Figura 41-5: Velocidades de la red 3.....	72
Figura 42-5: Pérdidas por longitud red 3.....	73

LISTA DE ABREVIACIONES

GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado.
EPA	Environmental Protection Agency.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
ESRI	Environmental Systems Research Institute.
SIG	Sistema de Información Geográfica.
ITA	Instituto Tecnológico del Agua.
IGM	Instituto Geográfico Militar.
EMAPAR	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A:** Tuberías en mal estado
- Anexo B:** Tanques de reserva
- Anexo C:** Tuberías expuestas y válvulas sin mantenimiento
- Anexo D:** Fugas
- Anexo E:** Flujómetro
- Anexo F:** Diámetro de tuberías
- Anexo G:** Topografía
- Anexo H:** Presión de la red
- Anexo I:** Catalogo PVC
- Anexo J:** Caudales de la red
- Anexo K:** Velocidad de distribución
- Anexo L:** Perdidas por longitud

RESUMEN

El presente proyecto técnico es el desarrollo de un modelo de simulación de la red de distribución del agua potable de la cabecera cantonal de Guano, Provincia de Chimborazo, el cual fue generado mediante el software libre EPANET. El propósito del proyecto en referencia es evidenciar los puntos críticos o falencias del sistema de distribución de agua, con la finalidad de reducir anomalías y mitigar riesgos que afecten directa e indirectamente al servicio de provisión de agua potable en la cabecera cantonal. Precisamente uno de los puntos más importantes del trabajo, es que permite visualizar el funcionamiento de la red, ya que se aplicó curvas de modulación, son unas series de factores multiplicativos. Asimismo, en el análisis indicado, se evidenció que los caudales mayores existen en las líneas o arterias principales de la red, las velocidades altas provocan desgaste en las tuberías; y, que las velocidades bajas sedimentación y pérdida de la calidad del agua ocasionando pérdidas primarias en las tuberías; no obstante, esas pérdidas son bajas respecto a la longitudes de las tubería, razón por la cual no se considerarían eventos de riesgo que afecten al sistema. Finalmente se debe indicar que el proyecto pretende constituirse en una herramienta para identificar y reducir posibles pérdidas económicas para el Gobierno Autónomo Descentralizado de Guano y al usuario, pues al momento no existe un sistema que permita tener un control de la demanda, generando distorsiones en el cálculo del consumo y pago por el servicio, además de problemas asociados a la falta de cultura en el cuidado del líquido vital.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <EPANET (SOFTWARE)>, <ARCMAP (SOFTWARE)>, <EPACAD (SOFTWARE)>, <COTAS>, <CURVAS DE MODULACIÓN>, <DOTACIÓN MEDIA>, <ESQUELETIZACIÓN>, <MODELO DE SIMULACIÓN>, <CÓDIGO DE COLORES>, <ARCVIEW –GISRED (SOFTWARE)>, >, <DEMANDA BASE>.

ABSTRACT

The present technical project is to develop a simulation model of drinking water network distribution of the cantonal header of Guano, Province of Chimborazo, generated by the free EPANET software. The purpose of the project in reference is to highlight the critical points or faults of water distribution system, in order to reduce abnormalities and mitigating risks that directly and indirectly affect the drinking water supply service in the cantonal header. Precisely one of the most important points of the work is that it allows visualizing the network operation, since it applied modulation curves, series of multiplicative factors. Likewise, in the indicated analysis, it was evidenced that major flows exist in the main lines or arteries of the network, the high speeds cause deterioration on the pipes and low speeds: sedimentation and loss of water quality causing primary losses in the pipes, however, those losses are low with respect to the lengths of the pipes, reason why they would not be considered risk events that affect the system. Finally, it should be indicated that the project intends to become a tool to identify and reduce possible economic losses for the Autonomous Decentralized Government of Guano - Gobierno Autonomo Descentralizado de Guano, and the user, since at the moment, there is no system that allows having a demand control, generating distortions in the consumption and payment calculation for the service, in addition to problems associated with the lack of culture in the care of the vital liquid.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <EPANET (SOFTWARE)>, <ARCMAP (SOFTWARE)>, <EPACAD (SOFTWARE)>, <DIMENSIONS>, <MODULATION CURVES>, <AVERAGE EQUIPMENT>, <ESKELETATION>, < MODEL SIMULATION>, <CODE OF COLORS>, <ARCVIEW-GISRED (SOFTWARE)>, <DEMAND BASE>.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua dulce comprende alrededor del 95% de fuentes subterráneas, el resto está representado por el caudal de ríos y zonas húmedas. En el caso de Ecuador la administración del agua se ha limitado casi exclusivamente a la construcción de canales de riego, obras de captación, sistemas de distribución de agua potable para generar la provisión del líquido vital a la población. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por las entidades encargadas de la distribución de agua, en los últimos años se ha observado un deficiente manejo del sistema de distribución, lo cual limita a posibilidad de acceso a toda la colectividad a este servicio fundamental.

En este contexto se establece la importancia de la administración adecuada de los sistemas de distribución de agua potable, por lo que a través del presente trabajo titulado *“Desarrollo de un modelo de simulación mediante el software EPANET de la red de distribución de agua potable de la cabecera cantonal de Guano, Provincia de Chimborazo”* se busca simular, examinar, valorar e instaurar criterios técnicos para el manejo de dicha red de agua potable.

La presente investigación abarca aspectos técnicos y teóricos del modelo de simulación a desarrollarse con el fin de dar soluciones a los sectores que carecen de este tipo de sistemas de distribución de agua potable, con la finalidad de facilitar y beneficiar a los pobladores de aquellos sectores.

Para la ejecución de este modelo de simulación se requiere el uso de diferentes software, como herramientas que permiten conformar el modelo de simulación, entre los cuales se deben mencionar los siguientes: AUTOCAD, ARCGIS 10.3, ARCVIEW 3.2 (con la extensión GISRed creado por el grupo de aguas de valencia en colaboración del departamento de ingeniería hidráulica de la universidad politécnica de Valencia), y EPANET, este software será el gestor de ejecutar la simulación correspondiente.

Una vez realizado el modelo de simulación de la cabecera cantonal de Guano de la red de distribución de agua potable con el software EPANET, los resultados obtenidos son tanto positivos como negativos, estos permiten determinar los nudos en los que se puede analizar las presiones y detectar posibles anomalías que puedan afectar a la totalidad de

la red. Para la realización del proyecto de titulación se efectuó un trabajo conjunto con el Gobierno Descentralizado del Cantón Guano, entidad que brindó todas las facilidades técnicas, operativas y teóricas, necesarias para ejecutar el modelo de simulación.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La distribución de agua potable en una población constituye un derecho fundamental para el normal desenvolvimiento de las actividades económicas y domésticas, razón por la cual es innegable la necesidad de contar con una prestación eficiente y óptima de dicho servicio público. En este contexto el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal del Cantón Guano, de acuerdo al incremento del área urbana en su cabecera cantonal, ha visto la necesidad de la provisión del servicio de agua potable en calidad y cantidad, considerando la obligación de contar con elementos técnicos y de valoración económica que permitan visualizar un estudio definitivo que brinde soluciones a los requerimientos de la demanda del servicio.

En atención a lo expuesto, se pretende implementar el presente modelo de simulación en el cantón Guano dado que sus redes de distribución de agua potable ya han cumplido e incluso han superado su vida útil. Paralelamente, se identificó que en el cantón de Guano la tarifa que se cobra es estándar, es decir, es un tarifado único que presenta ineficiencia en el cobro pues beneficia a sectores que presentan una alta demanda del líquido vital, sea por actividades comerciales o desperdicio doméstico; frente a sectores de consumo mínimo o nulo.

1.2 Planteamiento del problema

El cantón Guano, bajo el dominio del GAD Municipal no cuenta con un modelo de simulación para la red de distribución de agua potable, lo cual ha provocado deficiencias en el sistema de distribución. En la actualidad el plan maestro de agua potable para la cabecera cantonal ha tenido un funcionamiento por más de 52 años; existen tuberías de asbesto cemento (Anexo A), evidenciando así la necesidad de una

nueva red y un modelo que permita localizar las deficiencias en el sistema de distribución.

En el caso de estudio no existe un modelo de simulación de la red de tuberías, lo cual ha generado un problema al no conocer con detalle las irregularidades y deficiencias de la red de abastecimiento, como lo menciona Chuquin (2016) en su tesis de maestría “*los sistemas de distribución de agua potable representan una parte fundamental en el desarrollo, bienestar y transcurso cotidiano de la población, en este sentido este tipo de sistemas existe la incertidumbre de la escasez, distribución irregular y la deficiencia en la red de abastecimiento. Actualmente existen software que permiten realizar simulaciones que evidencian escenarios futuros*” (Chuquin, 2016).

El fin de este trabajo de titulación es el facilitar un sistema de modelo de simulación hidráulico para la cabecera cantonal de Guano para mejorar y garantizar el servicio de distribución de agua potable y proponer un esquema para mejorar el sistema de tarifas, además de controlar las redes de distribución de una manera adecuada, pues mediante el sistema en referencia se podrá analizar la inseguridad de la red para identificar posibles anomalías que pongan en riesgo la satisfacción de la demanda.

1.2.1 *Formulación del problema*

Según lo descrito anteriormente, se elabora la siguiente interrogante:

¿Cómo incide el desarrollo de un modelo de simulación mediante el software EPANET de la red de distribución de agua potable de la cabecera cantonal de Guano, para garantizar la continuidad y calidad del servicio?

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación Práctica*

La elaboración de un modelo matemático de la red de abastecimiento capaz de simular el comportamiento de la red sectorizada bajo diversas hipótesis de funcionamiento, facilita de manera considerable el proceso de diseño de la sectorización y a su vez, permite generar un ahorro desde la reducción de costes en la etapa de implantación y

ejecución posterior de los sectores.

1.3.2 *Justificación Teórica*

El presente trabajo fue impulsado a través del uso de la herramienta software EPANET, como instrumento orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua, el cual realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico. Como se ha indicado en apartados anteriores, la herramienta en mención es indispensable para profundizar los conocimientos referentes al funcionamiento de la red de abastecimiento, de manera que se puedan analizar posibles modificaciones o ampliaciones en el sistema de distribución de agua.

Ante lo indicado, el resultado a nivel teórico se orientará a mostrar escenarios futuros que permitan interpretar nuevos casos de modificación, como un posible incremento poblacional, en el que se podrán verificar sobrecarga en las tuberías u otras posibles anomalías como fisuras o colapsos en el sistema de distribución.

1.3.3 *Justificación Metodológica*

La metodología utilizada en el trabajo de investigación es explicativa y de campo pues se acudirá al lugar en donde se producen los hechos para recabar información sobre el problema en la distribución. Se realizará la inspección en el sitio, se observarán y se estudiarán los diferentes inconvenientes que existen en la Cabecera Cantonal de Guano en relación al tema de estudio.

1.4 **Objetivos**

1.4.1 *Objetivo General*

Desarrollar un modelo de simulación mediante el software EPANET de la red de distribución de agua potable de la cabecera cantonal de Guano, provincia de Chimborazo.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Desarrollar una línea base para definir las falencias en operación e infraestructura de la red de agua potable de la cabecera del cantón Guano.
- Efectuar un diagnóstico del departamento de agua potable del GAD Municipal del Cantón Guano para identificar la existencia y tipos de controles que aplica sobre la distribución del fluido a los habitantes de la cabecera cantonal.
- Analizar el comportamiento del consumo del servicio de agua potable para establecer parámetros de simulación del modelo.
- Generar un modelo de simulación de la red de agua potable para mejorar la gestión de abastecimiento y mantenimiento del sistema.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Para el presente estudio técnico, se utilizaron herramientas informáticas de simulación, las cuales se detallan a continuación acompañados de sus principales características.

2.1 EPANET



Figura 1-2: Ingreso al Programa
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

EPANET es un programa de ordenador que permite crear simulaciones en períodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión (Fragoso, et al., 2013).

Este software constituye una herramienta de investigación con el propósito de mejorar el conocimiento acerca del avance y destino final de diversas sustancias transportadas por el agua, cuando fluye por la red de distribución. Entre sus aplicaciones se destaca el diseño de programas de muestreo, calibración de modelos hidráulicos, análisis residual de cloro (Martínez, 2001)

EPANET fue creado por Lewis Rossman en 1993 con la primera versión y en 1997 la segunda, esta última fue utilizada en este trabajo. Desde sus inicios fue un programa

orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua y el seguimiento de la calidad de la misma, el cual se ha convertido en una herramienta aceptada a nivel mundial desde su lanzamiento. El autor del software, ha usado algoritmos de cálculos avanzados con una interfaz gráfica fácil de usar. El software se ha distribuido fácilmente debido a la posibilidad de integrar el módulo de cálculo con otras aplicaciones. Es desarrollado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Environmental Protection Agency (EPA), en el Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos que es un departamento de la Agencia. (Espinoza, 2004).

Esta herramienta tecnológica permite realizar de manera extendida simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. Generalmente una red consta de tuberías, nudos, bombas, tanques de almacenamiento que determinan el caudal que circula por cada una de las conducciones, así como del conocimiento de la concentración de diferentes componentes químicos que permiten determinar la edad del agua en la red de las tuberías, y de la procedencia de la misma en cada punto de red (Rossman, 2000).

Puede emplearse bajo sistemas operativos Windows, ofrece un entorno de trabajo integrado para la edición de los datos de entrada de la red, para el cálculo hidráulico y las simulaciones de las redes de agua potable, y así para poder visualizar los resultados obtenidos en una amplia variedad de formatos. Esta variedad de formatos incluye planos de la red con códigos de colores, tablas de datos, gráficos con evoluciones temporales de diferentes variables, y Planos con curvas de nivel.

2.1.1 *Capacidad de simulación hidráulica.*

Al disponer de un modelo de simulación hidráulico preciso y completo, EPANET contribuye al análisis hidráulico las siguientes características (Alcaraz, 2006).

- El tamaño de la red a ser analizada no tiene límite.
- Permite el cálculo de pérdidas por fricción en las condiciones a través de las expresiones de Hazen-Williams, Darcty-Weisbach, o Chezy-Mannig.

- Involucra pérdidas menores de conexión como codos, acoplamientos, entre otros.
- Deduce energía consumida y el costo de bombeo de las estaciones.
- Modela bombas de funcionamiento tanto de velocidad de giro constante como de giro variable.
- Admite el almacenamiento de agua en tanques de cualquier modelo geométrico.
- Toma en consideración la posibilidad de establecer diversas categorías de consumo en los nudos, cada una de ella con su propia curva de modulación.
- Determina el funcionamiento del sistema con el nivel de agua en el tanque y controles de tiempo.

2.2 AUTOCAD



Figura 2-2: AUTODESK, AUTOCAD 2016

Fuente: http://autodesk.blogs.com/between_the_lines/2015/03/autocad-2016-products-released.html

AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador, sus siglas en inglés Computer Aided Design, para dibujo en dos y tres dimensiones. El nombre AutoCAD surge como la creación de la compañía Autodesk, su nombre se vincula a los vocablos auto relacionado con la empresa y cad se relaciona con el diseño asistido por computador (Dueñas, 2014).

Los principales componentes de AUTOCAD son:

- Ventana gráfica: ocupa mayor parte de la pantalla, en la cual se muestra y crea dibujos, es decir; se personifican los elementos del dibujo a realizar.

- Barra de menús: permite el acceso a los menús desplegables, mismos que contienen órdenes y procedimientos de uso frecuente en AUTOCAD.
- Barra de herramientas estándar: constituida por una serie de iconos que representan las ordenes a ser ejecutadas como por ejemplo: Zoom, ayuda, recorta, entre otros.
- Barra de propiedades: encargada de controlar y establecer las propiedades por defecto de las entidades como: capa, color, dibujo, modificador, anotación, bloques, propiedades de utilidad y tipo de líneas.
- Barra de herramienta flotante: incluye las órdenes más utilizadas adaptándolas a la forma habitual para trabajar en AUTOCAD.
- Línea de comando: permite interactuar con el programa, todas las solicitudes de los comandos se gestionan a través de este componente (González y Reina, 2015).
- Barra de Estado: contiene herramientas para control preciso del dibujo.
- Ícono UCS: denominado ícono de coordenadas del usuario, se encuentra situado en la esquina inferior izquierda del área gráfica, su estilo puede ser bidimensional o tridimensional.
- Cursor: según donde se sitúa el cursor del ratón, adopta diferentes formas (Villa, 2014).

2.3 EPACAD

EPACAD es un programa gratuito que permite convertir de forma sencilla un fichero que contenga una red de AutoCAD, en un fichero de EPANET, esta herramienta fue desarrollada por el instituto tecnológico del agua (ITA) de la Universidad Politécnica de Valencia con el propósito de solucionar problemas de conexión entre programas. Es capaz de reconocer de forma automática las principales propiedades de los elementos facilitando en gran medida el trabajo necesario para generar un modelo hidráulico de una red (Bernardos et al., 2014).



Figura 3-2: EPACAD

Fuente: http://www.softpicks.fr/software/Multimedia/CAD/EpaCAD_fr-305646.htm

EPACAD puede convertir ficheros para un número ilimitado de conducciones de una red, dado en un plano CAD formado por diferentes capas, que representan las tuberías, la selección de éstas es suficiente para que EPACAD genere la red de tuberías y los nudos asociados como se muestra en la figura 3-2 (Valencia, 2011).

Dentro de las ventajas del programa se destaca la posibilidad de convertir poli líneas, de esta manera si el dibujo en CAD cuenta con este tipo de elementos se puede definir si se mantiene en EPANET una única línea con los correspondientes vértices y dos nudos extremos para la simplificación de la red o para convertir la poli línea en varias líneas con los correspondientes nudos, uno por vértices y en sus extremos como se muestra en la figura 4-2.

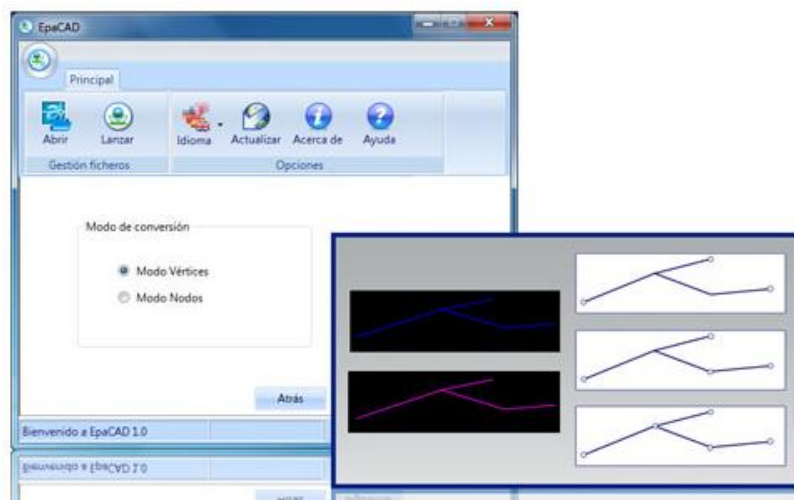


Figura 4-2: Conectividad entre nudos.

Fuente: <http://epanet.info/como-convertir-un-fichero-de-autocad-a-epanet/>

A través de esta herramienta se resuelve la conectividad de los elementos para lo cual se debe indicar la tolerancia de varios elementos unidos y el programa automáticamente evalúa la distancia para decidir si los elementos están conectados o simplemente son próximos en el trazado (ver figura 5-2).

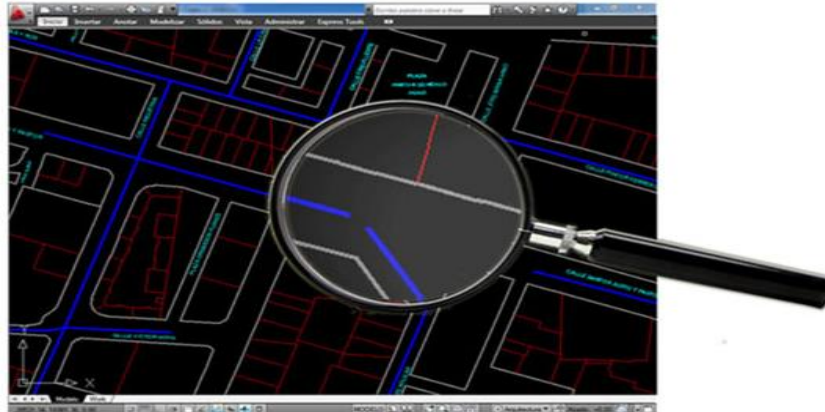


Figura 5-2: Comprobación en los detalles
Fuente: <http://epanet.info/como-convertir-un-fichero-de-autocad-a-epanet/>

Como se muestra en la figura 6-2 es posible visualizar el aspecto de la red, EPACAD cuenta con una serie de herramientas de visualización que permiten incluso comprobar pequeños detalles antes de generar y lanzar la red a EPANET.

