



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Actualización de los modelos hidráulicos del sistema  
Tomebamba, sector El Cebollar.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO CIVIL CON ENFÁSIS EN GERENCIA  
DE CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**JUAN ESTEBAN CORREA LEÓN  
LEONEL VICENTE PINEDA VILLAVICENCIO**

**Director:**

**JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ**

**CUENCA-ECUADOR**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a mis padres, Urbano Pineda y Cornelia Villavicencio por haber estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome, apoyándome en todo lo que he necesitado, dándome fortaleza cada día para salir adelante, siendo ellos los principales pilares de mi vida. A ellos, que nunca que se dan por vencidos.

A mis hermanos Jorge y Edwin, por su amor y paciencia en estos años de estudio.

**Leonel Vicente Pineda Villavicencio.**

Quiero dedicar el correspondiente trabajo de titulación a los motores de mi vida. Mis padres Wilman Correa Y Angélica León quienes desde muy pequeño han sabido guiar cada uno de mis pasos con mano dura y firme, pero sobre todo con mucho amor, por su sacrificio y apoyo incondicional en cada una de mis decisiones, haciendo que sea posible alcanzar una de nuestras metas más anheladas.

De manera especial a mis abuelos Bolívar León y Graciela Torres quienes me han sabido transmitir la sabiduría de sus años con infinito cariño, para así formar el carácter de un profesional que pueda tomar decisiones correctas a las distintas adversidades que se presenten en la vida.

**Juan Esteban Correa León.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro agradecimiento:

A nuestro director de Tesis Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez, Mst, por las enseñanzas y conocimientos impartidos, pero sobre todo por la confianza brindada para poder ejecutar este proyecto de titulación.

A nuestro tribunal conformado por el Ing. Javier Fernández de Córdova y la Ing. Belén Arévalo y al personal que conforma ETAPA EP.

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos específicos: .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>1. CONCEPTOS PRELIMINARES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Información cartográfica .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Redes de abastecimiento de agua potable.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Hidráulica de tuberías .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1. Flujo permanente .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2. Ecuación de la energía .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.3. Ecuación de la continuidad .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.4. Fórmula de Darcy-Weisbach .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>1.3.5. Fórmula de Hazen Williams.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.6. Fórmula de Manning .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.7. Flujo no permanente .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. Aplicación de AutoCAD Map 3D .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. Aplicación de ArcMAP.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6. Aplicación de WaterGEMS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.7. Criterios para la evaluación de una red de distribución.....</b>	<b>10</b>
<b>1.7.1. Velocidades .....</b>	<b>10</b>
<b>1.7.2. Presión.....</b>	<b>10</b>

1.7.3.	Caudal .....	10
1.7.4.	Diámetros .....	11
1.7.5.	Pérdidas de carga .....	11
1.7.6.	Rugosidad del material .....	11
1.7.7.	Elevaciones.....	11
<b>CAPITULO II .....</b>		<b>12</b>
2.	<b>RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>12</b>
2.1.	Información demográfica.....	12
2.2.	Información Topográfica .....	15
2.3.	Información catastral .....	16
2.4.	Consumos.....	16
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>17</b>
3.	<b>MODELACIÓN HIDRÁULICA .....</b>	<b>17</b>
3.1.	<b>Elementos hidráulicos existentes en redes de distribución de agua potable.....</b>	<b>17</b>
3.1.1.	Tanque de almacenamiento .....	17
3.1.1.1	Tanques superficiales.....	18
3.1.1.2	Tanques elevados .....	18
3.1.2.	Red de distribución de agua .....	18
3.1.3.	Accesorios .....	18
3.1.4.	Reductores de presión .....	18
3.1.5.	Válvulas rompe presiones .....	18
3.1.6.	Válvulas de control.....	19
3.1.7.	Válvulas de operación .....	19
3.1.8.	Hidrantes .....	19
3.2.	<b>Actualización de los modelos hidráulicos con el software <i>WaterGEMS</i></b>	<b>19</b>
3.2.1.	Tuberías .....	19
3.2.2.	Tanque de almacenamiento .....	20
3.2.3.	Válvula de aire.....	20
3.2.4.	Válvula de purga .....	20
3.2.5.	Válvula de control .....	20
3.2.6.	Estación reductora de Presión .....	20
3.2.7.	Hidrantes .....	21

<b>3.3. Información del WaterGEMS al ArcGIS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. Asignación de propiedades utilizando GIS.....</b>	<b>21</b>
3.4.1. Lectura de usuarios con sistema de medidores.....	21
3.4.2. Cálculo de caudales .....	22
<b>3.5. Elaboración del modelo hidráulico en el software.....</b>	<b>25</b>
3.5.1. Parámetros y unidades hidráulicas .....	25
3.5.2. Información de GIS a WaterGEMS .....	26
3.5.2.1 Asignación automática de las elevaciones y las demandas de los nodos	26
3.5.3. Datos en campo .....	32
3.5.4. Elección de criterio para calibración del modelo en red abierta .....	43
<b>3.6. Sectorización de los modelos hidráulicos.....</b>	<b>50</b>
<b>3.7. Análisis y comparación de los diferentes escenarios con respecto a la situación actual.....</b>	<b>54</b>
3.7.1. Resultados .....	54
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>65</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 Sectores de la red de agua potable sector El Cebollar .....	3
Figura 1.2 Interfaz AutoCAD Map 3D .....	8
Figura 1.3 Interfaz ArcMap.....	9
Figura 1.4 Interfaz WaterGEMS .....	10
Figura 3.1 Gráfica de tubería .....	20
Figura 3.2 Pantalla de visualización de medidores correspondiente al sector Cristo Rey - Sector 4A1. ....	22
Figura 3.3 Ventana de propiedades de Medidores (ArcGIS).....	25
Figura 3.4 Ventana de unidades de WaterGEMS .....	26
Figura 3.5 TRex Wizard para cargar elevaciones .....	27
Figura 3.6 Elevaciones cargadas en Trex Wizard.....	28
Figura 3.7 Ventana ModelBuilder.....	29
Figura 3.8 LoadBuilder Wizard demandas para medidores.....	29
Figura 3.9 Ventana de campos para cargar archivo de demandas para medidores....	30
Figura 3.10 Demandas cargadas por el método de medidores.....	31
Figura 3.11 Determinación de label para demandas por el método de medidores ....	32
Figura 3.12 Ubicaciones y presiones de Sector Cebollar 2 (3.2).....	33
Figura 3.13 Ubicaciones y presiones de Sector Cebollar Red Alta (3.1).....	34
Figura 3.14 Ubicaciones y presiones de Sector Cristo Rey 4A .....	35
Figura 3.15 Ubicaciones y presiones del sector Cristo Rey 4A1 .....	36
Figura 3.16 Ubicaciones y presiones de Sector Cruz Verde 4B1 .....	37
Figura 3.17 Ubicaciones y presiones del sector Cruz Verde 4B2.....	38
Figura 3.18 Ubicaciones y presiones de Sector Mutualista 1 (2.1).....	39
Figura 3.19 Ubicaciones y presiones de Sector Cruz Verde 4B2 .....	40
Figura 3.20 Ubicaciones y presiones de Sector Mutualista 2 (2.2).....	41
Figura 3.21 Ubicaciones y presiones de Sector San Pedro 1 .....	41
Figura 3.22 Ubicaciones y presiones de Sector Turi 6B.....	42
Figura 3.23 Ventana herramienta Darwin Calibrator.....	43
Figura 3.24 Ventana Darwin Calibrator (New Calibration Study) .....	44
Figura 3.25 Ventana Calibration Criteria.....	44
Figura 3.26 Ventana Field Data Snapshots .....	44
Figura 3.27 Ventana Observed Target .....	45

Figura 3.28 Roughness Groups .....	45
Figura 3.29 Ventana de Roughness Groups/ Elemet IDs.....	46
Figura 3.30 Ventana New Calibration Study de la simulación manual .....	46
Figura 3.31 Ventana Darwin Calibrator de la simulación manual.....	46
Figura 3.32 Solutions número Fitness de la simulación manual.....	47
Figura 3.33 Correlation Graph de la simulación manual .....	48
Figura 3.34 Ventana New Calibration Study de la simulación con optimización .....	48
Figura 3.35 Ventana Options de la simulación con optimización .....	49
Figura 3.36 Ventana Graph de la simulación con optimización .....	50
Figura 3.37 Ventana Solutions numero Fitness de la simulación con optimización .	50
Figura 3.38 Sectorización correspondiente al sector Cruz Verde –Sector 4B1 .....	51
Figura 3.39 Localización de válvula a cerrar en AutoCAD.....	52
Figura 3.40 Localización de válvula a cerrar en WaterGEMS .....	52
Figura 3.41 Propiedades de válvula .....	53
Figura 3.42 Calibración final Cebollar 2 –Sector 3.2 .....	55
Figura 3.43 Calibración final Cebollar Red Alta – Sector 3.1 .....	56
Figura 3.44 Calibración final Cristo Rey – Sector 4A.....	57
Figura 3.45 Calibración final Cristo Rey – Sector 4A1 .....	58
Figura 3.46 Calibración final Cruz Verde – Sector 4B1 .....	59
Figura 3.47 Calibración final Cruz Verde – Sector 4B2.....	60
Figura 3.48 Calibración final Mutualista 1 –Sector 2.1 .....	61
Figura 3.49 Calibración final Mutualista 1 –Sector 2.2.....	62
Figura 3.50 Calibración final San Pedro –Sector 1 .....	63
Figura 3.51 Calibración final Turi –Sector 6B.....	64

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1 Densidades poblacionales Cebollar 2 - Sector 3.2.....	12
Tabla 2.2 Densidades poblacionales Cebollar Red Alta - sector 3.1 .....	12
Tabla 2.3 Densidades poblacionales Cristo Rey –Sector 4A.....	13
Tabla 2.4 Densidades poblacionales Cristo Rey –Sector4A.....	13
Tabla 2.5 Densidades poblacionales Cruz Verde –Sector 4B1.....	13
Tabla 2.6 Densidades poblacionales Cruz Verde –Sector4B2.....	14
Tabla 2.7 Densidades poblacionales Mutualista 1 – Sector 2.1.....	14
Tabla 2.8 Densidades poblacionales Mutualista 2 – Sector 2.2.....	14
Tabla 2.9 Densidades poblacionales San Pedro – Sector 1.....	15
Tabla 2.10 Densidades poblacionales Turi – Sector 6B .....	15
Tabla 2.11 Cartas Topográficas .....	16
Tabla 3.1 Simbología de los elementos hidráulicos.....	17
Tabla 3.2 Factores para el cálculo de caudales .....	22
Tabla 3.3 Condiciones del factor de mayoración.....	25
Tabla 3.4 Presiones del muestreo del sector Cebollar 2 (3.2).....	33
Tabla 3.5 Presiones del muestreo del sector Cebollar Red Alta (3.1).....	34
Tabla 3.6 Presiones del muestreo del sector Cristo Rey 4A .....	35
Tabla 3.7 Presiones del muestreo del sector Cristo Rey 4A1 .....	36
Tabla 3.8 Presiones del muestreo del sector Cruz Verde 4B1 .....	37
Tabla 3.9 Presiones del muestreo del sector Cruz Verde 4B2.....	38
Tabla 3.10 Presiones del muestreo del sector de Mutualista 1 .....	39
Tabla 3.11 Presiones del muestreo del sector Cruz Verde 4B2.....	40
Tabla 3.12 Presiones del muestreo del sector de Mutualista 2 .....	41
Tabla 3.13 Presiones del muestreo del sector de San Pedro 1 .....	42
Tabla 3.14 Presiones del muestreo del sector de Turi 6B.....	43
Tabla 3.15 Manual de operaciones Cruz Verde – Sector 4B1 .....	51
Tabla 3.16 Manual de operaciones asignación de etiquetas .....	53
Tabla 3.17 Tolerancia de presiones Cebollar 2 –Sector 3.2.....	55
Tabla 3.18 Tolerancia de presiones Cebollar Red Alta – Sector 3.1 .....	56
Tabla 3.19 Tolerancia de presiones Cristo Rey – Sector 4A .....	57
Tabla 3.20 Tolerancia de presiones Cristo Rey – Sector 4A1 .....	58
Tabla 3.21 Tolerancia de presiones Cruz Verde – Sector 4B1 .....	59

Tabla 3.22 Tolerancia de presiones Cruz Verde – Sector 4B2 .....	60
Tabla 3.23 Tolerancia de presiones Mutualista 1 –Sector 2.1 .....	61
Tabla 3.24 Tolerancia de presiones Mutualista 1 –Sector 2.2 .....	62
Tabla 3.25 Tolerancia de presiones San Pedro –Sector 1 .....	63
Tabla 3.26 Tolerancia de presiones Turi –Sector 6B.....	64

## INDICE DE ANEXOS

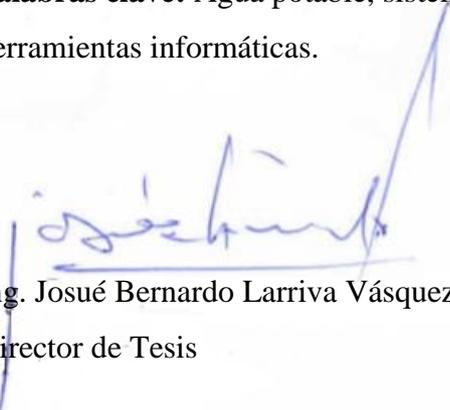
Anexo 1 Catastros de las redes de distribución del sistema de agua potable del cantón Cuenca actualizados al año 2019 .....	69
Anexo 2 Catastros de las redes de distribución del sistema de agua potable del sector El Cebollar .....	69
Anexo 3 Archivo Excel de tuberías actualizadas .....	69
Anexo 4 Archivo shape de medidores .....	69
Anexo 5 Determinación de habitantes por medidores para los sectores del sistema de agua potable del sector de El Cebollar .....	69
Anexo 6 Archivo Shape de base poblacional.....	69
Anexo 7 Modelo a red abierta de la red distribución de agua potable del sector El Cebollar.....	69
Anexo 8 Archivo CAD de curvas de nivel del cantón Cuenca .....	69
Anexo 9 Válvulas a mantener cerradas y abiertas .....	69
Anexo 10 Modelo sectorizado de la red de distribución de agua potable del sector El Cebollar.....	90
Anexo 11 Resumen de velocidades de las diferentes proyecciones poblacionales. ..	90
Anexo 12 Resumen de pérdida de carga de las diferentes proyecciones poblacionales .....	92
Anexo 13 Resumen de presiones de las diferentes proyecciones poblacionales .....	95

**Actualización de los modelos hidráulicos del sistema Tomebamba, sector El Cebollar**

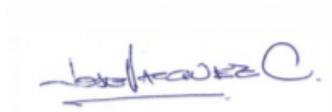
**RESUMEN**

La red de agua potable del sistema de abastecimiento Tomebamba del cantón Cuenca, de la Provincia del Azuay, abastece del líquido vital al sector “El Cebollar”. Este trabajo se enfoca principalmente en realizar la elaboración del modelo hidráulico del sistema, a partir del cual se han realizado simulaciones para diferentes escenarios de funcionamiento con el fin de evaluar el sistema y proponer mejoras a corto y largo plazo. Para la elaboración del modelo hidráulico se utilizó el software WaterGEMS, alimentado por información topológica a partir del CAD, y poblaciones y caudales generados en un GIS. El modelo del sistema es una herramienta de planificación para la operación de las redes de distribución administradas por la empresa ETAPA EP.

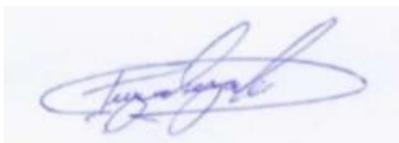
**Palabras clave:** Agua potable, sistema de abastecimiento, modelos hidráulicos, herramientas informáticas.



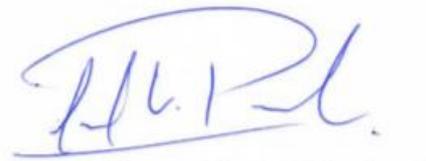
Ing. José Bernardo Larriva Vásquez  
Director de Tesis



Ing. José Fernando Vásquez Calero  
Director de Escuela



Juan Esteban Correa León



Leonel Vicente Pineda Villavicencio

Autores

**Update of the hydraulic models of the Tomebamba system, El Cebollar sector.**

**ABSTRACT**

The potable water system that supplies Tomebamba, Cuenca canton, Azuay province, supplies “El Cebollar” with the vital liquid. This paper mainly focuses in developing a hydration model for the system, from which simulations have been made form different working scenarios to evaluate the system and propose improvements in the short and long run. WaterGEMS software was used for the development of the hydraulic model, which was fed by topological information from the CAD, and populations and flows generated by the GIS. The system model is planification tool to operate the distribution networks which are administered by the company ETAPA EP.

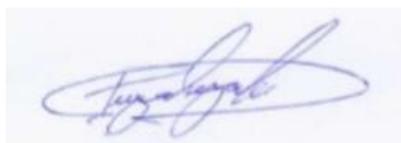
**Keywords:** Drinking water, supply system, hydraulic models, IT tools.



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
Thesis Director



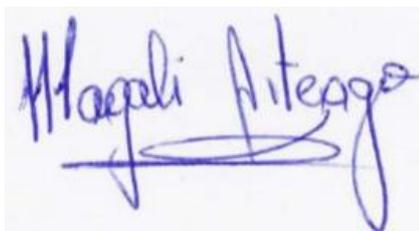
Ing. José Fernando Vásquez Calero  
School Director



Juan Esteban Correa León



Leonel Vicente Pineda Villavicencio



Magali Aiteaga

Authors

Juan Esteban Correa León

Leonel Vicente Pineda Villavicencio

Trabajo de Titulación

Mst. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Mayo, 2020

## **“ACTUALIZACIÓN DE LOS MODELOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA TOMBAMBA, SECTOR EL CEBOLLAR”.**

### **INTRODUCCION**

El abastecimiento del suministro de agua se da mediante una red de distribución la cual engloba todos los procesos que permiten llevar agua desde la fuente hasta el hogar de cada ciudadano. Los avances tecnológicos permiten diseñar la red de distribución para una localidad mediante softwares especializados, basados en la modelación hidráulica, permiten además tomar decisiones para la operación y mantenimientos de los sistemas y planificar las mejoras que requieran los mismos.

Para la actualización y modelación del sistema hidráulico que abastece agua potable a los sectores de El Cebollar, se recopilará información de los sistemas existentes, se actualizarán los modelos hidráulicos con los que cuenta la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca ETAPA EP, y se realizarán simulaciones del comportamiento hidráulico en la red de distribución. Los resultados de las simulaciones se evaluarán y servirán para la construcción de las formulaciones actualizadas de los modelos, los cuales brindarán soluciones y, además, informarán de la existencia de posibles reemplazos de conexiones que fuesen necesarias.

Este análisis servirá en la actualización del modelo antiguo permitiendo una calibración que se asemeje a la realidad del funcionamiento que se lleva a cabo en el año 2019, para así proponer alternativas en el rediseño o soluciones.

#### **Antecedentes**

La ciudad de Cuenca cuenta con un sistema de distribución de agua potable que cuenta con 22 zonas de presión, el sistema es efectuado completamente por gravedad salvo dos sectores altos de la ciudad. Dependiendo del caudal que produce cada una de las

plantas estas abastecen a un número definido de sectores en cuatro zonas urbanas (El Cebollar, Sustag, Tixan, San Pedro) (ETAPAEP, 2020).

La empresa ETAPA EP cuenta con 33 Centros de Reserva ubicados estratégicamente en varios sectores de la ciudad, con capacidad de 120.000 metros cúbicos de reserva para la ciudad. En el área rural cada una de las Plantas cuenta con la reserva necesaria y suficiente para la población abastecida. Las redes de distribución de agua potable alcanzan una cobertura del 96% en el área Urbana y el 88% en el área Rural

El sistema de distribución Tomebamba está en funcionamiento desde el año 1949 y se abastece de la planta de tratamiento de agua “El Cebollar”, esta con una capacidad instalada de 1000 l/s (ETAPAEP, 2020).

### **Alcance**

La información catastral obtenida es indispensable para el proceso de actualización, con el fin de obtener modelos hidráulicos calibrados que permitan realizar evaluaciones necesarias para estudios o planificación, y así garantizar una buena calidad de servicio a los usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable Tomebamba en el sector del Cebollar.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Realizar la actualización de la modelación hidráulica del sistema Tomebamba para abastecimiento de agua potable en el sector de El Cebollar.

#### **Objetivos específicos:**

- Recopilar los datos topográficos, demográficos e hidráulicos que sirvan para generar la información necesaria para la construcción de los modelos de abastecimiento de agua potable actuales de cada sector.
- Construir los modelos hidráulicos con un software especializado, en el cual se correrán las simulaciones para cada sector.
- Tomar datos en campo para compararlos con los resultados obtenidos y realizar la calibración necesaria en los modelos.

## CAPITULO I

### 1. CONCEPTOS PRELIMINARES

#### 1.1. Información cartográfica

Los sectores: Cebollar 2, Cebollar Alta, Cristo Rey, Cruz Verde, Mutualista 1, Mutualista 2, San Pedro y Turi se encuentran ubicados en el este, centro y oeste de la ciudad de Cuenca. Estos sectores tienen una altura promedio de 2550 m.s.n.m. y el clima es variado entre épocas frías y calientes. La siguiente Figura 1.1 se detalla la distribución de los sectores.



Figura 1.1 Sectores de la red de agua potable sector El Cebollar

Fuente: Autores

#### 1.2. Redes de abastecimiento de agua potable

Se denomina red de abastecimiento de agua potable a un conjunto de instalaciones que tienen el propósito de transportar agua desde una captación hacia los diferentes puntos domiciliarios, con el fin de poder satisfacer necesidades domésticas, públicas,

comerciales e industriales con lo que respecta al agua potable (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-602, 1992).

### 1.3. Hidráulica de tuberías

La posibilidad de poder transportar fluidos incluso en contrapendientes muy prolongadas es estudiada por la hidráulica de tuberías, dichas conducciones se realizan por distintos tipos de tuberías que varían en sus componentes materiales facilitando la movilidad de los fluidos hacia sus puntos de llegada.

#### 1.3.1. Flujo permanente

Se denomina flujo permanente al que mantiene sus propiedades y condiciones de movimiento constantes, es decir, que no varían con respecto al tiempo (Giles, Evett, & Liu, 1994).

$$\frac{dV}{dt} = 0; \frac{d\rho}{dt} = 0; \frac{dP}{dt} = 0; \frac{dQ}{dt} = 0 \quad (1)$$

Dónde:

$\rho$  = Densidad

P = Presión

V = Velocidad media

Q = Caudal

t = Tiempo

#### 1.3.2. Ecuación de la energía

Se trata de una ecuación obtenida bajo los parámetros de la ley de conservación de la energía, la cual indica que un fluido en movimiento está conformado además de su energía interna, por energías debidas a la presión, velocidad y a su posición en el espacio (Giles, Evett, & Liu, 1994).

La ecuación en los flujos permanentes es:

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_A - H_L - H_E = \frac{\rho_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2)$$

Dónde:

$\rho$  = Presión (Kg/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Peso específico del agua (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$Z$  = Elevación (m)

$V$  = Velocidad media (m/s)

$HA$  = Altura añadida (m)

$HL$  = Altura perdida (m)

$HE$  = Altura extraída (m)

### 1.3.3. Ecuación de la continuidad

Esta ecuación de continuidad para flujos permanentes explica que la masa de un fluido no varía con respecto al tiempo. La ecuación obtenida es la siguiente (Giles, Evett, & Liu, 1994).

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{constante} \quad (3)$$

### 1.3.4. Fórmula de Darcy-Weisbach

Se calculan pérdidas de carga en las tuberías usando el software WaterGEMS mediante:

$$\text{Pérdida de carga} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

Donde:

$f$  = Coeficiente de fricción

$L$  = Longitud (m)

$V$  = Velocidad (m/s)

$D$  = Diámetro (m)

$g$  = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Para el cálculo del coeficiente de fricción se utiliza la ecuación de Swamee y Jain:

$$f = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{\frac{S}{D}}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2} \quad (5)$$

Donde:

f = Factor de fricción

S = Medida del tamaño de las proyecciones de la rugosidad

D = Diámetro

Re = Numero de Reynolds (Flujo laminar  $Re < 2000$  y flujo turbulento  $Re > 4000$ )

Se recomienda la ecuación Colebrook – White para el cálculo f debido a que el material de las tuberías influye en las pérdidas de carga.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0.869 \ln \left( \frac{\frac{S}{D}}{3.7} + \frac{2.523}{Re * \sqrt{f}} \right) \quad (6)$$

Donde:

f = Factor de fricción

S = Medida del tamaño de las proyecciones de la rugosidad

D = Diámetro

Re = Numero de Reynolds (Flujo laminar  $Re < 2000$  y flujo turbulento  $Re > 4000$ )  
(Giles, Evett, & Liu, 1994).

### 1.3.5. Fórmula de Hazen Williams

La fórmula de Hazen-Williams es también una opción para el cálculo de las pérdidas de carga, y resulta ser más directa que la anterior por tanto será usada para el cálculo (Giles, Evett, & Liu, 1994).

$$V = 0.8492 * C * R^{0.83} * S^{0.54} \quad (7)$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

R = radio hidráulico (m)

C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

S = pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto).

### 1.3.6. Fórmula de Manning

Manning es la fórmula que utiliza el software WaterGEMS para el cálculo hidráulico en las tuberías, siendo esta:

$$V = \frac{1.0}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (8)$$

Donde:

V = velocidad en m/s

R = radio hidráulico en m

n = coeficiente de rugosidad de Manning

S = pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto)

### 1.3.7. Flujo no permanente

El flujo no permanente se da cuando existe variación, en las características del flujo, con respecto al tiempo (Giles, Evett, & Liu, 1994).

Una red de distribución puede variar en ciertas horas del día con mayor frecuencia según sean las solicitudes de los usuarios, aumentando o disminuyendo así las pérdidas de presión.

Para esto es necesario realizar un modelo dinámico que permita tener un pronóstico cercano a la realidad sobre el consumo de los usuarios a lo largo del día.

## 1.4. Aplicación de AutoCAD Map 3D

El software más utilizado en la actualidad es AutoCAD Map 3D para dibujos con precisiones exactas, el cual permite conocer con claridad coordenadas, diámetros, materiales, vistas en planta, vistas de perfil, etc. Además de poder manejar vistas en dos y tres dimensiones facilitando así la exportación de los elementos a los softwares ArcGIS y WaterGEMS (Autodesk, 2019).

Con AutoCAD Map 3D se podrán actualizar las diferentes redes de tuberías, accesorias que han sido extraídos o implementadas con el paso del tiempo en los sectores a analizar para la ciudad de Cuenca, asegurando que los catastros exportados para su posterior modelación estén acordes con la realidad. La Figura 1.2 indica las principales secciones del programa.

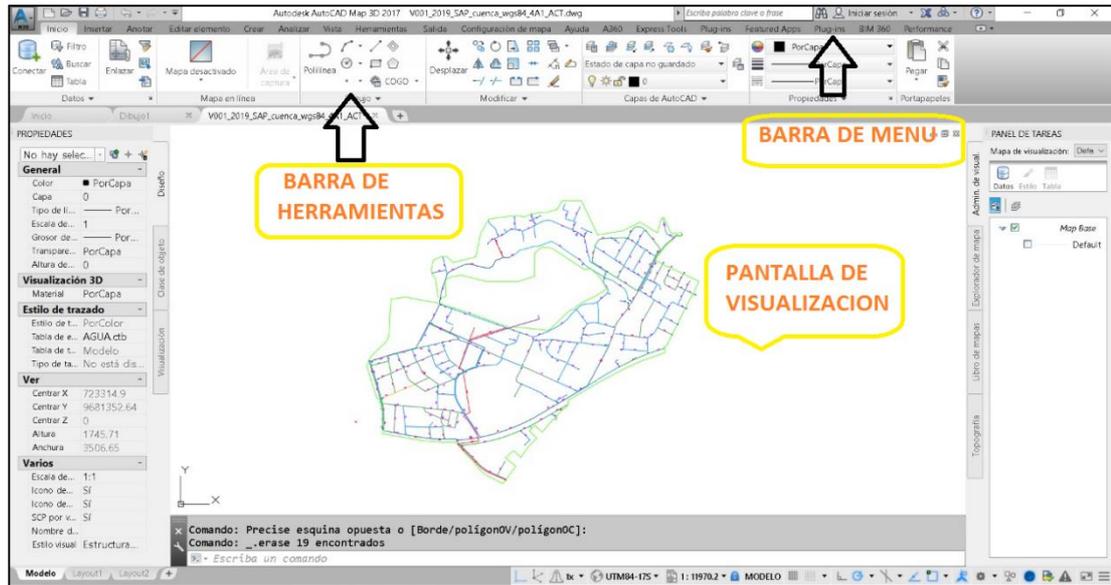


Figura 1.2 Interfaz AutoCAD Map 3D

Fuente: Autores

## 1.5. Aplicación de ArcMAP

ArcMAP es el programa informático que permite la creación de superficies, perfiles digitalizaciones 3D e incorporación de simbología 3D permitiendo así métodos de análisis. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en una vista de mapa (Henry León, 2017).