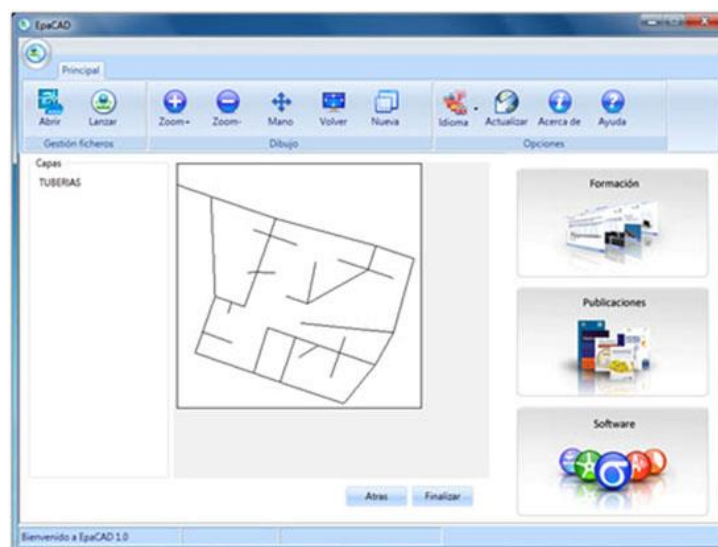


Figura 6-2: Generación de la red
Fuente: <http://epanet.info/como-convertir-un-fichero-de-autocad-a-epanet/>

Una vez generada la red como se muestra en la figura 6-2, es necesario solamente editar en EPANET ciertos elementos ya creados, respecto a los nudos, demanda asociada y en referencia a las tuberías, sus diámetros interiores, además se debe introducir elementos

como válvulas, bombas, depósitos entre otros (Valencia, 2011).

2.4 ArcGIS

Arcgis es un conjunto de productos de software que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, estas aplicaciones buscan la captura y gestión de información de campo (Law y Collins, 2013).

Se constituye como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), utilizada alrededor del mundo para conocimiento geográfico al servicio de sectores de gobierno, empresa, ciencia, educación y medios. Permite la publicación de información geográfica para que sea accesible a cualquier usuario y en cualquier dispositivo como se muestra en la figura 7-2.

A través de esta herramienta tecnológica se hace posible que la información geográfica autorizada creada por la comunidad (SIG) sea aprovechada fácilmente y de manera gratuita por cualquier persona, este sistema incluye una infraestructura on line que permite la colaboración y el uso compartido, garantizando de esta manera que la información sea planificada y se tome decisiones.



Figura 7-2: Accesos de ArcGIS

Fuente: Recursos ArcGis <http://resources.arcgis.com>

Bajo lo citado, se debe indicar que ArcGis permite:

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes.
- Compilar información geográfica.

- Crear y administrar base de datos geográficos.
- Resolver problemas con análisis espacial.
- Crear aplicaciones basadas en mapas.
- Compartir información mediante la geografía (ESRI, 2017).

2.5 ArcMap

ArcMap ha sido la aplicación principal usada en ArcGIS Desktop para cartografía, difusión y análisis de datos. ArcMap y ArcGIS Pro, son aplicaciones principales para profesionales de SIG.

ArcMap es el lugar donde se observa visualiza y se investiga su área de estudio, en el cual se asigna símbolos y se establece los diseños de mapa para su aplicación. De esta manera el servicio se utiliza para crear y modificar un conjunto de datos (dataset); También representa la información geográfica, estos son puntos topográficos que se necesita para saber condiciones del terreno para el diseño, así que es una colección de capas y otros elementos en un mapa. Los elementos de mapa comunes son el marco de datos, que contiene coordenadas x, y, cotas entre otros]; Las capas de las cartas topográficas son extensiones determinadas (Esri, 2018).

2.6 ArcView.

ArcView es un sistema producido por ESRI (Environmental Systems Research Institute), constituye una plataforma utilizada para solucionar numerosos problemas vinculados a diversos campos. Está diseñado de manera modular que ha incrementado las capacidades del (SIG), optimizando recursos (Castañeda, 2015).

ArcView posee su propio lenguaje de programación Avenue, orientado a objetos y eventos que permiten personalizar herramientas a todos los niveles, desde el más básico hasta la programación más avanzada.

Dentro del interfaz (figura 8-2) del programa se organiza en ventanas y apartados que se desarrollan a continuación:

- Menú principal subdividido en varios menús que contienen las funciones del programa.
- Barra de botones que permite el acceso directo de algunas operaciones recogidas en los diferentes menús.
- Barra de herramientas, básicamente destinadas al desplazamiento y edición de las vistas.
- Ventana del proyecto, recolecta los componentes del proyecto.



Figura 8-2: Interfaz

Fuente: Recursos ArcGis <https://www.ecured.cu/ArcView>

Un proyecto puede estar formado por diferentes tipos de documentos como mapas, tablas, gráficos, para los cuales existen diferentes interfaces de usuarios.

- Vistas, que representan el área de trabajo con información cartográfica como se muestra en la figura 9-2.

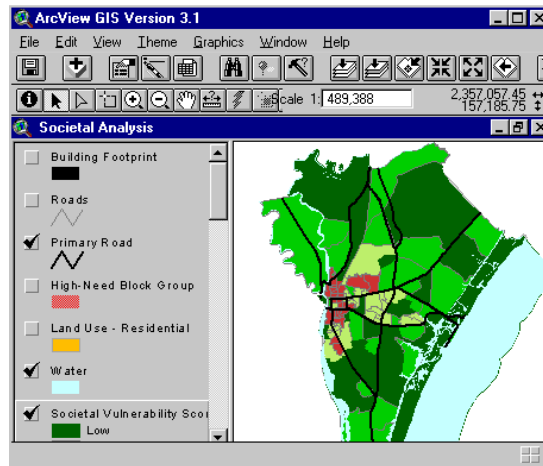


Figura 9-2: Información cartográfica
Fuente: Recursos ArcGis <https://www.ecured.cu/ArcView>

Una vez que se abre una de las vistas que conforman el proyecto, aparece una nueva pantalla dividida en tabla de materias, temas, símbolos que representan los elementos del tema, ventana de visualización, y cartografía del proyecto.

- Tema, dentro de una vista existen distintas capas o layers de información geográfica. Cada tema es una capa de información.
- Tablas, constituyen el área que permite la gestión de atributos temáticos asociados a los temas (cartografía). Contiene la información alfanumérica necesaria para la caracterización de los elementos que conforman los mapas temáticos, cartografía en general, ARCVIEW permite trabajar con tablas en formato BASE, INFO o delimited Text. Las filas representan los elementos u objetos y las columnas representan las variables o atributos asociadas a cada elemento como se muestra en la figura 10-2 (Barbosa, 2009).

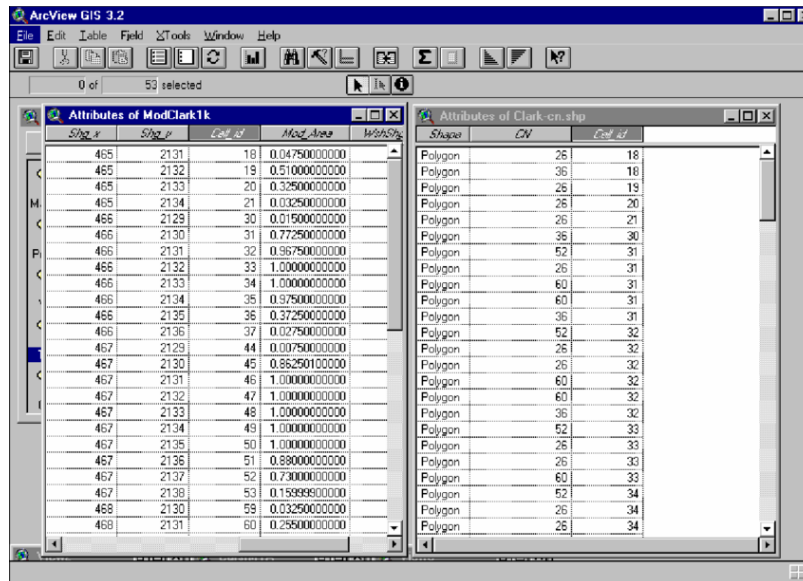


Figura 10-2: Tablas ArcView
Fuente: Recursos ArcGis <https://www.ecured.cu/ArcView>

Gráficos, representa el área de trabajo con gráficos realizados a partir de los atributos contenidos en las tablas de datos.

Gráficos: Área de trabajo con gráficos realizados a partir de los atributos contenidos en las tablas de datos, con el fin de establecer comparaciones que permiten facilitar su interpretación. (Ver figura 11-2).

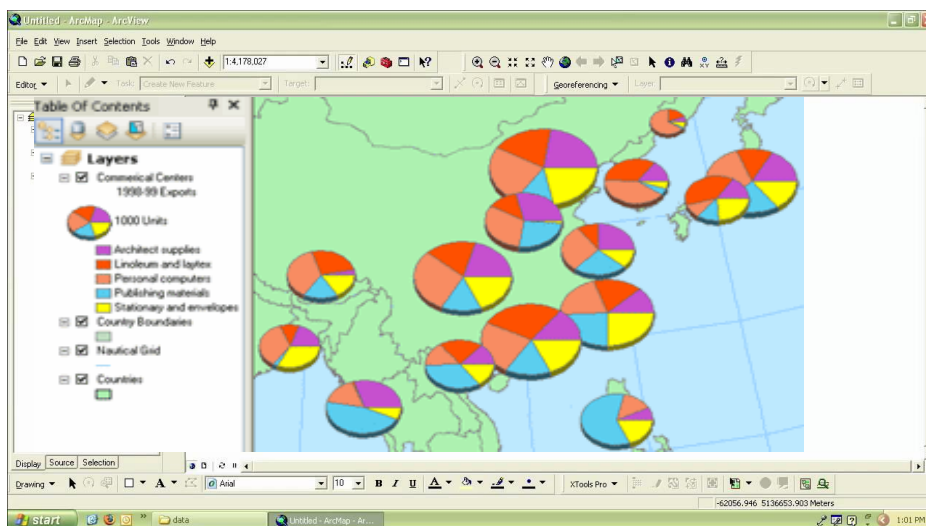


Figura 11-2: Gráficos ArcView
Fuente: Gráficos ArcView <https://www.ecured.cu/ArcView>

- Layouts es el área para el armado de composiciones de mapa, es decir; salida gráfica de las vistas. Además son la composición de mapas que incluyen elementos como el mapa que recoge la vista, la leyenda, el título, una escala gráfica.

Están reservados solamente a la salida gráfica, y no es factible realizar sobre ellas ningún tipo de análisis ni operación a parte de las propias de edición como se muestra en la figura 12-2.

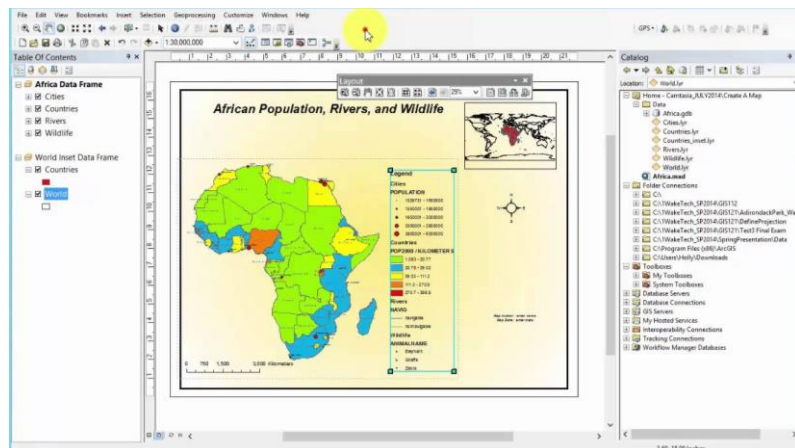


Figura 12-2: Layouts ArcView
Fuente: Layouts ArcView <https://www.ecured.cu/ArcView>

CAPÍTULO III

3. SITUACIÓN ACTUAL.

3.1 Fundamentación teórica

3.1.1. *Agua potable y red de distribución a nivel mundial*

Agua Potable

La provisión de agua potable en la actualidad es considerada una medida capaz de mejorar la salud de la población y probablemente este aspecto es considerado uno de los retos fundamentales a nivel mundial (Maceira, et al., 2007).

En este contexto, se presenta a continuación algunos datos relevantes sobre el uso de agua en el planeta, que brindan soporte para definir la importancia del agua potable como elemento esencial para el desarrollo de la vida humana.

- La falta de agua potable ha sido responsable de más muertes que las ocasionadas por la guerra.
- De la población mundial total, el 28% tiene acceso a internet, frente a un 15% que posee un acceso deficiente de agua potable, esta situación se refleja en los países más pobres del mundo, es así que en hospitales en su mayoría alojan pacientes con enfermedades vinculadas a agua contaminada o falta de saneamiento en la misma.
- El agua en mal estado y la falta de rehidratación matan a cinco mil niños diariamente, demostrando que el acceso al agua potable se ha convertido en un reto de alta prioridad. (Maceira, et al., 2007).

Sin embargo, pese al avance tecnológico y científico actual, existen zonas que no disponen de agua potable, que irónicamente no tienen acceso por falta de fuentes disponibles sino por la incorrecta distribución del líquido vital.

Si se analiza el informe del año 2015 correspondiente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el Objetivo No. 7 relacionado con garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, demuestra que desde 1990, de los 2600 millones de personas que accedieron al servicio de agua potable mejorada, apenas 1900 millones lo obtuvieron mediante agua potable suministrada por cañería hasta su hogar, en la actualidad alrededor del 58% de la población mundial tiene acceso a este tipo de servicio en su nivel más alto (Naciones Unidas, 2015).

Otros datos que cabe resaltar sobre el uso del agua son:

- El 91% de los habitantes a nivel mundial tienen una fuente mejorada de agua potable frente al 76% del año 1991.
- Alrededor de 6600 millones de personas en el mundo tienen acceso a fuentes de agua potable mejorada.
- Un número de aproximado de 663 millones de habitantes alrededor de globo terráqueo no tienen acceso a agua potable mejorada, esta cifra ha disminuido en el tiempo.
- Los países menos adelantados apenas tienen acceso a agua potable en un 42%.
- En el 2015 solo tres países (Angola, Guinea Ecuatorial y Papua Nueva Guinea), alcanzan un porcentaje inferior al 50% de acceso a agua potable.

En lo referente a variaciones regionales de acceso al agua potable:

- Cinco regiones en desarrollo alcanzan la meta de acceso a agua potable (la meta mundial de acuerdo a los objetivos de desarrollo mundial para el acceso a agua potable es 88%).
- Los niveles más bajos de cobertura de agua potable se encuentran en países menos adelantados establecidos por las Naciones Unidas.

Las disparidades entre zonas urbanas y rurales para el acceso al agua potable:

- 96% de la población mundial urbana usa fuentes mejoradas de agua potable, mientras que en el sector rural este porcentaje alcanza el 84%.
- Apenas el 20% en la población rural tienen acceso a fuentes de agua potable mejoradas.

Las poblaciones sin acceso se encuentran en África subsahariana y Asia.

Sistemas de Distribución de Agua Potable

Una red de distribución de agua potable se encarga de proveer el líquido vital a los usuarios para sus diferentes necesidades por medio de un conjunto de tuberías y anexos que acarrear el agua desde los tanques de servicio así como de las fuentes de abastecimiento hasta los domicilios e hidrantes públicos, a través de los cuales se distribuyen para diferentes usos: doméstico, público, comercial e industrial. Además el sistema de distribución debe aportar un servicio todo el tiempo, cumpliendo estándares de calidad, cantidad y presión.

Aun cuando los orígenes para abastecimiento de agua cumplen con las exigencias de higiene indispensables para consumo de la población, en ocasiones el agua puede sufrir modificaciones en su calidad durante el traslado a través del sistema de distribución, situación que se debe al desgaste de tuberías, ineficiente funcionamiento hidráulico o falta de mantenimiento de los sistemas, esta pérdida de calidad se origina por fallas de integridad física e hidráulica del sistema de abastecimiento, que puede incluir contaminantes ajenos que operan como inóculo, provocando la disminución de la concentración del desinfectante. Por lo antes expuesto es fundamental un sistema de distribución adecuado que asegure que el líquido vital sea entregado al usuario con calidad óptima.

Cabe mencionar que en el mundo actual se han desarrollado tecnologías que permiten mejorar los sistemas de distribución o abastecimiento, desde el diseño, mantenimiento y funcionamiento de los mismos.

3.1.2. Agua potable y red de distribución a nivel nacional

La cobertura de agua potable en Ecuador en los últimos años se ha incrementado; sin embargo, el acceso de este líquido se ha caracterizado por bajos niveles de cobertura fundamentalmente en áreas rurales, una deficiente calidad del servicio, una limitada recuperación de costos y un nivel alto de dependencia en las transferencias financieras

del gobierno central (CEPAL, 2011).

En este contexto, se identifica a continuación un compendio de estadísticas a nivel nacional:

- 76.51% de hogares ecuatorianos tiene acceso a agua potable de acuerdo a los datos obtenidos en el último censo (INEC, 2010).
- 23.49% no tiene suministro de agua potable.
- Del total de habitantes que tienen acceso al servicio de agua potable, el 27.94% fomentan un ahorro en el consumo.
- La provincia que registra mayor consumo de agua es Los Ríos con 54.53m³, seguido por Santa Elena, Azuay, Bolívar, Esmeraldas, Guayas y Chimborazo como se muestra en la tabla 1-3. Cabe mencionar que los datos presentados a continuación evidencian que no necesariamente las provincias con mayor número de habitantes son aquellas que presentan consumos más altos, como es el caso de la provincia de Los Ríos y Santa Elena.

Tabla 1-3: Consumo de Agua a Nivel Nacional por Provincias

Provincia	Número de habitantes	Consumo en m³
Los Ríos	778 115	54.52
Santa Elena	308 693	38.41
Azuay	712 127	38.19
El Oro	600 659	37.88
Bolívar	183 641	35.53
Esmeraldas	534 092	35.28
Guayas	3 645 483	30.40
Chimborazo	458 581	29.09

Fuente: Investigación de Campo SENAGUAS
Elaborado por: IDROBO, P (2018)

La calidad del agua en una escala de 1 a 5, donde 1 es deficiente y 5 excelente, a nivel nacional alcanza una calificación de 3.5, cabe destacar que el análisis por ciudades la mejor calificada es Cuenca, en la tabla 2-3 se muestra la evidencia de la calificación del servicio de agua potable.

Tabla 2-3: Calificación de la Calidad del Agua por Ciudades – Ecuador

Ciudad	Calificación
Cuenca	4.63
Ambato	4.10
Quito	3.99
Guayaquil	3.53
Machala	2.46

Fuente: Investigación de Campo INEC
Elaborado por: IDROBO, P (2018)

El abastecimiento de agua en Ecuador se basa en agua superficial y subterránea, la irrigación agrícola consume la mayor parte, mientras que el uso doméstico e industrial alcanza solamente el 3%, en las áreas urbanas para propósitos domésticos se usa el agua superficial mientras que en las áreas rurales con aguas subterráneas, además se evidencia que el acceso de agua y servicios sanitarios es mayoritariamente en el área urbana que en el área rural.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales en el Ecuador el 90.23% cuentan con sistemas de tratamiento de agua para consumo humano, el 1.86% compran agua tratada y el 9.91% no cuentan con sistemas de tratamiento. Cabe mencionar que cantones como Jaramijó, Nobol, Rocafuerte y Lomas de Sargentillo compran agua potabilizada (INEC, 2016).

Al regular el cumplimiento de la Norma INEN 1108 los GAD municipales se encargan en garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos mediante el objetivo: *“Para 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de contaminación, eliminación del vertimiento y reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos reducción de la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumento sustancial del reciclado y reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial”* (INEC, 2016).

La estrategia nacional de agua potable y saneamiento aplica los principios constitucionales de dignidad y equidad, considerando como aceptables aquellas formas de acceso al agua potable y saneamiento que aseguren un mismo nivel de calidad y servicio para toda la población dando cumplimiento a la meta de universalización del

acceso continuo las 24 horas del día a agua potable acorde a esquemas aplicables, a nivel de domicilios, en viviendas o lotes sin importar el ámbito geográfico.

Adicionalmente, se debe indicar que el establecimiento de metas y aplicación de principios de eficiencia y sostenibilidad se encuentran establecidos en la Constitución de la República y en la Ley de Recursos Hídricos, normas en las cuales se considera al alcantarillado como única solución de descarga deseable en el área urbana, mientras que en el sector rural también se consideran las fosas sépticas.

Dentro de los indicadores de avances hacia metas preestablecidas y con el propósito de determinar el nivel de cobertura actual y la necesidad de inversión para cumplir la universalización del servicio de agua se definen los siguientes indicadores:

- Agua potable para el área urbana y el área rural: número de viviendas con acceso a agua potable por tubería dentro de la vivienda o lote.
- Saneamiento urbano: número de viviendas conectadas al alcantarillado.
- Saneamiento rural: número de viviendas conectadas al alcantarillado o a una fosa séptica (SENAGUA, 2016).

3.1.3 Agua potable y red de distribución a nivel provincial

Agua Potable en Riobamba

La ciudad de Riobamba ha sido víctima por la deficiente distribución de agua potable en los últimos años, el ineficiente trabajo de administraciones anteriores, la ausencia de planificación de la red de agua potable en el GAD municipal y la carencia de un sistema óptimo han generado inconformidad con el suministro de agua en la colectividad.

En la actualidad la empresa pública EMAPAR es la entidad encargada del agua potable en Riobamba, que cumple con diversos trabajos en la ciudad con miras al corto y largo plazo, y con la finalidad de mejorar el caudal y distribución de agua potable, la actual administración ha realizado perforación y equipamiento de cinco pozos de captación de líquido vital (GAD M Riobamba, 2017).

Disposición del Agua en la ciudad de Riobamba

En la actualidad el volumen de agua disponible para abastecer los requerimientos de la colectividad riobambeña es de 794.70 l/s; de los cuales el 62.63% proviene de pozos y el 37.37% restante llega de vertientes, es importante señalar que el 58.51% de aguas subterráneas proceden de la zona del Río San Pablo.

Distribución según caudal

En la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EMAPAR), es la encargada de distribuir el agua potable en la ciudad, el suministro se realiza por gravedad, para cada sector existe un tanque individual de almacenamiento tal como se ve detallado en la siguiente tabla 3-3. EMAPAR provee todas las demandas solicitadas del cantón.

Tabla 3-3: Distribución de Caudal

ENTIDAD	PORCENTAJE DEL CAUDAL
EP- EMAPAR (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba)	84.69%
GAD Provincial de Chimborazo	10.28%
Otras Entidades	5.03%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Cada uno de los pozos de producción o extracción de agua están equipados con unidades de bombeo eléctricas, para el caso de los pozos de río, las bombas de eje vertical con cabezal electrónico y para el resto de pozos bombas eléctricas sumergibles. Dentro de las fuentes de abastecimiento de tipo subterráneo se mencionan a continuación en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Fuentes de Agua

ORIGEN	CAUDAL Litros/segundo
Vertiente San Pablo.	285
Campo de pozos de rio.	180
Pozo Huerta.	40
Pozo Servidores de Chimborazo.	55
Pozo San Gabriel (Aeropuerto).	17
Pozo el Pedregal (Yaruquies).	10
Total de Caudal	587

Fuente: Investigación de Campo EMAPAR.

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Los datos presentados son valores referenciales, los pozos que actualmente están equipados han sido construidos por la dirección de Agua potable del GAD Municipal de Riobamba a partir del 2004 y son el siguiente: Huertas, Servidores de Chimborazo y San Gabriel del Aeropuerto. Todos los pozos están ubicados en áreas pequeñas, dentro de cerramientos con las siguientes características: pozo con su equipo bomba – motor tuberías de desagüe, válvulas de control y medidor de caudal.

Redes de Distribución en Riobamba

El sistema de distribución de agua en Riobamba, está dividido en cuatro redes que se desglosan a continuación:

- Zona Alta o red 1: abastece desde la reserva El Carmen, actualmente el área de servicio que cubre esta red es de 840 hectáreas aproximadamente, en el futuro se prevé un incremento hasta 1875 hectáreas de cobertura.
- Zona Media o red 2: su centro de reserva es la Saboya, con un área igual a 845 hectáreas.
- Zona Baja o red 3: inicia desde la reserva Maldonado, cubre actualmente un área aproximada de 982 hectáreas.
- Zona Yaruquies o red 4: Área de servicio actual es de 164 hectáreas (Hamona, 2014).

3.1.4 Agua potable y red de distribución de la cabecera cantonal de Guano-Chimborazo.

En el cantón Guano la red de distribución de agua potable en la cabecera cantonal está conformada por 30 km de tubería aproximadamente, su edad oscila entre 30 y 50 años, siendo la zona centro de la población donde la tubería tiene mayor número de años en uso, evidenciando tuberías en mal estado o expuestas a la superficie, también se visualiza válvulas sin ninguna clase de mantenimiento (Anexo C) (GAD Municipal de Guano, 2016).

Las principales redes del sistema de distribución de agua potable en la cabecera cantonal de Guano son:

- Barrios de la Zona Alta: la tubería de abastecimiento es de asbesto cemento, proviene desde el tanque de captación El Guayco 3, que se conecta con Guayco 2 y a su vez Guayco 1, una parte de la tubería es de polietileno (manguera negra) , considerado como anti técnica e insalubre.
- Reserva de Lluishi su longitud aproximada es de 12 064 metros, el diámetro de las tuberías son mínimo 25mm y máximo 200mm.

En este contexto se ha determinado que existe deterioro en las redes de distribución del suministro de agua, provocando fugas (Anexo D). Cabe mencionar que existen empates y reparaciones de tuberías realizadas con ligas de caucho por parte de la jefatura de agua potable (Vallejo & CMP, 2015).

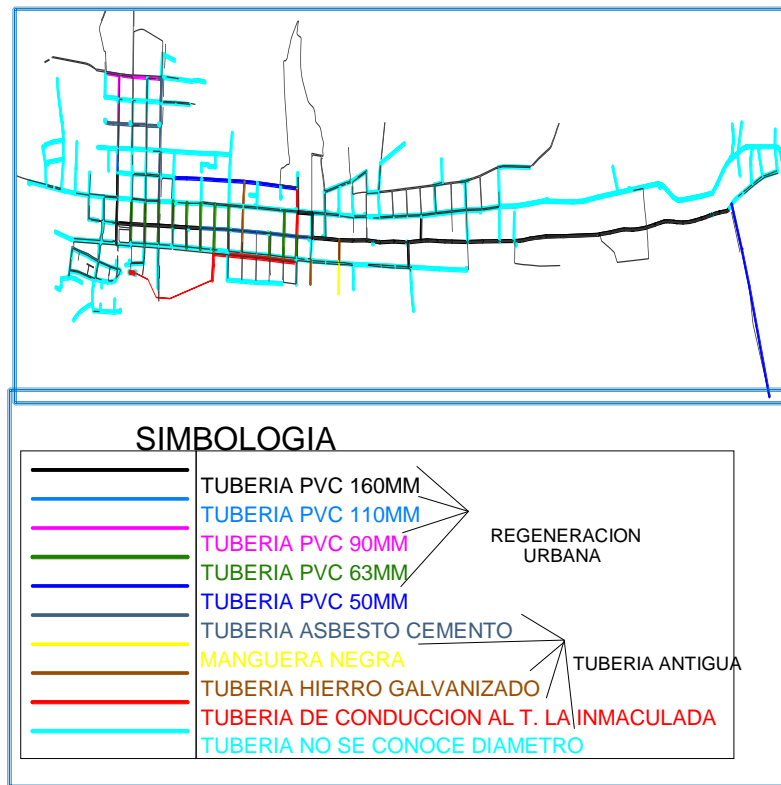


Figura 1-3: Red de Agua Potable en la Cabecera Cantonal de Guano
Fuente: Estudio de Consultoría (GAD)

La evaluación de las redes que actualmente operan en la cabecera cantonal de Guano, indica que un tramo equivalente a 2 104.70 metros corresponde a la calle García Moreno, en la cual se ha realizado un cambio de red en tubería PVC 1.00 Mpa de diámetro 160 mm, como producto de la regeneración urbana efectuada en el año 2009.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

3.2.1 *Descripciones físicas.*

Guano es un valle localizado a la cercanía del nevado Chimborazo, con una altitud de 6 310 m.s.n.m; Cordillera del Igualata y, la Loma de Langos, con una altitud de 2 967 m.s.n.m. La apariencia física de la ciudad corresponde a la fisonomía típica de la Región Interandina, posee un clima templado con estaciones marcadas: seca, lluviosa, y verano frío; presentando una temperatura media de 16°C. (Vallejo & CMP, 2015).

3.2.2 *Descripciones geográficas y ambientales.*

Guano es un cantón de la provincia de Chimborazo que está constituido por dos parroquias urbanas la Matriz y El Rosario, y nueve parroquias rurales: Guanando, Ilapo, La Providencia, San Andrés, San Gerardo, San Isidro, San José de Chazo, Santa Fe de Galán, Valparaíso.

Los límites del cantón son:

- Al norte, la provincia del Tungurahua, la montaña del Iguayata, el río Huahua Yacu y el río Mocha.
- Al este, el río Chambo y el cantón Penipe.
- Al sur, el cantón Riobamba y la quebrada las Abras.
- Al oeste, la Provincia de Bolívar y el cantón Riobamba (Castelo, 2014).

Guano posee un clima templado con estaciones marcadas: seca, lluviosa y verano frío. La temperatura más alta es de 28.3°C y se presenta generalmente en el mes de diciembre; la temperatura media es de 13.8 °C, y la mínima es de 3.6 °C. Las precipitaciones de mayor intensidad corresponden al mes de abril con 104.5 mm, y la menor intensidad se presenta en los meses de agosto con 4.9 mm. La precipitación promedio anual que es de 31.15 mm. Podemos manifestar que los meses de menor temperatura y mayor nubosidad corresponden a los meses de mayor evaporación con un promedio de 23.50 mm.

Los vientos predominantes son los que van en dirección NORESTE – ESTE, en los meses de Julio, Agosto, Septiembre, los mismos que poseen mayor velocidad. En general, a los vientos que se presentan en el cantón Guano se los puede considerar moderados.

La humedad atmosférica relativa existente en la zona es de 72% anual y es casi constante a lo largo todo el año, con variaciones entre el 69% y 77%. El análisis de suelos del Cantón Guano se establece que son suelos profundos y con una textura que varía de franco arenoso a arena franca, no se ha detectado salinidad y la capa freática se

halla a gran profundidad. Estos suelos se han ido identificando a suelos secos serranos y clasificados como pedocales, variando en su color desde grises muy claros a grises muy oscuros. En la actualidad se ha valorizado la idea de proteger y cuidar el agua para consumo humano y de regadío, ya que existe disminución del caudal del agua por las sequías y cambios climáticos. (Vallejo & CMP, 2015).

3.2.3 Topografía general de la zona del proyecto de investigación.

La topografía del cantón Guano concluye que está defendido por pendientes muy bajas y moderadas de una extensión de 27 570 ha, con una inclinación entre 0 y 50%. Se consideran pendientes altas y muy altas a aquellas laderas comprendidas entre 50 y 100% que se sitúan en las faltas del volcán Chimborazo y en los escapes ubicados al norte de la parroquia Guanando, que cubren 501 ha., del territorio cantonal, lo que evidencia que dicho cantón es propicio para la ejecución de proyectos viales que permiten trazados regulares como se evidencia en la figura 14-3 (Vallejo & CMP, 2015).



Figura 2-3: Topografía del Cantón Guano
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Según el Archivo entregado por la Municipalidad denominado Catastro actual agua potable al 13 de Agosto del 2012, se obtiene como resultado un total de 2 427 Conexiones Domiciliarias par la Cabecera Cantonal de Guano divididas de la siguiente manera:

La ciudad o Zona Urbana consta de 2 255 Conexiones, mientras que para los denominados barrios Altos (La Dolorosa del cementerio, San Roque, La Merced) se tiene 172 Conexiones Domiciliarias.

Además se obtiene mediante encuestas el Número de habitantes por casa que es 4.09 Hab. /Casa, El índice de Crecimiento Poblacional según el Instituto Nacional de estadísticas y Censos (INEC) es del 1.28% que se toma del censo realizado en el año 2010.

Para calcular el número de habitantes en el 2012 se debe realizar la multiplicación del número de conexiones por el número de habitantes/casa.

Urbano

$$Pa = \#Conexiones * \#hab/casa$$

Dónde:

#Conexiones= 2 255 Conexiones (Catastro De Agua potable 2012) Urbano

#hab/casa= 4.09 Hab/casa (Dato Tomado de las Encuestas)

$$Pa = 2\,255 \text{Cnxs} * \frac{4.09 \text{Hab}}{\text{Cnxs}}$$

$$Pa=9\,223 \text{ Hab (2012) } \quad \{1\}$$

Barrios Altos

$$Pa = \#Conexiones * \#hab/casa$$

Dónde:

#Conexiones= 172Conexiones (Catastro De Agua potable 2012) Barrios Altos

#hab/casa= 4.09 Hab/casa (Dato Tomado de las Encuestas)

$$Pa = 172 \text{Cnxs} * \frac{4.09 \text{Hab}}{\text{Cnxs}}$$

$$Pa= 703 \text{ Hab (2012) } \quad \{2\}$$

Población total para el 2012.

$$Pa= Pa\{1\} + Pa\{2\}$$

$$Pa= 9\,223 + 703$$

$$\mathbf{Pa= 9\,926 (2012)}$$

Para el 2014:

Para calcular el número de habitantes en el 2014 aplicamos el método de Crecimiento Poblacional Geométrico

Urbano

$$Pf = Pa * (1 + i)^n \quad (\text{Método de Crecimiento Poblacional Geométrico})$$

Dónde:

Pa= 9 223 Hab.

i=1.28% (Dato tomado del INEC, 1.28 se toma del censo realizado en el año 2010)

n=2 años (Periodo de diseño - Intervalo del 2012-2014)

$$Pf = 9223 * (1 + 0.0128)^2$$

$$Pf= 9 461 \text{ Hab}(2014) \quad \{1\}$$

Barrios altos

$$Pf = Pa * (1 + i)^n \quad (\text{Método de Crecimiento Poblacional Geométrico})$$

Dónde:

Pa= 703 Hab.

i=1.28% (Dato tomado del INEC, 1.28 se toma del censo realizado en el año 2010)

n=2 años (Periodo de diseño - Intervalo del 2012-2014)

$$Pf = 703 * (1 + 0.0128)^2$$

$$Pf= 722 \text{ Hab} (2014) \quad \{2\}$$

Población total para el 2014.

$$Pf= Pf\{1\} + Pf\{2\}$$

$$Pf= 9 461 + 722$$

$$\mathbf{Pf= 10 182 (2014)}$$

Para el 2018:

Para calcular el número de habitantes en el 2018 aplicamos el método de Crecimiento Poblacional Geométrico

Urbano

$$Pf = Pa * (1 + i)^n \quad (\text{Método de Crecimiento Poblacional Geométrico})$$

Dónde:

Pa= 9 461 Hab.

i=1.28% (Dato tomado del INEC, 1.28 se toma del censo realizado en el año 2010)

n=4 años (Periodo de diseño - Intervalo del 2014-2018)

$$Pf = 9461 * (1 + 0.0128)^4$$

Pf= 9955 Hab (2018) {1}

Barrios altos

$$Pf = Pa * (1 + i)^n \quad (\text{Método de Crecimiento Poblacional Geométrico})$$

Dónde:

Pa= 722 Hab.

i=1.28% (Dato tomado del INEC, 1.28 se toma del censo realizado en el año 2010)

n=4 años (Periodo de diseño - Intervalo del 2014-2018)

$$Pf = 722 * (1 + 0.0128)^4$$

Pf= 759 Hab (2018) {2}

Población total para el 2018.

Pf= Pf{1}+ Pf{2}

Pf= 9 955+ 759

Pf= 10 714 (2018)

Para el 2039:

Para calcular el número de habitantes en el 2039 aplicamos el método de Crecimiento Poblacional Geométrico

Urbano

$$Pf = Pa * (1 + i)^n \quad (\text{Método de Crecimiento Poblacional Geométrico})$$

Dónde:

Pa= 9 223 Hab.

i=1.28% (Dato tomado del INEC, 1.28 se toma del censo realizado en el año 2010)

n=27 años (Periodo de diseño - Intervalo del 2012-2039)

$$Pf = 9223 * (1 + 0.0128)^{27}$$

Pf= 13 002 Hab (2039) {1}

Barrios altos

$$Pf = Pa * (1 + i)^n \quad (\text{Método de Crecimiento Poblacional Geométrico})$$

Dónde:

Pa= 703 Hab.

i=1.28% (Dato tomado del INEC, 1.28 se toma del censo realizado en el año 2010)

n=27 años (Periodo de diseño - Intervalo del 2012-2014)

$$Pf = 703 * (1 + 0.0128)^{27}$$

Pf= 992 Hab (2039) {2}

Población total para el 2039.

Pf= Pf{1}+ Pf{2}

Pf= 13 002+ 992

Pf= 13 994 (2039)

Este dato de la población futura, para el año 2039 puede servir para realizar posteriormente escenarios futuros para otros trabajos de titulación.

3.3.1 Población actual y futura.

Para determinar el número de habitantes del Cantón Guano se dispone de los siguientes archivos:

- Datos proporcionados por la Municipalidad
- Catastro de Agua Potable 2012 – 2014 – 2018 – 2039.
- Se analizaron los datos de las encuestas nacionales.
- De las encuestas realizadas en el sitio del proyecto se pudo determinar el número de habitantes por casa.

A continuación en la tabla 5-3 se detalla la Población de acuerdo al análisis realizado anteriormente:

Tabla 5-3: Catastros poblacionales

	URBANO	RURAL	TOTAL
POBLACIÓN (2012)	9 223	703	9 926
POBLACIÓN (2014)	9 461	722	10 183
POBLACIÓN ACTUAL (2018)	9955	759	10 714
POBLACIÓN FUTURA (2039)	13 994	1 264	15 258

Fuente: GAD Municipal de Guano

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

La población de Guano actualmente se ha dividido por redes de abastecimientos como se muestra en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Población por redes de distribución de agua potable cantón Guano

	Redes de Distribución de Agua	Población actual
URBANO	Red 1 Tanque Lluishi	7 363
	Red 2 Tanque La Inmaculada	2 592
	Red 3 Tanque Barrios Altos	759
Total Habitantes por redes de distribución		10 714

Fuente: GAD Municipal de Guano

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

3.3.2 Tipos de redes

De acuerdo a diversos criterios las redes se pueden clasificar por su funcionamiento en mixtas, malladas, reticulada, ramificadas, red en pisos, redes dobles.

- El sistema ramificado está representado por una tubería principal de la cual se desprenden arterias secundarios y a su vez de estas se desprenden nuevas de tercer o cuarto orden cada vez menores y en forma similar a los nervios de una hoja. En esta red cada punto recibe el agua por un solo camino, en caso de una avería toda la red queda seca, por lo cual no cuenta con garantías exigidas por el sistema para instalaciones urbanas, siendo así este tipo de red aconsejable únicamente para poblaciones prácticamente lineales (figura 15-3).

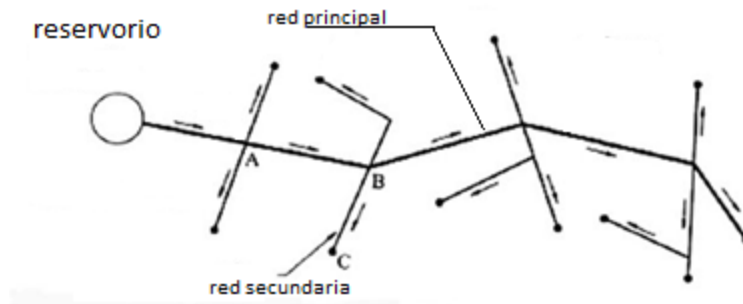


Figura 3-3: Red ramificada
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

- Red Reticulada o mallada, en este tipo de red los ramales forman una malla, el agua puede llegar a un punto por varios caminos (Brito, 2016). El problema principal de esta se radica en la indeterminación del sentido de circulación del agua; sin embargo, su ventaja es que al existir una avería en cualquier punto se puede aislar por medio de válvulas (figura 16-3).