La pre visualización de datos, la generación de nuevas capas conjuntamente con la adición de datos en sus propiedades para así generar las demandas en las redes de distribución son una de sus funciones principales. La Figura 1.3 indica las principales secciones del programa (ArcGIS Desktop, 2020).

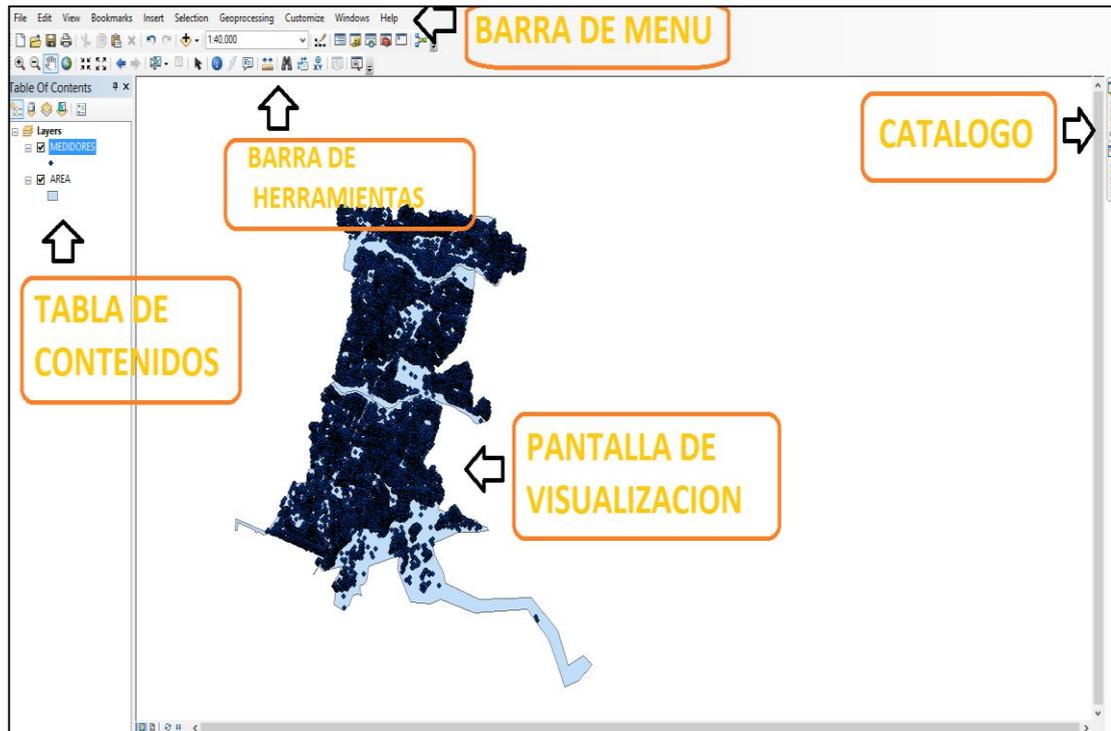


Figura 1.3 Interfaz ArcMap

Fuente: Autores

## 1.6. Aplicación de WaterGEMS

El software WaterGEMS agiliza los procesos hidráulicos de la red de distribución de agua, permitiendo mediante parámetros como la población, demandas entre otros, obtener un modelo del mismo. WaterGEMS modelará dichas redes en diferentes escenarios siendo una herramienta muy útil en la toma de decisiones para su óptimo funcionamiento (Bentley Advancing infrastructure, 2019).

Un aspecto fundamental en el uso y aplicación de los modelos hidráulicos es la necesidad de ajustar sus parámetros para que los modelos se acerquen a los comportamientos en la vida real (Gutiérrez, 2018).

En la Figura 1.4 se observa el interfaz con las principales secciones del software a utilizar.

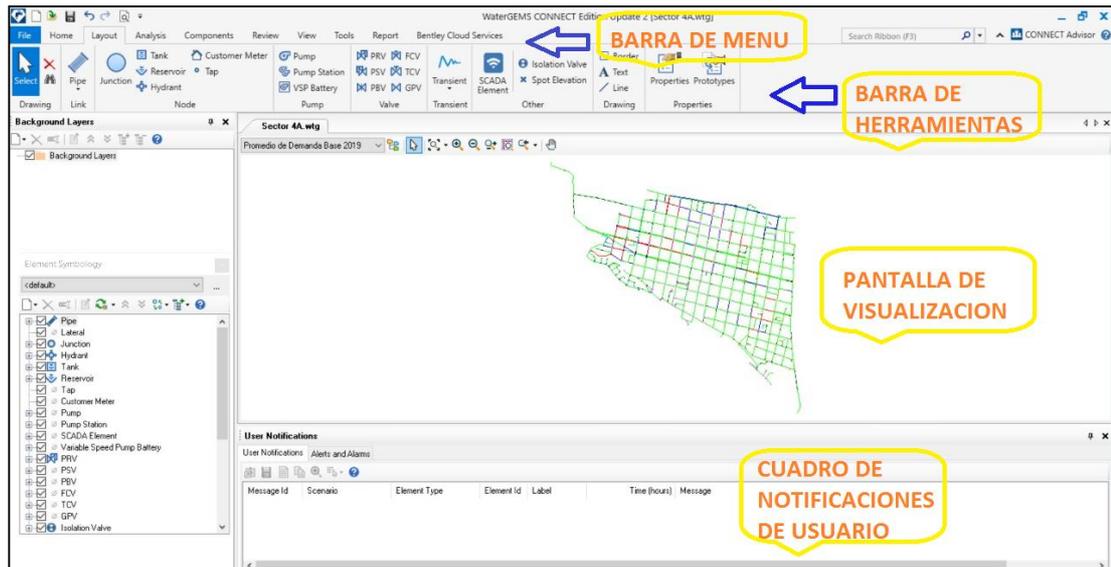


Figura 1.4 Interfaz WaterGEMS

Fuente: Autores

## 1.7. Criterios para la evaluación de una red de distribución

### 1.7.1. Velocidades

Un sistema de distribución de agua funciona correctamente, cuando las velocidades en las tuberías oscilen entre 0.4 m/s y 3 m/ (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

### 1.7.2. Presión

Las presiones mínimas en las peores condiciones de la red serán de 10 m.c.a en todos los puntos salvo en caso de griferías públicas en el cual se acepta como mínimo 5 m.c.a.

Por otro lado, las presiones máximas serán 70 m.c.a estáticamente y 50 m.c.a dinámicamente (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

### 1.7.3. Caudal

Se tomará el caudal máximo diario calculado al final del periodo como caudal de diseño comprobando el caudal máximo horario final de dicho periodo mediante las presiones de la red (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992),

#### **1.7.4. Diámetros**

El diámetro nominal mínimo para redes de distribución será de 19 mm equivalente a  $\frac{3}{4}$  de pulgada (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

#### **1.7.5. Pérdidas de carga**

Las pérdidas de carga existentes en las tuberías longitudinalmente no deben exceder los 12 m/km (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

#### **1.7.6. Rugosidad del material**

En el cálculo de las pérdidas de carga y la calibración de los modelos de distribución, es requerido el parámetro (rugosidad del material). Generalmente las tuberías estas hechas de PVC, por lo cual su rugosidad se estima será 130.

#### **1.7.7. Elevaciones**

Las presiones vienen influidas por la elevación en la que se encuentren los sectores a analizar en sus diferentes puntos, dichas elevaciones se pueden encontrar en la información topográfica para la ciudad de Cuenca.

## CAPITULO II

### 2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 2.1. Información demográfica

Es importante conocer la cantidad de habitantes a los que se va a prestar el servicio de agua potable, para desarrollar los cálculos de los consumos de los modelos. Esta información ha sido facilitada por la “Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca”, ETAPA EP. Las tablas Tabla 2.1, Tabla 2.2, Tabla 2.3, Tabla 2.4, Tabla 2.5, Tabla 2.6, Tabla 2.7, Tabla 2.8, Tabla 2.9 y Tabla 2.10 contienen los datos sobre la densidad poblacional de cada sector analizado en la actualización de los modelos hidráulicos del sistema Tomebamba para el sector de El Cebollar para el año 2019, además, una proyección poblacional para el año 2030 que ayudará a garantizar un correcto funcionamiento para las redes en el futuro proyectado de su vida útil (ETAPAEP, 2020).

Tabla 2.1 Densidades poblacionales Cebollar 2 - Sector 3.2

<b>Cebollar 2 - Sector 3.2</b>		
Año	2019	2030
Habitantes	78164.56486	96094.67
ÁREA (m2)	9795281.241	
ÁREA (Ha)	979.5281241	
<b>DENSIDAD</b>		
POBLACIONAL (Hab/Ha)	79.79818337	98.10

Fuente: Autores

Tabla 2.2 Densidades poblacionales Cebollar Red Alta - sector 3.1

<b>Cebollar Red Alta -sector 3.1</b>		
Año	2019	2030
Habitantes	13315.99658	13340.86
ÁREA (m2)	1142717.99	
ÁREA (Ha)	114.271799	

<b>Cebollar Red Alta -sector 3.1</b>		
<b>DENSIDAD</b>		
<b>POBLACIONAL</b>	116.5291585	116.75
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.3 Densidades poblacionales Cristo Rey –Sector 4A

<b>Cristo Rey -Sector 4A</b>		
<b>Año</b>	2019	2030
<b>Habitantes</b>	23349.751	20273.76
<b>ÁREA (m2)</b>	2488817.694	
<b>ÁREA (Ha)</b>	248.8817694	
<b>DENSIDAD</b>		
<b>POBLACIONAL</b>	93.81864751	81.46
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.4 Densidades poblacionales Cristo Rey –Sector4A

<b>Cristo Rey - Sector 4A1</b>		
<b>Año</b>	2019	2030
<b>Habitantes</b>	9233.667667	9856.05
<b>ÁREA (m2)</b>	904580.0914	
<b>ÁREA (Ha)</b>	90.45800914	
<b>DENSIDAD</b>		
<b>POBLACIONAL</b>	102.0768394	108.96
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.5 Densidades poblacionales Cruz Verde –Sector 4B1

<b>Cruz Verde - Sector 4B1</b>		
<b>Año</b>	2019	2030
<b>Habitantes</b>	15940.0167	19303.57
<b>ÁREA (m2)</b>	2551145.534	
<b>ÁREA (Ha)</b>	255.1145534	

<b>Cruz Verde - Sector 4B1</b>		
<b>DENSIDAD</b>		
POBLACIONAL	62.48180079	75.67
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.6 Densidades poblacionales Cruz Verde –Sector4B2

<b>Cruz Verde - Sector 4B2</b>		
Año	2019	2030
Habitantes	22459.97916	22190.87
ÁREA (m2)	4015319.855	
ÁREA (Ha)	401.5319855	
<b>DENSIDAD</b>		
POBLACIONAL	55.93571613	55.27
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.7 Densidades poblacionales Mutualista 1 – Sector 2.1

<b>Mutualista 1- Sector 2.1</b>		
Año	2019	2030
Habitantes	12022.34238	13170.12
ÁREA (m2)	1525332.97	
ÁREA (Ha)	152.533297	
<b>DENSIDAD</b>		
POBLACIONAL	78.81782281	86.34
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.8 Densidades poblacionales Mutualista 2 – Sector 2.2

<b>Mutualista 1- Sector 2.2</b>		
Año	2019	2030
Habitantes	4557.833593	5768.26
ÁREA (m2)	722353.0153	
ÁREA (Ha)	72.23530153	

<b>Mutualista 1- Sector 2.2</b>		
<b>DENSIDAD</b>		
<b>POBLACIONAL</b>	63.09703838	79.85
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.9 Densidades poblacionales San Pedro – Sector I

<b>San Pedro -Sector I</b>		
<b>Año</b>	<b>2019</b>	<b>2030</b>
<b>Habitantes</b>	11104.6726	13549.68
<b>ÁREA (m2)</b>	2605596.867	
<b>ÁREA (Ha)</b>	260.5596867	
<b>DENSIDAD</b>		
<b>POBLACIONAL</b>	42.61853681	52.00
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

Tabla 2.10 Densidades poblacionales Turi – Sector 6B

<b>Turi - Sector 6B</b>		
<b>Año</b>	<b>2019</b>	<b>2030</b>
<b>Habitantes</b>	18484.94952	19096.62
<b>ÁREA (m2)</b>	2625711.375	
<b>ÁREA (Ha)</b>	262.5711375	
<b>DENSIDAD</b>		
<b>POBLACIONAL</b>	70.39977699	72.73
(Hab/Ha)		

Fuente: Autores

## 2.2. Información Topográfica

Para la actualización de los modelos hidráulicos se debe contar no solo con los datos planímetros sino con los datos altimétricos, que permitan determinar las pendientes de las tuberías y establecer las direcciones de flujo para obtener caudales, velocidades y presiones en cada nodo en la red. Esta información ha sido proporcionada por ETAPA EP. En la Tabla 2.11 se detallan nombres y escalas de las cartas topográficas

pertenecientes a cada sector, las cuales deberán ser cargadas al modelo hidráulico realizado.

Tabla 2.11 Cartas Topográficas

Sectores	Cartas	Escala
Cebollar 2 - Sector 3.2	ac33_5k; ac34_5k; ac35_5k; ac36_5k; ad34_5k; ad35_5k; ad36_5k; ad37_5k	1 : 5000
Cebollar Red Alta - sector 3.1	ad33_k5; ad34_5k; ae33_5k; ae34_5k	1 : 5000
Cristo Rey - Sector 4A	ad34_k5; ad35_5k; ae34_5k; ae35_5k	1 : 5000
Cristo Rey - Sector 4A1	ae33_5k; ae34_5k	1 : 5000
Cruz Verde - Sector 4B1	ad35_k5; ad36_5k; ae35_5k; ae36_5k	1 : 5000
Cruz Verde - Sector 4B2	ad34_k5; ad35_5k; ae35_5k	1 : 5000
Mutualista 1 - Sector 2.1	ad33_k5; ae33_5k; ae34_5k	1 : 5000
Mutualista 2 - Sector 2.2	ac33_5k; ac34_5k; ad33_5k; ad34_5k	1 : 5000
San Pedro - Sector 1	ac33_k5; ad33_5k; ae33_5k	1 : 5000
Turi - Sector 6B	ae34_5k; ae35_5k; af34_5k; af35_5k	1 : 5000

Fuente: Autores

### 2.3. Información catastral

En la actualización del modelo hidráulico del sector el Cebollar se obtuvo la información catastral de las redes del sistema de agua potable que servirá de guía para el aumento de nuevos catastros asignados en los últimos años o eliminar los que ya no estén en uso. Los catastros han sido elaborados y proporcionados por el Departamento de Catastros de la empresa ETAPA EP.

Los catastros detallan la distribución de las tuberías, las cuales cuentan con sus respectivas propiedades como: longitud, diámetro, material, tipo de distribución, componentes y accesorios necesarios para el funcionamiento de la red de abastecimiento de agua potable de cada sector.

### 2.4. Consumos

El consumo del servicio de agua potable se medirá en base a la cantidad de agua consumida en un determinado tiempo, (litros/segundo). Toda la información recopilada mencionada anteriormente permitirá el cálculo de los consumos de cada sector, los cuales serán explicados más adelante en el presente documento.

### CAPITULO III

## 3. MODELACIÓN HIDRÁULICA

### 3.1. Elementos hidráulicos existentes en redes de distribución de agua potable

Los elementos que actúan en una red de distribución son los siguientes: tuberías, válvulas, tanques de almacenamiento, reductores de presión e hidrantes como se indica en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Simbología de los elementos hidráulicos

Símbolo	Descripción
	Tanque de almacenamiento
	Válvula de aire
	Válvula de purga
	Válvula de control
	Estación reductora de presión
	Tubería
	Hidrante

Fuente: Formato catastros de agua potable y alcantarillado ETAPA EP

#### 3.1.1. Tanque de almacenamiento

Se trata de un depósito cerrado, el cual contiene almacenada la cantidad de agua necesaria para satisfacer las variaciones de consumo por parte de los usuarios del sector con el transcurso del tiempo (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

### **3.1.1.1 Tanques superficiales**

Este tipo de tanques son construidos cuando se requieren capacidades grandes de almacenamiento y si la topografía del terreno es la adecuada para soportar dicha estructura, la cual tendrá 2.5m de altura mínima con 0.3m de borde libre, su forma y sus materiales de construcción pueden variar según el diseño del mismo (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

### **3.1.1.2 Tanques elevados**

Son tanques adaptados en torres de diferentes alturas que tienen la finalidad de hacer cumplir las presiones adecuadas en las redes de distribución, la capacidad máxima de dichos tanques es de 100 m<sup>3</sup> (Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601, 1992).

### **3.1.2. Red de distribución de agua**

Se denomina red de distribución al conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que tiene la finalidad de transportar el agua para su correcta distribución en cuanto a la presión, cantidad y calidad adecuadas del servicio (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### **3.1.3. Accesorios**

Estructuras usadas en las redes de distribución que facilitan la conexión entre tuberías para el transporte del servicio, también usados para dar soluciones a problemas hidráulicos que interfieran con su correcto funcionamiento.

### **3.1.4. Reductores de presión**

Es un tipo de accesorio necesario para reducir presiones altas aguas arriba a presiones aceptables aguas abajo para su correcta descarga en los distintos puntos de servicio, sin influir en los caudales (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### **3.1.5. Válvulas rompe presiones**

Este tipo de válvulas controlan las presiones con el paso de al agua, optimizando dichas presiones cumpliendo con las normativas y protegiendo las redes de distribución (Hurtado & Tacuri, 2018).

### **3.1.6. Válvulas de control**

Este tipo de válvulas regulan los caudales de la red en los puntos de distribución y facilitan la entrada o salida de aire o de sedimentos que se encuentren en el mismo (Comisión Nacional del Agua, 2007).

### **3.1.7. Válvulas de operación**

Este tipo de válvulas permiten tener el control para la apertura o cierre de la distribución del agua hacia los distintos sectores (Hurtado & Tacuri, 2018).

### **3.1.8. Hidrantes**

Son conexiones que permiten el uso de la red de distribución, existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendios. Los públicos constan de llaves colocadas en pedestales ubicados en distancias entre 200 a 500m para el uso máximo de aproximadamente 70 personas según su cercanía. Los hidrantes contra incendios ubicados más cercanamente permiten la conexión de mangueras que combaten el fuego, por lo general los hidrantes son usados en pequeñas poblaciones con condiciones económicas bajas (Comisión Nacional del Agua, 2007).

## **3.2. Actualización de los modelos hidráulicos con el software *WaterGEMS***

Una vez que se haya registrado la nueva información catastral de los sectores a modelar, se dará inicio a la actualización del mismo por medio del software *WaterGEMS*.

### **3.2.1. Tuberías**

En la barra de herramientas del software *WaterGEMS*, se puede encontrar los botones (*Pipe*) para crear tuberías y (*Junction*) para crear nodos de descarga como la Figura 3.1 lo indica.

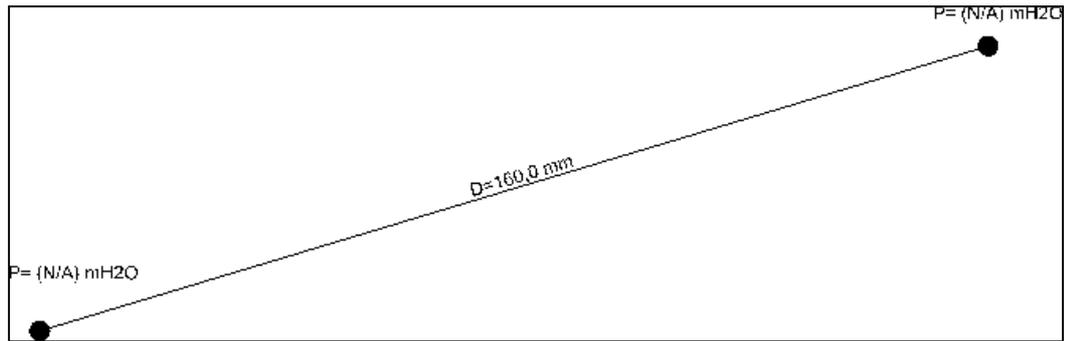


Figura 3.1 Gráfica de tubería

Fuente: Autores

### 3.2.2. Tanque de almacenamiento

Para añadir un tanque de almacenamiento se pulsa el botón *tank*, en las propiedades se ingresa la información de las alturas máximas y mínimas además de las coordenadas de ubicación que proporciona el catastro.

### 3.2.3. Válvula de aire

Para añadir una válvula de aire se selecciona el botón *Air Valve*, en la ventana de propiedades se colocan las coordenadas proporcionadas por el catastro.

### 3.2.4. Válvula de purga

Para agregar una válvula de purga se pulsa el botón *Discharge to atmosphere*, y de la misma manera en la ventana de propiedades se agregan las coordenadas correspondientes.

### 3.2.5. Válvula de control

Para agregar una válvula de control se da click en el botón *Isolation Valve*, en la ventana de propiedades se añade el diámetro y las coordenadas correspondientes de la válvula.

### 3.2.6. Estación reductora de Presión

Para graficar la estación reductora de presión se da click en el botón *PRV*, en la ventana de propiedades se completan los datos del diámetro, presión inicial y de salida con sus respectivas coordenadas.

### **3.2.7. Hidrantes**

Para graficar un hidrante se selecciona el botón *Hydrant*, en la ventana de propiedades se colocan las coordenadas correspondientes al hidrante.

### **3.3. Información del WaterGEMS al ArcGIS**

Actualizados los modelos hidráulicos en el software *WaterGEMS* exportamos los nodos de la red de acuerdo a cada sector.

### **3.4. Asignación de propiedades utilizando GIS**

En el cálculo de caudales es necesario contar con toda la información demográfica para cada sector, la cual será tomada del software ARCGIS. Para la obtención de dichos caudales se realizará la lectura correspondiente al sistema de medidores del cual están sujetos todos los usuarios de la red, datos que serán proporcionados por la empresa ETAPA EP.

#### **3.4.1. Lectura de usuarios con sistema de medidores**

El servicio del sistema de medidores, brindado por la empresa ETAPA EP, facilita la información con exactitud en cuanto a la lectura del número de usuarios de la red de agua potable de los sectores asignados, además contiene información sobre la ubicación, áreas y densidades poblacionales del 2019 y 2030, datos que servirán para el cálculo de la población proyectada que se necesita como dato para encontrar el factor de mayoración.

Para los sectores asignados, la empresa ETAPA EP, ha facilitado un archivo en formato (.shp), como lo indica en la Figura 3.2, con información de los medidores, en su tabla de atributos se cuenta con información sobre el consumo mensual y su ubicación de cada uno de estos sectores.



Figura 3.2 Pantalla de visualización de medidores correspondiente al sector Cristo Rey - Sector 4A1.

Fuente: Autores

### 3.4.2. Cálculo de caudales

Una vez obtenidos los datos de las poblaciones con el sistema de medidores en todos los sectores, con el dato de instalaciones promedio que se encuentra en dicho archivo, se determinó el caudal de consumo calculado en l/s para cada uno de los sectores, con este dato se procedió a aplicar las fórmulas para el cálculo del caudal medio ( $Q_m$ ), caudal máximo diario (QMD) y caudal máximo horario (QMH).

En la Tabla 3.2 se presentan los factores y sus valores utilizados por ETAPA EP que intervienen en el cálculo de caudales.

Tabla 3.2 Factores para el cálculo de caudales

FACTOR	VALOR
<b>f</b>	1.2
<b>KMD</b>	1.25
<b>KMH</b>	1.82

Fuente: ETAPA EP

f = Representa el porcentaje de fugas a considerarse en el diseño

KMD = Factor que representa la relación entre el caudal máximo diario al caudal medio

KMH = Factor que representa la relación entre el caudal máximo horario al caudal medio

$$Qd = \frac{(\Sigma \text{Instalaciones promedio}) \times \text{factor de incremento} \times 1000}{30 \times 86400} \quad (9)$$

Donde:

Qd = Caudal calculado promedio

Instalaciones promedio: Representa el valor de consumo promedio mensual por medidor

Nota: Se considera el valor de 30 como el número de días por mes.

Con el resultado de poblaciones proyectadas obtenidos mediante el cálculo del caudal máximo horario se realizará en la herramienta Field Calculator de la tabla de atributos del archivo shape de medidores. A este se le multiplica también por un factor de mayoración que indica el incremento poblacional.

$$Qm = Qd \times f \quad (10)$$

Donde:

Qm = Caudal medio (l/s)

Qd = Caudal calculado de consumo (l/s)

f = factor de fugas (Tabla 3.2)

$$QMD = KMD \times Qm \quad (11)$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

KMD = Factor de mayoración máximo diario (Tabla 3.2)

Qm = Caudal medio (l/s)

$$QMH = KMH \times Qm \quad (12)$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario (l/s)

KMH = Factor de mayoración máximo horario (Tabla 3.2)

Qm = Caudal medio (l/s)

Antes de establecer el caudal a ser asumido dentro del software WaterGEMS se determinó un factor de mayoración para cada uno de los sectores analizados, el cual indica el incremento poblacional que va a tener cada uno de los sectores.

$$FactorM = \frac{Población\ proyectada}{Población\ calculada} \quad (13)$$

Donde:

FactorM = Factor de mayoración o ajuste

Población proyectada = Población en base a las densidades poblacionales

Población calculada = Población en base al número de medidores y el número de habitantes por medidor

$$QMH_{may} = FactorM \times QMH \quad (14)$$

QMH<sub>may</sub> = Caudal máximo horario mayorado

FactorM = Factor de mayoración o ajuste

QMH = Caudal máximo horario

Se deberá elegir el factor de mayoración de cada uno de los periodos analizados que permita determinar el caudal máximo horario, dependiendo del rango en que este se encuentre. (ETAPAEP, 2020)

El factor de mayoración a elegir se encuentra detallado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Condiciones del factor de mayoración.

$FM \leq 1$	Consumo de medidores
$1 < FM < 2$	Consumo mayorado de medidores
$FM \geq 2$	Redistribución

Fuente: Autores

En la Figura 3.3 se muestra la Ventana de propiedades de medidores con los valores asignados en las columnas mediante los cálculos previamente analizados.

TIPO	QMD	QMH	FACTORM	QMHMAY	HMINLINK	FACTORM30	QMHMAY30
R	0.001543	0.002809	0.685	0.001924	1870	0.595	0.001671
R	0.002701	0.004915	0.685	0.003367	1870	0.595	0.002924
R	0.001929	0.003511	0.685	0.002405	1870	0.595	0.002089
R	0.001543	0.002809	0.685	0.001924	1870	0.595	0.001671
R	0.002315	0.004213	0.685	0.002886	1870	0.595	0.002507
R	0.155478	0.282971	0.685	0.193835	1870	0.595	0.168368
R	0.115355	0.209946	0.685	0.143813	1870	0.595	0.124918
R	0.084877	0.154475	0.685	0.105816	1298	0.595	0.091913
R	0.01659	0.030193	0.685	0.020682	1329	0.595	0.017965
R	0.011188	0.020363	0.685	0.013948	1329	0.595	0.012116
R	0.006944	0.012639	0.685	0.008658	1329	0.595	0.00752
R	0.002701	0.004915	0.685	0.003367	1187	0.595	0.002924
R	0.008873	0.01615	0.685	0.011063	1329	0.595	0.009609
R	0.018904	0.034406	0.685	0.023568	1329	0.595	0.020471
R	0.003086	0.005617	0.685	0.003848	1329	0.595	0.003342
R	0.003086	0.005617	0.685	0.003848	1329	0.595	0.003342
R	0.016975	0.030895	0.685	0.021163	1329	0.595	0.018383
R	0.001157	0.002106	0.685	0.001443	1329	0.595	0.001253
R	0.001543	0.002809	0.685	0.001924	1329	0.595	0.001671
R	0.002701	0.004915	0.685	0.003367	1329	0.595	0.002924
R	0.003086	0.005617	0.685	0.003848	1329	0.595	0.003342
R	0.001157	0.002106	0.685	0.001443	1329	0.595	0.001253
R	0.010031	0.018256	0.685	0.012505	1329	0.595	0.010862
R	0.004244	0.007724	0.685	0.005291	1187	0.595	0.004596
R	0.011188	0.020363	0.685	0.013948	1329	0.595	0.012116
R	0.006559	0.011937	0.685	0.008177	1187	0.595	0.007102
R	0.006944	0.012639	0.685	0.008658	1870	0.595	0.00752
R	0.001543	0.002809	0.685	0.001924	1387	0.595	0.001671
R	0.006559	0.011937	0.685	0.008177	1187	0.595	0.007102
R	0.007716	0.014043	0.685	0.00962	1329	0.595	0.008356
R	0.001157	0.002106	0.685	0.001443	1329	0.595	0.001253

Figura 3.3 Ventana de propiedades de Medidores (ArcGIS)

Fuente: Autores

### 3.5. Elaboración del modelo hidráulico en el software

#### 3.5.1. Parámetros y unidades hidráulicas

Antes de comenzar a generar el modelo hidráulico en el software WaterGEMS es necesario definir los parámetros y unidades con las que se cargarán los diferentes datos

de elevaciones y caudales, verificando los más relevantes como el flujo (l/s), velocidad (m/s) y pérdidas unitarias (m/km) siguiendo los pasos a continuación:

- Click en tools
- Seleccionamos options
- Click en la ventana units

Configuramos las unidades al sistema internacional como lo indica la Figura 3.4 (Desktop, 2019).

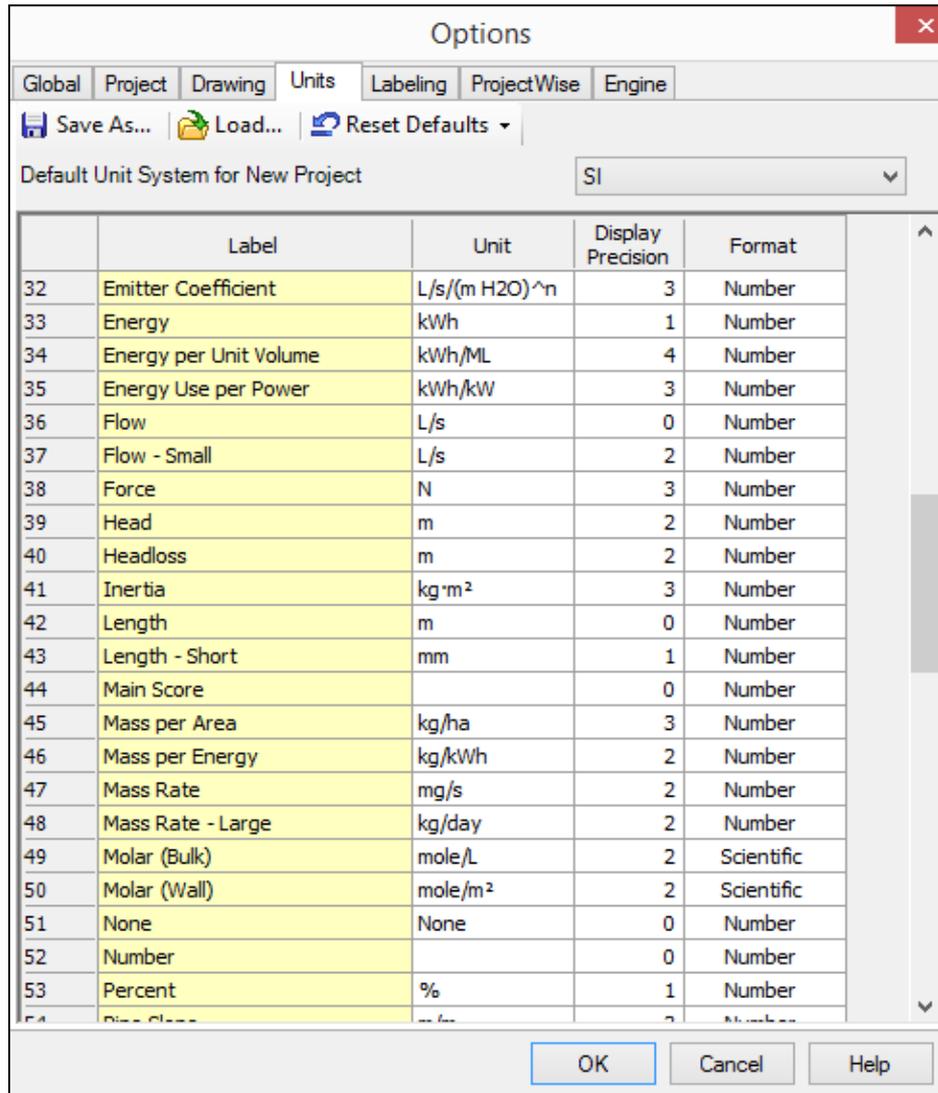


Figura 3.4 Ventana de unidades de WaterGEMS

Fuente: Autores

### 3.5.2. Información de GIS a WaterGEMS

#### 3.5.2.1 Asignación automática de las elevaciones y las demandas de los nodos

La empresa ETAPA EP contiene todas las cartas topográficas existentes en la ciudad de Cuenca, las cuales serán transportadas gracias al programa *AutocadMap3D* en

archivos de extensión dxf, para así poder cargarlos en el modelo hidráulico de la red de distribución, para ello se utilizará la herramienta *TRex Wizard*, ubicada en la barra de herramientas y se cambiarán los siguientes campos:

- *Data Source Type: DXF Contours*
- *File: Se selecciona el archivo dxf de la carta topográfica del sector respectivo*
- *Spatial Reference: Unknown Select Elevation Field: Elevation X-Y Units: m*
- *Z Units: m*

El resto de campos quedan de igual manera, como se observa en la Figura 3.5

Figura 3.5 TRex Wizard para cargar elevaciones

Fuente: Autores

Se indicará una ventana con las elevaciones correspondientes a cada nodo, se termina el proceso dando click en *Finish*, como se observa en la Figura 3.6 (Bentley Advancing infrastructure, 2019).

The screenshot shows the 'Completing the TRex Wizard' dialog box. It features a table with 9 rows of elevation data. Below the table are radio buttons for 'Use Existing Alternative' (selected) and 'New Alternative'. The 'Use Existing Alternative' section includes a dropdown menu set to 'Base Physical' and a 'Parent Alternative' dropdown set to '<None>'. There is an 'Export Results...' button and a 'Click Finish to save the new ground elevation data to the chosen alternative' instruction. At the bottom are 'Cancel', 'Help', '< Back', 'Next >', and 'Finish' buttons.

	Label	Elevation (m)
0	3.2_H_1001	2,575.91
1	3.2_H_1002	2,577.04
2	3.2_H_1003	2,555.24
3	3.2_H_1004	2,575.78
4	3.2_H_1005	2,580.80
5	3.2_H_1006	2,579.86
6	3.2_H_1007	2,568.00
7	3.2_H_1008	2,602.57
8	3.2_H_1009	2,559.64

Use Existing Alternative    Base Physical  
 New Alternative

Parent Alternative: <None>

Click Finish to save the new ground elevation data to the chosen alternative

Export Results...

Cancel    Help    < Back    Next >    Finish

Figura 3.6 Elevaciones cargadas en Trax Wizard

Fuente: Autores

Se tendrá en cuenta el tipo de obtención de la información acorde al periodo anterior del modelo base al momento de cargar las respectivas demandas al software WaterGEMS, que para el caso de los sectores correspondientes a la planta del Cebollar las poblaciones han sido calculadas mediante lectura del sistema de medidores a cargo de la empresa ETAPA EP.

Para el método de sistema de medidores se sigue el siguiente procedimiento en la carga de las demandas calculadas (Bentley Advancing infrastructure, 2019).

1. En la barra de herramientas se selecciona la herramienta *LoadBuilder* y damos click en *New*, como se indica en la Figura 3.7.

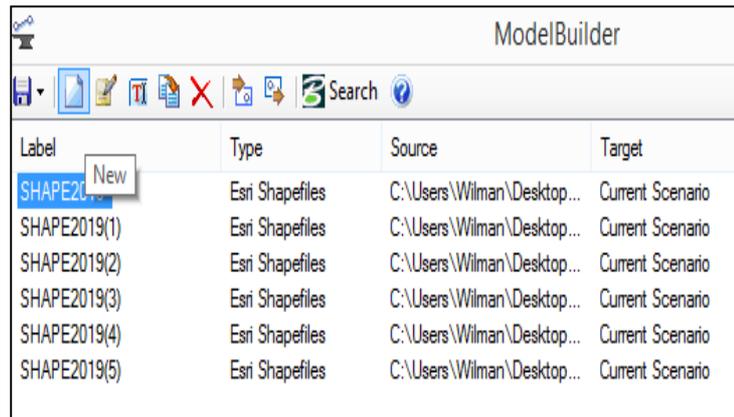


Figura 3.7 Ventana ModelBuilder

Fuente: Autores

2. A continuación, click en *Point load data*, opción *Nearest Pipe* y click en *Next*, como lo indica la Figura 3.8.

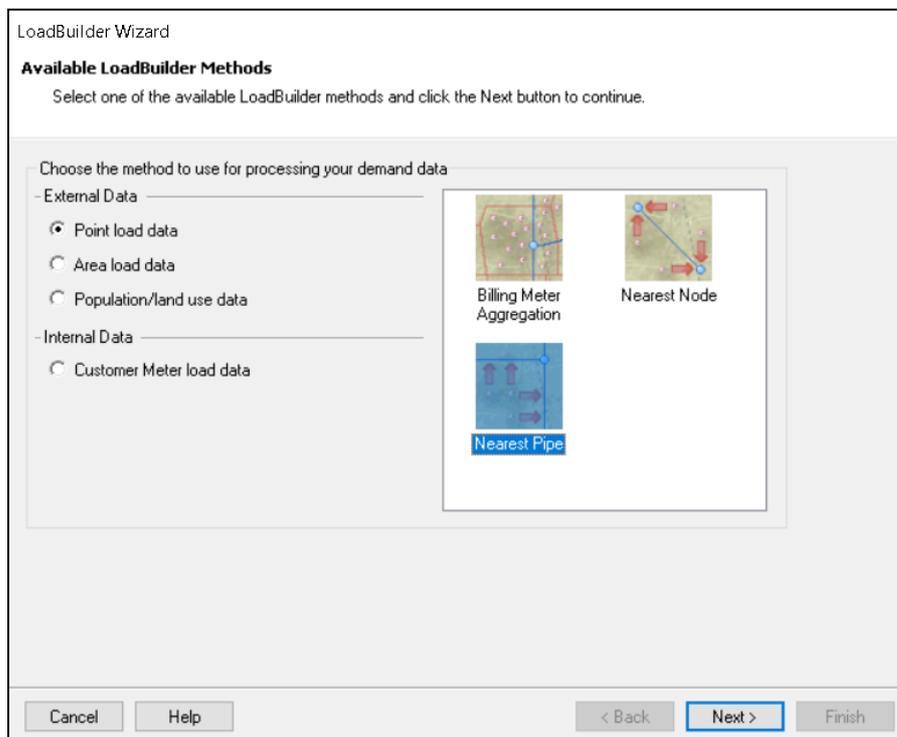


Figura 3.8 LoadBuilder Wizard demandas para medidores

Fuente: Autores

3. Se despliega una ventana en la cual se deberá escoger las siguientes opciones (WaterGEMS Manual, 2013).

- En el campo *Pipe Layer* se selecciona *Pipe/All Elements*.

- En *Pipe ID Field* se selecciona *Element ID*.
- En *Load Assignment* ponemos la opción *Equal Distribution*.
- En *Node Layer* se selecciona *Junction/All Elements*.
- En *Node ID Field* se escoge la opción *Element ID*.
- En *Billing Meter Layer* se carga el documento de medidores con la información correspondiente.
- En *Load Type Field* se escoge la opción *TIPO*
- En *Polyline Distribution* se selecciona *Equal Distribution*.
- En *Usage Field* el QMH y su unidad en L/s.
  - Se finaliza dando click en *Next*, como lo indica la Figura 3.9.

**LoadBuilder Wizard**

**Nearest Pipe**  
Enter in data for all fields below and click Next to continue.

Model Pipes Data:

Pipe Layer: Pipe\All Elements ...

Pipe ID Field: ElementID

Load Assignment: Equal Distribution

Model Node Layer:

Node Layer: Junction\All Elements ...

Node ID Field: ElementID

Use Previous Run

Billing Meter Data:

Billing Meter Layer: C:\Users\Wilman\Desktop\TESIS CORR ...

Load Type Field: TIPO

Polyline Distribution: Equal Distribution

Usage Field: QMHMAY2019 L/s

Cancel Help < Back Next > Finish

Figura 3.9 Ventana de campos para cargar archivo de demandas para medidores

Fuente: Autores

4. Se mostrará la ventana que contiene las demandas para cada medidor, se da click en Next, como lo indica la Figura 3.10.

LoadBuilder Wizard

**Results Preview**  
List of calculation loads for each node.

Node Id	Demand (L/s)	Load Type	Pattern
4045: J-1797	0.502	R	Fixed
4043: J-1796	0.063	R	Fixed
4041: J-1795	0.028	R	Fixed
4040: J-1794	0.107	R	Fixed
4038: J-1793	0.154	R	Fixed
4036: J-1792	0.030	R	Fixed
4032: J-1790	0.013	R	Fixed
4030: J-1789	0.070	R	Fixed
4027: J-1788	0.095	R	Fixed
4025: J-1787	0.410	R	Fixed
4023: J-1786	0.046	R	Fixed
4022: J-1785	0.096	R	Fixed
4017: J-1784	0.110	R	Fixed
4016: J-1783	0.187	R	Fixed
4014: J-1782	0.281	R	Fixed
4012: J-1781	0.167	R	Fixed
4010: J-1780	0.055	R	Fixed
4007: J-1779	0.102	R	Fixed
4006: J-1778	0.004	R	Fixed

Figura 3.10 Demandas cargadas por el método de medidores

Fuente: Autores

5. En Label se pone el nombre para la demanda del periodo de actualización, para este caso será “Medidores 2019” y en *New Alternative* se debe colocar el mismo nombre. Se da click en *Finish*, como lo indica la Figura 3.11, y se cargarán las demandas en los sectores.

**LoadBuilder Wizard**

**Completing the LoadBuild Process**  
Click Finish to start the LoadBuild exporting process.

Label:

Choose the procedure to follow when exporting this run's Load calculations

Override an Existing Alternative

Append to an Existing Alternative

New Alternative

Parent Alternative:

Figura 3.11 Determinación de label para demandas por el método de medidores

Fuente: Autores

El mismo procedimiento debe realizarse dos veces puesto que se cargarán dos distintos periodos de demandas correspondientes a los años 2019 y 2030.

### 3.5.3. Datos en campo

Una vez realizada la actualización de tuberías y accesorios, el siguiente paso es la calibración del modelo hidráulico, por tanto, se deberán tomar muestreos de las presiones en algunos puntos de los diferentes sectores correspondientes al sistema Tomebamba para así compararlos con los resultados que se obtendrán a través de dicha calibración del modelo y poder validarlos.

A continuación, en las figuras Figura 3.12, Figura 3.13, Figura 3.14, Figura 3.15, Figura 3.16, Figura 3.17, Figura 3.18, Figura 3.19, Figura 3.20, Figura 3.21 y Figura 3.22; y en las tablas Tabla 3.4, Tabla 3.5, Tabla 3.6, Tabla 3.7, Tabla 3.8, Tabla 3.9, Tabla 3.10, Tabla 3.11, Tabla 3.12, Tabla 3.13 y Tabla 3.14 se presentarán las coordenadas y las presiones en campo de cada muestra.

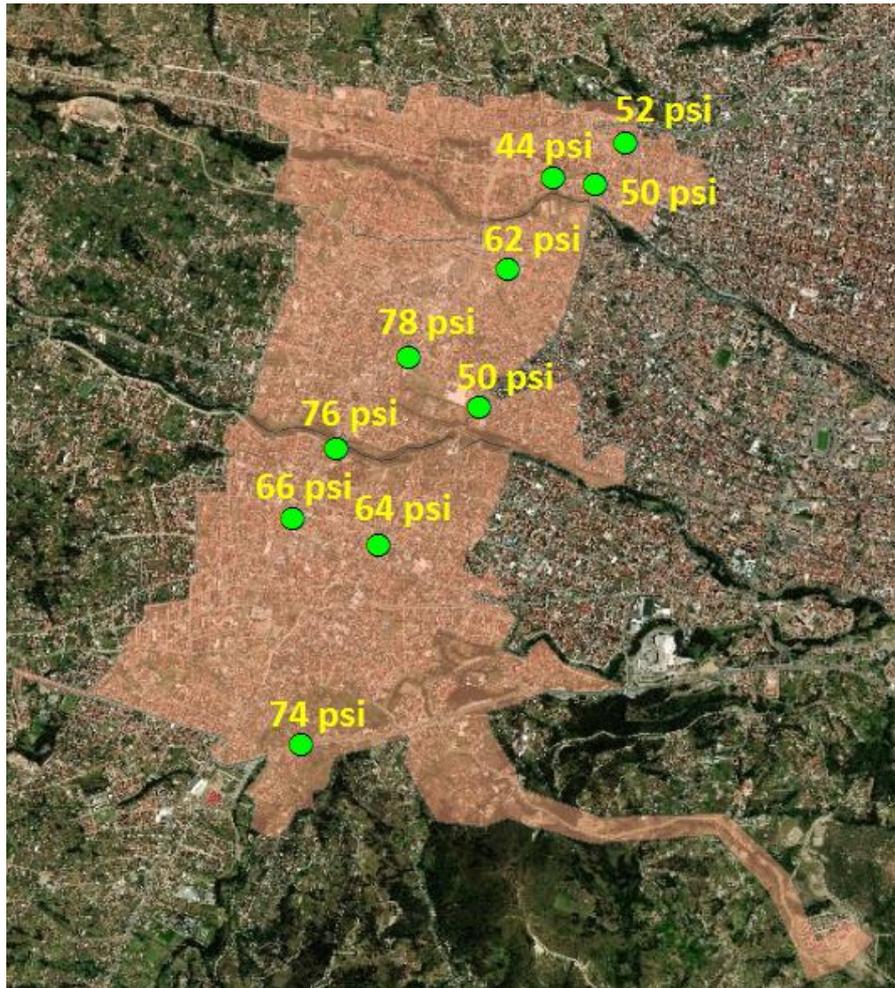


Figura 3.12 Ubicaciones y presiones de Sector Cebollar 2 (3.2)

Fuente: Autores

Tabla 3.4 Presiones del muestreo del sector Cebollar 2 (3.2)

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-939	718867.03	9677875.86	64	45.03	2570.55	2615.58
J-1952	719498.73	9678743.71	50	35.18	2570.34	2605.52
J-1937	720229.53	9680149.83	50	35.18	2559.82	2595.00
J-982	720419.57	9680405.23	52	36.58	2576.78	2613.36
J-1484	718369.20	9676616.05	74	52.06	2561.35	2613.41
J-2238	718329.16	9678041.56	66	46.43	2584	2630.43
J-677	718596.46	9678482.32	76	53.47	2570.18	2623.65
J-217	719058.39	9679052.58	78	54.88	2576.28	2631.16
J-1292	719683.74	9679608.81	62	43.62	2563.98	2607.60
J-1576	719965.15	9680192.75	44	30.96	2563.72	2594.68

Fuente: Autores

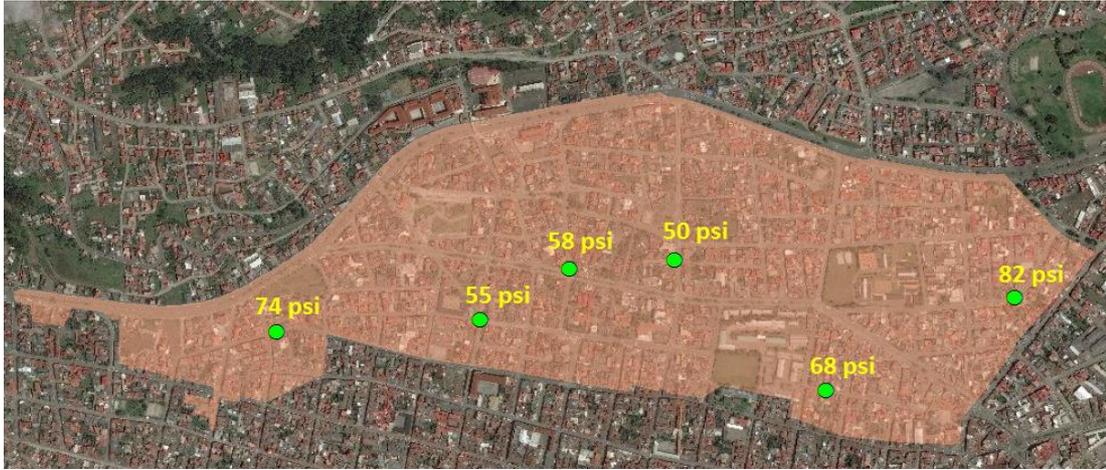


Figura 3.13 Ubicaciones y presiones de Sector Cebollar Red Alta (3.1)

Fuente: Autores

Tabla 3.5 Presiones del muestreo del sector Cebollar Red Alta (3.1)

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-302	721113.91	9680427.16	74	52.06	2567.62	2619.68
J-26	721590.11	9680455.28	55	38.70	2565.37	2604.07
J-275	721798.32	9680575.59	58	40.81	2576.12	2616.93
J-220	722045.60	9680597.25	50	35.18	2582.16	2617.34
J-124	722839.60	9680507.56	82	57.69	2555.94	2613.63
J-63	722399.57	9680286.56	68	47.84	2552.38	2600.22

Fuente: Autores

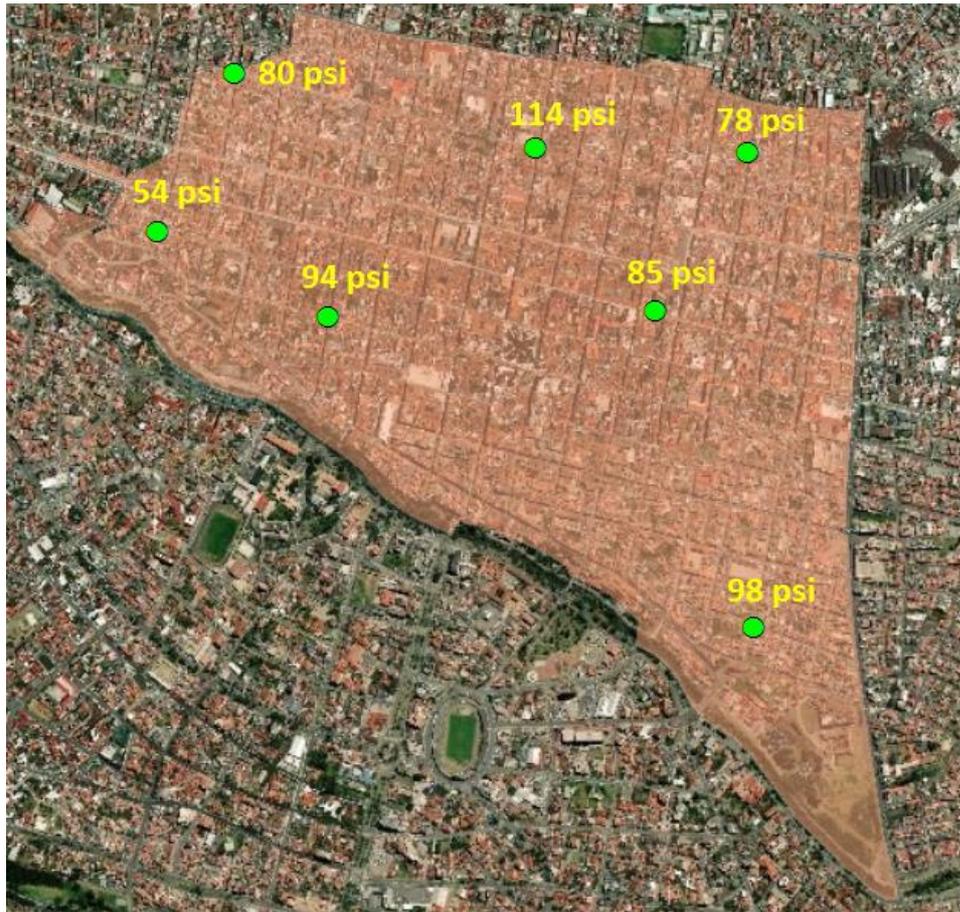


Figura 3.14 Ubicaciones y presiones de Sector Cristo Rey 4A

Fuente: Autores

Tabla 3.6 Presiones del muestreo del sector Cristo Rey 4A

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-495	722166.38	9679637.76	85	59.80	2536.59	2596.39
J-52	722404.93	9680049.39	78	54.88	2536.73	2591.61
J-258	721858.67	9680061.14	114	80.20	2544.11	2625.02
J-519	721083.76	9680256.93	80	56.28	2561.2	2606.23
J-7	720884.98	9679844.73	54	37.99	2559.43	2590.39
J-127	721322.12	9679623.66	94	66.13	2549.36	2615.49
J-555	722421.16	9678818.96	98	68.95	2523.79	2592.74

Fuente: Autores

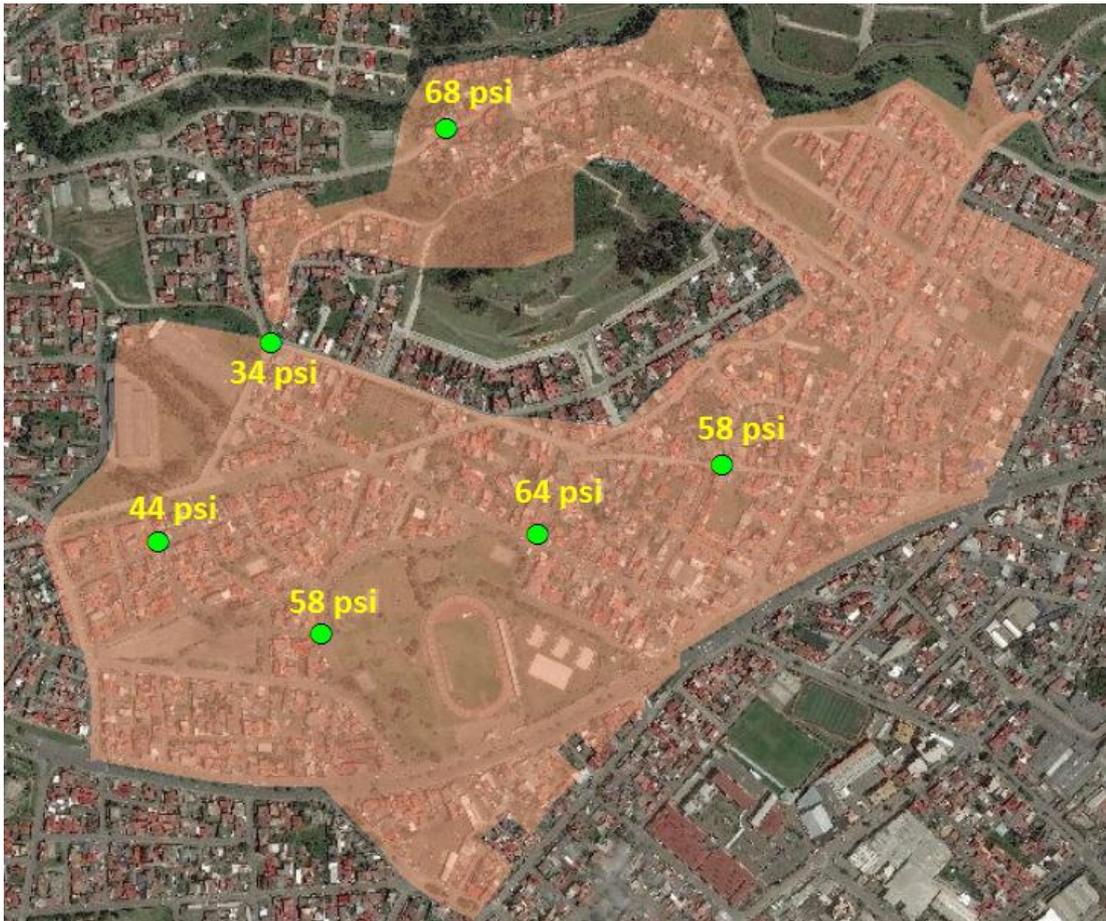


Figura 3.15 Ubicaciones y presiones del sector Cristo Rey 4A1

Fuente: Autores

Tabla 3.7 Presiones del muestreo del sector Cristo Rey 4A1

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-80	723116.88	9681154.80	64	45.03	2549.73	2594.76
J-254	722816.62	9681016.50	58	40.81	2548.86	2589.67
J-45	722590.97	9681145.69	44	30.96	2569.42	2600.38
J-235	722748.43	9681422.36	34	23.92	2577.67	2601.59
J-105	723374.41	9681249.78	58	40.81	2552.12	2592.93
J-102	722992.25	9681719.45	68	47.84	2544.81	2592.65

Fuente: Autores



Figura 3.16 Ubicaciones y presiones de Sector Cruz Verde 4B1

Fuente: Autores

Tabla 3.8 Presiones del muestreo del sector Cruz Verde 4B1

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-464	722937.67	9677391.33	54	37.99	2512.61	2550.60
J-418	722588.03	9677453.10	68	47.84	2504.1	2551.94
J-507	721289.00	9677394.06	68	47.84	2525.42	2573.26
J-364	720406.56	9677226.51	62	43.62	2536	2579.62
J-119	719728.26	9677575.25	44	30.96	2551.3	2582.26
J-198	720220.42	9678099.97	42	29.55	2543.69	2573.24