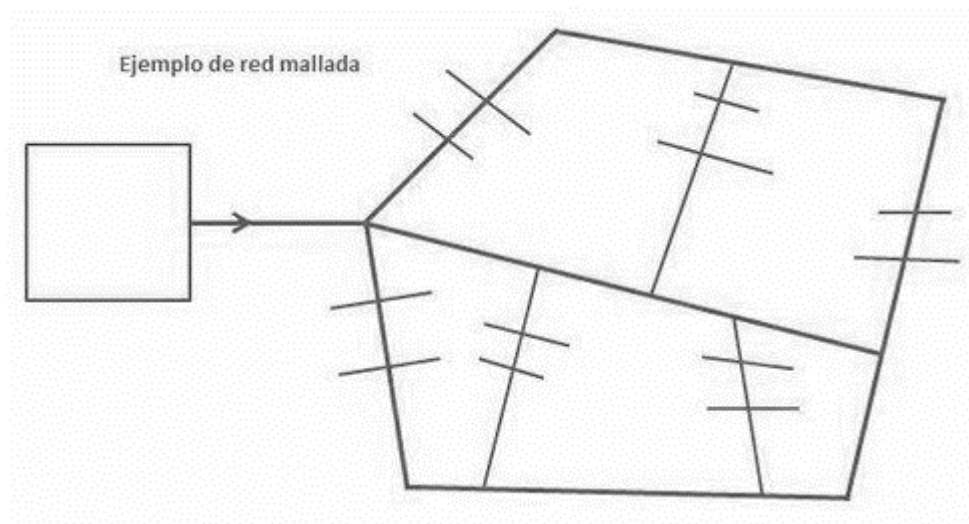


Figura 4-3: Red Reticular o Mallada
Fuente: <http://www.empresasconstruccion.es/redes-de-distribucion-agua-potable/>

No obstante, las puntas de consumo no pueden coincidir en el tiempo en toda la población, en caso de ocurrencia de dicha situación, la red de mallada permite que el agua siga el mejor camino para abastecer la sobrecarga, provocando un reajuste automático en la distribución de caudales, generando una mejora notable del suministro en relación a la red ramificada (figura 17-3).

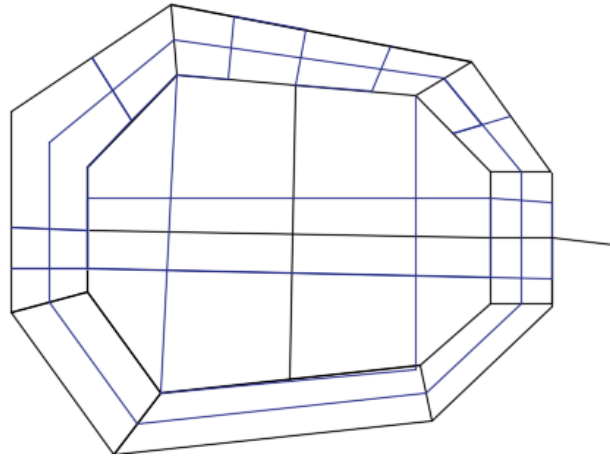


Figura 5-3: Red Mallada de arteria circular
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

- Red Mixta: es la mezcla de redes malladas con redes ramificadas como se muestra en la figura 18-3.

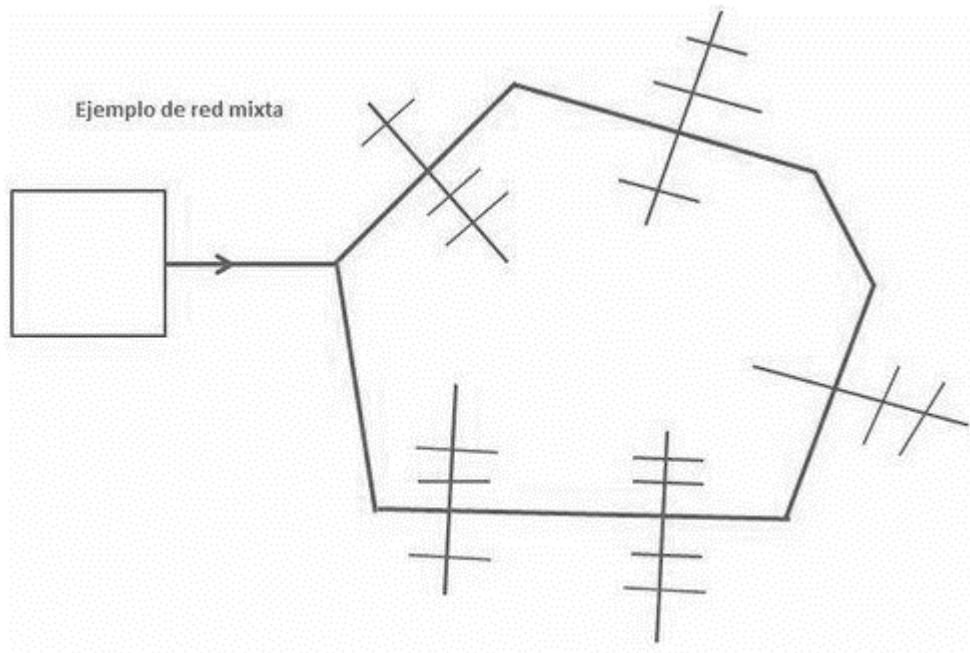


Figura 6-3: Red Mixta
 Fuente: <http://www.empresasconstruccion.es/redes-de-distribucion-agua-potable/>

- Red en pisos: estas redes se utilizan cuando el abastecimiento se efectúa con aguas que llegan de diferentes niveles o no es posible disponer de un depósito único que abastezca a toda la población, razón por la cual se divide en zonas escalonadas con presiones diferentes, tratándolas como una red independiente (figura 19-3).

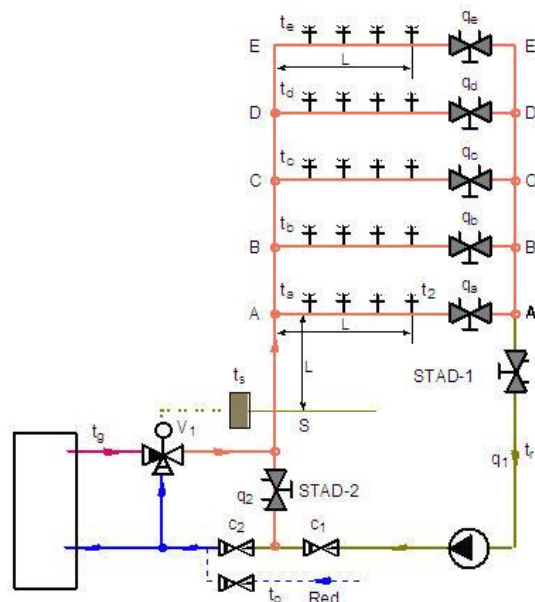


Figura 7-3: Red en Pisos

Fuente: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/herramientas-y-regulacion/equilibrado-hidraulico-regulacion-temperatura-redes-distribucion-ac-s-html.html>

- Redes dobles: se implementan cuando se quieren distribuir aguas de distintas calidades para diversos usos, un ejemplo claro es el agua reutilizada que no alcanza el grado de potabilización adecuado y que puede emplearse para riego de jardines, limpieza de calles, extinción de incendios o uso agrícola. (CIDTA, 2015)

3.3.3 Determinación de la Dotación del Servicio

Para la dotación del servicio se realizó 3 análisis sobre el consumo real de la población, a continuación se detalla cada uno de estos.

Consumo según las normas. En este análisis se consideraron las recomendaciones realizadas por la legislación ecuatoriana, vinculada con las condiciones socioeconómicas de la población, escenarios climáticos, pérdida de agua que se genera en el sistema existente.

La dotación media futura estimada es de 180-200 (l/hab/Día) por estar dentro del rango de 5 000- 50 000 habitantes como se identifica en la siguiente tabla 7-3 (SENAGUA, 2016).

Tabla 7-3: Dotación Urbana

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
	Frío	120 – 150
Hasta 5 000	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
	Frío	180 – 200
5 000 a 50 000	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
	Frío	> 200
Más de 50 000	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de obras sanitarias Norma CO 10.7-601

Consumo de la población de Guano. Esta variable se diseñó sobre la lectura del consumo reflejado en los medidores, instalados en sectores estratégicos para lo cual se realizó un promedio del consumo de agua potable como se muestra en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Promedio de lectura medidores de agua

LECTURAS DE MEDIDORES			
		LT/HAB/DIA	OBS.
1	MEDIDOR 2	113.64	Consumo (lt/hab/día) lectura de medidor
2	MEDIDOR 6	227.27	Consumo (lt/hab/día) lectura de medidor
3	MEDIDOR 7	290.91	Consumo (lt/hab/día) según lectura de medidor
4	MEDIDOR 8	54.55	Consumo (lt/hab/día) lectura de medidor
5	MEDIDOR 11	490.91	Consumo (lt/hab/día) según lectura de medidor
6	MEDIDOR 12	418.18	Consumo (lt/hab/día) según lectura de medidor
7	MEDIDOR 13	303.03	Consumo (lt/hab/día) lectura de medidor
8	MEDIDOR 18	181.82	Consumo (lt/hab/día) lectura de medidor
9	MEDIDOR 22	90.91	Consumo (lt/hab/día) lectura de medidor
10	MEDIDOR 28	151.52	Consumo (lt/hab/día) según lectura de medidor
Dotación			
	prom.	232.27	Según Lectura de medidores

Fuente: GAD Municipal de Guano (2017)

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

De acuerdo a los datos reflejados en la tabla 8-3, el consumo de agua es de 232.27 litros por habitante al día, esto en gran medida se genera ante la ausencia de una cultura adecuada del buen uso del agua potable, problema en gran medida por la aplicación de la cuota estándar que la comunidad guaneña cancela, variable que no es determinada por el consumo, por lo cual el cliente no se responsabiliza del uso desmedido o desperdicio del líquido vital.

Consumo de Agua potable considerada en Guano. En la tabla 9-3 se desglosa el consumo medio diario estimado por persona y por día en la cabecera cantonal.

Tabla 3-9 Consumo de agua por persona al día

<u>CONSUMO hab/día</u>			
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Lavar ropa	14	Lt.
2	Lavar platos	20	Lt.
3	Ducha + inodoro	120	Lt.
4	Aseo Personal	5	Lt.
5	Bebida	2	Lt.
6	Cocina	4	Lt.
7	Desperdicios	5	Lt.
8	Varios (agua jardines, autos, etc.)	25	Lt
	TOTAL	195	Lt/hab/día

Fuente: Investigación GAD.
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Luego de realizar el análisis de la dotación de agua en la cabecera cantonal de Guano, se concluye, que dicho servicio se destina para uso doméstico según lo establecido por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental con un análisis diferenciado de consumo por habitante y por tipo de población. En la cabecera cantonal hay una población superior a los 5 000 habitantes, dando como resultado una dotación medio de 195 litros por habitante al día.

CAPÍTULO IV

4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1. Modelo de simulación de la red de distribución de agua potable para la cabecera cantonal de guano provincia de chimborazo

Con la evidencia que la calidad del agua potable se deteriora durante el recorrido a través de la red de distribución, ha sido conveniente analizar su seguimiento por medio de la utilización de sistemas de simulación y monitorización, con el propósito de detectar las deficiencias de dicha red en la cabecera cantonal de Guano.

En la presente investigación se ha utilizado el programa EPANET con el objeto de simular el comportamiento hidráulico de la red y la evolución de la calidad del agua así como los softwares ARCGIS 10.3 y ARCVIEW con la extensión GISRed, que sirven para poder extraer cada uno de los datos necesarios para la realización del modelo de la cabecera cantonal de Guano.

4.1.1 *Etapas para la elaboración del modelo matemático*

A continuación se detalla los elementos utilizados en la elaboración del modelo de simulación.

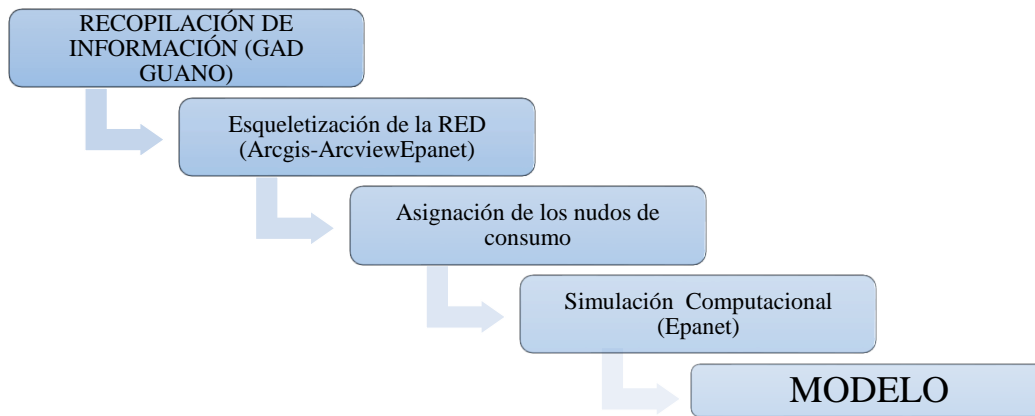


Figura 1-4: Etapas del Modelo de Simulación
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Mediante la propuesta del modelo de simulación se busca obtener un enfoque de posibles escenarios futuros que permitan comparar los elementos en diferentes situaciones de consumo y de esta manera generar soluciones de la distribución de agua potable.

4.1.2. Recopilación de información

Para la construcción de este documento se contó con la colaboración constante del personal del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Guano, pues en el año 2015 se realizó “ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA CABECERA CANTONAL DE GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, esta información fue puesta a disposición del autor y resultó un sustento primordial para la elaboración de este modelo.

Para extraer cada uno de los datos de este sistema de información (SIG) se utiliza ARCVIEW 3.2 con la extensión GISRed. Cada uno de los documentos proporcionados por el GAD del Cantón Guano se encuentra en sus curvas de nivel (software ARCGIS 2013), es decir, se pueden seleccionar eficazmente los datos importantes para la realización de la esqueletización. (Solbes & Alzamora, 2006).



Figura 2-4: Mapa del Red de Agua Potable de Guano
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

La distribución del agua en la Cabecera Cantonal de Guano se encuentra dividida en zonas como se evidencia en la figura 22-4, es por ello que a cada sector se ha designado una identificación propia. Se pretende tener un mejor control de las tuberías en el momento de transferir los datos mediante ARCVIEW.



Figura 3-4: Mapa de las sectorizaciones
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

A continuación se muestran a detalle las dimensiones, volúmenes, materiales de cada uno de los tanques de almacenamiento de agua de los diferentes sectores, así como su caudal como se muestra en la tabla 1-4. En el (Anexo B) se evidencia los tres tanques existentes.

Tabla 1-4: Caudales Saliente de Agua Potable Cabecera Cantonal

RED	DIÁMETRO	VOLUMEN	MATERIAL	CAUDAL
Tanque Lluishi	160 mm	300 m ³	PVC	19.98 l/s
Tanque La Inmaculada	160 mm	300 m ³	PVC	7.63 l/s
Tanque Barrios Altos	110 mm	250 m ³	PVC	8.13 l/s

Fuente: Investigación de Campo GAD
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

4.1.3 *Esqueletización de la red (Arcgis-Arcview-Epanet)*

Como se menciona inicialmente, todos los documentos fueron proporcionados en curvas de nivel, es así que se puede extraer la información necesaria para la confección del modelo hidráulico. A continuación (Figura 23-4) se detalla un flujograma del proceso realizado para la obtención de la esqueletización de la red:

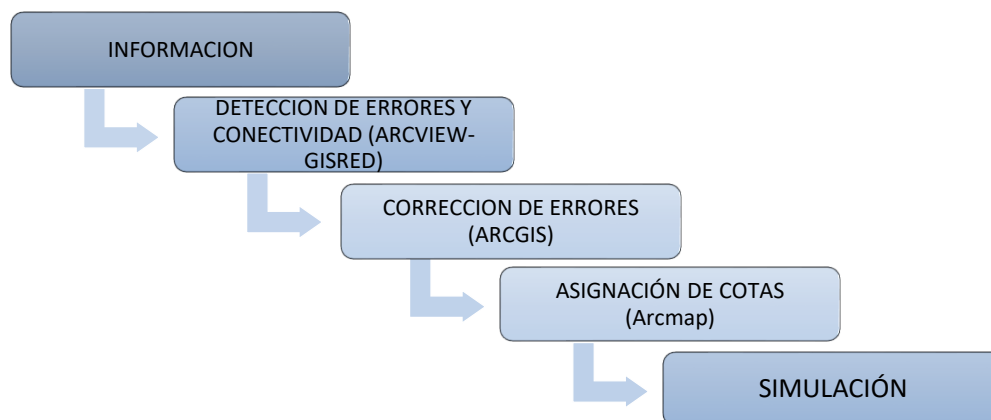


Figura 4-4: Flujograma para esqueletización de red
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

4.1.4 *Área de servicio*

Como área de servicio se considera la zona en la cual se presta el servicio de agua potable, que para la presente investigación lo constituye la cabecera Cantonal de Guano con una superficie de 329.13 ha, incluyendo los barrios altos así como un área de 76.19 ha, correspondientes a comunidades que se han beneficiado del servicio de distribución

de agua potable. Según datos proporcionados por el GAD Municipal del Cantón Guano, el área considerada dentro del Plan Maestro de Agua Potable equivale a 405.32 ha.

El área de servicio se ha dividido en tres redes como se muestra en la tabla 2-4.

Tabla 2-4: Redes de Distribución Guano

RED	ÁREA	BENEFICIARIOS
Red 1 Tanque Lluishi	147.57 ha	7 363 habitantes de la parte central de la cabecera cantonal. Densidad poblacional de 36 hab/ha. <ul style="list-style-type: none"> • Espíritu Santo (parcialmente). • Miraflores “La Inmaculada”. • San Pedro. • San Pablo. • La Magdalena (matriz 1) • Parque Central (matriz 2). • El Rosario. • Santa Anita
Red 2 Tanque la Inmaculada	90.79 ha.	Abastece a 2 592 hab Densidad poblacional 23Hab/ ha. <ul style="list-style-type: none"> – Espíritu Santo (parcialmente). – La Dolorosa. – Santa Teresita
Red 3. Tanques Barrios altos	90.77 ha.	Abastece a 759 hab, correspondiente a los barrios altos. Densidad poblacional 24 hab/ha. <ul style="list-style-type: none"> – San Roque. – La Magdalena. – La Merced

Fuente: GAD Municipal de Guano (2017)

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

A continuación se muestran las figuras que ilustran las 3 redes de distribución de agua potable en la cabecera cantonal.

RED 1. La calle que delimita la red 1 de Lluishi con la Red 2 de La Inmaculada es la calle Pasteur.

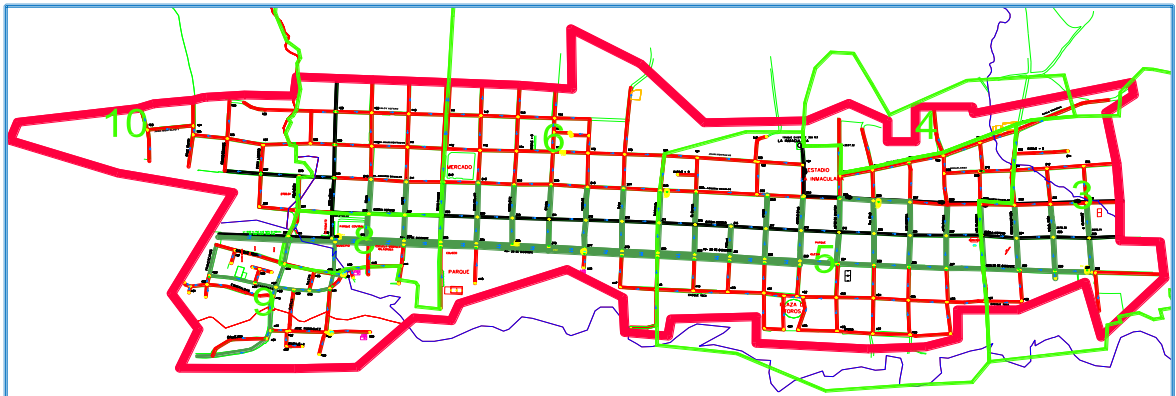


Figura 5-4: Área de Servicio Red 1 Tanque Lluishi
Fuente: GAD Municipal de Guano (2017)

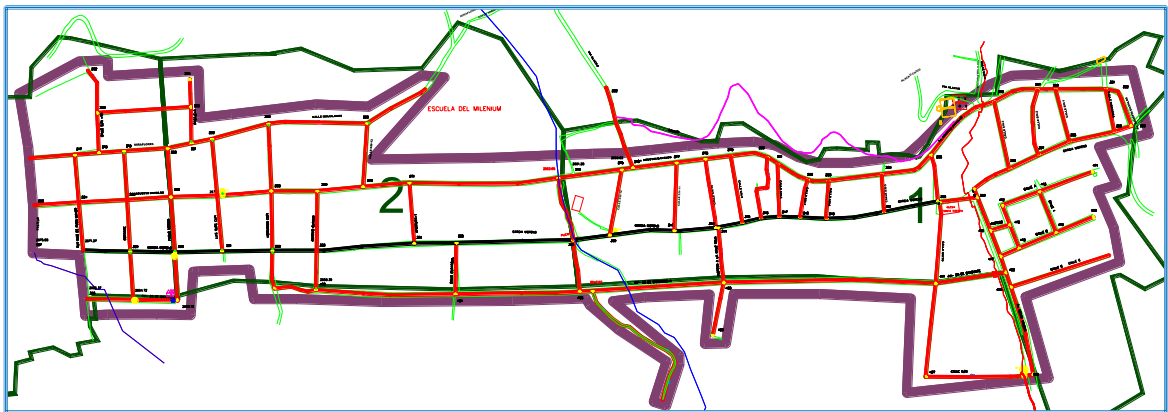


Figura 6-4: Área de Servicio Red 2 Tanque La Inmaculada
Fuente: GAD Municipal de Guano (2017)

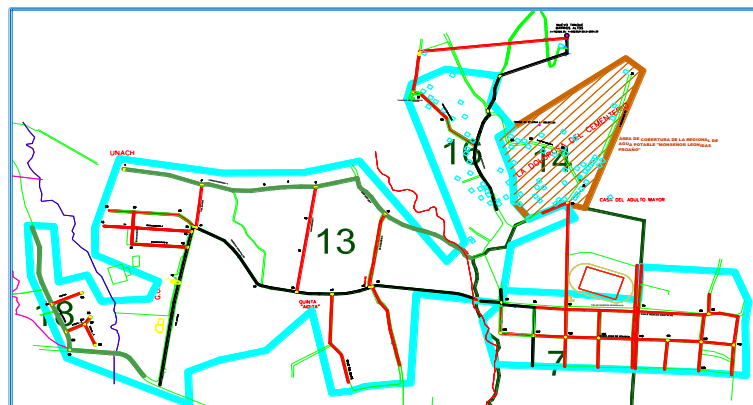


Figura 7-4 Área de servicio RED 3 – TANQUE BARRIOS ALTOS
Fuente: GAD Municipal de Guano (2017).