Fuente: Autores

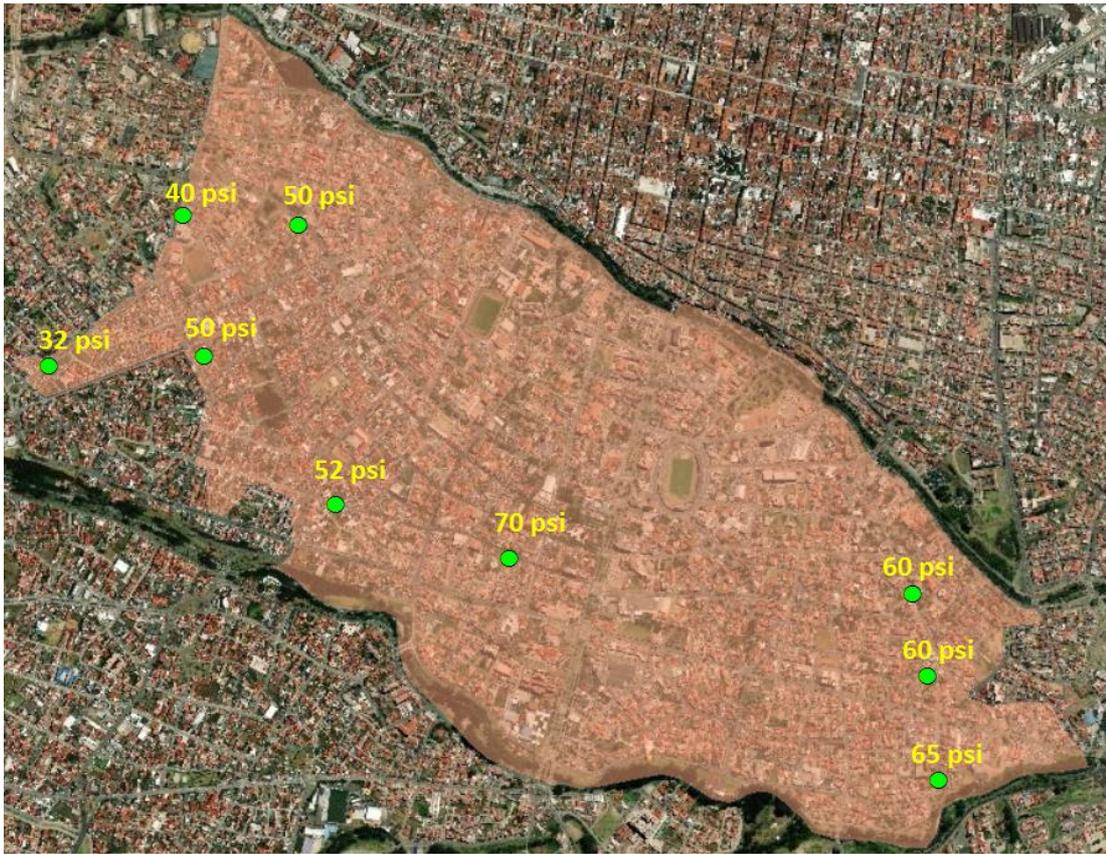


Figura 3.17 Ubicaciones y presiones del sector Cruz Verde 4B2

Fuente: Autores

Tabla 3.9 Presiones del muestreo del sector Cruz Verde 4B2

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-467	722451.63	9677892.57	60	42.21	2504.87	2547.08
J-644	722485.82	9677557.66	65	45.73	2503.79	2549.52
J-805	721113.59	9678275.90	70	49.25	2528.75	2578.00
J-254	720560.62	9678448.94	52	36.58	2537.89	2574.47
J-900	720139.53	9678924.14	50	35.18	2549.45	2584.63
J-219	720444.54	9679347.65	50	35.18	2547.38	2582.56
J-802	719645.82	9678892.96	32	22.51	2564.2	2586.71
J-166	720074.18	9679377.59	40	28.14	2556.57	2584.71
J-913	722401.66	9678157.63	60	42.21	2506.59	2548.80

Fuente: Autores



Figura 3.18 Ubicaciones y presiones de Sector Mutualista 1 (2.1)

Fuente: Autores

Tabla 3.10 Presiones del muestreo del sector de Mutualista 1

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-189	718996.34	9680618.07	110	77.39	2602.13	2679.52
J-206	718251.44	9680838.73	94	66.13	2617.8	2683.93
J-209	718036.58	9680987.94	80	56.28	2631.63	2687.91
J-33	718387.09	9680872.33	98	68.95	2622.05	2691.00
J-187	718889.17	9680835.45	110	77.39	2609.73	2687.12

Fuente: Autores

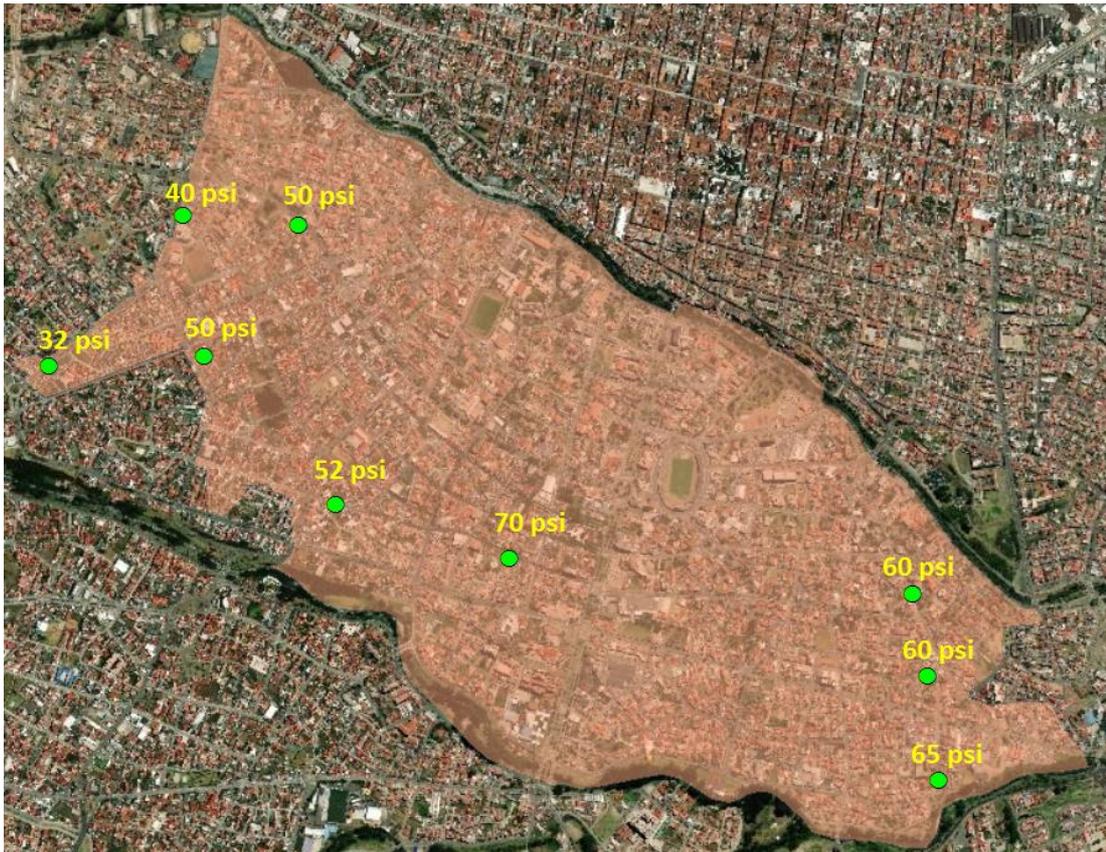


Figura 3.19 Ubicaciones y presiones de Sector Cruz Verde 4B2

Fuente: Autores

Tabla 3.11 Presiones del muestreo del sector Cruz Verde 4B2

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-467	722451.63	9677892.57	60	42.21	2504.87	2547.08
J-644	722485.82	9677557.66	65	45.73	2503.79	2549.52
J-805	721113.59	9678275.90	70	49.25	2528.75	2578.00
J-254	720560.62	9678448.94	52	36.58	2537.89	2574.47
J-900	720139.53	9678924.14	50	35.18	2549.45	2584.63
J-219	720444.54	9679347.65	50	35.18	2547.38	2582.56
J-802	719645.82	9678892.96	32	22.51	2564.2	2586.71
J-166	720074.18	9679377.59	40	28.14	2556.57	2584.71
J-913	722401.66	9678157.63	60	42.21	2506.59	2548.80

Fuente: Autores

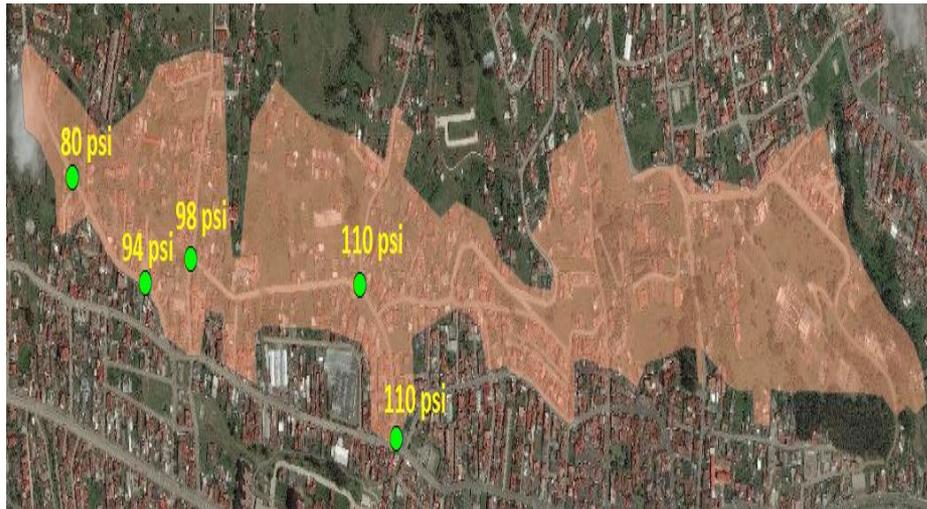


Figura 3.20 Ubicaciones y presiones de Sector Mutualista 2 (2.2)

Fuente: Autores

Tabla 3.12 Presiones del muestreo del sector de Mutualista 2

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-189	718996.34	9680618.07	110	77.39	2602.13	2679.52
J-206	718251.44	9680838.73	94	66.13	2617.8	2683.93
J-209	718036.58	9680987.94	80	56.28	2631.63	2687.91
J-33	718387.09	9680872.33	98	68.95	2622.05	2691.00
J-187	718889.17	9680835.45	110	77.39	2609.73	2687.12

Fuente: Autores

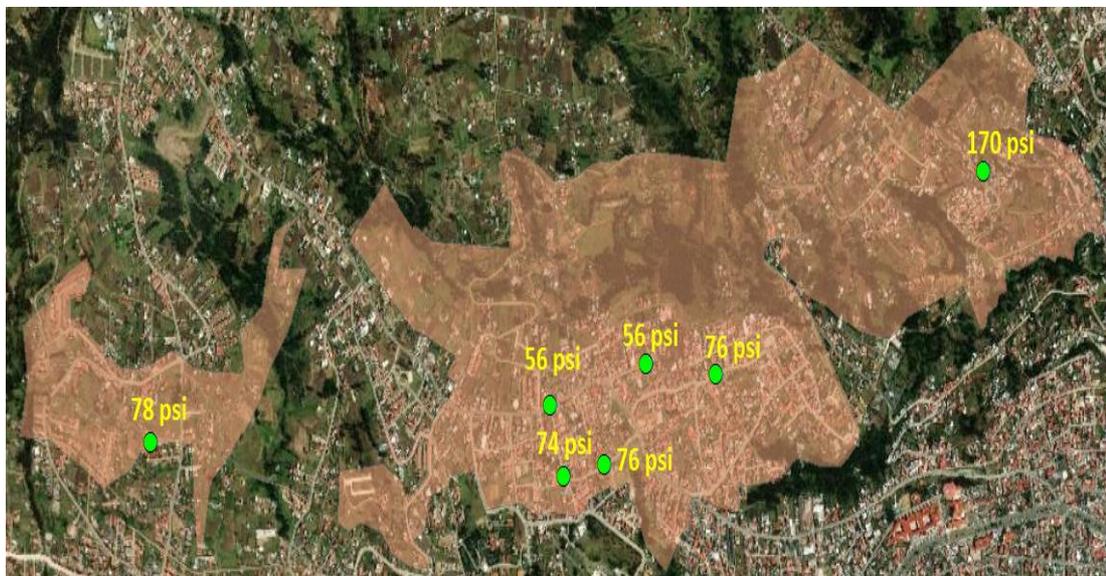


Figura 3.21 Ubicaciones y presiones de Sector San Pedro 1

Fuente: Autores

Tabla 3.13 Presiones del muestreo del sector de San Pedro 1

DATOS	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-315	719953.55	9681268.34	50	35.18	2691.22	2726.40
J-138	720010.35	9681077.73	74	52.06	2673.59	2725.65
J-203	720173.22	9681110.04	76	53.47	2673.39	2726.86
J-77	720345.57	9681374.26	56	39.40	2685.8	2725.20
J-403	720632.57	9681349.68	76	53.47	2668.8	2722.27
J-460	718319.55	9681172.84	78	54.88	2676.22	2731.10
J-436	721725.06	9681886.37	170	119.60	2591.22	2710.82

Fuente: Autores

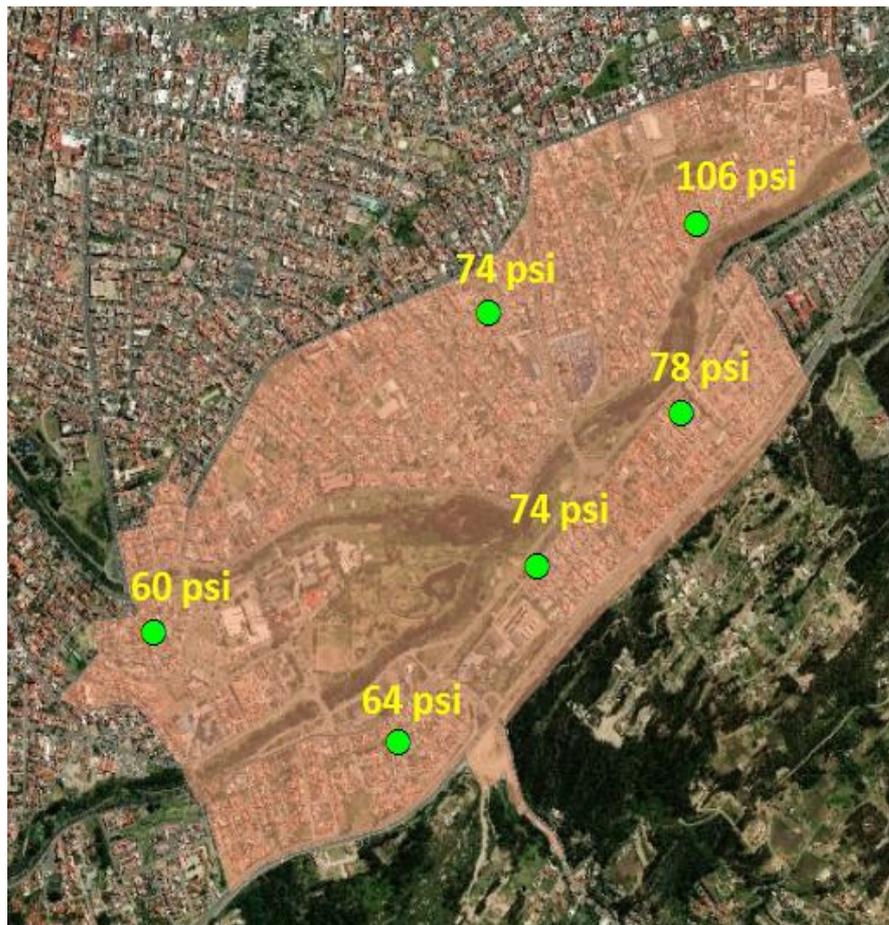


Figura 3.22 Ubicaciones y presiones de Sector Turi 6B

Fuente: Autores

Tabla 3.14 Presiones del muestreo del sector de Turi 6B

	X	Y	P (psi)	P (mca)	Elevación	HGL
J-527	724482.43	9678616.97	78	54.88	2476.65	2531.53
J-411	724041.89	9678192.59	74	52.06	2483.85	2535.91
J-471	724528.13	9679146.04	106	74.58	2466.93	2541.51
J-708	723894.64	9678897.88	74	52.06	2480.32	2532.38
J-621	723614.61	9677706.48	64	45.03	2496.82	2541.85
J-627	722874.43	9678010.58	60	42.21	2498.1	2540.31

Fuente: Autores

### 3.5.4. Elección de criterio para calibración del modelo en red abierta

El proceso de calibración involucra una serie de procedimientos de análisis del estado de funcionamiento real de la red, por lo tanto, involucra una recopilación de datos como la demanda de la red, presiones en distintos puntos entre otros (Zapata, 2015).

El software *Water Gems* permite calibrar los modelos mediante la herramienta Calibrador de Darwin una vez cargadas elevaciones y demandas. Con los datos mencionados el programa evalúa el estado de la red y devuelve como resultados medidas de presiones, las cuales se deben ajustar a las presiones tomadas en campo.

Para realizar la calibración se siguen los siguientes pasos:

1. En la barra de menú se selecciona en *Analysis* la opción *Darwin Calibrator*. Se da click en *New* y se selecciona la opción *New Calibration Study* como se indica en la Figura 3.23.

Luego, en la pestaña *Field Data Snapshots* se escoge la opción *New* en la que se agregará el nuevo proyecto, el cual tendrá el nombre de “Día promedio” como se indica en la Figura 3.24 (WaterGEMS Manual, 2013).

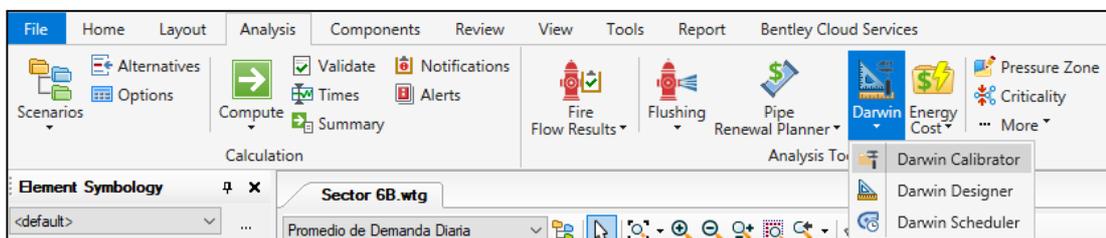


Figura 3.23 Ventana herramienta Darwin Calibrator

Fuente: Autores

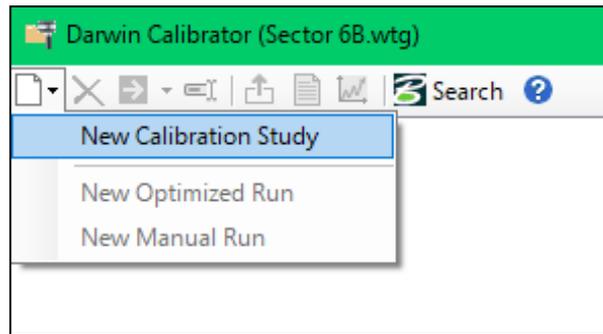


Figura 3.24 Ventana Darwin Calibrator (New Calibration Study)

Fuente: Autores

2. En la pestaña de *Calibration Criteria* ubicada en las opciones que se muestran en el lado superior derecho serán llenadas como se muestra en la Figura 3.25 (WaterGEMS Manual, 2013).

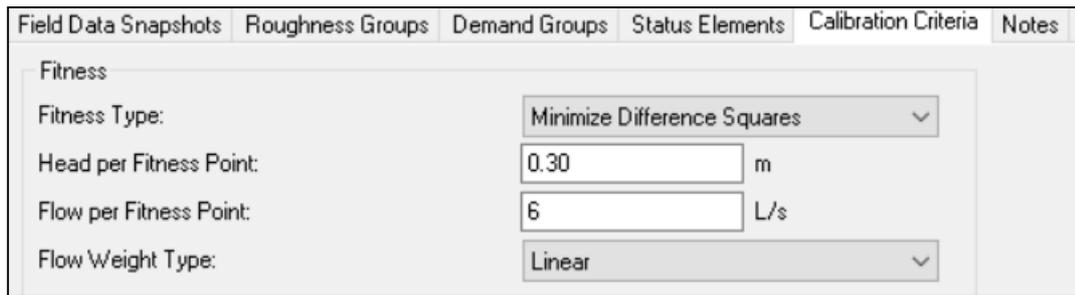


Figura 3.25 Ventana Calibration Criteria

Fuente: Autores

3. En la opción *File Data Snapshots* se agregará el escenario, en *Representative Scenario* se elegirá el modelo base en el que se está trabajando, en este caso será el de MEDIDORES 2019 como se muestra en la Figura 3.26, por otro lado, se agregara también la fecha del día de en el que se va a realizar la calibración, el tiempo inicial será las 12:00AM o (0:00:00 según el formato del sistema operativo), y el multiplicador de la demanda (*Demand Multiplier*) en este caso será de 1 para no alterar la realidad del modelo en un día promedio (WaterGEMS Manual, 2013).

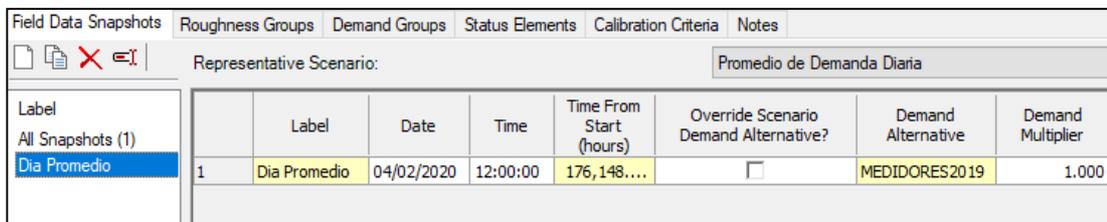


Figura 3.26 Ventana Field Data Snapshots

Fuente: Autores

4. En la parte inferior de la ventana se agregarán las presiones tomadas en campo en la columna de *Value*, el programa permite ubicarlo por nodos dando click en *Observed Target* como se indica en la Figura 3.27, observando que el parámetro de estas sea de el de Grado Hidráulico, HGL. Las presiones tomadas en campo con el manómetro vienen en unidades de presión (PSI), por lo que es necesario la transformación a (m.c.a) para regirse a las unidades del sistema internacional con las que el software WaterGEMS calcula (WaterGEMS Manual, 2013).

	Field Data Set	Element	Attribute	Value
1	DIA PROMEDIO	J-506	Hydraulic Grade (m)	2,535.00
2	DIA PROMEDIO	J-51	Hydraulic Grade (m)	2,536.00
3	DIA PROMEDIO	J-319	Hydraulic Grade (m)	2,544.00
4	DIA PROMEDIO	J-519	Hydraulic Grade (m)	2,559.00
5	DIA PROMEDIO	J-7	Hydraulic Grade (m)	2,559.00
6	DIA PROMEDIO	J-127	Hydraulic Grade (m)	2,548.00
7	DIA PROMEDIO	J-550	Hydraulic Grade (m)	2,530.00

Figura 3.27 Ventana Observed Target

Fuente: Autores

5. Se selecciona la etiqueta de Roughness Groups como se muestran en la Figura 3.28, para ingresar las rugosidades de los distintos materiales de las tuberías siguiendo la siguiente secuencia:

*Elements ID's/ Selection Set/ Select From Drawing/ Custom Query/ Material y Material a seleccionar como se muestra en la Figura 3.29 (WaterGEMS Manual, 2013).*

ID	Label	Element IDs	Notes
2121	AC	<Collection: 0 items>	
2122	HD	<Collection: 0 items>	
2123	PVC	<Collection: 0 items>	

Figura 3.28 Roughness Groups

Fuente: Autores

ID	Label	Element IDs
2121	AC	<Collection: 124 items>
2122	HD	<Collection: 22 items>
2123	HF	<Collection: 2 items>
2124	PVC	<Collection: 836 items>

Figura 3.29 Ventana de Roughness Groups/ Elemet IDs

Fuente: Autores

6. Se procederá a establecer los parámetros de variación para la calibración

Simulación base manual:

En la ventana de Darwin Calibrator se crea un nuevo escenario, se da click en *New/New Manual Run* como se muestra en la Figura 3.30. Esta simulación tendrá el nombre de “Base” (WaterGEMS Manual, 2013).

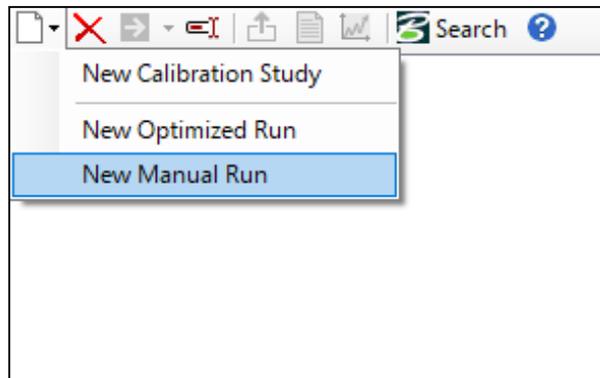


Figura 3.30 Ventana New Calibration Study de la simulación manual

Fuente: Autores

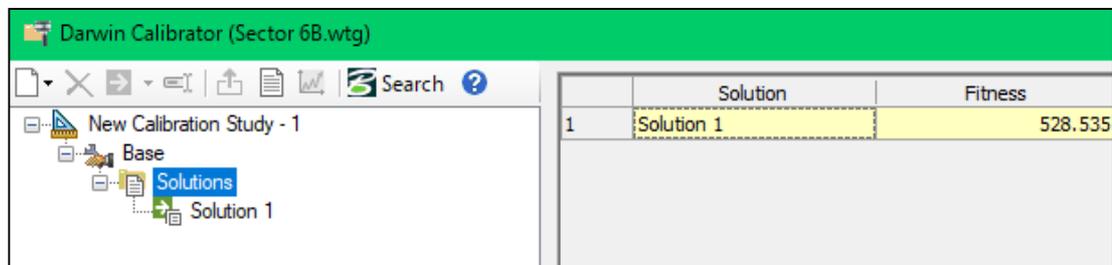
En la pestaña *Roughness* se considerará un valor de 1.00 en el multiplicador del grupo, ya que dicho valor es necesario para que las condiciones de rugosidad se mantengan invariables durante la simulación base, luego se da click en el botón *Compute* para simular los cálculos de calibración y observar los resultados. Los resultados de la calibración base se muestra en la Figura 3.31 (WaterGEMS Manual, 2013).

Roughness	Demand	Status	Field Data	Notes
1	AC	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	HD	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	HF	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	PVC	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 3.31 Ventana Darwin Calibrator de la simulación manual

Fuente: Autores

Por otro lado, se selecciona la categoría Solutions para observar el número *Fitness*, parámetro que sirve de referencia para calibrar el modelo, este número debe tender a 0 para que la calibración se encuentre lo más aproximado posible a la realidad. En este caso el valor de Fitness corresponde a 528.535, lo cual indica que la calibración manual no es la más óptima, estos valores suelen ser altos debido a que se ha mantenido las condiciones de rugosidad intactas, algo que en la realidad no sucede. La medida a tomar por consiguiente es realizar una nueva simulación, esta vez realizando una calibración con optimización. El valor del número Fitness calculado se muestra en la Figura 3.32.



The screenshot shows the Darwin Calibrator interface. On the left, a tree view shows a 'New Calibration Study - 1' containing a 'Base' folder, a 'Solutions' folder, and a 'Solution 1' folder. On the right, a table displays the following data:

	Solution	Fitness
1	Solution 1	528.535

Figura 3.32 Solutions número Fitness de la simulación manual

Fuente: Autores

También se puede observar la dispersión de puntos para las mediciones HGL, dando click en el botón *Graph*, como se indica en la Figura 3.33.

En el cual podemos observar el comportamiento de la calibración con respecto a los puntos ingresados, mientras más se aproximen dichos puntos la calibración será mejor (WaterGEMS Manual, 2013).

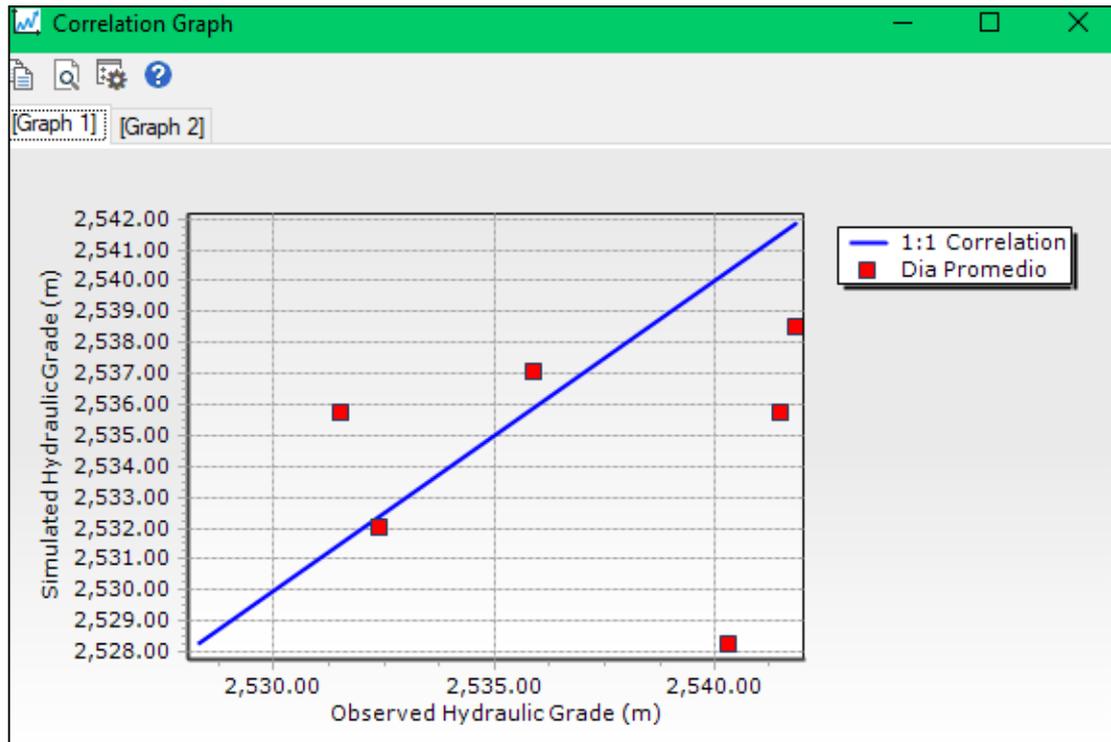


Figura 3.33 Correlation Graph de la simulación manual

Fuente: Autores

### Calibración con optimización:

Este tipo de calibración utiliza algoritmos genéricos los cuales permiten llegar a la solución más ajustada. De igual manera que el anterior tipo de calibración, se crea un nuevo escenario, dando click en *New* y eligiendo la opción *New Optimized Run* como se indica en la Figura 3.34, en la pestaña *Roughness* se cambiará el multiplicador del grupo de rugosidades, de 1.00, esta vez el programa utilizará múltiples iteraciones haciendo variar el coeficiente de rugosidad de cada material por un factor. Los límites están por defecto oscilando entre 0.5 a 1.5 en incrementos de 0.1, para de esta manera obtener una variación en la rugosidad original (WaterGEMS Manual, 2013).

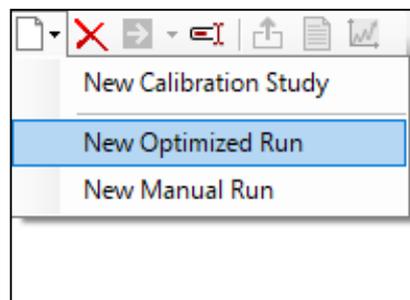


Figura 3.34 Ventana New Calibration Study de la simulación con optimización

Fuente: Autores

Se selecciona en la parte superior de ventana en la opción de *Options*, los diferentes campos vienen establecidos por defecto para el sistema métrico como se muestra en la Figura 3.35 (WaterGEMS Manual, 2013).

Se selecciona el botón *Compute* para simular los cálculos.

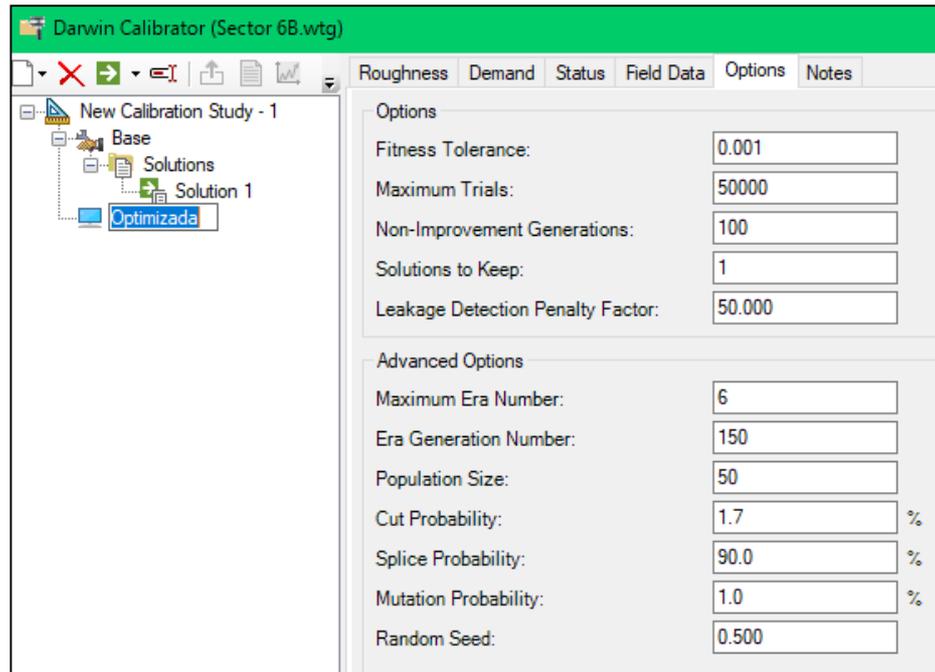


Figura 3.35 Ventana Options de la simulación con optimización

Fuente: Autores

para ingresar al resultado de la dispersión de mediciones del grado hidráulico, se selecciona el botón *Graph*, en donde se muestra cómo se comporta la calibración con respecto a los puntos ingresados. El criterio de la calibración se basa en lograr que los resultados obtenidos en la simulación sean lo más cercanos posibles a las mediciones tomadas en campo, es decir, en la vida real. En este caso, después de haber iterado el valor de la rugosidad, obteniendo valores de *Fitness* significativamente menores a los presentados anteriormente y observando que ahora los puntos son más cercanos entre sí como se muestra en la Figura 3.36, se deduce que la calibración ha mejorado.

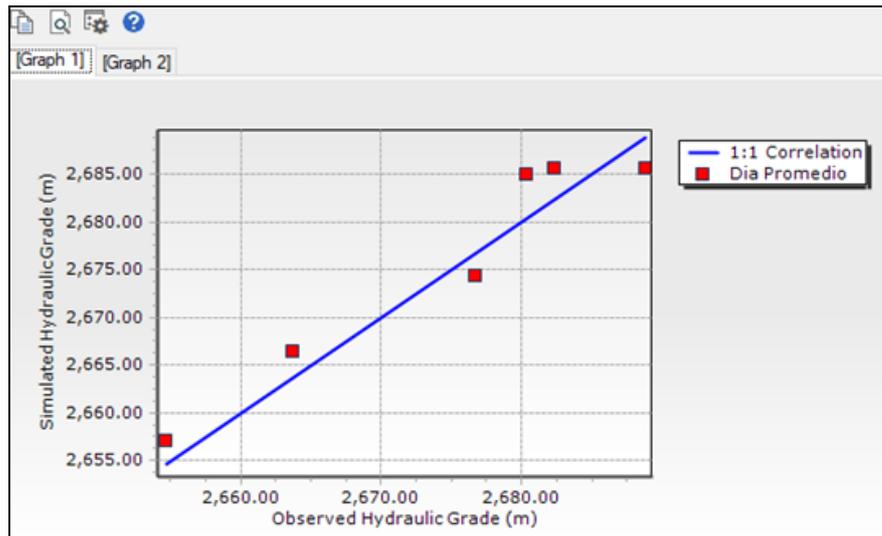


Figura 3.36 Ventana Graph de la simulación con optimización

Fuente: Autores

Se selecciona la pestaña *Solutions* y se observa la disminución del número *Fitness* como se muestra en la Figura 3.37, esta vez es de 206.987 por lo que reducir el multiplicador del grupo de rugosidades hace que reduzca de igual manera el número *Fitness*.

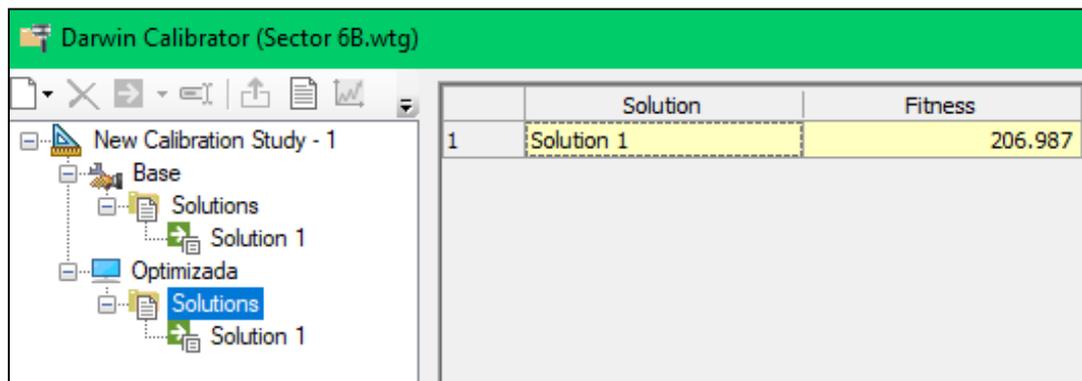


Figura 3.37 Ventana Solutions numero Fitness de la simulación con optimización

Fuente: Autores

### 3.6. Sectorización de los modelos hidráulicos

Una vez realizados los modelos en el software *WaterGEMS* y con la información de la sectorización facilitada por ETAPA EP en archivos de *Excel* y de *AutoCAD* se procede a cerrar los dispositivos denominados válvulas de control con el fin de aislar cada subsector y así tener una visión lo más apegada a la realidad de lo que está sucediendo en los modelos hidráulicos de cada sector. Para manejar la información de esta infraestructura, se utilizaron planos en *AutoCAD*, los cuales sirvieron para dar la

ubicación referencial y caracterización de la infraestructura del sistema (Tzatchkov, 2011).

1. Primero, en el software AutoCAD se coloca la red actualizada con las líneas que separan a cada subsector en el archivo de planimetría de la ciudad, para identificar la dirección de cada válvula de control y de operación.

La Figura 3.38 muestra la sectorización correspondiente al sector Cruz Verde – Sector 4B1.

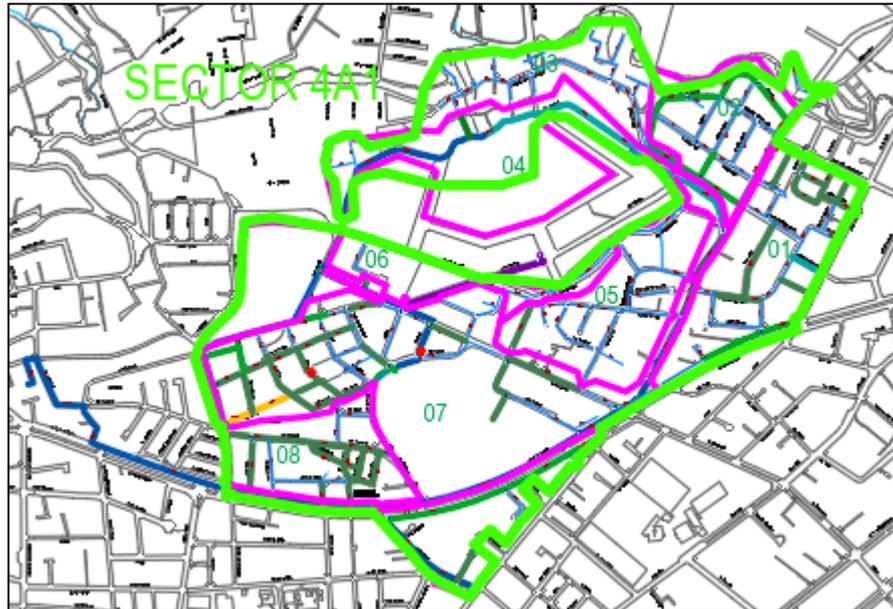


Figura 3.38 Sectorización correspondiente al sector Cruz Verde –Sector 4B1

Fuente: Autores

En el manual del sector se especifica la dirección de cada una de las válvulas de control (a mantener cerradas) y de operación (a mantener abiertas).

En la Tabla 3.15 se muestra el modelo del manual de operaciones Cruz Verde – Sector 4B1.

Tabla 3.15 Manual de operaciones Cruz Verde – Sector 4B1

SUBSECTOR	VÁLVULAS A MANTENER CERRADAS	Φ MATRIZ	VÁLVULAS DE OPERACIÓN	Φ MATRIZ
1	Bonicatti y Obispo Miguel León	63 PVC	Barrial Blanco entre Arzob. Serrano Abad y Padre Moreno (by pass)	63 PVC
	Calle Cuero y Caicedo y Obispo Miguel León	63 PVC		
	Calle Checa y Barra y Arzobispo Serrano Abad	63 PVC		
	Obispo Carrión Marfil y Arzobispo Serrano Abad	63 PVC		
	López de Soliz y Arzobispo Serrano Abad	63 PVC		

Fuente: Autores

2. Se ubica en AutoCAD cada una de las válvulas dirigiéndose a su respectiva dirección como se muestra en la Figura 3.39.

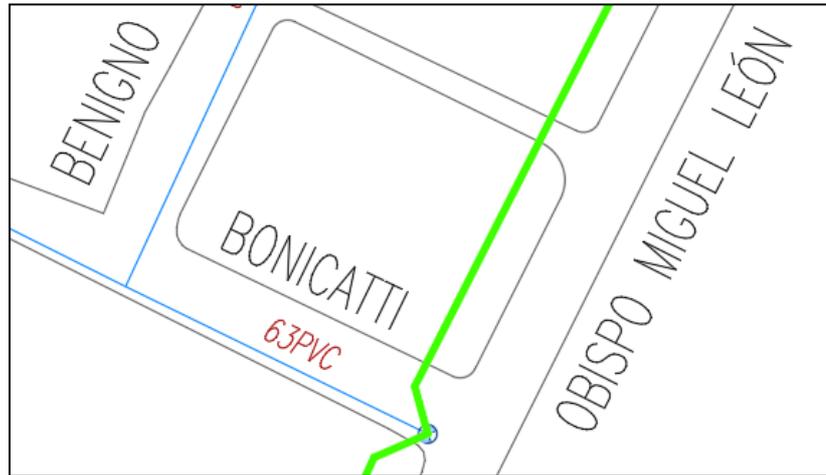


Figura 3.39 Localización de válvula a cerrar en AutoCAD

Fuente: Autores

Así se facilita ubicar la válvula en el software *WaterGEMS*.

En la Figura 3.40 se muestra la localización de una de las válvulas a cerrar.

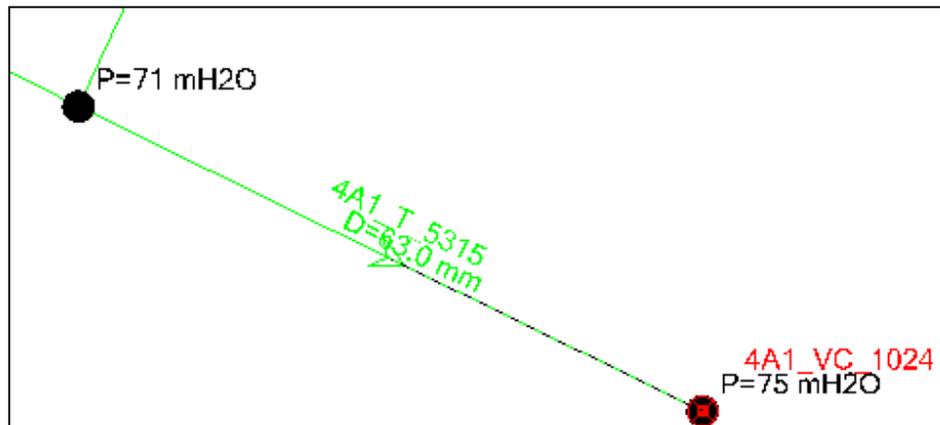


Figura 3.40 Localización de válvula a cerrar en WaterGEMS

Fuente: Autores

3. Dando doble clic en la válvula, se abre el menú de propiedades, se escoge la opción *Status (Initial)* y se elige *Closed* como se indica en la Figura 3.41. De esta forma la válvula de control queda cerrada. El procedimiento es el mismo para el resto de dispositivos.

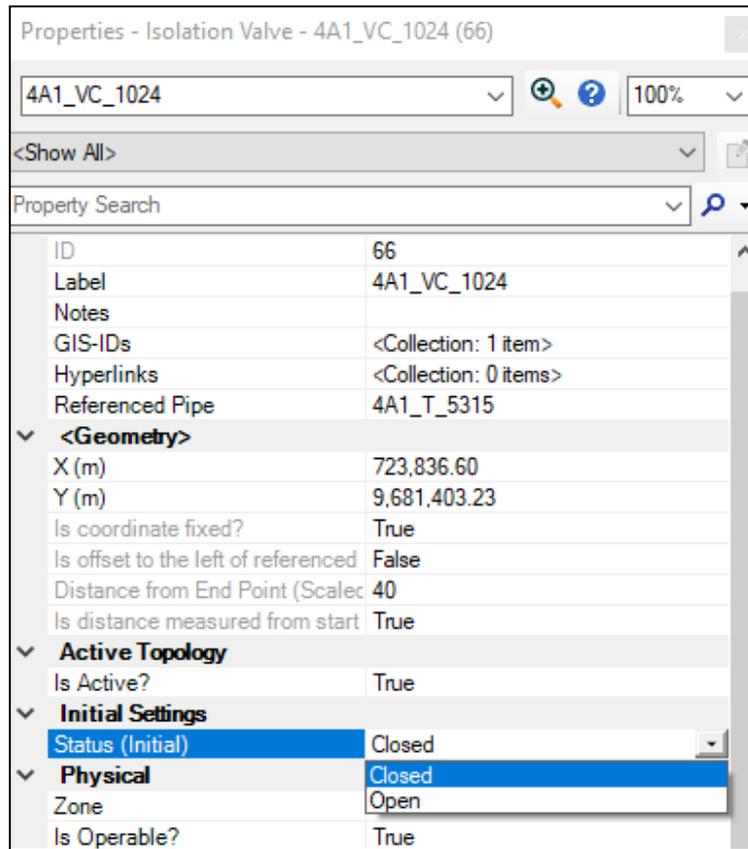


Figura 3.41 Propiedades de válvula

Fuente: Autores

4. Luego de haber cerrado la válvula, se procede a copiar la etiqueta en el manual de Excel para poder tener un registro de cada dispositivo como se muestra en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Manual de operaciones asignación de etiquetas

SUBSECTOR	VÁLVULAS A MANTENER CERRADAS	Φ MATRIZ		VÁLVULAS DE OPERACIÓN	Φ MATRIZ	
1	Bonicatti y Obispo Miguel León	63 PVC	4A1_VC_1024	Barrial Blanco entre Arzob. Serrano Abad y Padre Moreno (by pass)	63 PVC	4A1_VO_1007
	Mariano Veintimilla y Obispo Miguel León	200 PVC	4A1_VC_1039			
	Calle Cuero y Caicedo y Obispo Miguel León	63 PVC	4A1_VC_1009			
	Calle Checa y Barra y Arzobispo Serrano Abad	63 PVC	4A1_VC_1005			
	Obispo Carrión Marfil y Arzobispo Serrano Abad	63 PVC	4A1_VC_1032			
	López de Soliz y Arzobispo Serrano Abad	63 PVC	4A1_VC_1033			

Fuente: Autores

5. Se debe tener mucho cuidado de no cerrar válvulas que deban estar abiertas, ya que esto puede generar problemas con el modelo, como por ejemplo que algunos nodos no queden conectados con el reservorio, o que se den presiones erróneas en ciertos nodos.

Terminado esto se repite el procedimiento de la calibración antes ya explicada. El Software *WaterGEMS* permitirá obtener los resultados de la calibración sectorizada de cada uno de los modelos.

### **3.7. Análisis y comparación de los diferentes escenarios con respecto a la situación actual**

Construidos los diferentes escenarios para las proyecciones, se procedió a comparar los resultados de cada uno de ellos, con el fin de conocer los posibles escenarios para el año 2030.

Los resultados de velocidades, pérdidas de carga y presiones serán presentados y comparados en los ANEXOS.

#### **3.7.1. Resultados**

Las tablas y gráficas que se presentan a continuación, muestran los resultados de la calibración sectorizada correspondientes al año 2019 en los sectores de: Cebollar 2 – Sector 3.2, Cebollar Red Alta – Sector 3.1, Cristo Rey – Sector 4A, Cristo Rey – Sector 4A1, Cruz Verde – Sector 4B1, Cruz Verde – Sector AB2, Mutualista 1 –Sector 2.1, Mutualista 2 –Sector 2.2, San Pedro –Sector 1, Turi –Sector 6B; en donde se ha considerado aceptable por aproximación, es decir, si bien no es exacta, califica como útil gracias a su fidelidad con la realidad y por la dificultad de la obtención de dichos valores, después de haber llevado un proceso minucioso de sectorización, un rango de presiones entre +- 5mca, teniendo en cuenta la recomendación de un técnico de la empresa ETAPA EP, que si se supera los 5mca, se trata de una zona de alta presión. Todo esto para garantizar una buena calibración y un correcto funcionamiento del modelo.

#### **Cebollar 2 –Sector 3.2**

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 5.32 mca. Cebollar 2 – Sector 3.2 supera los 5 mca por estar en una zona alta de presión.

La Tabla 3.17 muestra las tolerancias de presión del sector Cebollar 2 – Sector 3.2.

Tabla 3.17 Tolerancia de presiones Cebollar 2 –Sector 3.2

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-939	2615.58	2,610.91	-4.67
Día promedio	J-1952	2605.52	2,600.44	-5.08
Día promedio	J-1937	2595.00	2,589.68	-5.32
Día promedio	J-982	2613.36	2,611.07	-2.29
Día promedio	J-1484	2613.41	2,616.90	3.49
Día promedio	J-2238	2630.43	2,626.37	-4.06
Día promedio	J-677	2623.65	2,628.26	4.61
Día promedio	J-217	2631.16	2,629.34	-1.82
Día promedio	J-1292	2607.60	2,603.08	-4.52
Día promedio	J-1576	2594.68	2,590.22	-4.46

Fuente: Autores

La Figura 3.42 muestra la calibración final del sector Cebollar 2 – Sector 3.2.

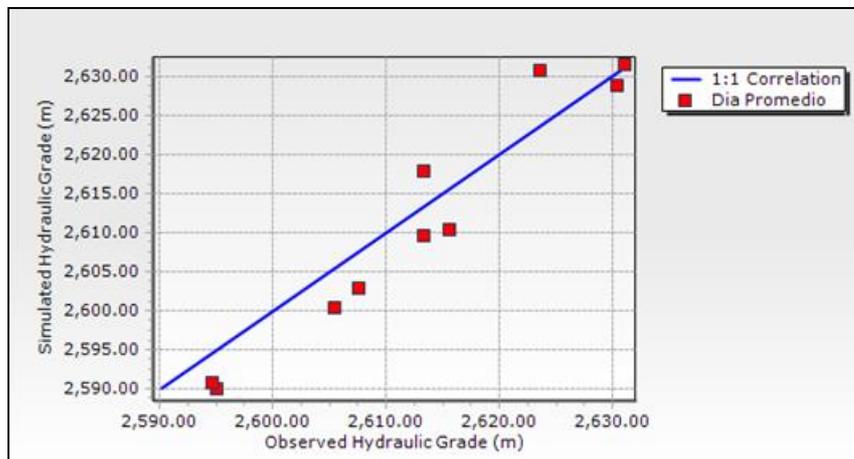


Figura 3.42 Calibración final Cebollar 2 –Sector 3.2

Fuente: Autores

### Cebollar Red Alta – Sector 3.1

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 1.50 mca.

La Tabla 3.18 muestra las tolerancias de presión del sector Cebollar Red Alta – Sector 3.1.

Tabla 3.18 Tolerancia de presiones Cebollar Red Alta – Sector 3.1

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-302	2619.68	2,621.18	1.50
Día promedio	J-26	2604.07	2,602.29	-1.78
Día promedio	J-275	2616.93	2,616.61	-0.32
Día promedio	J-220	2617.34	2,615.87	-1.47
Día promedio	J-124	2613.63	2,613.54	-0.09
Día promedio	J-63	2600.22	2,599.11	-1.11

Fuente: Autores

La Figura 3.43 muestra la calibración final del sector Cebollar Red Alta – Sector 3.1

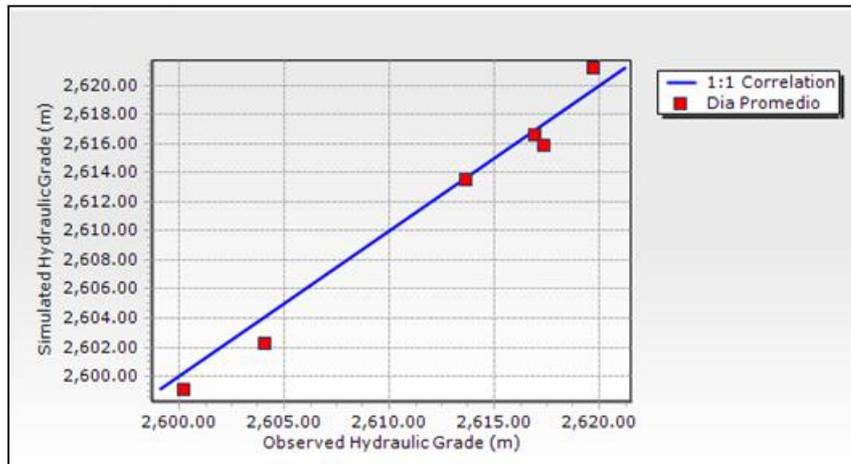


Figura 3.43 Calibración final Cebollar Red Alta – Sector 3.1

Fuente: Autores

### Cristo Rey – Sector 4A

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 4.75 mca.

La Tabla 3.19 muestra las tolerancias de presión del sector Cristo Rey – Sector 4A.

Tabla 3.19 Tolerancia de presiones Cristo Rey – Sector 4A

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-495	2596.39	2,595.21	-1.18
Día promedio	J-52	2591.61	2,593.67	2.06
Día promedio	J-258	2625.02	2,620.77	-4.25
Día promedio	J-519	2606.23	2,604.82	-1.41
Día promedio	J-7	2590.39	2,591.21	0.82
Día promedio	J-127	2615.49	2,620.24	4.75
Día promedio	J-155	2592.74	2,589.97	-2.77

Fuente: Autores

La Figura 3.44 muestra la calibración final del sector Cristo Rey – Sector 4A

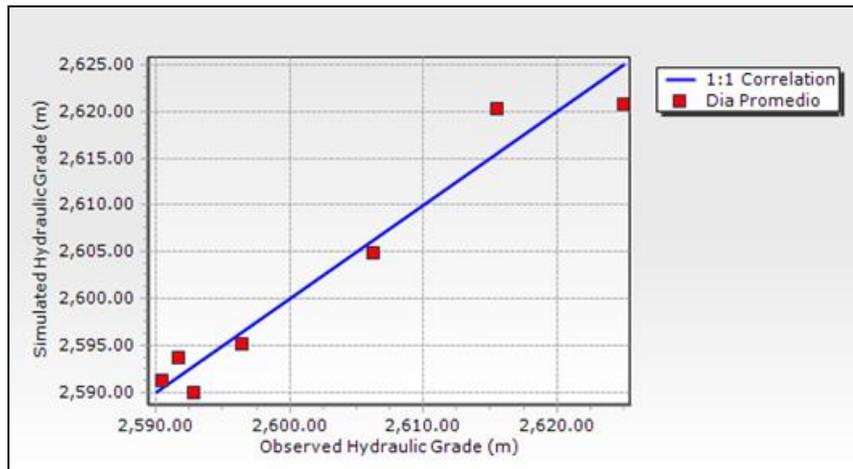


Figura 3.44 Calibración final Cristo Rey – Sector 4A

Fuente: Autores

### Cristo Rey – Sector 4A1

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 4.40 mca.

La Tabla 3.20 muestra las tolerancias de presión del sector Cristo Rey – Sector 4A1.

Tabla 3.20 Tolerancia de presiones Cristo Rey – Sector 4A1

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-80	2594.76	2,596.75	1.99
Día promedio	J254	2589.67	2,590.11	0.44
Día promedio	J-45	2600.38	2,597.21	-3.17
Día promedio	J-235	2601.59	2,597.19	-4.40
Día promedio	J-105	2592.93	2,592.73	-0.20
Día promedio	J-102	2592.65	2,592.50	-0.15

Fuente: Autores

La Figura 3.45 muestra la calibración final del sector Cristo Rey – Sector 4A1

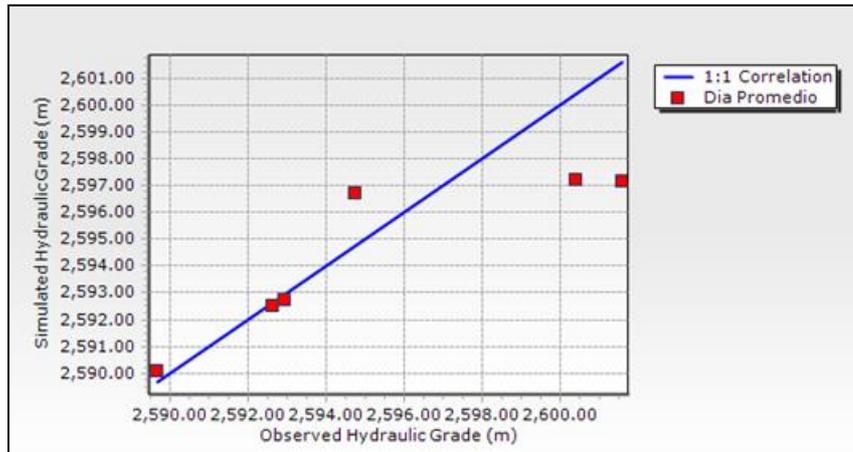


Figura 3.45 Calibración final Cristo Rey – Sector 4A1

Fuente: Autores

### Cruz Verde – Sector AB1

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 3.62 mca.