CAPITULO V

5. SIMULACIÓN

5.1 Elaboración

5.1.1 *Obtención de un plano de tuberías en AutoCAD*

Para la creación de un plano en AutoCAD se necesita toda la información generada por el GAD de Guano en cuanto a longitudes, diámetros, posiciones y material, con estos datos se procede a dibujar las tuberías correspondientes (figura 27-4).

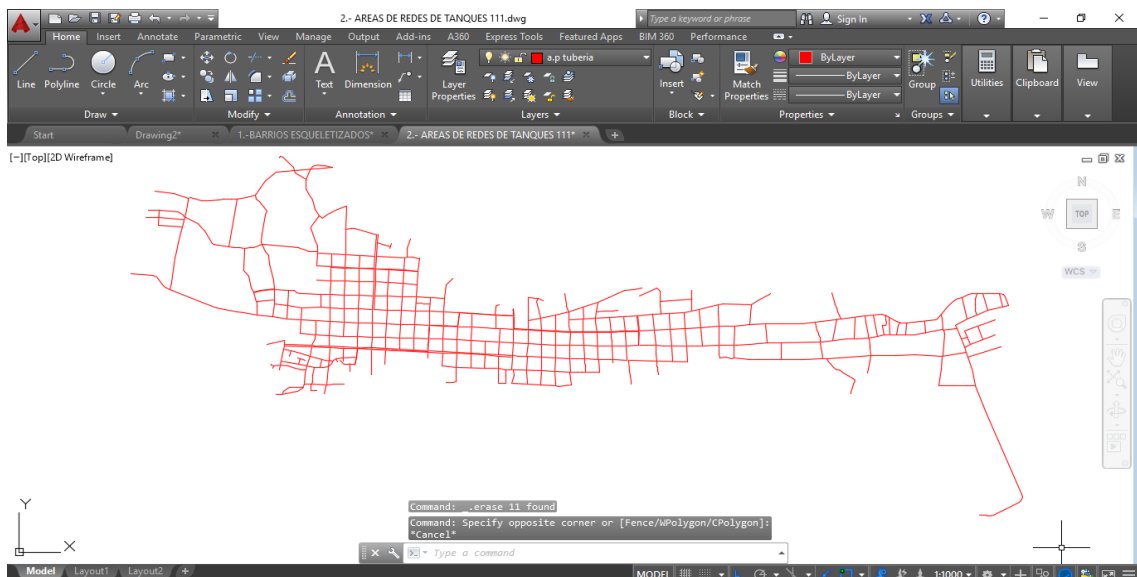


Figura 1-5: Red de tubería

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.1.2 *Conversión del plano AutoCAD a EPANET*

Los documentos se guardan en formato .dxf (AutoCAD), razón por la que se necesita cambiar a formato a EPANET para que sea compatible, para el efecto se usa el conversor llamado EPACAD.

En este software se importa el archivo .dxf (AUTOCAD) al EPACAD donde convierte el documento .dxf a .net para poder ser ejecutado en el software EPANET como se ve a continuación en la figura 2-5.

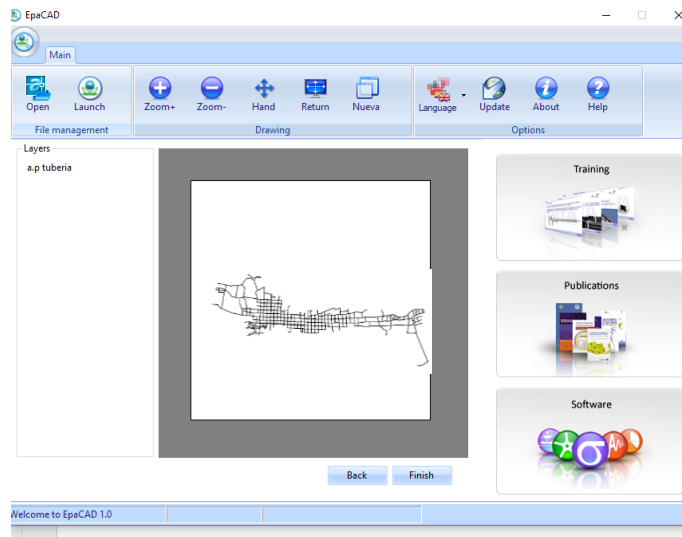


Figura 2-5: Conversión de formato
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.1.3 Creación del proyecto en ARCVIEW.

Para transformar el modelo de simulación para el sistema de distribución de la red de agua potable de la cabecera cantonal de Guano se ha utilizado el software ARCVIEW 3.2, mediante el cual se convierte la red en un archivo ejecutable para EPANET (.inp).

En este contexto se genera un nuevo proyecto en ARCVIEW con extensión GISRed con la siguiente ruta: *File/Extensions/GISRed*. (Bartolin & Martinez, 2003).

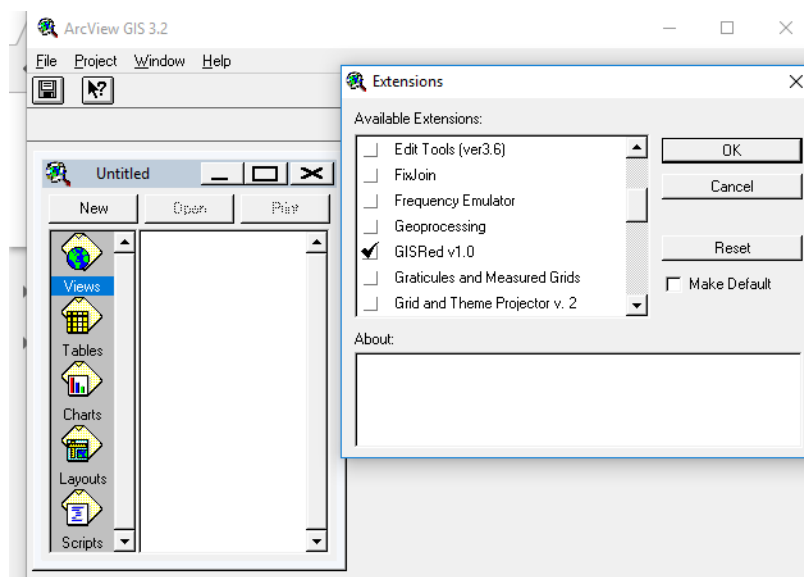


Figura 3-5: Creación de un nuevo Proyecto en ARCVIEW.
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

ARCView_GISRed es Mode tools/Connectivity tiene la función de demostrar cómo las redes se entrelazan o conectan. Presenta una visualización esquematizada de un mapa de colores que permite representar la secuencia del fluido en las zonas que no tienen desconexión.

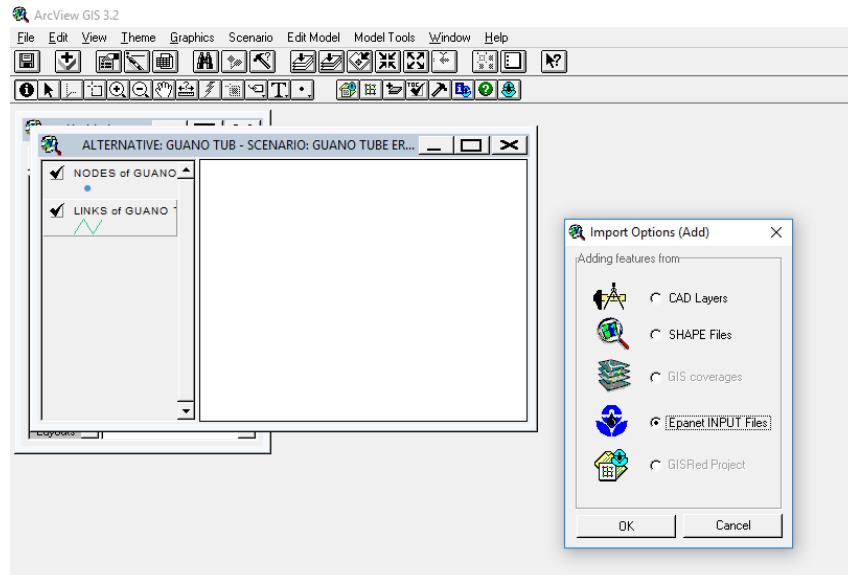


Figura 4-5: Software ARCView
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

La herramienta *Edit Model/Data verification/Spatial Connectivity*, tiene como función reconocer los nodos que no se encuentran conectados correctamente entre las intersecciones de las tuberías. ARCView permite verificar y solucionar las desconexiones encontradas, no obstante para la facilidad de los usuarios se usará ARCGIS 10.3, pues este programa guarda y registra la información en la matriz del proyecto para usos futuros.

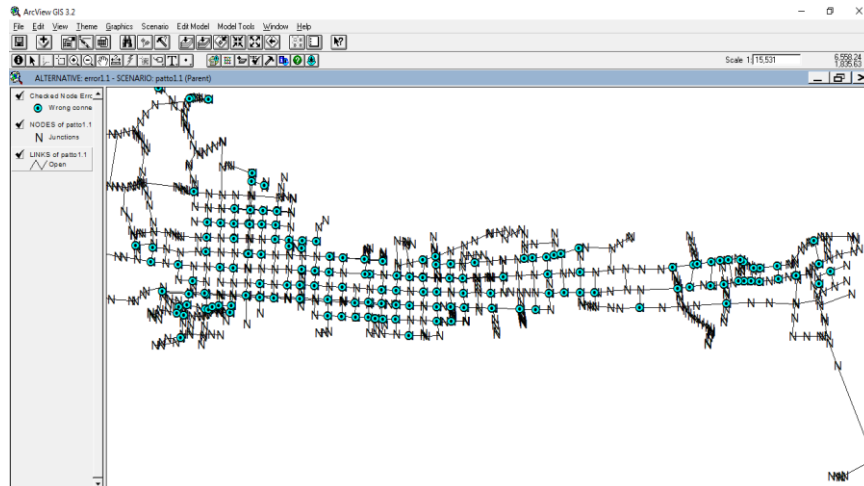


Figura 5-5: Posibles errores en las uniones de las Tuberías.
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

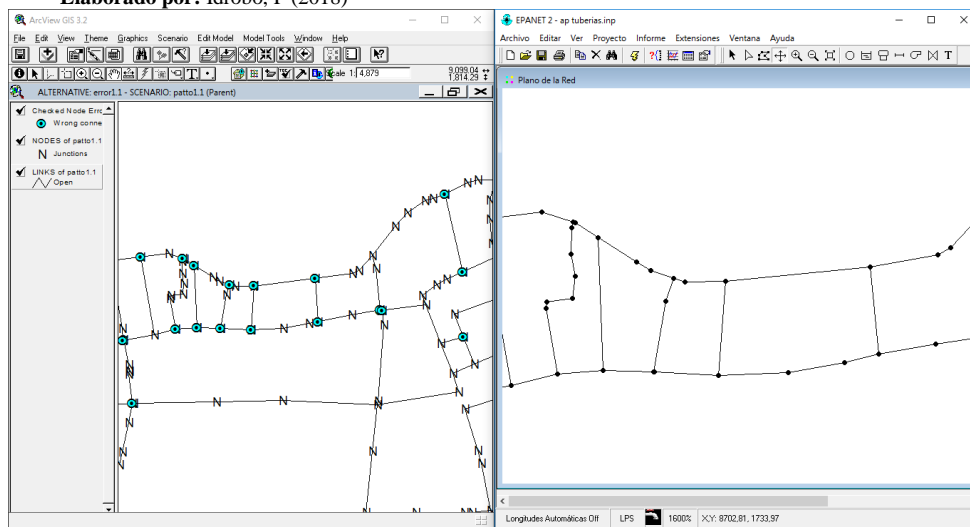


Figura 6-5: Corrección de las desconexiones de las tuberías (ARCGIS 10.3).
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.1.4 Importación de las curvas de nivel

Para este paso es importante no olvidar que para la realización del modelo de simulación de la cabecera cantonal de Guano- Riobamba se debe contar con los datos reales de fuente confiables coordenadas x, y, cotas entre otros. Estos datos fueron entregados por el Instituto Geográfico Militar (IGM) que son los encargados de facilitar las cartas topográficas, en estas cartas las curvas de nivel se encuentran con una distancia de 5 metros entre cada curva y son la representación de un relieve, un cuerpo o un sólido, mediante una línea que enlaza varios puntos que unen una misma altura o cota.

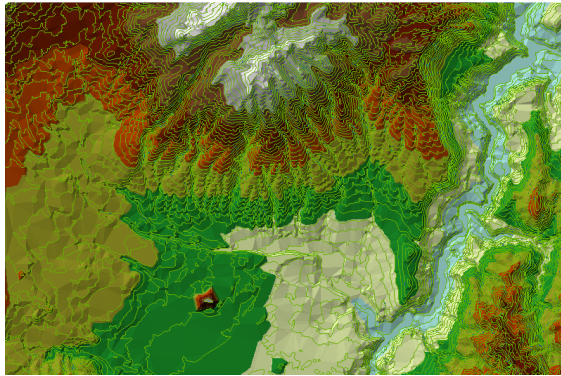


Figura 7-5: Asignación de cotas en los puntos de elevación.
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Para asignar las cotas se requiere la elaboración de las curvas que sea capaz de proporcionar los datos de elevación a todos los nudos creados. Este proceso se realizará en ARCMAP 10.3 con una imagen de las curvas de nivel que contiene las alturas de toda la cabecera cantonal de Guano, para lo cual se maneja la herramienta de interpolación. Al tener creada las curvas de nivel que permite determinar a cada nudo de consumo su elevación, se utiliza *Mode Tools/Elevation Interpolation de ARCMAP* y se ejecuta automáticamente la asignación.

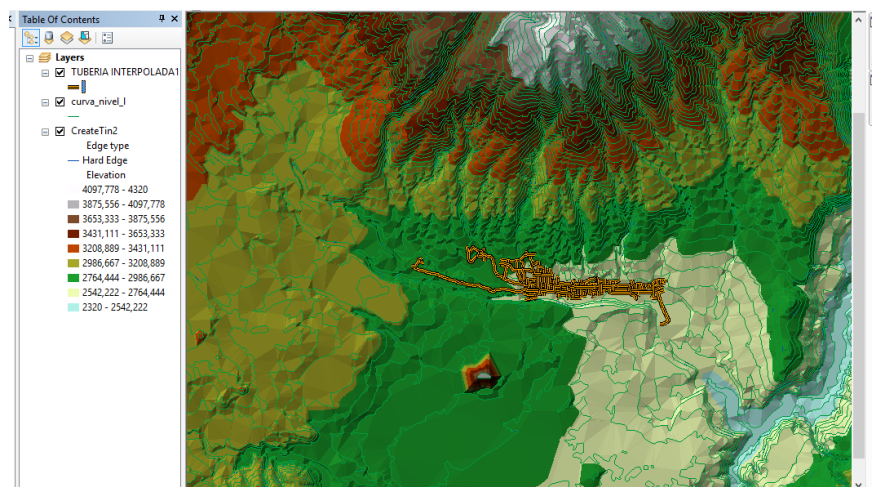


Figura 8-5: Asignación de Cotas mediante interpolación.
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.1.5 Asignación de mallado de puntos.

Para la ejecución de este proceso se debe crear una serie de puntos para las curvas de nivel, este mallado de puntos son puntos topográficos que se necesita para saber condiciones del terreno para el diseño.

A partir de las curvas de nivel del área de estudio se genera un TIN “*El cual es una superficie de red irregular de triángulos que se genera a partir de formas que contengan información de elevación*” (ESRI, 2017).

Se selecciona caja de herramientas (*ArcToolbox*) en la barra de menús.

ArcToolbox.- Permite convertir los datos espaciales de un formato a otro, así como introducir un sistema de referencia o cambiar proyecciones de los datos; La aplicación de ArcToolbox en ArcGis, es una versión reducida. En la versión de ArcInfo están incluidas varias herramientas de análisis así como de estructuración topológica y tratamiento de datos. En algunos casos dispone de un asistente que ayuda a realizar una operación paso a paso.

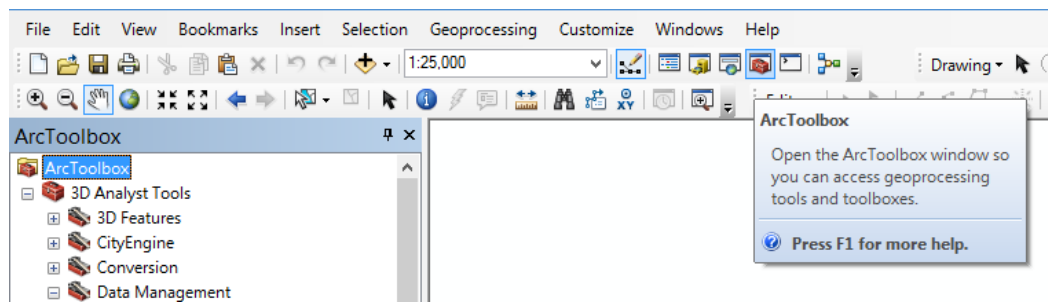


Figura 9-5: ArcToolbox
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Dentro de la caja de herramientas, dar clic en *3D Analyst Tools*, se abre un menú del cual se selecciona *tools/data management/tin/create tin*.

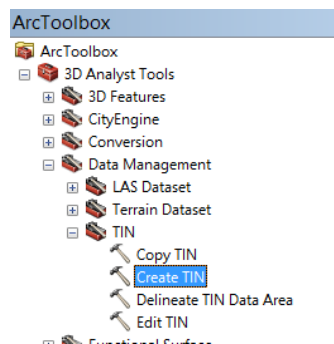


Figura 10-5: ArcToolbox, TIN, Crear TIN
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

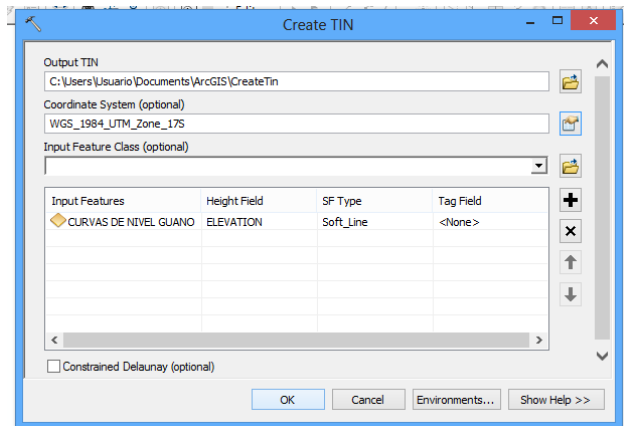


Figura 11-5: Crear TIN
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En Output Tin (Seleccionamos el directorio el lugar en donde vamos a guardar el archivo a generar).

Seleccionar un sistemas de coordenadas que depende del lugar en donde se encuentra el proyecto de estudio *WGS 1984 UTM ZONE 17S*.

Señalar la capa que va a ser seleccionada para crear el TIN (Curvas de nivel Guano).

En Height Field (campo de altura) seleccionar el campo que tiene los valores de altura (ELEVATION), SF Type para colocarel tipo suavizado; Tag Field (campo de etiqueta) seleccionar None (Ninguna); Clic **OK**.

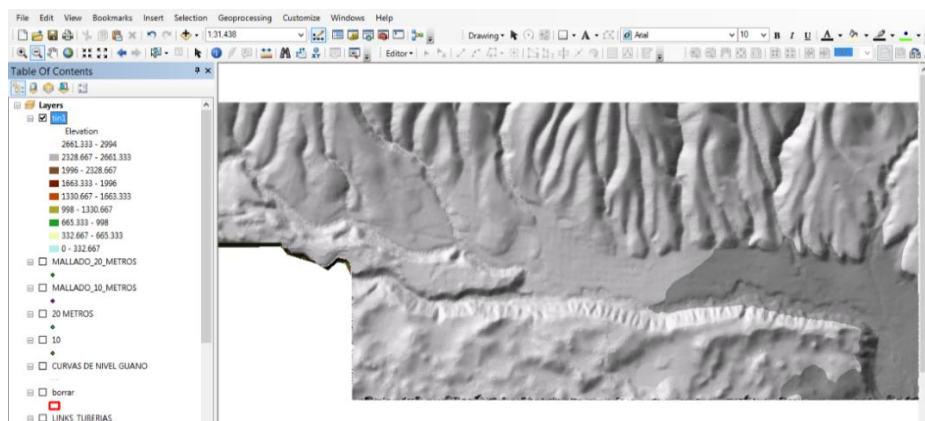


Figura 12-5: Crear TIN
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Trasformar de TIN a Raster

El Raster consta de una matriz de celdas (o píxeles) que se organiza en filas y

columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la altitud), para esto se debe seguir los siguientes pasos:

Dentro de la caja de herramientas, clic en *3D Analyst Tools*. Se abre un menú del cual se selecciona *conversion/from tin/tin to raster* y damos doble clic.

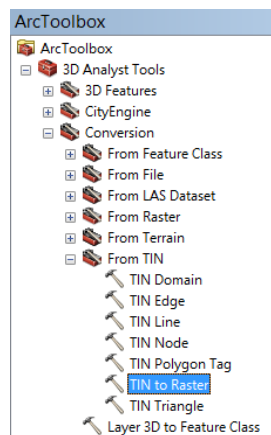


Figura 13-5: Tin to Raster
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

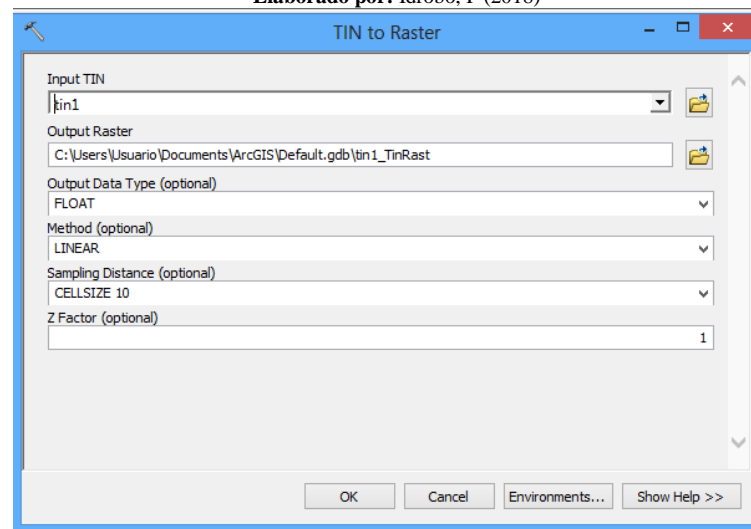


Figura 14-5: Tin To Raster
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En Input Tin (Se elige la capa TIN la cual vamos a transformar); en Output Raster (Seleccionamos el directorio donde se va a guardar el archivo Raster y le asignamos un nombre)(figura 40-5).

En Sampling Distance (Distancia de muestreo), se escoge CELLSIZE 5 (El número es editable, para nuestro caso vamos a escribir 5, ya que se necesita un mallado cada 5 metros o el valor que nosotros necesitemos para el estudio); Clic **OK**.

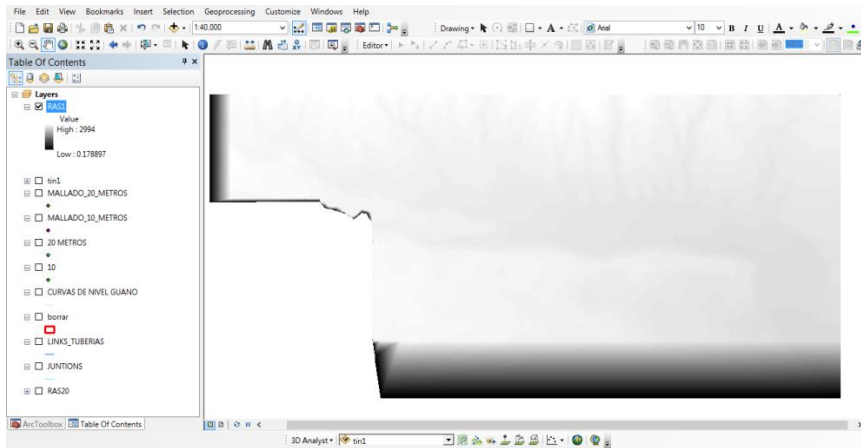


Figura 15-5: Raster
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Trasformar un Raster a Multipoint; dentro de la caja de herramientas, clic en <**3D Analyst Tools**>. Se abre un menú del cual se selecciona *conversion/from raster/raster to multipoint* y damos doble clic.

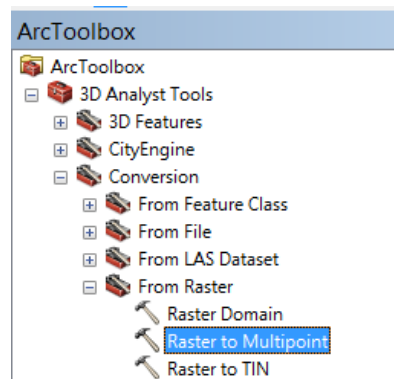


Figura 16-5: ArcToolbox, From raster, Raster to Multipoint
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

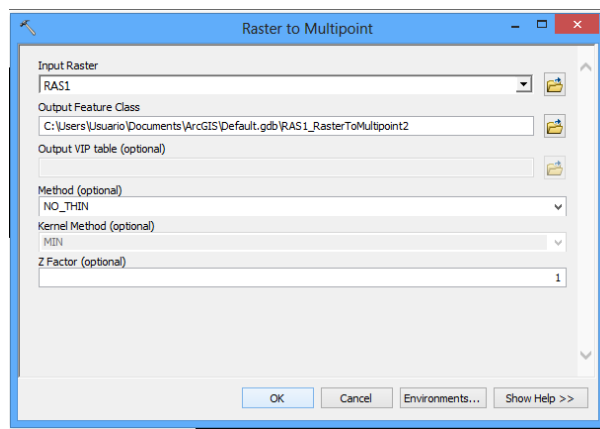


Figura 17-5: Raster to Multipoint
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En Input Raster (Ingresa la capa Raster la cual vamos a convertir); Output Feature

Class (Selecciona el directorio donde se va a guardar el archivo vector tipo punto y le asignamos un nombre); Visualizamos lo datos, capa punto tiene su valor de altitud y la distancia entre punto es de 5 metros.

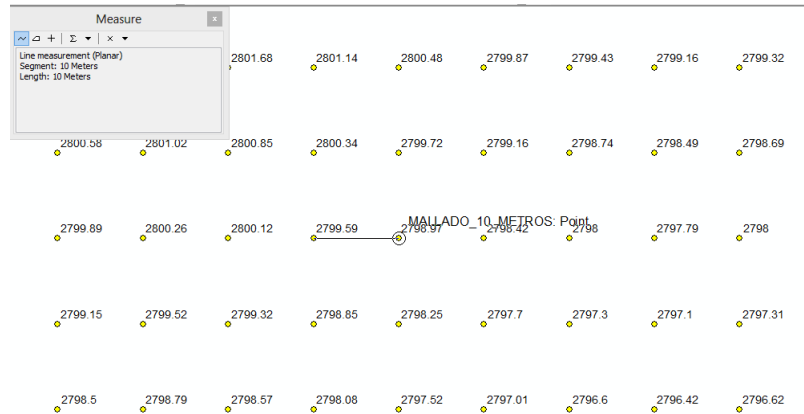


Figura 18-5: Mallado, Multipoint
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.1.6 Aplicación de demandas a la red.

Es importante indicar que la demanda en los nudos de consumo es la clave primordial para las simulaciones y posteriores. Para obtener la demanda base del sistema se necesita algunos datos: población, dotación y total de nudos, dando como resultado la demanda base.

Para calcular esta demanda se necesita saber el total de la población de la cabecera cantonal de Guano (10 714 habitantes) y la dotación habitante/día (195 l/día). A continuación se realiza el cálculo:

Calculo del consumo de la población por día.

$$\frac{l}{\text{Día}} = \text{POBLACIÓN} * \text{DOTACIÓN}$$

$$\frac{l}{\text{Día}} = 10\ 714 \text{ hab} * 195 \text{ (l/día)}$$

$$\text{Consumo} = 2\ 236\ 845 \frac{l}{\text{día}}$$

Este dato se debe cambiar a l/s.

$$\text{consumo} \left(\frac{l}{\text{seg}} \right) = \frac{l}{\text{día}} \frac{1}{86\ 400}$$

$$\text{consumo} \left(\frac{\text{l}}{\text{seg}} \right) = \frac{2\,236\,845 \frac{\text{l}}{\text{día}}}{86\,400 \frac{\text{día}}{\text{s}}}$$

$$\text{consumo} = 25.89 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Al tener el consumo total de la población en (L/s) lo dividimos para el número de conexiones de la red.

$$\text{Demanda Base} \left(\frac{\text{l}}{\text{seg}} \right) = \frac{\text{consumo}}{\text{Nudos}}$$

$$\text{Demanda Base} \left(\frac{\text{l}}{\text{seg}} \right) = \frac{25.89 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{445}$$

$$\text{Demanda Base} = 0.0582 \left(\frac{\text{l}}{\text{s}} \right)$$

Tabla 1-5: Consumo total.

CANTÓN	POBLACIÓN	DOTACIÓN (hab/día)	Consumo l/día	Nudos	Consumo (l/s)	Demanda Base (l/s)
GUANO	10 714	195	2 236 845	445	25.89	0,0582

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.2 CURVA DE MODULACIÓN DE DEMANDA.

Las curvas de modulación o patrones, son una series de factores multiplicativos que, aplicados sobre un valor base, establecen que éste varié con el tiempo; las curvas de modulación se relacionan a las demandas de cada nudo de la red (Alzamora, 2001).

Para este proceso se realizó trabajo de campo utilizando un flujómetro ultrasónico tds-100h (Anexo E) con el cual se obtuvo los datos de la (tabla 14-5), con un rango máximo y mínimo con los cuales se sacó una media promedio Qm para poder realizar la curva (figura 45-5).

Con estos datos se procede a determinar el factor de la curva de modulación, el cual da a conocer el incremento o el declive del consumo de 8am hasta 8pm. Teniendo este control se facilita la visualización del consumo de los habitantes (figura 18-5) (tabla 2-5).

Tabla 2-5: Factor de la curva de modelación

Tiempo	Qmin	Qmax	Qm	factor Q/Qm
8:00	76.036	85.31	80.673	1.809364018
9:00	67.63	77.09	72.36	1.622916965
10:00	37.62	46.3	41.96	0.94109447
11:00	30.51	41.68	36.095	0.809552071
12:00	38.12	44.95	41.535	0.931562412
13:00	42.36	48.17	45.265	1.015220238
14:00	40.52	42.68	41.6	0.933020256
15:00	37.54	39.66	38.6	0.865735142
16:00	25.32	29.81	27.565	0.618238062
17:00	21.38	26.76	24.07	0.539850903
18:00	29.37	35.27	32.32	0.724884968
19:00	32.82	36.29	34.555	0.775012379
20:00	56.92	69.13	63.025	1.413548117
		Total prom.	44.5863846	

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

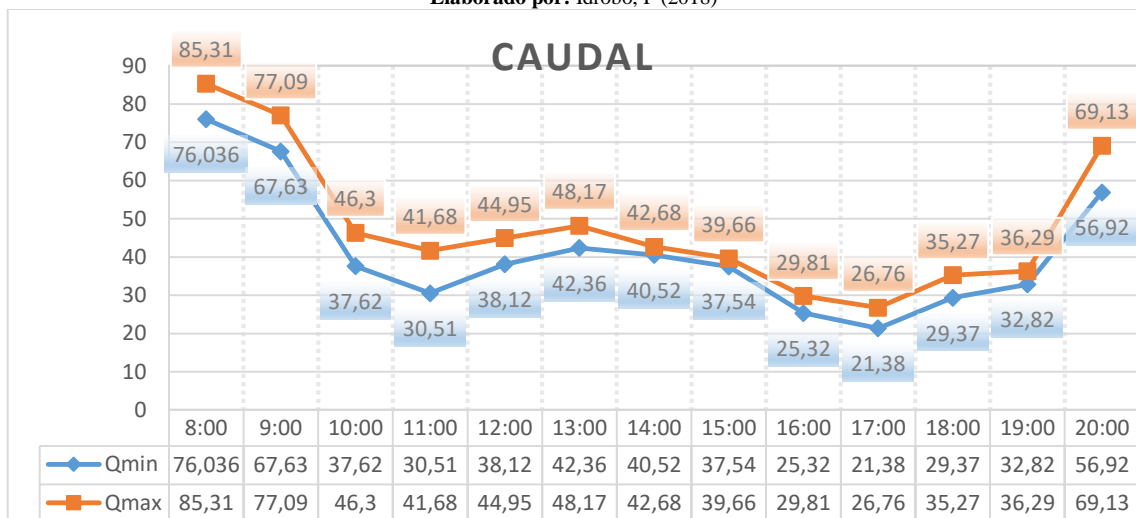


Figura 19-5: Curvas de caudal

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

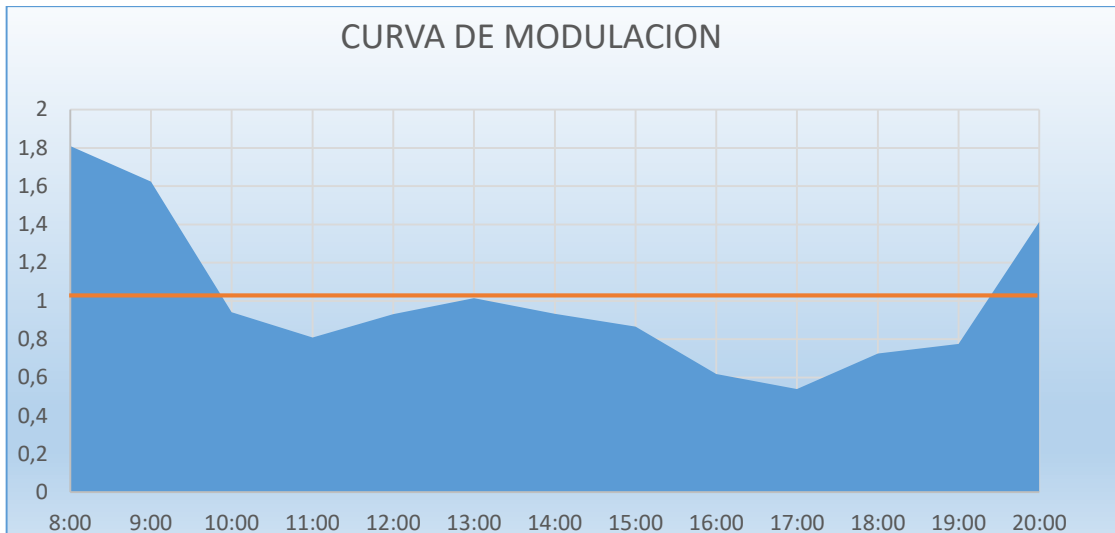


Figura 20-5: Curvas de modulación
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Esta curva lo que nos indica que a las 8am hay el mayor consumo poblacional, llegando a un factor 1.8, posteriormente existe un declive considerable hasta llegar a las 11 horas; después un alto consumo con una mayor prolongación de tiempo, y finalmente la curva presenta un declive e incremento lento y secuencial.

Para culminar el proceso se realiza la simulación y se establece una curva de modulación final con intervalos de 1:00 hora (figura 20-5).

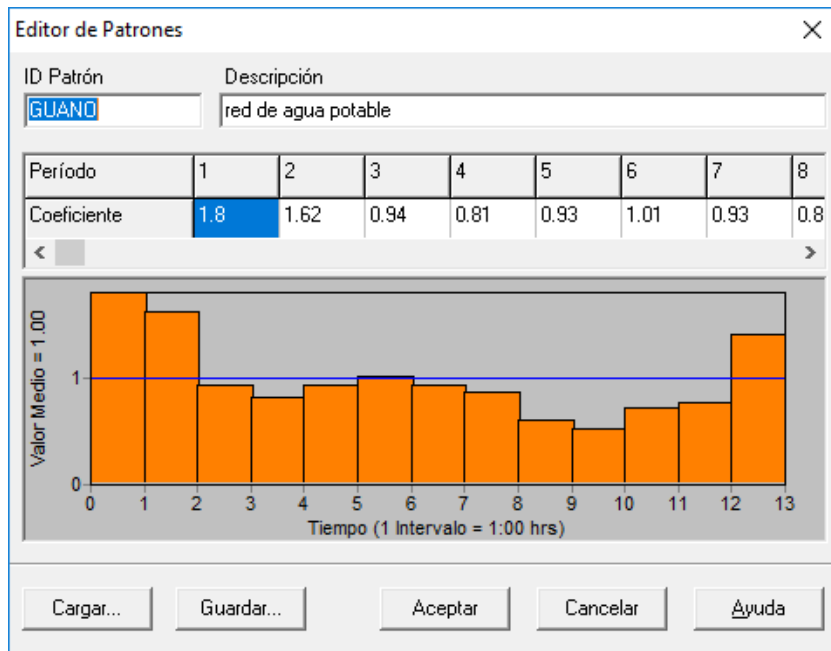


Figura 21-5: Curva de patrones
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.3 ANÁLISIS Y DEDUCCIONES DE LOS RESULTADOS

Una vez realizado el modelo de simulación de la red de distribución de agua potable nos permite determina e interpretar los datos resultantes como: presiones, velocidades, caudales pérdidas por longitud de tubería, tanto máximos y mínimos, y a su vez una visualización de las cotas de cada nudo correspondiente. Para la modificación de cualquier dato se efectuará desde el software EPANET, y se incluye al modelo: depósitos, patrones de demanda, etc. Finalmente se procede a la obtención de cada uno de los resultados y gráficas correspondientes, con el objetivo de analizar y visualizar los nodos donde puedan existir puntos críticos a lo largo del día, y así estudiar el comportamiento del sistema.

5.3.1 Visualización de los diámetros de las tuberías

En esta visualización se puede observar cuales son las líneas principales de esta red dando a conocer bajo el código de colores (tabla 3-5). En color rojo y rosado se distingue las arterias principales de conducción del sistema (figura 21-5) o (Anexo F).

Tabla 3-5: Características de la tubería.

	MATERIAL	DIÁMETRO	PRESIÓN MAX
	PVC	63	1Mpa
	PVC	90	1Mpa
	PVC	110	1Mpa
	PVC	160	1Mpa

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

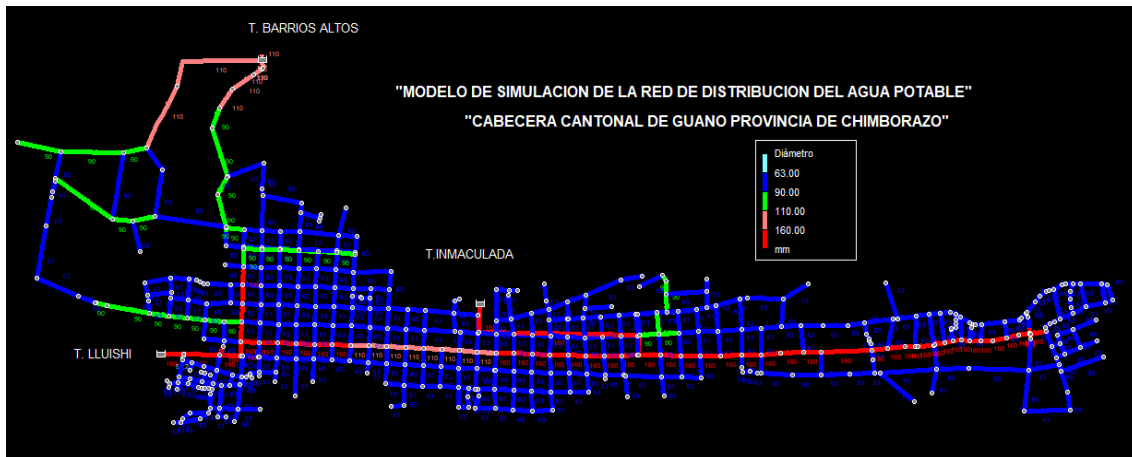


Figura 22-5: Diámetro
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.3.2 Visualización de la topografía

En la figura se observa que la topografía del lugar donde se encuentra la red de distribución localizada en puntos (tanques nudos y líneas de tubería), están comprendidos en cotas de 2 860 msnm hasta el punto más bajo de 2 627 msnm (figura 22-5) o (Anexo G). Los puntos más elevados se encuentran en dirección norte, mientras la cota va disminuyendo con dirección hacia el sur; también se puede observar un mapa de isolíneas de las alturas del sistema (figura 23-5).