La Tabla 3.21 muestra las tolerancias de presión del sector Cruz Verde – Sector 4B1.

Tabla 3.21 Tolerancia de presiones Cruz Verde – Sector 4B1

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-464	2550.60	2,549.18	-1.42
Día promedio	J-418	2551.94	2,549.44	-2.50
Día promedio	J-507	2573.26	2,576.52	3.26
Día promedio	J-364	2579.62	2,576.72	-2.90
Día promedio	J-119	2582.26	2,579.39	-2.87
Día promedio	J-198	2573.24	2,569.62	-3.62

Fuente: Autores

La Figura 3.46 muestra la calibración final del sector Cruz Verde – Sector 4B1

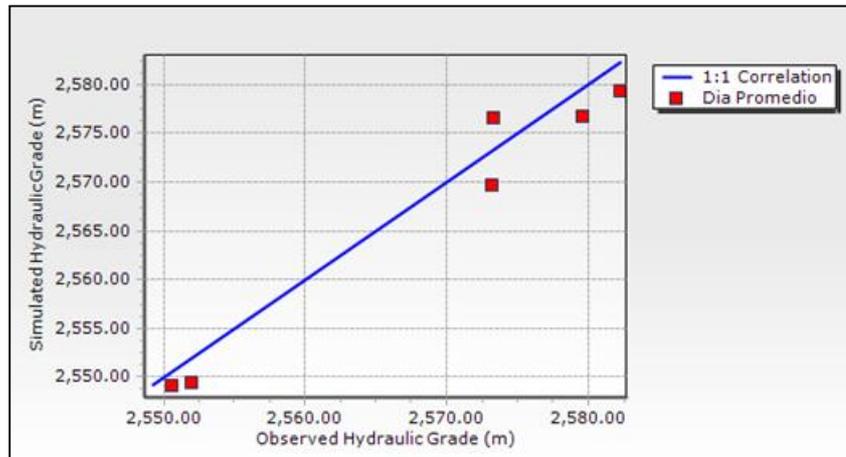


Figura 3.46 Calibración final Cruz Verde – Sector 4B1

Fuente: Autores

### Cruz Verde – Sector 4B2

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 2.56 mca.

La Tabla 3.22 muestra las tolerancias de presión del sector Cruz Verde – Sector 4B2.

Tabla 3.22 Tolerancia de presiones Cruz Verde – Sector 4B2

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-467	2547.08	2,547.34	0.26
Día promedio	J-644	2549.52	2,546.55	-2.97
Día promedio	J-805	2578.00	2,576.85	-1.15
Día promedio	J-254	2574.47	2,577.03	2.56
Día promedio	J-900	2584.63	2,584.06	-0.57
Día promedio	J-219	2582.60	2,581.81	-0.79
Día promedio	J-802	2586.71	2,585.58	-1.13
Día promedio	J-166	2584.71	2,584.19	-0.52
Día promedio	J-913	2548.80	2,547.51	-1.29

Fuente: Autores

La Figura 3.47 muestra la calibración final del sector Cruz Verde – Sector 4B2

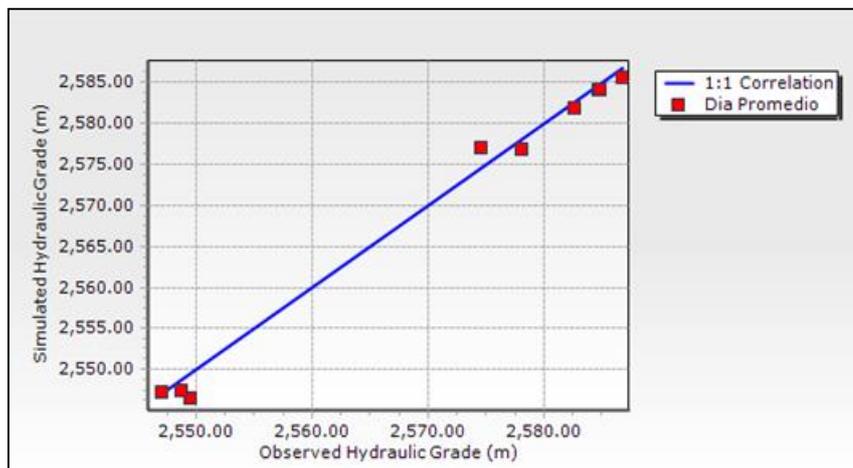


Figura 3.47 Calibración final Cruz Verde – Sector 4B2

Fuente: Autores

### Mutualista 1 –Sector 2.1

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 4.58 mca.

La

Tabla 3.23 muestra las tolerancias de presión del sector Mutualista 1 –Sector 2.1

Tabla 3.23 Tolerancia de presiones Mutualista 1 –Sector 2.1

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-234	2688.82	2,685.66	-3.16
Día promedio	J-176	2682.29	2,685.63	3.34
Día promedio	J-97	2680.37	2,684.95	4.58
Día promedio	J-321	2676.63	2,674.36	-2.27
Día promedio	J-157	2663.71	2,666.50	2.79
Día promedio	J-17	2654.61	2,657.17	2.56

Fuente: Autores

La Figura 3.48 muestra la calibración final del sector Mutualista 1 –Sector 2.1

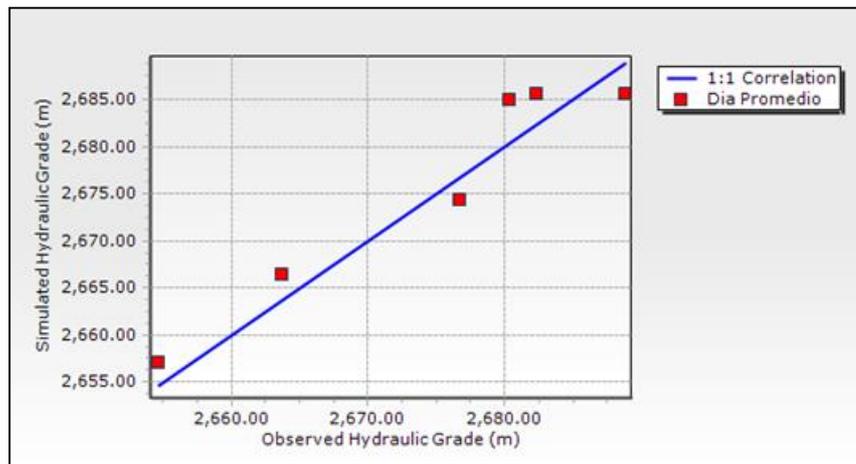


Figura 3.48 Calibración final Mutualista 1 –Sector 2.1

Fuente: Autores

### Mutualista 2 –Sector 2.2

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 5.55 mca. Mutualista 2 – Sector 2.2 supera los 5 mca por estar en una zona alta de presión.

La

Tabla 3.24 muestra las tolerancias de presión del sector Mutualista 1 –Sector 2.2.

Tabla 3.24 Tolerancia de presiones Mutualista 1 –Sector 2.2

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-189	2679.52	2,685.07	5.55
Día promedio	J-206	2683.93	2,686.01	2.08
Día promedio	J-209	2687.91	2,684.51	-3.40
Día promedio	J-33	2691.00	2,686.03	-4.97
Día promedio	J-187	2687.12	2,688.46	1.34

Fuente: Autores

La Figura 3.49 muestra la calibración final del sector Mutualista 1 –Sector 2.2

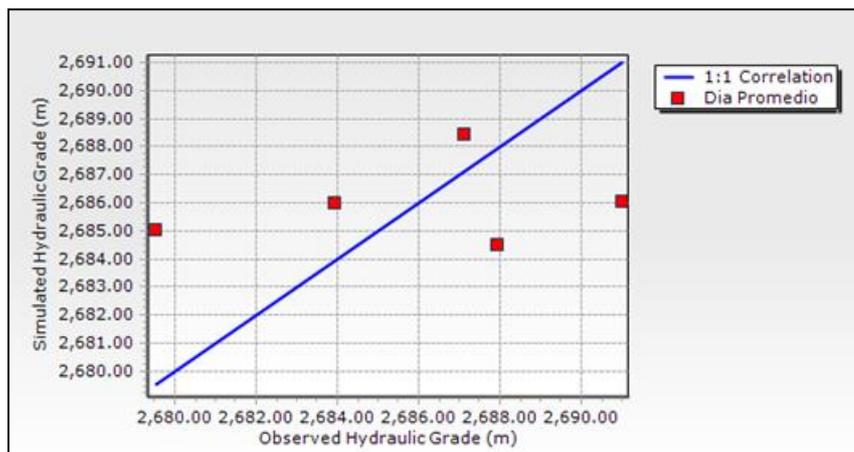


Figura 3.49 Calibración final Mutualista 1 –Sector 2.2

Fuente: Autores

### San Pedro –Sector 1

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 6.56 mca. San Pedro – Sector 1 supera los 5 mca por estar en una zona alta de presión.

La

Tabla 3.25 muestra las tolerancias de presión del sector San Pedro –Sector 1

Tabla 3.25 Tolerancia de presiones San Pedro –Sector 1

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-315	2726.40	2,723.57	-2.83
Día promedio	J-138	2725.65	2,723.47	-2.18
Día promedio	J-203	2726.86	2,723.40	-3.46
Día promedio	J-77	2725.20	2,720.18	-5.02
Día promedio	J-403	2722.27	2,720.13	-2.14
Día promedio	J-460	2731.10	2,726.83	-4.27
Día promedio	J-436	2710.82	2,717.38	6.56

Fuente: Autores

La Figura 3.50 muestra la calibración final del sector San Pedro –Sector 1

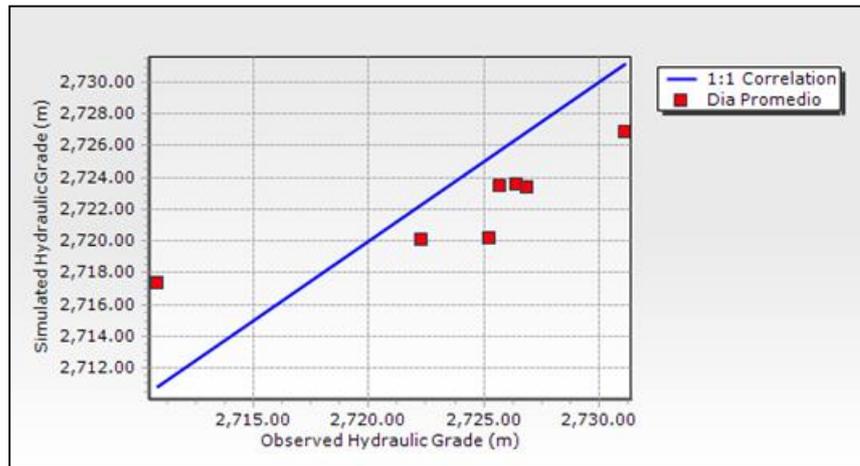


Figura 3.50 Calibración final San Pedro –Sector 1

Fuente: Autores

### Turi –Sector 6B

La mayor tolerancia de presión catalogada como aceptable es de 5.21 mca. Turi –Sector 6B supera los 5 mca por estar en una zona alta de presión.

La Tabla 3.26 muestra las tolerancias de presión del sector Turi –Sector 6B

Tabla 3.26 Tolerancia de presiones Turi –Sector 6B

Datos	Nodo	Grado Hidráulico observado (m)	Grado Hidráulico calculado (m)	Diferencia de presiones (mca)
Día promedio	J-527	2531.53	2,536.74	5.21
Día promedio	J-411	2535.91	2,537.42	1.51
Día promedio	J-471	2541.51	2,537.39	-4.12
Día promedio	J-708	2532.38	2,531.85	-0.53
Día promedio	J-621	2541.85	2,539.72	-2.13
Día promedio	J-627	2540.31	2,539.45	-0.86

Fuente: Autores

La Figura 3.51 muestra la calibración final del sector Turi –Sector 6B

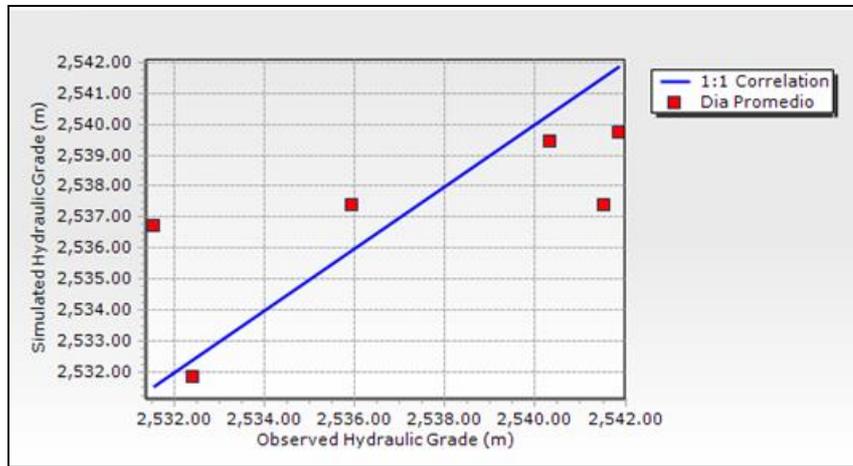


Figura 3.51 Calibración final Turi –Sector 6B

Fuente: Autores

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- Se recopiló los datos topográficos, demográficos e hidráulicos que sirvieron para generar la información necesaria para la construcción de los modelos de abastecimiento de agua potable de cada sector.
- En el desarrollo del proyecto se utilizaron los siguientes programas informáticos: AutoCAD Map, ArcGIS y WaterGEMS; los cuales ayudaron en el manejo de la información catastral, consumo de agua potable, proyección del sistema actual, proyección al año 2030 y en elaborar los modelos hidráulicos de cada sector.
- Se construyeron los modelos hidráulicos con un software especializado, en el cual se correrán las simulaciones para cada sector.
- Se tomaron muestras representativas en distintos puntos de cada sector con la ayuda de un manómetro. Esta toma de muestras está representada en tablas para cada sector, estos datos sirven para la evaluación y comparación de los resultados obtenidos en el software WaterGEMS.
- Se desarrolló la calibración a partir de las muestras obtenidas en campo con la ayuda de la herramienta Darwin Calibrator del software WaterGEMS, de esta manera se obtiene el resultado más ajustado a la realidad, lo cual refleja que el funcionamiento de los modelos se aproxima al funcionamiento real de la red hidráulica.
- Se creó un nuevo escenario para analizar el comportamiento de la red para el año 2030 de acuerdo a la proyección poblacional de cada sector, información que puede ser utilizada para tomar correctivos de manera anticipada.

- Después de haber realizado la calibración a red abierta de los modelos y haber realizado los modelos con sectorización, se puede apreciar que los resultados se optimizan.
- Al momento de sectorizar los modelos, las presiones en ciertos puntos suben y en otros bajan considerablemente, al cerrar ciertas válvulas se provoca que el flujo de agua circule por ciertas tuberías, procurando que el caudal entre a cada subsector por una sola matriz, controlada por una válvula de operación.

### **Recomendaciones**

- Se debería seguir actualizando los modelos en caso de aumento de tuberías en las redes de distribución de agua potable, de esta manera se tomarán con anticipación las mejores decisiones para cada sector.
- Se debería tomar muestras en campo cada cierto tiempo para verificar el correcto funcionamiento de los modelos.
- Realizar el mantenimiento requerido en el sistema de redes de agua potable con el fin de evitar deterioro en la red.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ArcGIS Desktop. (1 de febrero de 2020). *esri ArcMap*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/>
- Autodesk. (15 de diciembre de 2019). *Autodesk*. Obtenido de <http://help.autodesk.com/view/MAP/2018/ESP/>
- Bentley Advancing infrastructure. (30 de febrero de 2019). *WaterGEMS Decisiones inteligentes para la distribución de agua*. Obtenido de <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watergems>
- Bentley WaterGEMS. (2013). *Manual WaterGEMS*.
- Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-601. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua*. Quito: Secretaria de agua.
- Código Ecuatoriano de la Construcción CO 10.07-602. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua*. Quito: secretaria del agua.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Obtenido de <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Lineamientos%20T%20E9cnicos%20para%20Estudios%20y%20Proyectos%20de%20Agua%20y%20Alcantarillado.pdf>
- ETAPAEP. (16 de 05 de 2020). *etapa*. Obtenido de [www.etapa.net.ec/](http://www.etapa.net.ec/)
- Giles, R. V., Evett, J. B., & Liu, C. (1994). *Mecánica de fluidos e hidráulica*. España: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, F. (2018). *Calibración del sector 1 del acueducto del municipio de Chía*. Bogotá.
- Henry León, P. S. (2017). *Modelación Hidráulica de la red de agua potable del sistema rural "Chulco Soroche" del cantón Cuenca, provincia del Azuay*. Cuenca.
- Hurtado, B., & Tacuri, S. (2018). *Hurtado Mendoza, B., & Tacuri Pillco, S. (2018). Actualización de la modelación hidráulica de los sistemas de distribución para el abastecimiento de agua potable de la parroquia de El Valle, en los*

*sectores: Santa Teresita, Castilla Cruz, El censo, Rayolo.* Obtenido de  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8226/1/13949.pdf>

Tzatchkov, V. G.-Y. (2011). *Implementación de algoritmos basados en la teoría de grafos en proyectos de sectorización de redes de agua potable. Tecnología y ciencias del agua.* La Habana: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

WaterGEMS Manual. (2013). *Bentley Product Documentation.* Obtenido de  
<https://docs.bentley.com/LiveContent/>

Zapata, M. J. (2015). *Modelación y calibración hidráulica en periodo extendido para la red de distribución de agua potable y ubicación de válvulas para el control de presiones en la zona de “La Venada”, Guanajuato, Gto. México. LOS SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE CON UNA VISIÓN.* Guanajuato: Guanajuato, Gto. México. C.P. 36000 .

**ANEXOS**

Anexo 1 Catastros de las redes de distribución del sistema de agua potable del cantón Cuenca actualizados al año 2019

Ver CD

Anexo 2 Catastros de las redes de distribución del sistema de agua potable del sector El Cebollar

Ver CD

Anexo 3 Archivo Excel de tuberías actualizadas

Ver CD

Anexo 4 Archivo shape de medidores

Ver CD

Anexo 5 Determinación de habitantes por medidores para los sectores del sistema de agua potable del sector de El Cebollar

Ver CD

Anexo 6 Archivo Shape de base poblacional

Ver CD

Anexo 7 Modelo a red abierta de la red distribución de agua potable del sector El Cebollar

Ver CD

Anexo 8 Archivo CAD de curvas de nivel del cantón Cuenca

Ver CD

Anexo 9 Válvulas a mantener cerradas y abiertas

**Cebollar 2 – Sector 3.2 - Subsector 3.2.1**

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Av. Primero de Mayo y Av. Loja	3.2_VC_1591	160 PVC
	Av. Loja y Av. Primero de Mayo	3.2_VC_1531	150 PVC
	Bartolomé Ruiz y Av. Don Bosco	3.2_VC_1764	63 PVC
	Francisco de Orellana y Av. Don Bosco	3.2_VC_1772	63 PVC
	Francisco de Orellana y Av. Don Bosco	3.2_VC_1773	110 PVC
	Miguel de Cervantes y Av. Don Bosco	3.2_VC_1451	63 PVC
	Av. Loja y Don Bosco	3.2_VC_1593	160 PVC
	Alonso Cabrera Y Av. Loja	3.2_VC_1136	63 PVC
	Av. Del Salado y Av. Loja	3.2_VC_1134	63 PVC
02	Miguel de Cervantes y Av. Don Bosco	3.2_VC_1451	63 PVC
	Francisco de Orellana y Av. Don Bosco	3.2_VC_1772	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Francisco de Orellana y Av. Don Bosco	3.2_VC_1773	110 PVC
	Bartolomé Ruiz y Av. Don Bosco	3.2_VC_1764	63 PVC
	Av. Don Bosco y Bartolomé Ruiz	3.2_VC_1068	200 AC
	Calle sin nombre y Av. Don Bosco	3.2_VC_1069	63 PVC
	Francisco de Orellana y Puerto de Palos	3.2_VC_1043	63 PVC
	La Rábida y Puerto de Palos	3.2_VC_1246	63 PVC
	La Rábida y Puerto de Palos	3.2_VC_1463	160 PVC
	Santa María y Puerto de Palos	3.2_VC_1227	63 PVC
	Rodrigo de Triana y Av. Loja	3.2_VC_1139	63 PVC
	Rodrigo de Triana y Av. Loja	3.2_VC_1598	160 PVC
03	Santa María y Puerto de Palos	3.2_VC_1227	63 PVC
	La Rábida y Puerto de Palos	3.2_VC_1463	160 PVC
	La Rábida y Puerto de Palos	3.2_VC_1246	63 PVC
	Francisco de Orellana y Puerto de Palos	3.2_VC_1043	63 PVC
04	La Rábida y Puerto de Palos	3.2_VC_1463	160 PVC
	Francisco de Orellana y Puerto de Palos	3.2_VC_1043	63 PVC
06	Av. Loja y Fray De Marchena	3.2_VC_1041	63 PVC
08	Manuela Cañizares y Juan Larrea	3.2_VC_1182	110 PVC
	Manuel Quiroga y Juan Larrea	3.2_VC_1166	63 PVC
	Av. De Las Américas Y Juan Larrea	3.2_VC_1492	63 PVC
09*	Camino Viejo a Baños y Av. De Las Américas	3.2_VC_1038	110 PVC
	El Salado y Av. Don Bosco	3.2_VC_1137	63 PVC
	Camino Viejo a Baños y Av. Loja	3.2_VC_1595	110 PVC
	Nicolás de Rocha y Av. Loja	3.2_VC_1597	200 PVC
	Cebrián de Morata y Av. Loja	3.2_VC_1142	110 PVC
	Gonzalo Díaz de Pineda y Av. de las Américas	3.2_VC_1318	63 PVC
	Francisco Trelles y Av. De Las Américas	3.2_VC_1152	63 PVC
	Nicolás de Rocha y Av. De Las Américas	3.2_VC_1039	160 PVC
10**	Av. Isabel la católica y Av. De las Américas	3.2_VC_1035	63 PVC
	Av.1° De Mayo y Av. De las Américas	3.2_VC_1776	160 PVC
	Av.1° De Mayo y Av. Loja	3.2_VC_1591	160 PVC
	Av. Del Salado y Av. Loja	3.2_VC_1134	63 PVC
	Alonso Cabrera Y Av. Loja	3.2_VC_1136	63 PVC
	El Salado y Av. Don Bosco	3.2_VC_1594	63 PVC
	Gaspar de Carvajal y Av. Don Bosco	3.2_VC_1521	63 PVC
	Miguel Cabello Balboa y Av. De Las Américas	3.2_VC_1036	110 PVC
11	Av.1° De Mayo y Av. De las Américas	3.2_VC_1520	63 PVC
	Manuel Corral Jáuregui y Av. De Las Américas	3.2_VC_1033	63 PVC
	Luis Moscoso y Tarquino Cordero	3.2_VC_1034	110 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
12	Tarquino Cordero y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1295	63 PVC
	Julio Vinueza y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1159	110 PVC
	Luis Moscoso y Tarquino Cordero	3.2_VC_1034	110 PVC
	Manuel Corral Jauregui y Av. De Las Américas	3.2_VC_1033	63 PVC
	Av. 1° De Mayo y Av. De las Américas	3.2_VC_1519	110 PVC
	Av. Don Bosco y Av. De Las Américas (By-Pass)	3.2_VC_1032	63 PVC
	Av. De las Américas y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1148	63 PVC
13	Antonio Peña y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1478	63 PVC
	Av. De las Américas y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1147	63 PVC
	Av. De las Américas y Juan Larrea	3.2_VC_1492	63 PVC
	Manuel Quiroga y Juan Larrea	3.2_VC_1166	63 PVC
	Manuela Cañizares y Juan Larrea	3.2_VC_1182	110 PVC
	Julio Vinueza y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1159	110 PVC
	Tarquino Cordero y Camino Viejo a Baños	3.2_VC_1295	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Av. Del Salado y Av. Loja	3.2_VO_1009	200 PVC
02	Av. Don Bosco y Av. Loja	3.2_VO_1022	200 AC
03	Puerto de Palos y Av. Loja	3.2_VO_1024	160 PVC
04	Puerto de Palos Y Av. Loja	3.2_VO_1023	63 PVC
04a	Pedro de Alvarado y Av. Loja	3.2_VC_1042	63 PVC
05	Calle Alonso Pinzón y Av. Loja	ISO-5	63 PVC
06	Av. Loja y Av. De Las Américas (By-pass)	ISO-6	200 PVC
07	Cebrían de Moreta y Av. De las Américas	3.2_VC_1483	63 PVC
08	Pasaje Juan Ruiz y Av. De Las Américas	ISO-8	160 PVC
09	Nicolás de Rocha y Lorenzo de Padilla (E.R.P.)	3.2_VO_1025	200 PVC
11	Av.1° De Mayo y Av. De las Américas	3.2_VO_1027	110 PVC
12	Luis Moscoso y Av. Américas (By-pass)	3.2_VO_1005	110 PVC
	Ricardo Márquez y Manuel Villavicencio	ISO-13	110 PVC
13	Ricardo Márquez y Camino Viejo a Baños	ISO-15	160 PVC