Figura 23-5: Mapa de isocotas

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

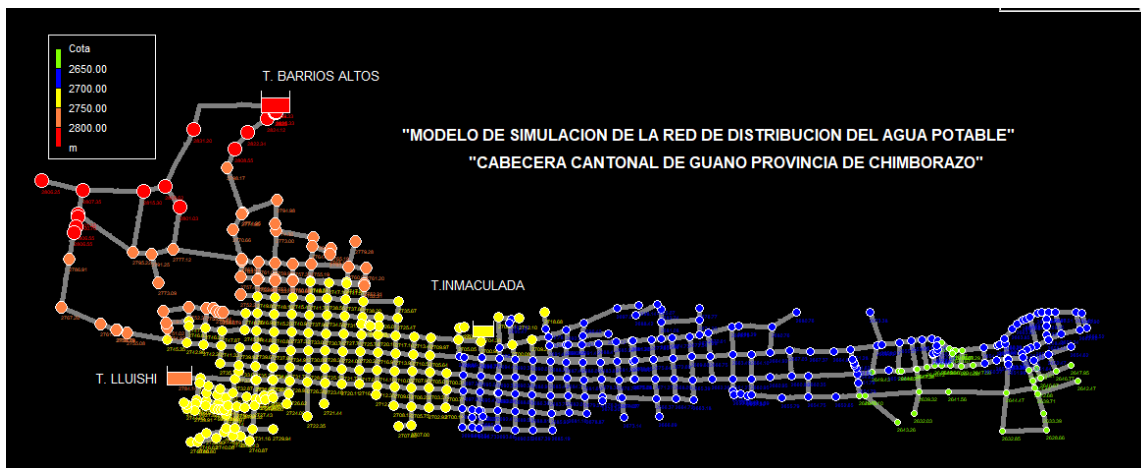


Figura 24-5: Diagrama de Cotitas

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.3.3 Interpretación de presiones

Como se puede observar en los gráficos existen nodos en color rojo y naranja que nos indican que las presiones son demasiado elevadas (figura 25-5) o (Anexo H). Las redes se encuentran sobre cargadas con el riesgo a posibles fugas o peor aun fisuras, estas tuberías tienen una resistencia de 1 Mpa (Anexo I). Estos puntos elevados con el transcurso del tiempo no son para nada propicios, ya que las tuberías a estar sometidas a esfuerzos variables perturba a las características mecánicas de la misma red, de forma que las tuberías se deterioran más rápidamente incluso llegando a que exista una fractura o fisura de las redes.

En el diseño se observa que las presiones en los demás nudos y líneas de distribución se encuentran en rangos recomendados; tomando en cuenta que la empresa EMAPAR de la ciudad de Riobamba para garantizar una buena distribución de agua debe tener por lo mínimo 10 mca. (Chuquin, 2016).

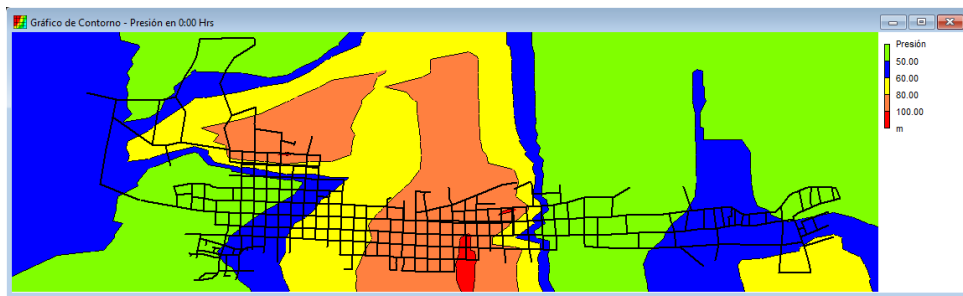


Figura 25-5: Presiones en isolineas
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

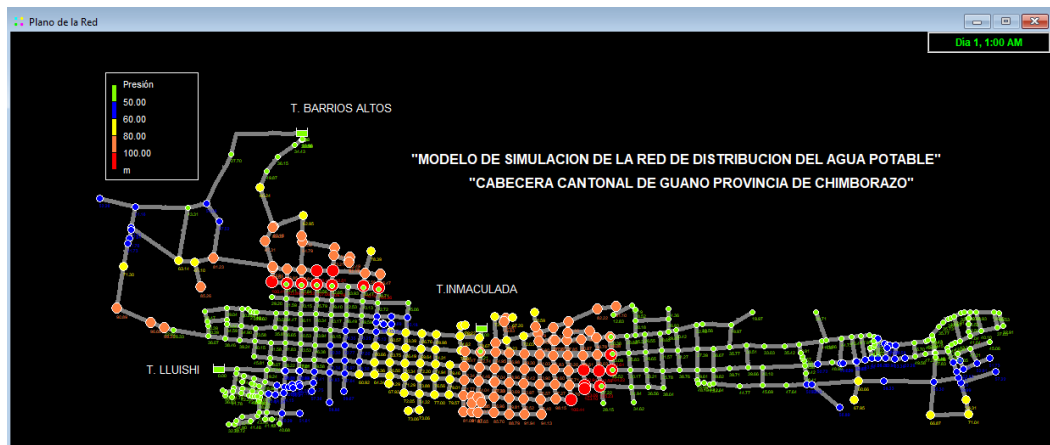


Figura 26-5: Diagrama de Presiones
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.3.4 Interpretación de caudales

Esta interpretación se muestra en la (figuras 26-5; 27-5) o (Anexo J) donde las líneas de caudales según el rango de demanda de las tuberías de salida de los tanques de Lluishi y la Inmaculada se encuentran de color rojo con el caudal mayor de la red, y al contrario donde las líneas están de color celeste se encuentra el caudal mínimo. También se puede observar los caudales que pasan a través del sistema con la finalidad de conocer las tuberías que estarían sobrecargadas.

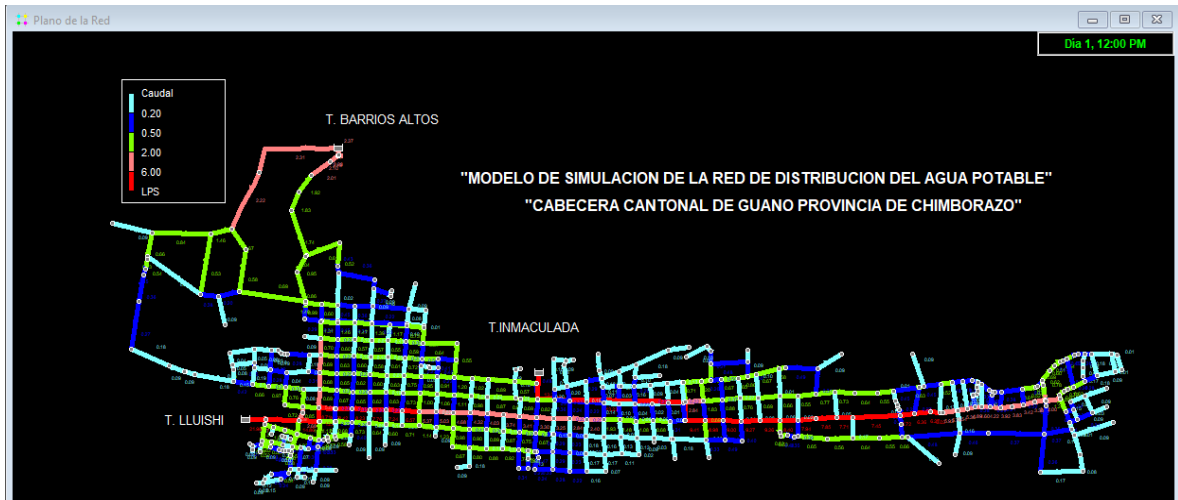


Figura 27-5: Caudal Máximo
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

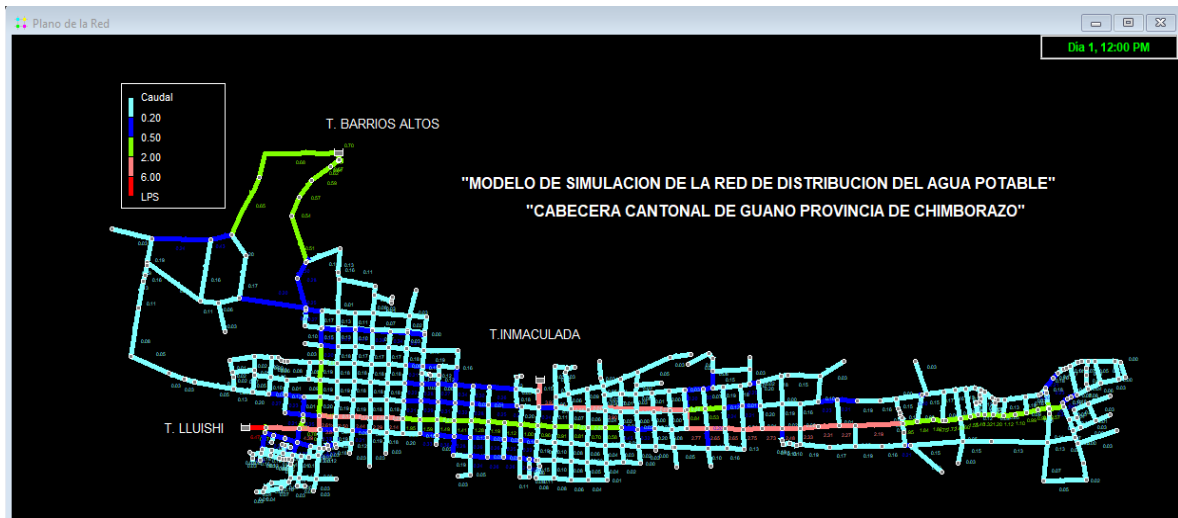


Figura 28-5: Caudal Mínimo
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.3.5 Interpretación de velocidades

Se interpreta que cuando las velocidades aumentan en consecuencia se debe a las horas de mayor consumo (figura 28-5) o (Anexo K), las velocidades máximas son las que dan lugar a las pérdidas por longitud de tubería debido al incremento de fricción entre las tuberías y la capa límite del fluido, aumentando el valor de Reynolds, mismo que es directamente proporcional al factor de fricción y consecuentemente existirá un incremento a las pérdidas primarias.

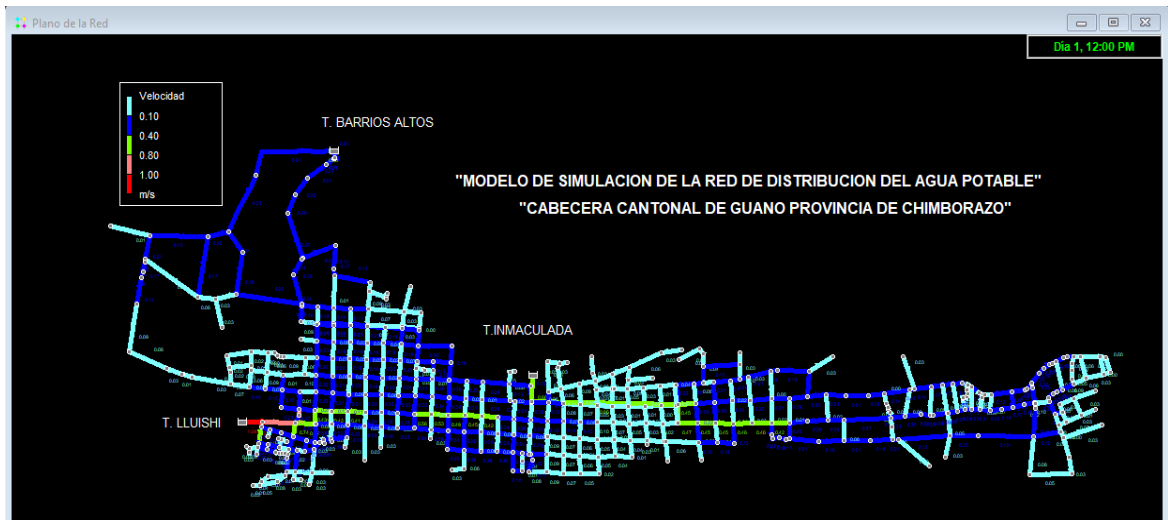


Figura 29-5: Velocidades máximas
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Las consecuencias de las velocidades altas es que existe mayor fricción, un desgaste prematuro y mayor de la tubería, ruidos, vibraciones etc. En cambio cuando existen velocidades bajas se produce sedimentación, reducciones de diámetro que pueden llegar hasta una obstaculización de las tuberías.

5.3.6 Interpretación de pérdidas por longitud de tubería

Para este estudio se utilizará el (figura 29-5) o (Anexo L) donde se detecta la mayor caída de presión en las tuberías de menor diámetro, a razón de que existe un cambio de velocidad, este cambio de velocidad está ligado directamente con la tasa de demanda; cuando el flujo se ha distribuido por diversas tuberías se observa que las pérdidas disminuyen.

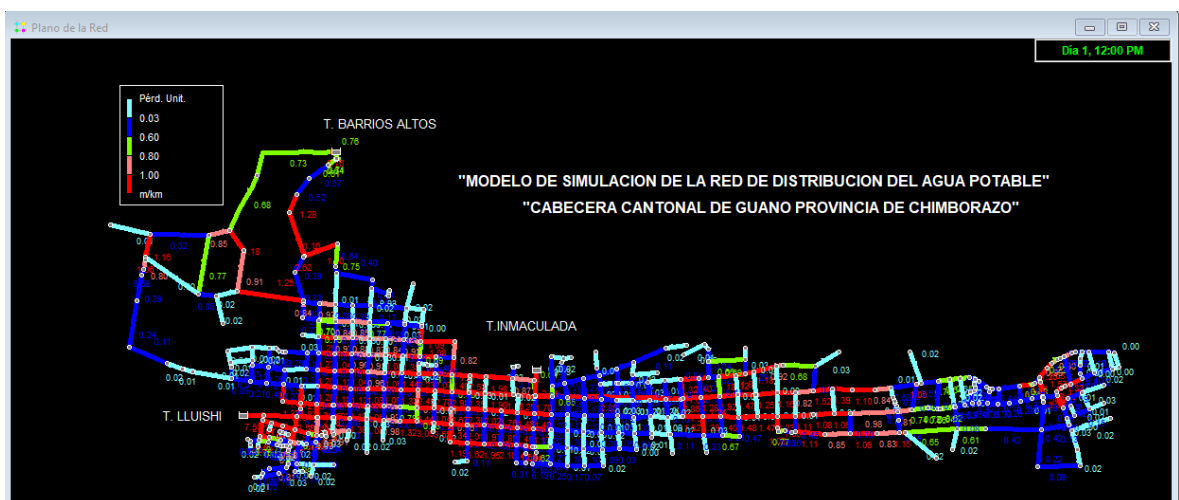


Figura 30-5: Pérdidas por longitud
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

Donde existirá más pérdidas por longitud son las líneas principales de distribución ya que va a variar el caudal y su velocidad según el consumo de la demanda, esto se ve reflejado en las líneas de color rojo con más pérdidas primarias.

5.4 ANÁLISIS POR SECTORES

5.4.1 Análisis red 1 Barrios Altos

5.4.1.1 Análisis de presión

Se debe analizar las presiones máximas y mínimas en la red para poder evidenciar los puntos más críticos donde se pueden generar alteraciones en el sistema.

Como se observa en la (figura 30-5) hay presiones elevadas, puede haber contrariedades de fuga o fisura. También se debe controlar las presiones mínimas ya que el rango mínimo de columna de agua es de 10 mca para poder brindar un servicio adecuado.

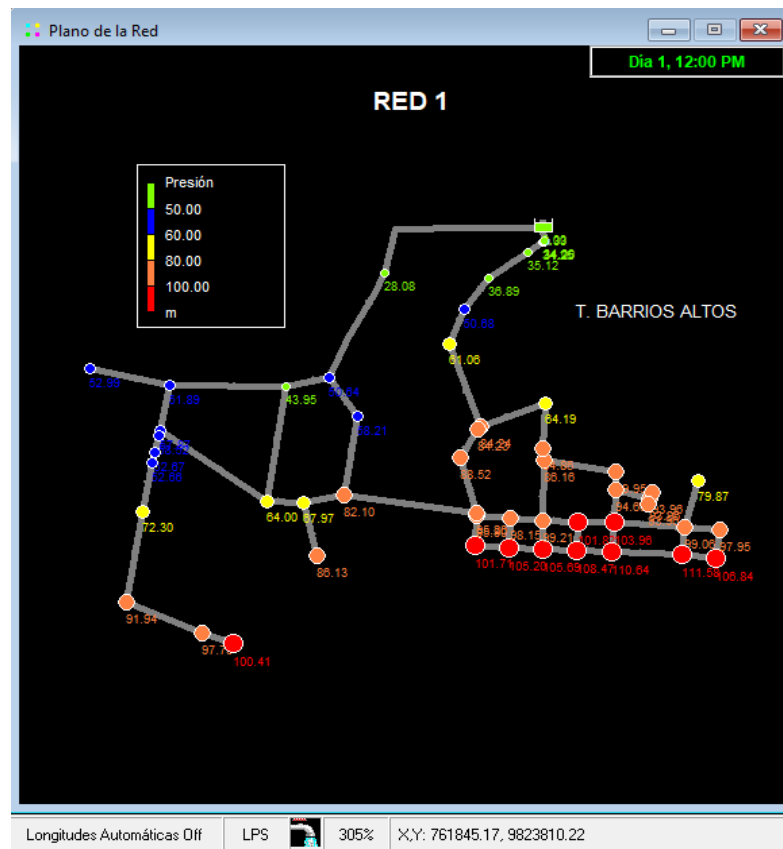


Figura 31-5: Presión red 1
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.1.2 Análisis caudal

A continuación se puede ver el comportamiento del caudal. En esta red el caudal mayor se encuentra en la línea arterial, en esta zona no hay problemas con la distribución.

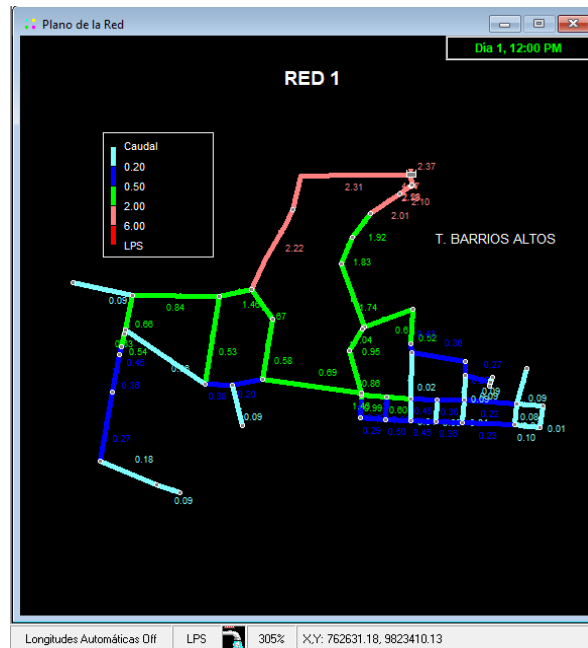


Figura 32-5: Caudal red 1

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En la red 1 los caudales son los más bajos de toda la red de distribución esto se debe a que no existe mucha demanda; se encuentran de color rosado las arterias principales.

5.4.1.3 Análisis velocidades

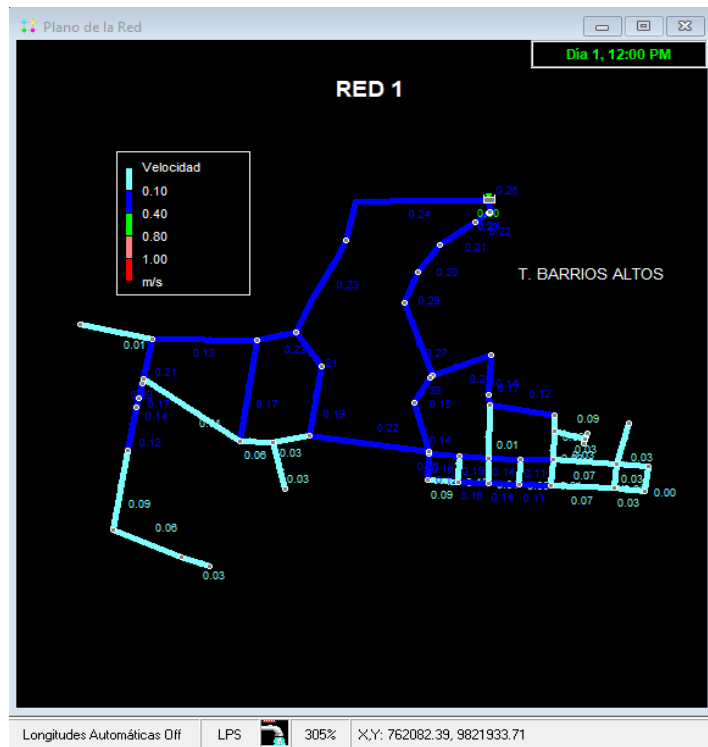


Figura 33-5: Velocidades de distribución red 1.
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En el análisis de las velocidades se estudia las máximas y mínimas como se observa en la (figura 32-5), velocidades máximas se encuentran en azul mientras las mínimas de color celeste, no existen velocidades altas para ocasionar problemas; pero existen velocidades mínimas que pueden causar problemas de sedimentación, y de calidad del agua por el tiempo que permanece en la red.

5.4.1.4 Análisis pérdidas unitarias

Las pérdidas por longitud de tubería se aprecia en la (figura 33-5) las mayores pérdidas primarias se encuentra en las líneas de color rojo (tabla 4-5) estas pérdidas se encuentran donde existe el menor diámetro de la red.

Tabla 4-5: Pérdidas por longitud Red 1

N°	TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	DISTANCIA (m)	PÉRDIDAS UNITARIAS (mca/km)	PÉRDIDAS primarias (mca)
1	37	160	128,87	0,52	0,066
2	p653	90	10,69	1,28	0,013
3	p695	63	194,3	1	0,194

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

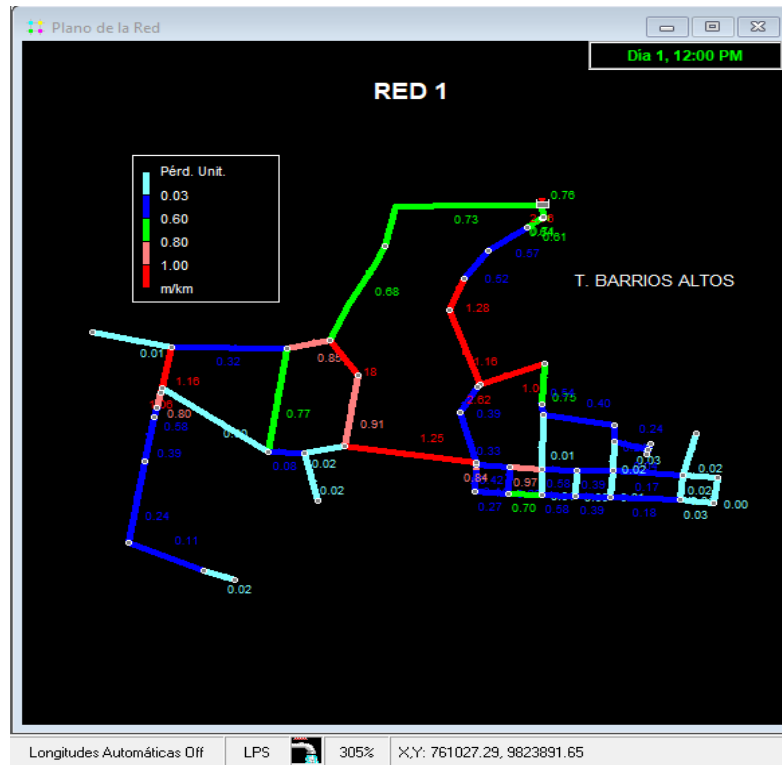


Figura 34-5: Pérdidas por longitud
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.2 *Análisis red 2 Lluishi*

5.4.2.1 *Análisis de presión*

Se puede notar que la presión elevada está situada en la parte más baja de la red, esto se entiende ya que el tanque de distribución se encuentra en una cota elevada respecto a la zona de consumo.

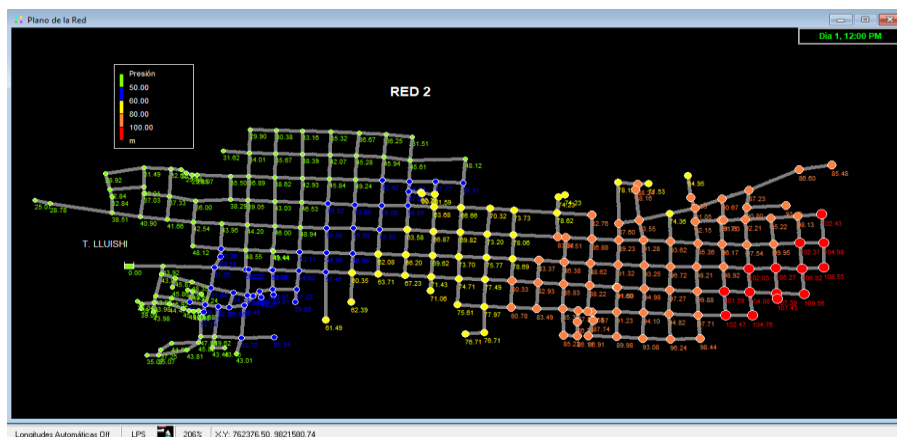


Figura 35-5: Presión red 2
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.2.2 Análisis caudal

Uno de los caudales más elevados que existe es en las líneas arteriales de la red puesto que por aquí pasa la totalidad del fluido para una buena distribución a toda la zona de consumo.



Figura 36-5: Caudal red 2

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En la zona en rojo pasa un caudal mayor a 6 l/s, esta es la parte más comercial de la cabecera cantonal de Guano por eso el consumo de líquido es mayor.

5.4.2.3 Análisis velocidades

En este análisis (figura 36-5) se puede observar que las velocidades no son altas; en la arteria principal es donde se distingue la mayor velocidad del fluido ya que esta zona es la más comercial de la cabecera cantonal de Guano. Se debe llevar un control ya que su velocidad disminuye puede causar algunos problemas de sedimentación y calidad de agua.



Figura 37-5: Velocidades de Distribución red 2
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.2.4 *Análisis pérdidas unitarias*

En esta (figura 37-5) de pérdidas por longitud de tubería es consecuente al gráfico de las velocidades, se puede distinguir por donde existen mayores velocidades del fluido, existirá mayor pérdidas por longitud, ya que el número de Reynolds aumenta y el fluidos se vuelve más turbulento por eso existe más fricción entre la pared de la tubería y la capa límite del fluido; en la (Tabla 5-5) se detalla las perdidas primarias de las tuberías por donde existe mayor perdida.

Tabla 5-5: Pérdidas por longitud Red 2

N°	TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	DISTANCIA (m)	PÉRDIDAS UNITARIAS (mca/km)	PÉRDIDAS primarias (mca)
1	2	160	140	7,53	1,054
2	160	110	89,91	3,44	0,309
3	p33	90	94,08	0,27	0,025
4	p116	63	90,3	1,26	0,113

Elaborado por: Idrobo, P (2018)



Figura 38-5: Pérdidas por longitud red 2
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.3 *Análisis red 3 Inmaculada*

5.4.3.1 *Análisis de presión*

En esta red no existen nudos con sobre presión debido a que el tanque de reserva está en una cota que puede garantizar un excelente abastecimiento a la zona de consumidores.

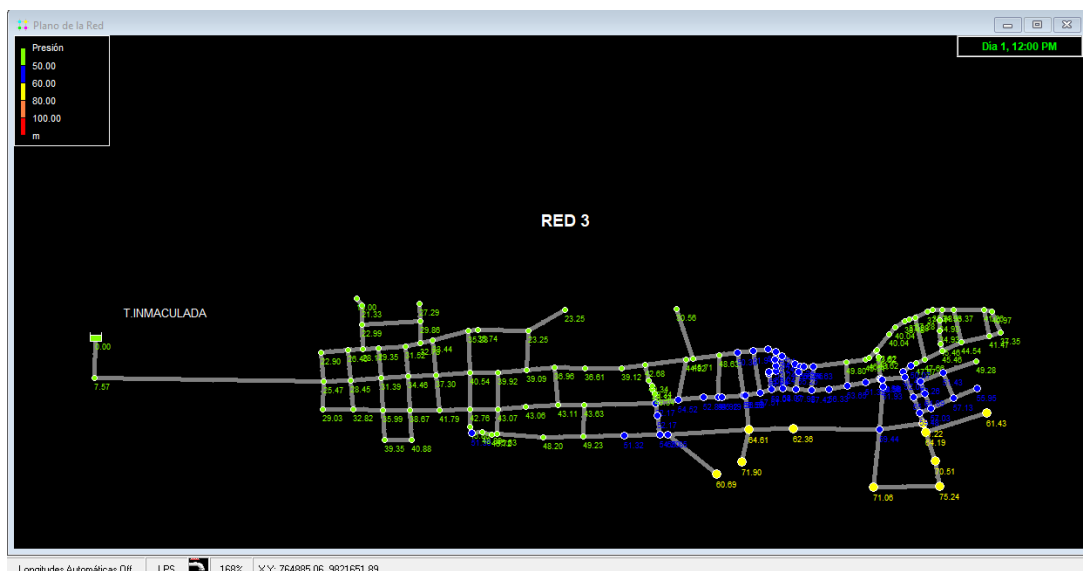


Figura 39-5: Presión red 3
 Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.3.2 Análisis caudal

Siempre la tubería principal será la que tiene mayor caudal para poder abastecer las demás líneas de tuberías, el caudal máximo en horas pico es de 12.78 l/s; los caudales son bajos ya que no existe mucha demanda.

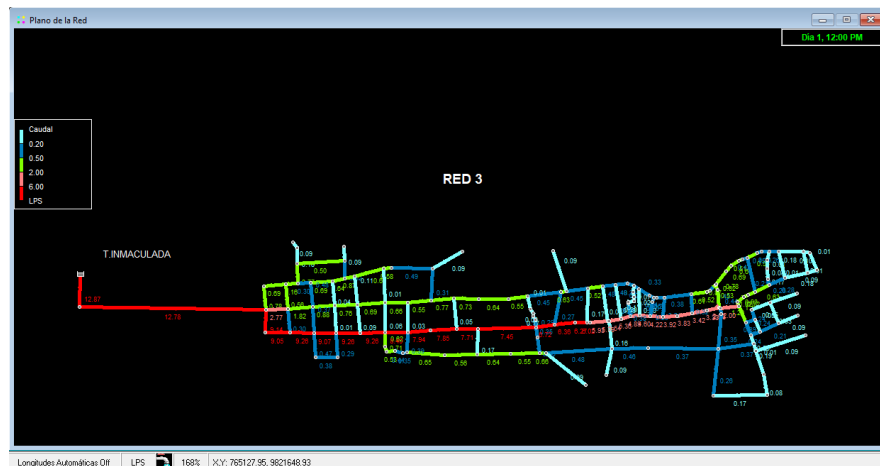


Figura 40-5: Caudal red 3
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.3.3 Análisis velocidades

En la red 3 las velocidades son bajas ya que la cota del tanque de distribución se encuentra en una cota no tan elevada a relación de la red pero lo suficiente para que la distribución sea por gravedad, además los caudales son bajos.



Figura 41-5: Velocidades de la red 3
Elaborado por: Idrobo, P (2018)

5.4.3.4 Análisis pérdidas unitarias

Como se puede ver existe pérdidas por longitud en las líneas principales de distribución ya que va a variar el caudal y su velocidad según el consumo de la demanda, esto se ve reflejado en la (tabla 6-5) son donde existe mayor pérdidas primarias.

Tabla 6-5: Perdidas por longitud red 3

Nº	TUBERÍAS	DIÁMETRO (mm)	DISTANCIA (m)	PÉRDIDAS UNITARIAS (mca/km)	PÉRDIDAS primarias (mca)
1	41	160	774,26	2,69	2,082
2	p453	90	93,3	2,73	0,254
3	p438	63	98,53	1,56	0,153

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

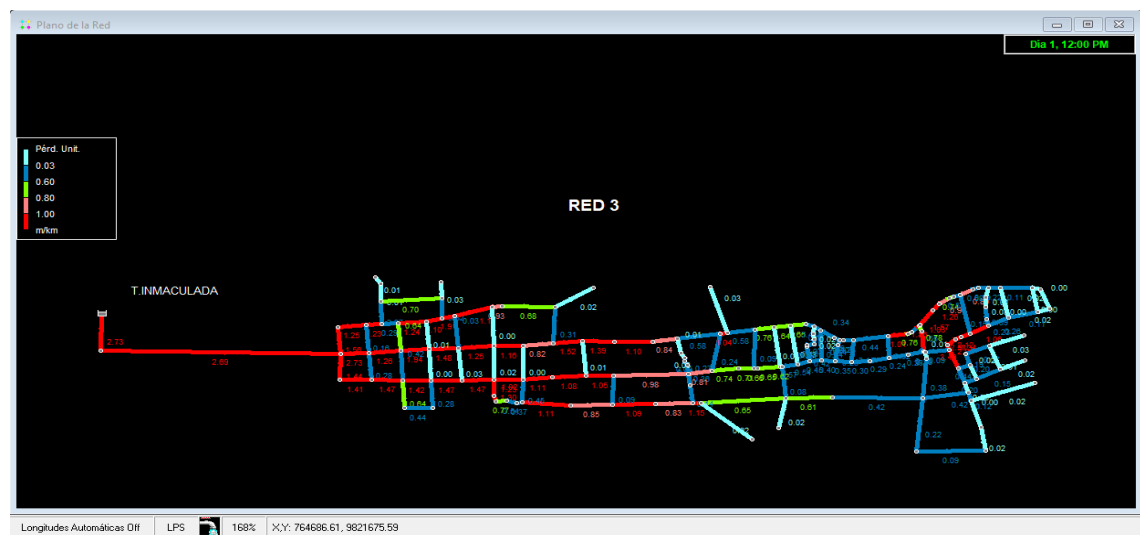


Figura 42-5 Pérdidas por longitud red 3

Elaborado por: Idrobo, P (2018)

En el análisis de la tubería 41 es donde existe mayor perdidas llegando a 2.082 mca no es una pérdida considerable pero a futuro se debe tomar en cuenta ya que existirá una aumento poblacional.

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- ✓ Desarrollar un modelo de simulación mediante el software EPANET que es un software libre cuya finalidad es dar soluciones a escenarios actuales y futuros de la red de distribución de agua potable de la cabecera cantonal de Guano, la misma que sirve para comprender el funcionamiento, detectar las anomalías del sistema y la conocer distribución del fluido.
- ✓ En la red 1 existen presiones elevadas en la parte más baja, esto se debe a que la cota del tanque está en la parte más elevada de la zona provocando una sobre presión en los puntos más bajos. Así mismo el caudal, velocidades y pérdidas por longitud de tubería son las más bajas, esto podría generar problemas a futuro como sedimentación y alterar la calidad del agua ya que el consumo del líquido de la zona es bajo.
- ✓ En la red 2 de la misma manera existen sobre presiones en los nudos que tienen menor cota, en esta parte es donde más consumo existe ya que es la parte central y comercial de la Cabecera Cantonal de Guano, por esta razón sus caudales, velocidades y pérdidas son las más elevadas de las tres redes.
- ✓ En la red 3 las presiones están dentro de lo normal ya que la cota de su tanque está en una altura donde se puede garantizar la distribución del líquido sin inconvenientes; ya que esta parte es domiciliaria es donde más se encuentra caudales, velocidades y pérdidas bajas. Ya que las velocidades son muy bajas puede existir problemas de sedimentación y alterar la calidad del agua.
- ✓ Al efectuar un diagnóstico de la red de distribución de la cabecera cantonal, se determinó que por la elevada cota de sus tanques tiene una excelente presión gracias a su columna de agua, sin embargo las tuberías pueden sufrir fisuras que conlleva a un desperdicio considerable de agua.

6.2 Recomendaciones

- ✓ Se sugiere tener un control del sistema de red de distribución para evitar futuros problemas debido al incremento de la población y su demanda.
- ✓ Se recomienda tener un registro adecuado de los volúmenes inyectados y facturados ya que el comportamiento del sistema de la red tendrá dependencia de los datos extraídos.
- ✓ Se recomienda tener personal capacitado para el buen uso y beneficio tanto del municipio de guano (GAD), como de los beneficiarios para que exista la menor cantidad de anomalías en el sistema.
- ✓ Recomendamos colocar medidores en cada vivienda ya que con ese dato tendremos un control de flujo entrante a cada hogar.
- ✓ Se recomienda cobrar por consumo, para crear conciencia en los usuarios del uso desmedido del líquido vital.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, G. (Julio de 2006). *MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS A PRESIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS*. Obtenido de *MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS A PRESIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS* : https://www.upct.es/hidrom/publicaciones/Tesis_pfc/PFC_MMarGracia_2006.pdf
- Alzamora, F. M. (2001). *EPANET.info*. Obtenido de http://epanet.info/wp-content/uploads/2012/10/epanet2_manual.pdf
- América, C. d. (Septiembre de 1998). *Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador*. Obtenido de *Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador*: http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/6/44576/04_EC-evaluacion-recursos-agua.pdf
- Barbosa, I. E. (2009). *ECOATLAS*. Obtenido de EcoRed: <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/Taller%202/manual%20arcView.pdf>
- Bartolin, & Martinez. (2003). *Manual del Usuario. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Grupo REDHISP*. Valencia, España.
- Boullosa, N. (2 de Junio de 2011). *Faircompanies*. Obtenido de Faircompanies: <https://faircompanies.com/articles/10-tecnologias-para-evitar-la-crisis-del-agua-potable/>
- Chuquin, N. (Enero de 2016). *ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMATICO DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA-ECUADOR PROPUESTA DE MEJORA*. Obtenido de *ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMATICO DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA-ECUADOR PROPUESTA DE MEJORA*: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76177/TFM%20CHUQUIN%20SANTIA%20GO.pdf?sequence=1>
- CIDTA, C. d. (2015). Tipos de Redes. *Redes de Abastecimiento de agua: Partes del*

Abastecimiento y Tipos de Redes, 1-7.

CONAGUA. (Diciembre de 2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*.

Obtenido de Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.:

<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/viewFile/692/671>

Decisión 584. (7 de Mayo de 2004). Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Guayaquil.

Obtenido

de

<http://www.utm.edu.ec/unidadriesgos/documentos/decision584.pdf>

El lenguaje internacional de los símbolos gráficos de ISO. (2010). *El lenguaje internacional de los símbolos gráficos de ISO*.

ESPINOZA, G. (2004). Utilización del EPANET a un Sistema de Agua Potable. *Academia*, 22-34.

ESRI. (Marzo de 2017). *ArcGIS Resources*. Obtenido de ArcGIS Resources:

<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Esri, I. E. (2018). <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/map/main/a-quick-tour-of-arcmap.htm>.

Guía Técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo INSHT. (1997). *Señalización*.

Hamona, L. (18 de Septiembre de 2014). *Agua Potable en Chimborazo*. Obtenido de Situación del Agua Potable en los Diferentes Cantones de Chimborazo:

<http://aguapotableenchimborazo.blogspot.com/>

INEC, I. N. (21 de Marzo de 2013). 76,51% de hogares ecuatorianos tienen acceso al agua potable. *El Universo*.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. (14 de abril de 1997).

Señalización de seguridad y salud en el trabajo.

MASS. Monitoreo de Agua, s. y. (2015). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de

Organización Mundial de la Salud:

http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/

NTE INEN-ISO 3864-1. (2013). Símbolos Gráficos de colores de seguridad y señales de seguridad. Obtenido de Símbolos gráficos. Colores de seguridad e indicaciones de

seguridad.

NTP 361, I. N. (1999). *Planes de emergencia en lugares de pública ocurrencia*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_361.pdf

Resolución 513, S. G. (10 de Noviembre de 2011). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. Obtenido de <http://sart.iess.gob.ec/DSGRT/portal/documentos/CD513.pdf>

Secretaría de Gestion de Riesgos. (2015). *Modelo Integral de Plan Institucional de Gestión de Riesgos*.

SENAGUA. (2016). Estrategia Nacional de Agua Potable y Saneamiento. *Universalización del acceso a servicios de agua y saneamiento dignos*, 13-15.

Solbes, & Alzamora. (2006). *Combinación de Modelos Matemáticos y SIG para la Gestión Eficiente de Redes. III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*.

Valencia, I. d. (15 de Abril de 2011). *ITA de la Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de Como Convertir un Fichero de Autocad a Epanet: <http://www.aguayciudad.com/?p=60>

Vallejo, I. P., & CMP. (2015). ESTUDIOS DEL PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA CABECERA CANTONAL DE GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. *Memoria Técnica*, 106-108.

Villa, S. (26 de Octubre de 2014). *Monografías*. Obtenido de Historia del programa Autocad: <http://www.monografias.com/trabajos73/historia-programa-autocad/historia-programa-autocad.shtml>