## Cebollar 2 – Sector 3.2 - Subsector 3.2.2

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Del Batán y Av. de las Américas	3.2_VC_1516	110 PVC
	Av. de las Américas y Del Batán (bypass)	3.2_VC_1515	110 PVC
	Pasaje 12 de Abril y Av. de las Américas	3.2_VC_1361	110 PVC
	Remigio Crespo y Unidad Nacional	3.2_VC_1700	250 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Remigio Crespo y Unidad Nacional	3.2_VC_1355	250 AC
	Surinam y Remigio Crespo	3.2_VC_1713	50 PVC
	Latinoamérica y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1031	63 PVC
	Brasil y Remigio Crespo	3.2_VC_1030	110 PVC
	Ecuador y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1518	63 PVC
	Av. De Las Américas y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1517	250 AC
	Ecuador y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1518	63 PVC
	Brasil y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1030	110 PVC
	Latinoamérica y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1031	63 PVC
	Surinam y Av. Remigio Crespo	3.2_VC_1713	50 PVC
	Puerto Rico y Av. Unidad Nacional	3.2_VC_1090	63 PVC
	Argentina y Av. Amazonas	3.2_VC_1366	100 PVC
02	Chile y Av. Amazonas	3.2_VC_1514	50 PVC
	Colombia y Ecuador	3.2_VC_1547	63 PVC
	Honduras y Nicaragua	3.2_VC_1548	110 PVC
	Venezuela y Nicaragua	3.2_VC_1549	63 PVC
	Venezuela y Nicaragua	3.2_VC_1546	250 PVC
	Trinidad - Tobago y Av. De las Américas	3.2_VC_1740	63 PVC
	Av. Amazonas y Av. de las Américas	3.2_VC_1367	200 AC
	Pasaje Loja y Av. Loja	3.2_VC_1062	200 PVC
03	Av. Loja Y Pichincha	3.2_VC_1544	63 PVC
	Av. 10 de Agosto y Av. Loja	3.2_VC_1064	110 PVC
	Belice y Av. de las Américas	3.2_VC_1028	63 PVC
	Nicaragua y Av. de las Américas	3.2_VC_1029	110 PVC
	Venezuela y Nicaragua	3.2_VC_1546	250 PVC
	Venezuela y Nicaragua	3.2_VC_1549	63 PVC
04	Honduras y Nicaragua	3.2_VC_1548	110 PVC
	Colombia y Ecuador	3.2_VC_1547	63 PVC
	Chile y Av. Amazonas	3.2_VC_1514	50 PVC
	Argentina y Av. Amazonas	3.2_VC_1366	100 PVC
	Pasaje Loja y Av. Loja	3.2_VC_1062	200 PVC
04	Av. 10 de Agosto y Av. Loja	3.2_VC_1064	110 PVC
	Pasaje Medio Ejido y Av. De Las Américas	3.2_VC_1027	110 PVC
	Isauro Rodríguez y Enrique Arizaga	3.2_VC_1608	63 PVC
	Víctor Tinoco y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1608	63 PVC
07	Francisco Cisneros y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1027	110 PVC
	Eduardo Cevallos y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1026	63 PVC
	Alberto Toral y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1025	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
08	Alberto Toral y Francisco Agilar	3.2_VC_1024	63 PVC
	Carlos Berrezueta y Leopoldo Dávila	3.2_VC_1511	110 PVC
	Leopoldo Dávila y Rafael Estrella	3.2_VC_1023	110 PVC
	Av. De Las Américas y Víctor Aguilar (By pass)	3.2_VC_1021	63 PVC
09	Francisco Cisneros y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1510	63 PVC
	Miguel Ortega y Francisco Cisneros	3.2_VC_1022	110 PVC
	Francisco Cisneros y Carlos Berrezueta	3.2_VC_1024	63 PVC
	Mariano Estrella y Carlos Berrezueta	3.2_VC_1426	110 PVC
	Alberto Toral y Francisco Aguilar	3.2_VC_1096	63 PVC
	Alberto Toral y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1020	160 PVC
	Eduardo Cevallos y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1023	110 PVC
10	Isauro Rodríguez y Carlos Arizaga (Válvula Tapón)	3.2_VC_1511	110 PVC
	Carlos Arizaga y Francisco Cisneros	3.2_VC_1024	63 PVC
	Alberto Andrade y Francisco Cisneros	3.2_VC_1107	200 PVC
	Carlos Berrezueta y Francisco Cisneros	3.2_VC_1099	200 PVC
	Carlos Berrezueta y Francisco Cisneros	3.2_VC_1095	63 PVC
	Miguel Ortega y Francisco Cisneros	3.2_VC_1098	63 PVC
	Víctor Tinoco y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VC_1097	63 PVC
11	Av. De Las Américas y Remigio Crespo	3.2_VC_1426	110 PVC
	Av. De Las Américas y Remigio Crespo	3.2_VC_1026	63 PVC
	Leopoldo Dávila y Rafael Estrella	3.2_VC_1517	250 AC
	Carlos Berrezueta y Leopoldo Dávila	3.2_VC_1018	300 AC
	Mariano Estrella y Carlos Berrezueta	3.2_VC_1510	63 AC
	Francisco Cisneros y Carlos Berrezueta	3.2_VC_1021	63 AC
	Carlos Berrezueta y Francisco Cisneros	3.2_VC_1020	160 PVC
	Carlos Berrezueta y Francisco Cisneros	3.2_VC_1096	63 PVC
	Alberto Andrade y Francisco Cisneros	3.2_VC_1098	63 PVC
	Carlos Arizaga y Francisco Cisneros	3.2_VC_1097	63 PVC
	Ramona Cordero y Av. General Escandón	3.2_VC_1095	63 PVC
	Daniel Muñoz y Av. General Escandón	3.2_VC_1099	200 PVC
	Francisco Martínez y Av. General Escandón	3.2_VC_1061	63 PVC
	José Astudillo y Av. General Escandón	3.2_VC_1413	63 PVC
	José Astudillo y Av. General Escandón	3.2_VC_1414	110 PVC
Tomás Alvarado y Av. General Escandón	3.2_VC_1108	200 PVC	
Víctor Manuel Albornoz y Av. General Escandón	3.2_VC_1558	110 PVC	
12	Av. De Las Américas y Remigio Crespo	3.2_VC_1411	50 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Av. Remigio Crespo y Av. de las Américas (ERP-1)	3.2_VO_1007	300 PVC
02	Venezuela y Av. Remigio Crespo	3.2_VO_1004	200 PVC
03	Av. Loja y Av. 10 de Agosto	3.2_VO_1010	200 PVC
03a	Av. Loja y Av. 10 de Agosto	3.2_VC_1512	63 PVC
05	Cantón Gualaceo y Av. de las Américas (ERP-3)	3.2_VO_1006	160 PVC
05a	Las Antillas y Av. de las Américas	3.2_VC_1325	100 PVC
	Calle sin nombre y Av. De Las Américas	3.2_VC_1678	63 PVC
06	Av. De Las Américas y Daniel Fernández de C.	3.2_VO_1012	110 PVC
07	Daniel Fernández de C. y Av. De Las Américas	3.2_VO_1013	200 AC
08	Av. De Las Américas y Daniel Fernández de Córdova	3.2_VO_1011	110 PVC
09	Mariano Estrella y Daniel Fernández de Córdova	ISO-26	160 PVC
10	10. Isauro Rodríguez y Daniel Fernández de Córdova	ISO-27	110 PVC
11	11. Av. General Escandón y Av. De Las Américas	3.2_VO_1002	200 PVC
12	Av. De Las Américas y Agustín Cuesta	3.2_VO_1003	110 PVC

## Cebollar 2 – Sector 3.2 - Sector 3.2.3

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Av. de las Américas y Abraham Sarmiento (Bypass)	3.2_VC_1130	63 PVC
	Convención del 45 y Calle Gran Colombia	3.2_VC_1125	400 PVC
	Convención del 45 y Calle Gran Colombia (Bypass)	3.2_VC_1580	110 PVC
	Mariscal Lamar y Convención del 45	3.2_VO_1029	110 PVC
02	Sangurima y Daniel Alvarado	3.2_VC_1725	63 PVC
	Convención del 45 y Calle Gran Colombia (Bypass)	3.2_VC_1580	110 PVC
	Av. 3 de Noviembre y Av. de Las Américas	3.2_VO_1008	160 PVC
03	Sangurima y Daniel Alvarado	3.2_VC_1725	63 PVC
	Mariscal Lamar y Convención del 45	3.2_VO_1029	110 PVC
	Av. de Las Américas Y Camino del Tejar	3.2_VC_1014	100 PVC
	Mariscal Lamar y Av. de Las Américas	3.2_VC_1509	300 PVC
	Av. de Las Américas y Guillermo Medina (Bypass)	3.2_VC_1695	300 PVC
04	Av. de Las Américas y Alfonso Andrade	ISO-35	150 AC
	Av. de Las Américas y Guillermo Medina (Bypass)	3.2_VC_1695	300 PVC
	Mariscal Lamar y Av. de Las Américas	3.2_VC_1509	300 PVC
	Av. de Las Américas y Alfonso Andrade	ISO-35	150 AC
05	Av. Ordoñez Lasso y Los Cedros (Bay-pas)	3.2_VC_1111	160 PVC
	Calle del Guabisay y De las Pencas	3.2_VC_1575	200 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
06	Los Cedros y Víctor M. Albornoz (Puente Puertas del Sol)	3.2_VC_1564	110 PVC
	Paseo 3 de Noviembre y Av. Ordóñez Lasso	3.2_VC_1506	110 PVC
	Jacaranda y Av. Ordóñez Lasso	3.2_VC_1508	50 AC
	De Los Nogales y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1561	63 PVC
	Los Cipreses y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1109	63 PVC
	Los Pinos y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1562	50 AC
	Urapán y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1676	63 AC
07	Jacaranda y Av. Ordóñez Lasso	3.2_VC_1508	50 AC
	Paseo 3 de Noviembre y Av. Ordóñez Lasso	3.2_VC_1506	110 PVC
	Av. Ordóñez Lasso y De la Higuera	3.2_VC_1013	160 PVC
	De la Higuera y Av. Ordóñez Lasso	3.2_VC_1393	160 PVC
	Av. Ordóñez Lasso y Los Cedros (Bay-pas)	3.2_VC_1111	160 PVC
	Av. Américas y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1560	63 PVC
	Urapán y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1676	63 PVC
	Los Pinos y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1562	50 AC
	Los Cipreses y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1109	63 AC
De Los Nogales y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1561	63 AC	
08	Los Cedros y Víctor M. Albornoz (Puente Puertas del Sol)	3.2_VC_1564	110 PVC
	Tomás Alvarado y Av. General Escandón	3.2_VC_1411	50 PVC
	José Astudillo y Av. General Escandón	3.2_VC_1558	110 PVC
	José Astudillo y Av. General Escandón	3.2_VC_1108	200 PVC
	Francisco Martínez y Av. General Escandón	3.2_VC_1414	110 PVC
	Daniel Muñoz y Av. General Escandón	3.2_VC_1413	63 PVC
	Ramona Cordero León y Av. General Escandón	3.2_VC_1061	63 PVC
	De los Cerezos y Paseo 3 de Noviembre	3.2_VC_1283	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01a	Daniel Alvarado y Av. de Las Américas (Bypass)	3.2_VO_1020	63 PVC
01b	Abraham Sarmiento y Antonio Vega Muñoz	3.2_VO_1021	110 PVC
02	Ordóñez Lasso y Av. de Las Américas	3.2_VO_1019	160 PVC
03	Av. De Las Américas y Daniel Alvarado	ISO-34	300 AC
04b	Cayambe y Tinajillas	ISO-36	150 PVC
05b	Calle del Guabisay y De las Pencas (ERP)	3.2_VO_1001	250 PVC
06	Av. de Las Américas y Paseo 3 de Noviembre (ERP)	3.2_VO_1014	250 PVC
	Los Cedros y Av. Ordóñez Lasso	3.2_VO_1015	110 PVC
08b	Víctor Manuel Albornoz y Ricardo Darquea	3.2_VO_1028	250 PVC

## Cebollar Red Alta – Sector 3.1

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Tomás de Heres y Mariano Cueva	3.1_VC_1119	63 PVC
	Antonio Vallejo y Francisco Calderón	3.1_VC_1036	50 AC
	Francisco Calderón y Antonio Vallejo	3.1_VC_1081	63 PVC
	Eugenio Espejo y Mariano Cueva	3.1_VC_1079	63 PVC
02	Antonio Vallejo y Francisco Calderón	3.1_VC_1036	50 AC
	Mariano Cueva y Eugenio Espejo	3.1_VC_1128	160 PVC
	Héroes de Verdeloma y Hno. Miguel	3.1_VC_1009	63 PVC
	Eugenio Espejo y Hno. Miguel	3.1_VC_1078	50 AC
	Francisco Calderón y Antonio Vallejo	3.1_VC_1081	63 PVC
03	Mariano Cueva y Eugenio Espejo	3.1_VC_1128	160 PVC
	Héroes de Verdeloma y Francisco Tamariz	3.1_VC_1116	160 PVC
	Héroes de Verdeloma y Hno. Miguel	3.1_VC_1115	110PVC
	Héroes de Verdeloma y Francisco Tamariz	3.1_VC_1077	63 PVC
04	Vargas Torres y Tarqui	3.1_VC_1006	50 AC
	Muñoz Vernaza y Tarqui	3.1_VC_1008	63 PVC
	Francisco Tamariz y Héroes de Verdeloma	3.1_VC_1116	160 PVC
	Hno. Miguel y Héroes de Verdeloma	3.1_VC_1115	110 PVC
	Gral. Rafael Arizaga y Tarqui	3.1_VC_1027	63 PVC
	Hernando de la Cruz y Tarqui	3.1_VC_1104	50 AC
05	Héroes de Verdeloma y Francisco Tamariz	3.1_VC_1116	160 PVC
	Héroes de Verdeloma y Av. Américas	3.1_VC_1102	150 AC
	Nicanor Merchán y Av. Américas	3.1_VC_1007	110 PVC
06	Vargas Torres y Tarqui	3.1_VC_1006	50 AC
	Muñoz Vernaza y Tarqui	3.1_VC_1008	63 PVC
	Hernando de la Cruz y Tarqui	3.1_VC_1104	50 AC
	Gral. Rafael Arizaga y Juan Montalvo	3.1_VC_1027	63 PVC
	Nicanor Merchán y Héroes de Verdeloma	3.1_VC_1003	63 PVC
	Estévez de Toral y Héroes de Verdeloma	3.1_VC_1004	63 PVC
	Gral. Rafael Arizaga y Miguel Heredia	3.1_VC_1098	63 PVC
	Coronel Tálbot y Américas	3.1_VC_1075	50 PVC
	Miguel Vélez y Américas	3.1_VC_1063	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Américas y Mariano Cueva	3.1_VC_1073	110 PVC
02	Hno. Miguel y Av. Héroes de Verdeloma.	3.1_VC_1072	160 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
03	Francisco Tamariz y Américas	3.1_VC_1070	160 PVC
04	Héroes de Verdeloma y Tarqui	3.1_VC_1071	160 PVC
05	Av. De las Américas y Nicanor Merchán	3.1_VC_1068	200 AC
06	Tarqui y Héroes de Verdeloma	3.1_VC_1069	110 PVC
07	Rafael Arizaga y Miguel Heredia (bypass)	3.1_VC_1074	63 PVC

## Cristo Rey - Sector 4A

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Antonio Borrero y Gaspar Sangurima	4A_VC_1097	50 HF
	Gaspar Sangurima y Antonio Borrero	4A_VC_1067	63 PVC
	Hermano Miguel y Gaspar Sangurima	4A_VC_1029	50 HF
	Entrada Plazoleta Cívica y Gaspar Sangurima	4A_VC_1126	50HF
	Mariano Cueva y Gaspar Sangurima	4A_VC_1068	50 HF
	Vargas Machuca y Gaspar Sangurima	4A_VC_1154	60 HF
	Tomás Ordoñez y Gaspar Sangurima	4A_VC_1031	75 HF
	Manuel Vega y Sangurima	4A_VC_1113	50 HF
	Huayna Cápac y Gaspar Sangurima	4A_VC_1042	160 PVC
	Gaspar Sangurima y Borrero	4A_VC_1067	63 PVC
	Vega Muñoz y Borrero	4A_VC_1091	250 HF
	Pío Bravo y Borrero	4A_VC_1096	63PVC
	Rafael Ma. Arizaga y Borrero	4A_VC_1153	160PVC
02	Antonio Borrero y Simón Bolívar	4A_VC_1033	63 PVC
	Hermano Miguel y Simón Bolívar	4A_VC_1099	50 HF
	Mariano Cueva y Simón Bolívar	4A_VC_1034	60 HF
	Vargas Machuca y Simón Bolívar	4A_VC_1135	60 HF
	Huayna Cápac y Simón Bolívar	4A_VC_1066	160 PVC
	Simón Bolívar y Luis Cordero	4A_VC_1136	63 PVC
	Gran Colombia y Luis Cordero	4A_VC_1163	250 HF
	Mariscal Lamar y Luis Cordero	4A_VC_1164	50 HF
	Borrero y Gaspar Sangurima	4A_VC_1097	60 HF
	Hermano Miguel y Gaspar Sangurima	4A_VC_1029	50 HF
	Entrada Plazoleta Cívica y Gaspar Sangurima	4A_VC_1126	50HF
	Mariano Cueva y Gaspar Sangurima	4A_VC_1068	50 HF
	Vargas Machuca y Gaspar Sangurima	4A_VC_1154	60 HF
	Tomás Ordoñez y Gaspar Sangurima	4A_VC_1031	75 HF
	Manuel Vega y Sangurima	4A_VC_1113	50HF
Huayna Cápac y Gaspar Sangurima	4A_VC_1042	160PVC	
03	Calle Larga y Mariano Cueva	4A_VC_1069	110PVC
	Tomás Ordóñez y Honorato Vázquez	4A_VC_1039	60 HF

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Manuel Vega y Honorato Vázquez	4A_VC_1145	50HF
	Jesús Arriaga y Alfonso Jerves	4A_VC_1156	63PVC
	Alfonso Jerves y Huayna Cápac	4A_VC_1157	50 HF
	Alfonso Malo y Huayna Cápac	4A_VC_1064	63PVC
	Calle Larga y Luis Cordero	4A_VC_1155	110PVC
	Honorato Vázquez y Luis Cordero	4A_VC_1159	50 HF
	Juan Jaramillo y Luis Cordero	4A_VC_1158	63 PVC
	Presidente Córdova y Luis Cordero	4A_VC_1070	250 HF
	Mariscal Sucre y Luis Cordero	4A_VC_1071	63 PVC
	Antonio Borrero y Simón Bolívar	4A_VC_1033	63 PVC
	Hermano Miguel y Simón Bolívar	4A_VC_1099	50 HF
	Mariano Cueva y Simón Bolívar	4A_VC_1034	60 HF
	Vargas Machuca y Simón Bolívar	4A_VC_1135	60 HF
	Huayna Cápac y Simón Bolívar	4A_VC_1066	160 PVC
	Calle Larga y Mariano Cueva	4A_VC_1069	110PVC
	Tomás Ordóñez y Honorato Vázquez	4A_VC_1039	60 HF
	Manuel Vega y Honorato Vázquez	4A_VC_1145	50 HF
04	Miguel Ángel Estrella y Alfonso Jerves	ISO-3	110 PVC
	Jesús Arriaga y Alfonso Jerves	4A_VC_1156	63 PVC
	Alfonso Jerves y Huayna Cápac	4A_VC_1157	50 HF
	Alfonso Malo y Huayna Cápac	4A_VC_1064	50 AC
	Esteves de Toral y Gaspar Sangurima	4A_VC_1093	50 HF
	Juan Montalvo y Gaspar Sangurima	4A_VC_1095	50 HF
	Tarqui y Gaspar Sangurima	4A_VC_1024	63 PVC
	General Torres y Gaspar Sangurima	4A_VC_1073	60 HF
	Padre Aguirre y Gaspar Sangurima	4A_VC_1072	75 HF
	Benigno Malo y Gaspar Sangurima	4A_VC_1160	50 HF
	Luis Cordero y Gaspar Sangurima	4A_VC_1026	60 HF
05	Gaspar Sangurima y Borrero	4A_VC_1067	63 PVC
	Vega Muñoz y Borrero	4A_VC_1091	250 HF
	Pío Bravo y Borrero	4A_VC_1096	63 PVC
	Rafael Ma. Arizaga y Borrero	4A_VC_1153	160 PVC
	Gaspar Sangurima y Esteves de Toral	4A_VC_1075	63 PVC
	Vega Muñoz y Esteves de Toral	4A_VC_1020	300 HF
	Pío Bravo y Esteves de Toral	4A_VC_1165	63 PVC
	Rafael Ma. Arizaga y Padre Aguirre	ISO-8	160 PVC
	Luis Cordero y Simón Bolívar	4A_VC_1057	63 PVC
06	Benigno Malo y Simón Bolívar	4A_VC_1074	110 PVC
	Padre Aguirre y Simón Bolívar	4A_VC_1137	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ	
	General Torres y Simón Bolívar	4A_VC_1025	63 PVC	
	Tarqui y Simón Bolívar	4A_VC_1149	63 PVC	
	Juan Montalvo y Simón Bolívar	4A_VC_1131	50 HF	
	Esteves de Toral y Simón Bolívar	4A_VC_1133	50 HF	
	Simón Bolívar y Esteves de Toral	4A_VC_1056	50 HF	
	Mariscal Lamar y Esteves de Toral	4A_VC_1161	50 HF	
	Esteves de Toral y Gaspar Sangurima	4A_VC_1093	50 HF	
	Juan Montalvo y Gaspar Sangurima	4A_VC_1095	50 HF	
	Tarqui y Gaspar Sangurima	4A_VC_1024	63 PVC	
	General Torres y Gaspar Sangurima	4A_VC_1073	60 HF	
	Padre Aguirre y Gaspar Sangurima	4A_VC_1072	75 HF	
	Benigno Malo y Gaspar Sangurima	4A_VC_1160	50 HF	
	Luis Cordero y Gaspar Sangurima	4A_VC_1026	60 HF	
	Simón Bolívar y Luis Cordero	4A_VC_1136	63 PVC	
	Gran Colombia y Luis Cordero	4A_VC_1163	250 HF	
	Mariscal Lamar y Luis Cordero	4A_VC_1178	63 PVC	
	Mariscal Lamar y Luis Cordero	4A_VC_1164	50 HF	
	Mariscal Lamar y Luis Cordero	4A_VC_1179	63 PVC	
	07	Calle Larga y Luis Cordero	4A_VC_1155	110 PVC
		Honorato Vázquez y Luis Cordero	4A_VC_1159	50 HF
Juan Jaramillo y Luis Cordero		4A_VC_1158	63 PVC	
Presidente Córdova y Luis Cordero		4A_VC_1070	250 HF	
Mariscal Sucre y Luis Cordero		4A_VC_1071	63 PVC	
Luis Cordero y Simón Bolívar		4A_VC_1057	63 PVC	
Benigno Malo y Simón Bolívar		4A_VC_1074	110 PVC	
Padre Aguirre y Simón Bolívar		4A_VC_1137	63 PVC	
General Torres y Simón Bolívar		4A_VC_1025	63 PVC	
Tarqui y Simón Bolívar		4A_VC_1149	63 PVC	
Juan Montalvo y Simón Bolívar		4A_VC_1131	50 HF	
Esteves de Toral y Simón Bolívar		4A_VC_1162	50 HF	
Coronel Tálbot y Simón Bolívar		4A_VC_1134	350 HF	
Mariscal Sucre y Miguel Vélez		4A_VC_1009	50 HF	
Presidente Córdova y Coronel Tálbot		4A_VC_1139	160 PC	
De la Cruz y Bajada del Vado		4A_VC_1062	63 PVC	
08		Coronel Tálbot y Simón Bolívar	4A_VC_1134	350 HF
		Mariscal Sucre y Miguel Vélez	4A_VC_1009	50 HF
		Miguel Heredia y Gran Colombia	4A_VC_1011	50 HF
		Miguel Vélez y Gran Colombia	4A_VC_1083	200 HD
	Simón Bolívar y Esteves de Toral	4A_VC_1133	63 PVC	

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Simón Bolívar y Esteves de Toral	4A_VC_1056	63 PVC
	Gran Colombia y Esteves de Toral	ISO-15	63 PVC
	Mariscal Lamar y Esteves de Toral	4A_VC_1172	63 PVC
	Mariscal Lamar y Esteves de Toral	4A_VC_1173	63 PVC
	Gaspar Sangurima y Esteves de Toral	4A_VC_1075	63 PVC
	Vega Muñoz y Esteves de Toral	4A_VC_1020	300 HF
	Pío Bravo y Esteves de Toral	4A_VC_1165	63 PVC
SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Vega Muñoz y Vargas Machuca (By-pass)	4A_VO_1005	160PVC
02	Gran Colombia y Vargas Machuca (By-pass)	4A_VO_1002	250PVC
03	Vargas Machuca y Presidente Córdova (By-pass)	4A_VO_1004	250PVC
04	Vargas Machuca y Honorato Vázquez	4A_VO_1003	150HF
05	Padre Aguirre y Vega Muñoz (By-pass)	ISO-14	250HF
06	Gran Colombia y Esteves de Toral	4A_VO_1008	300 PVC
07	Padre Aguirre y Presidente Córdova	4A_VO_1007	355HD
08	Miguel Heredia y Gran Colombia	4A_VC_1079	300 PVC
	Gran Colombia y Esteves de Toral	ISO-9	63 PVC

## Cristo Rey - Sector 4A1

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Bonicatti y Obispo Miguel León	4A1_VC_1024	63 PVC
	Mariano Veintimilla y Obispo Miguel León	4A1_VC_1039	200 PVC
	Calle Cuero y Caicedo y Obispo Miguel León	4A1_VC_1009	63 PVC
	Calle Checa y Barra y Arzobispo Serrano Abad	4A1_VC_1005	63 PVC
	Obispo Carrión Marfil y Arzobispo Serrano Abad	4A1_VC_1032	63 PVC
	López de Soliz y Arzobispo Serrano Abad	4A1_VC_1033	63 PVC
02	Carlota Jaramillo y De la Compañía	4A1_VC_1035	110 PVC
05	Antonio Neumane y Barrial Blanco	4A1_VC_1031	63 PVC
	Enrique Espín y Av. Turuhuayco	4A1_VC_1044	63 PVC
06	Juan Strobbe y Turuhuayco	4A1_VC_1053	200 PVC
	Antonio Neumane y Martin Garate	4A1_VC_1022	63PVC
07	Antonio Neumane y Calle s/n (la misma del subsector 05)	4A1_VO_1003	63 PVC
	De la Bocina y Del Pasillo	4A1_VC_1004	63 PVC
	Del Pasillo y De la Bocina (junto a la anterior)	4A1_VC_1002	110 PVC
	C. Ortiz y Del Pasillo	4A1_VC_1067	63 PVC
	Vía a Miraflores y Del Pasacalle	4A1_VC_1048	110 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Av. Turuhuayco y Pasaje Turuhuayco	4A1_VC_1038	50 PVC
	Pasaje Turuhuayco y Del Danzante	4A1_VC_1018	250 PVC
	De la Bocina y Del Pasillo	4A1_VC_1004	63 PVC
	Del Pasillo y De la Bocina (junto a la anterior)	4A1_VC_1002	110 PVC
	C. Ortiz y Del Pasillo	4A1_VC_1067	63 PVC
08	Vía a Miraflores y Del Pasacalle	4A1_VC_1048	110 PVC
	Segundo Cueva y Av. De Las Américas	4A1_VC_1066	50 PVC
	Calle s/n y Av. De Las Américas (a una cuadra de la anterior)	4A1_VC_1037	50 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Barrial Blanco entre Arzob. Serrano Abad y Padre Moreno (by pass)	4A1_VO_1007	63 PVC
02	La Compañía y Pacífico Guamón	4A1_VO_1005	110 PVC
03	Julio Jaramillo y Juan Strobbe	4A1_VO_1008	110 PVC
04	Del Danzante y Antonio Neumane	4A1_VO_1001	250 PVC
05	Cordillera de Toizán y Julio Jaramillo	4A1_VO_1004	63 PVC
	Antonio Neumane y Del Danzante	4A1_VO_1002	63 PVC
06	José Banegas y Antonio Neumane	4A1_VO_1003	63 PVC
	Camino a Miraflores y Av. Turuhuayco	4A1_VO_1006	110 PVC
07	Av. De Las Américas y Armenillas	4A1_VO_1009	250 PVC
	José Banegas y Antonio Neumane	4A1_VO_1003	63 PVC
08	Juan Bautista Parra y Av. De Las Américas	4A1_VO_1010	50 PVC
09	Av. De Las Américas y Armenillas	4A1_VC_1062	110 PVC

## Cruz Verde - Sector 4B1

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Carlos V y Av. Don Bosco	2.1_VC_1073	50 PVC
	Domingo Sabio y Don Bosco	2.1_VC_1096	50 PVC
	Felipe II y Don Bosco	2.1_VC_1153	63 PVC
01	Calle sin nombre y Valverde	2.1_VC_1091	63 PVC
	P. Valverde y Fernando de Aragón	2.1_VC_1012	63 PVC
	Isabel La Católica y Felipe II	2.1_VC_1097	110 PVC
	Don Bosco y Primero de Mayo (redondel)	2.1_VC_1011	200 AC
	Isabel La Católica y Felipe II	2.1_VC_1097	110 PVC
	P. Valverde y Fernando de Aragón	2.1_VC_1012	63 PVC
02	Calle sin nombre y P. Valverde	2.1_VC_1091	63 PVC
	Fernando de Aragón y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1045	110 PVC
	Fernando de Aragón y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1140	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Tirso de Molina y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1009	63 PVC
	Francisco de Quevedo y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1157	50 PVC
	Fray Luis de León y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1046	63 PVC
	Av. 12 de Octubre y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1160	110 PVC
	Av. 12 de Octubre e Isabel La Católica	2.1_VC_1095	110 PVC
	Tirso de Molina y Primero de Mayo	2.1_VC_1155	63 PVC
	Fernando de Aragón y Isabel la Católica	2.1_VC_1159	160 PVC
	Fernando de Aragón y Isabel la Católica	2.1_VC_1158	63 PVC
03	Av. 1º de Mayo y Pedro de Rocha	2.1_VC_1111	110 PVC
	Av. Isabel La Católica y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1141	63 PVC
	Jovellanos y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1010	63 PVC
	Fray Bartolomé de las Casas y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1006	160 PVC
	Cristóbal Colón y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1090	63 PVC
	Lope de Vega y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1088	63 PVC
	Lope de Vega y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1007	63 PVC
	Francisco de Orellana y Pedro Calderón de La Barca	2.1_VC_1031	160 PVC
04	Fray Luis de León y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1046	63 PVC
	Francisco de Quevedo y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1157	63 PVC
	Tirso de Molina y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1009	63 PVC
	Fernando de Aragón y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1045	110 PVC
	Fernando de Aragón y Fray Bartolomé de las Casas	2.1_VC_1140	63 PVC
	Fernando de Aragón y Don Bosco	2.1_VC_1135	63 PVC
	Fernando de Aragón y Don Bosco	2.1_VC_1056	110 PVC
	Calle S/N y Av. Don Bosco	2.1_VC_1092	63 PVC
	Fray Luis de León y Don Bosco	2.1_VC_1093	63 PVC
	Pasaje 12 de Octubre y Don Bosco	2.1_VC_1008	110 PVC
	Lope de Vega y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1088	63 PVC
	Lope de Vega y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1007	63 PVC
	Cristóbal Colón y Av. 12 de Octubre	2.1_VC_1090	63 PVC
Av. 12 de Octubre y Fray Bartolomé de las Casas.	2.1_VC_1160	110 PVC	
05	José Ortega y Gasset y Don Bosco	2.1_VC_1019	110 PVC
	El Greco y Don Bosco	2.1_VC_1113	63 PVC
	Diego Velásquez y Don Bosco	2.1_VC_1071	63 PVC
06	Felipe II y Don Bosco	2.1_VC_1152	50 PVC
	J. Vasconzuelos y Don Bosco	2.1_VC_1069	63 PVC
	Fernando de Argón y Don Bosco	2.1_VC_1133	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Gregorio Marañón y Fernando de Aragón (Perdida)	2.1_VC_1072	50 PVC
07	José Ortega y Gasset y Fernando de Aragón	2.1_VC_1004	50 PVC
	Pasaje 12 de Octubre y Don Bosco	2.1_VC_1168	110 PVC
08	Av. Don Bosco y Fernando de Aragón	2.1_VO_1001	200 AC
	José Ortega y Gasset y Fernando de Aragón	2.1_VC_1004	50 PVC
	Gregorio Marañón y Fernando de Aragón	2.1_VC_1072	50 PVC
09	Las Golondrinas y 24 de Mayo	2.1_VC_1109	63 PVC
10	Paseo Río Yanuncay y Av. 24 de Mayo	2.1_VC_1107	50 AC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Av. 1° de Mayo y Felipe II	2.1_VO_1004	160 PVC
02	Av.12 de Octubre e Isabel La Católica (Bypass)	2.1_VO_1003	110 PVC
03	Francisco de Orellana y Pedro Calderón de La Barca	2.1_VO_1006	160 PVC
04	Psje 12 de Octubre y Av. 12 de Octubre (bypass)	2.1_VO_1009	110 PVC
	Pablo Picazo y Don Bosco	2.1_VO_1013	110 PVC
05	Pablo Picazo y Don Bosco	2.1_VC_1108	63 PVC
06	Felipe II y Don Bosco	2.1_VO_1012	160 PVC
07	Av. 12 de Octubre y Don Bosco	2.1_VO_1008	200 AC
08	Av. 24 de Mayo y Los Chugos (ERP)	2.1_VO_1007	200 AC
09	Camino Viejo a Turi y Av. 24 de Mayo	2.1_VO_1011	250 AC
10	Calle s/n y Av. 24 de Mayo	2.1_VO_1010	63 PVC
11	Paseo Río Tarqui y Av. 24 de Mayo	2.1_VO_1005	110PVC

## Cruz Verde –Sector 4B2

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Av. 10 de Agosto y De los Geranios (Bypass)	4B2_VC_1203	110 PVC
01	Av. 27 de Febrero y Francisco Moscoso	4B2_VC_1198	150 PVC
	Av. 10 de Agosto y Francisco Moscoso	4B2_VC_1401	63 PVC
	Av. 10 de Agosto y de los Geranios / Bypass	4B2_VC_1203	63 PVC
	Av. 10 de Agosto y Cornelio Merchán	4B2_VC_1405	110 PVC
	Nicanor Aguilar y Av. Roberto Crespo	4B2_VC_1404	50 AC
	Cornelio Merchán y Luis Moreno Mora	4B2_VC_1298	63 PVC
02	Carlos R. Veintimilla y Cornelio Merchán	4B2_VC_1403	50 PVC
	Miguel Cordero Dávila y Cornelio Merchán	4B2_VC_1202	63 PVC
	Manuel J. Calle y Cornelio Merchán	4B2_VC_1098	100 AC
	Arirumba y Los Fresnos	4B2_VC_1152	250 AC
	Paucarbamba y Manuel J. Calle	4B2_VC_1244	110 PVC
03	Av. Fray Solano y Av. Remigio Crespo/ bypass	4B2_VC_1342	110 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Av. Fray Vicente Solano y Florencia Astudillo/Bypass	4B2_VC_1155	110 PVC
	Av. Florencia Astudillo y Av. Solano	4B2_VC_1347	63 PVC
	Av. 12 de Abril y De las Herrerías	4B2_VC_1151	160 PVC
	Roberto Crespo y Av. Del Estadio.	4B2_VC_1308	100 AC
	Roberto Crespo y Av. 10 de Agosto	4B2_VC_1309	63 PVC
	Nicanor Aguilar y Av. Roberto Crespo	4B2_VC_1404	50 AC
	Cornelio Merchán y Luis Moreno Mora	4B2_VC_1298	63 PVC
	Carlos R. Veintimilla y Cornelio Merchán	4B2_VC_1403	50 PVC
	Miguel Cordero Dávila y Cornelio Merchán	4B2_VC_1202	63 PVC
	Manuel J. Calle y Cornelio Merchán	4B2_VC_1098	100 AC
	Arirumba y Los Fresnos	4B2_VC_1152	250 AC
	Paucarbamba y Manuel J. Calle	4B2_VC_1244	110 PVC
	04	Av. 10 de Agosto y Av. Fray Vicente Solano	4B2_VC_1204
Miguel Cordero D y Av. Fray Vicente Solano		4B2_VC_1406	63 PVC
Roberto Crespo y Av. Del Estadio.		4B2_VC_1308	110 PVC
Roberto Crespo y Av. 10 de Agosto		4B2_VC_1309	63 PVC
Roberto Crespo y Av. 10 de Agosto		4B2_VC_1288	200 PVC
05	Av. 10 de Agosto y Francisco Moscoso	4B2_VC_1401	250 AC
	Av. 27 de Febrero y Francisco Moscoso	4B2_VC_1198	110 PVC
	Belisario Andrade y Av. Fray V. Solano	4B2_VC_1407	63 PVC
	Av. Solano y Av. 10 de Agosto (junto al Hidrante)	4B2_VC_1204	63 PVC
	Roberto Crespo y Av. 10 de Agosto	4B2_VC_1288	200 PVC
06	Av. 12 de abril y B. De la Cadena	4B2_VC_1354	50 AC
	Daniel Córdova y Av. Solano	4B2_VC_1158	63 PVC
	Aurelio Aguilar y Av. Fray Solano	4B2_VC_1157	110 PVC
	Remigio Tamariz y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1346	110 PVC
	Av. Remigio Crespo y Fray Solano	4B2_VC_1154	63 PVC
	Av. Remigio Crespo y Remigio Romero.	4B2_VC_1153	63 PVC
	Av. Remigio Tamariz y Remigio Romero	4B2_VC_1191	110 PVC
	Honorato Loyola y Av. Remigio Romero	4B2_VC_1363	63 PVC
	Lorenzo Piedra y Av. Loja	4B2_VC_1195	50 PVC
	Av. Loja y Lorenzo Piedra	4B2_VC_1398	250 AC
Av. Loja y Lorenzo Piedra	4B2_VC_1193	150 PVC	
07	Manuel Ma. Palacios y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1170	63 PVC
	Juan Iñiguez y Remigio Crespo	4B2_VC_1369	63 PVC
	Gonzalo Cordero y Av. Solano	4B2_VC_1380	160 PVC
	Alfonso Moreno Mora y Av. Fray Solano	4B2_VC_1334	63 PVC
	Federico Proaño y Alfonso Moreno	4B2_VC_1045	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Juan Iñiguez y Alfonso Moreno Mora	4B2_VC_1046	63 PVC
	Alfonso Moreno Mora y Agustín Cueva	4B2_VC_1185	63 PVC
	Agustín Cueva y Alfonso Moreno Mora	4B2_VC_1184	63 PVC
	Gonzalo Cordero D. y Agustín Cueva	4B2_VC_1235	50 AC
	Padre Julio Matovelle y Agustín Cueva	4B2_VC_1382	50 PVC
08	Alfonso Moreno Mora y Agustín Cueva	4B2_VC_1184	63 PVC
	Agustín Cueva y Alfonso Moreno Mora	4B2_VC_1185	63 PVC
	Juan Iñiguez y Alfonso Moreno Mora	4B2_VC_1046	63 PVC
	Federico Proaño y Alfonso Moreno	4B2_VC_1045	63 PVC
	Av. 10 de Agoto y Av. Fray Solano	4B2_VC_1138	200 AC
	Av. 27 de Febrero y Av. Fray Solano	4B2_VC_1145	100 AC
	Cesar Dávila y Alfonso Moreno	4B2_VC_1043	200 AC
09	Padre Julio Matovelle y Agustín Cueva	4B2_VC_1382	50 PVC
	Luis Cordero Dávila y Agustín Cueva	4B2_VC_1235	50 AC
	Alfonso Moreno Mora y Agustín Cueva	4B2_VC_1184	63 PVC
	Cesar Dávila y Alfonso Moreno	4B2_VC_1043	200 AC
	Alfonso Moreno Mora y Agustín Cueva	4B2_VC_1185	63 PVC
	Alfonso Moreno Mora Y Miguel Díaz	4B2_VC_1007	63 PVC
	Juan Bautista Vázquez y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1209	63 PVC
	Francisca Dávila y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1187	50 PVC
	Luis Cordero y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1386	50 PVC
	José Burbano y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1038	50 PVC
	Padre Julio Matovelle y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1039	50 PVC
10	José Lozano y Padre Julio Matovelle	4B2_VC_1040	50 PVC
	Av. Remigio Crespo y Remigio Romero.	4B2_VC_1153	63 PVC
	Av. Remigio Tamariz y Remigio Romero	4B2_VC_1191	110 PVC
	Honorato Loyola y Av. Remigio Romero	4B2_VC_1363	63 PVC
11	Lorenzo Piedra y Av. Loja	4B2_VC_1195	50 PVC
	Juan Bautista Vázquez y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1209	200 PVC
	Francisca Dávila y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1187	50 PVC
	Luis Cordero y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1386	50 PVC
	José Burbano y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1038	50 PVC
	Padre Julio Matovelle y Av. Ricardo Muñoz	4B2_VC_1039	50 PVC
	Pedro Berrueta y Juan Bautista V.	4B2_VC_1004	50 AC
	Miguel Díaz y Juan Bautista	4B2_VC_1005	50 PVC
	Luis Jaramillo y Juan Bautista Vázquez	4B2_VC_1387	50 PVC
	Lorenzo Piedra y Juan Bautista Vázquez	4B2_VC_1388	63 PVC
12	Lorenzo Piedra y Remigio Crespo	4B2_VC_1371	63 PVC
	Pedro Berrueta y Juan Bautista V.	4B2_VC_1004	50 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
	Miguel Díaz y Juan Bautista	4B2_VC_1005	50 PVC
	Luis Jaramillo y Juan Bautista Vázquez	4B2_VC_1387	50 PVC
	Lorenzo Piedra y Juan Bautista Vázquez	4B2_VC_1388	63 PVC
	Alfonso Moreno y Miguel Díaz	4B2_VC_1007	63 PVC
13	Lorenzo Piedra y Av. Loja (Bypass)	4B2_VC_1398	250 AC
	Esmeraldas y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1317	50 PVC
	Calle sin nombre y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1222	50 PVC
	Imbabura y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1015	50 PVC
	Cañar y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1359	50 PVC
	El Oro y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1162	100 AC
	Guayas y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1360	50 PVC
	Av. Remigio Tamariz y Av. Loja	4B2_VC_1223	63 PVC
	Pastaza y Av. Loja	4B2_VC_1361	63 PVC
	Galápagos y Av. Loja	4B2_VC_1362	63 PVC
14	Esmeraldas y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1410	50 PVC
	Imbabura y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1016	50 PVC
	Los Ríos y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1013	50 PVC
	Cañar y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1014	50 PVC
	Guayas y Av. Remigio Crespo	4B2_VC_1160	50 PVC
	Av. Loja y Remigio Crespo	4B2_VC_1208	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
1	Av. Francisco Moscoso y Av. 10 de Agosto	AB2_VO_1011	250 PVC
2	Av. Luis Moreno Mora y Av. Roberto Crespo	AB2_VO_1014	250 AC
3	Av. Fray Vicente Solano y Av. 12 de Abril	AB2_VO_1003	200 PVC
4	Av. Luis Moreno Mora y Av. Fray V. Solano	AB2_VO_1013	250 AC
5	Av. 27 de Febrero y Av. Fray Vicente Solano	AB2_VO_1001	300 AC
6	Remigio Crespo y Agustín Cueva (Vereda)	AB2_VO_1007	110 PVC
7	Agustín Cueva y Av. Remigio Crespo / 2	AB2_VO_1006	150AC
	Agustín Cueva y Av. Remigio Crespo / 3	ISO-6	63PVC
8	Ricardo Muñoz D y Av. 10 de Agosto	AB2_VO_1008	200 AC
9	Av. Ricardo Muñoz y Av. Remigio Crespo	AB2_VO_1010	200AC
10	Av. Remigio Tamariz y Av. Loja	AB2_VO_1002	110 PVC
11	Juan Bautista Vázquez y Av. Loja	AB2_VO_1009	200 PVC
12	Av. Pichincha y Av. Loja	AB2_VO_1005	100 AC
13	Av. Unidad Nacional y Remigio Crespo	4B2_VC_1276	200 AC
14	Unidad Nacional y Manabí	4B2_VC_1120	200 PVC
	Av. Loja y Av. Pichincha	AB2_VO_1004	200 PVC

## Mutualista 1 – Sector 2.1

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Cumandá y Calle del Pasacalle	2.1_VC_1073	110 PVC
	Camino a Miraflores y Turuhuayco	2.1_VC_1050	250 PVC
	Pedro F. Dávila y Camino a Miraflores	2.1_VC_1048	50 PVC
	Calle Yaupi y Camino a Miraflores	2.1_VC_1003	50 PVC
	La Floresta y Camino a Miraflores	2.1_VC_1047	110 PVC
03	Pedro F. Dávila y Camino Miraflores	2.1_VC_1048	50 PVC
	Calle Yaupi y Camino a Miraflores	2.1_VC_1003	50 PVC
	La Floresta y Camino a Miraflores	2.1_VC_1047	110 PVC
04	Francisco Tamariz y Cumaná	2.1_VC_1004	63 PVC
	Calle del Pasacalle y Cumaná	2.1_VC_1073	63 PVC
07	Tarqui y Av. Abelardo J. Andrade	2.1_VC_1019	110 PVC
	Av. De las Américas y Tarqui	ISO-2	63 PVC
08	Francisco Tamariz y Cumaná	2.1_VC_1004	63 PVC
	Calle del Pasacalle y Cumaná	2.1_VC_1084	63 PVC
	Av. De las Américas y Tarqui	ISO-2	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Camino a Miraflores y Graham Bell	2.1_VO_1002	110 PVC
02	Del Pasacalle y Cumaná	2.1_VO_1008	110 PVC
03	Av. La Floresta y Camino al Lazareto	2.1_VO_1004	110 PVC
04	Calle Yaupi y Camino a Lazareto (vereda)	2.1_VO_1006	110 PVC
05	Vía al Lazareto y Av. Abelardo J. Andrade	2.1_VO_1005	110 PVC
06	Av. Abelardo J. Andrade y Calle Claudio Galena (E.R.P)	2.1_VC_1023	300 PVC
07	Calle del Chofer y Av. Abelardo J. Andrade (By pass)	2.1_VO_1001	110 PVC
08	Av. Abelardo J. Andrade y Tarqui	2.1_VO_1007	110 PVC

## Mutualista 1 – Sector 2.2

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	De las Magnolias y De los Gladiolos	2.2_VO_1006	110 PVC
02	Las Magnolias y Camino a Racar	2.2_VO_1004	200 PVC
03	Cayambe entre Homero y Sófocles	2.2_VO_1002	250 PVC
04	Cayambe y Tiopullo	2.2_VO_1005	63 PVC
05	Tiopullo y Cotacachi	2.2_VO_1003	110 PVC

## San Pedro – Sector 1

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
02	Calle S/N y calle S/N (loma de los porotos)	1_VC_1001	110 PVC
04	Abelardo j Andrade y Euclides	1_VC_1060	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Calle S/N y Calle S/N (ver plano)	1_VO_1010	110 PVC
	Emilio López Ortega y Av. Abelardo J. Andrade	1_VO_1009	110 PVC
02	Manuel Tenorio Laso y prolongación Aristóteles (pie de escalinatas)	1_VO_1004	110 PVC
03	Manuel Tenorio Laso y prolongación Aristóteles (pie de escalinatas)	1_VO_1005	110 PVC
04	Abelardo J. Andrade y Del Socavon	1_VO_1001	110 PVC
	Abelardo J. Andrade y Del Socavon	1_VO_1006	200 PVC
	Abelardo j Andrade y Tarquino Martínez	1_VO_1003	63 PVC
	Hernán Coello García y Av. Abelardo J. Andrade.	1_VO_1007	110PVC
07	Av. Abelardo J. Andrade y Hernán Coello García.	1_VO_1008	160PVC

## Turi – Sector 6B

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ
01	Av. González Suárez y Paseo de los Cañarís	6B_VC_1015	100 AC
	Carpentier y González Suárez	6B_VC_1016	100 PVC
	Constancio Vigil y Pablo Neruda	6B_VC_1143	63 PVC
	Pablo Neruda y Av. Pumapungo	6B_VC_1027	50 PVC
	Pumapungo y Carlos Mariátegui	6B_VC_1147	63 PVC
	Av. 24 de Mayo y Las Primicias	6B_VC_1093	200 AC
	Buenos Aires y Av. 24 de Mayo	6B_VC_1089	110 PVC
02	Porfirio Barba y Pumapungo	6B_VC_1011	50 PVC
	José Rivera y Pumapungo	6B_VC_1084	50 PVC
	Jorge Isaac y Pumapungo	6B_VC_1200	50 PVC
	José de San Martín y Pumapungo	6B_VC_1138	50 PVC
	Alfredo Pareja D. y Max Uhle	6B_VC_1012	110 PVC
	José Donoso y Max Uhle	6B_VC_1013	63 PVC
	Ricardo Palma y Max Uhle #2	6B_VC_1102	63PVC
	César Vallejo y Max Uhle	6B_VC_1014	63 PVC
	Max Uhle y Paseo de Los Cañarís	6B_VC_1139	100 AC
	Carpentier y González Suárez	6B_VC_1016	100 PVC
03	Constancio Vigil y Pablo Neruda	6B_VC_1143	63 PVC
	Pumapungo y Roberto Andrade	6B_VC_1110	100 AC
	Raúl Andrade y Roberto Andrade	6B_VC_1215	63 PVC

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER CERRADAS	NOMBRE	MATRIZ	
	Raúl Andrade y Medardo Ángel Silva	6B_VC_1218	63 PVC	
	Medardo Ángel Silva y José de La Cuadra	6B_VC_1221	110 PVC	
	Jorge Carrera y Enrique Gil Gilbert	6B_VC_1224	50 AC	
	Enrique Gil Gilbert y Jorge Carrera	6B_VC_1061	50 AC	
	Gonzalo Escudero y Pablo Palacio	ISO-1	50 AC	
	Av. Paseo de los Cañarís y Pablo Palacio	6B_VC_1060	160 PVC	
	Max Uhle y Paseo de Los Cañarís	6B_VC_1139	100 AC	
	César Vallejo y Max Uhle	6B_VC_1014	63 PVC	
	Ricardo Palma y Max Uhle #2	6B_VC_1208	63PVC	
	José Donoso y Max Uhle	6B_VC_1013	63 PVC	
	Alfredo Pareja D. y Max Uhle	6B_VC_1012	110 PVC	
	04	Pumapungo y Roberto Andrade	6B_VC_1110	100 AC
Raúl Andrade y Roberto Andrade		6B_VC_1215	63 PVC	
Raúl Andrade y Medardo Ángel Silva		6B_VC_1218	63 PVC	
Medardo Ángel Silva y José de La Cuadra		6B_VC_1221	110 PVC	
Enrique Gil Gilbert y Jorge Carrera		6B_VC_1061	50 AC	
Jorge Carrera y Enrique Gil Gilbert		6B_VC_1224	50 AC	
Gonzalo Escudero y Pablo Palacio		ISO-1	50 AC	
Pablo Palacio y Paseo de Los Cañarís		6B_VC_1060	50 AC	
Enrique Gil Gilbert y Paseo de Los Cañarís		6B_VC_1063	50 AC	
Jorge Carrera y Paseo de Los Cañarís		6B_VC_1064	110 PVC	
El Observador y Paseo de Los Cañarís		6B_VC_1065	63 PVC	
Viracochabamba y Paseo de Los Cañarís		6B_VC_1150	160 PVC	
El Popular y Viracochabamba		6B_VC_1122	63 PVC	
Medardo Ángel Silva y Viracochabamba		6B_VC_1230	100 PVC	
Benjamín Carrión y Viracochabamba		6B_VC_1228	63 PVC	
Pumapungo y Viracochabamba		6B_VC_1073	100 AC	
05		Pumapungo y Paseo de los Cañarís	6B_VC_1024	100 AC
		Medardo Ángel Silva y Viracochabamba	6B_VC_1230	110 PVC
	El Popular y Viracochabamba	6B_VC_1122	63 PVC	
	Benjamín Carrión y Viracochabamba	6B_VC_1228	63 PVC	
	Pumapungo y Viracochabamba	6B_VC_1168	100 AC	
06	Av. 24 de Mayo y Las Primicias	6B_VC_1093	200 AC	
	Buenos Aires y Av. 24 de Mayo	6B_VC_1089	110 PVC	
07	El zurriago y Max Uhle	6B_VC_1019	63 PVC	
08	Av. 24 de Mayo y Azogues	6B_VC_1236	200 AC	
	Liribamba y Quito	ISO-4	200 PVC	
09	Av. 24 de Mayo y Puente de Galpal	6B_VC_1245	200 AC	
	Av. 12 de Abril y Las Herrerías	6B_VC_1158	200 AC	

SUBSECTOR	VALVULAS A MANTENER ABIERTAS	NOMBRE	MATRIZ
1	Carlos Mariátegui y Pumapungo	6B_VO_1012	250 PVC
2	Rómulo Gallegos y Pumapungo	6B_VO_1010	110 PVC
	César Vallejo y Max Uhle	6B_VO_1011	160 PVC
3	Camilo Ponce y Av. Pumapungo	6B_VO_1009	160 PVC
	Pumapungo y Joaquín Gallegos (By pass)	6B_VO_1005	200 PVC
5	Paseo de los Cañarís y Av. Pumapungo	6B_VO_1003	160 PVC
	Av. Pumapungo y Rumiñahui	6B_VO_1002	160 PVC
6	Av. 24 de Mayo y Max Uhle (Bypass)	6B_VO_1001	200 PVC
7	Ibarra y Av. 24 de Mayo	6B_VO_1008	110 PVC
8	Quito y Macas (Bypass)	6B_VO_1007	200 AC
9	Av. del Paraíso y Las Herrerías (Bypass)	6B_VO_1004	300 PVC

Anexo 10 Modelo sectorizado de la red de distribución de agua potable del sector El Cebollar  
Ver CD

Anexo 11 Resumen de velocidades de las diferentes proyecciones poblacionales.

#### Cebollar 2 – Sector 3.2

m/s	2019		2030	
<b>0-0.4</b>	2475	80.566%	2425	78.939%
<b>0.4-3</b>	593	19.303%	643	20.931%
<b>3-5</b>	3	0.098%	2	0.065%
<b>&gt;5</b>	1	0.033%	2	0.065%
<b>Total</b>	3072	100.000%	3072	100.000%

#### Cebollar Red Alta – Sector 3.1

m/s	2019		2030	
<b>0-0.4</b>	261	68.146%	261	68.146%
<b>0.4-3</b>	121	31.593%	121	31.593%
<b>3-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>&gt;5</b>	1	0.261%	1	0.261%
<b>Total</b>	383	100.000%	383	100.000%

#### Cristo Rey – Sector 4A

m/s	2019		2030	
<b>0-0.4</b>	613	72.716%	613	72.716%
<b>0.4-3</b>	222	26.335%	222	26.335%
<b>3-5</b>	7	0.830%	7	0.830%
<b>&gt;5</b>	1	0.119%	1	0.119%
<b>Total</b>	843	100.000%	843	100.000%

## Cristo Rey – Sector 4A1

m/s	2019		2030	
<b>0-0.4</b>	270	83.591%	267	82.663%
<b>0.4-3</b>	52	16.099%	55	17.028%
<b>3-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>&gt;5</b>	1	0.310%	1	0.310%
<b>Total</b>	323	100.000%	323	100.000%

## Cruz Verde – Sector 4B1

m/s	2019		2030	
<b>0-0.4</b>	591	84.792%	591	84.792%
<b>0.4-3</b>	103	14.778%	103	14.778%
<b>3-5</b>	2	0.287%	2	0.287%
<b>&gt;5</b>	1	0.143%	1	0.143%
<b>Total</b>	697	100.000%	697	100.000%

## Sector Cruz Verde – Sector 4B2

m/s	2019		2030	
<b>0-0.4</b>	1051	83.545%	1051	83.545%
<b>0.4-3</b>	201	15.978%	201	15.978%
<b>3-5</b>	4	0.318%	4	0.318%
<b>&gt;5</b>	2	0.159%	2	0.159%
<b>Total</b>	1258	100.000%	1258	100.000%

## Mutualista 1 –Sector 2.1

m/s	2019	2030
-----	------	------

<b>0-0.4</b>	338	76.818%	330	75.000%
<b>0.4-3</b>	102	23.182%	109	24.773%
<b>3-5</b>	0	0.000%	1	0.227%
<b>&gt;5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>Total</b>	440	100.000%	440	100.000%

## Mutualista 2 –Sector 2.2

<b>m/s</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-0.4</b>	169	93.370%	166	91.713%
<b>0.4-3</b>	11	6.077%	13	7.182%
<b>3-5</b>	0	0.000%	1	0.552%
<b>&gt;5</b>	1	0.552%	1	0.552%
<b>Total</b>	181	100.000%	181	100.000%

## San Pedro – Sector 1

<b>m/s</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-0.4</b>	420	85.714%	409	83.469%
<b>0.4-3</b>	68	13.878%	79	16.122%
<b>3-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>&gt;5</b>	2	0.408%	2	0.408%
<b>Total</b>	490	100.000%	490	100.000%

## Turi – Sector 6B

<b>m/s</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-0.4</b>	847	86.517%	847	86.517%
<b>0.4-3</b>	130	13.279%	130	13.279%
<b>3-5</b>	1	0.102%	1	0.102%
<b>&gt;5</b>	1	0.102%	1	0.102%
<b>Total</b>	979	100.000%	979	100.000%

Anexo 12 Resumen de pérdida de carga de las diferentes proyecciones poblacionales

## Cebollar 2 – Sector 3.2

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	2891	94.108%	2847	92.676%
<b>7-12</b>	97	3.158%	124	4.036%
<b>&gt;12</b>	84	2.734%	101	3.288%
<b>Total</b>	3072	100.000%	3072	100.000%

## Cebollar Red Alta – Sector 3.1

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	318	83.029%	318	83.029%
<b>7-12</b>	27	7.050%	27	7.050%
<b>&gt;12</b>	38	9.922%	38	9.922%
<b>Total</b>	383	100.000%	383	100.000%

## Cristo Rey – Sector 4A

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	708	83.986%	708	83.986%
<b>7-12</b>	46	5.457%	46	5.457%
<b>&gt;12</b>	89	10.558%	89	10.558%
<b>Total</b>	843	100.000%	843	100.000%

## Cristo Rey – Sector 4A1

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	302	93.498%	300	92.879%
<b>7-12</b>	9	2.786%	10	3.096%
<b>&gt;12</b>	12	3.715%	13	4.025%
<b>Total</b>	323	100.000%	323	100.000%

## Cruz Verde – Sector 4B1

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	674	96.700%	674	96.700%
<b>7-12</b>	13	1.865%	13	1.865%
<b>&gt;12</b>	10	1.435%	10	1.435%

<b>Total</b>	697	100.000%	697	100.000%
--------------	-----	----------	-----	----------

## Cruz Verde – Sector 4B2

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	1192	94.754%	1192	94.754%
<b>7-12</b>	26	2.067%	26	2.067%
<b>&gt;12</b>	40	3.180%	40	3.180%
<b>Total</b>	1258	100.000%	1258	100.000%

## Mutualista 1 –Sector 2.1

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	398	90.455%	390	88.636%
<b>7-12</b>	10	2.273%	15	3.409%
<b>&gt;12</b>	32	7.273%	35	7.955%
<b>Total</b>	440	100.000%	440	100.000%

## Mutualista 2 –Sector 2.2

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	175	96.685%	173	95.580%
<b>7-12</b>	2	1.105%	3	1.657%
<b>&gt;12</b>	4	2.210%	5	2.762%
<b>Total</b>	181	100.000%	181	100.000%

## San Pedro – Sector 1

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	467	95.306%	458	93.469%
<b>7-12</b>	16	3.265%	22	4.490%
<b>&gt;12</b>	7	1.429%	10	2.041%
<b>Total</b>	490	100.000%	490	100.000%

## Turi – Sector 6B

<b>m/km</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>0-7</b>	922	94.178%	922	94.178%

<b>7-12</b>	26	2.656%	26	2.656%
<b>&gt;12</b>	31	3.166%	31	3.166%
<b>Total</b>	979	100.000%	979	100.000%

## Anexo 13 Resumen de presiones de las diferentes proyecciones poblacionales

## Cebollar 2 – Sector 3.2

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	9	0.347%	9	0.347%
<b>5-20</b>	92	3.547%	105	4.048%
<b>20-50</b>	2087	80.455%	2119	81.689%
<b>50-70</b>	406	15.652%	361	13.917%
<b>&gt;70</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>Total</b>	2594	100.000%	2594	100.000%

## Cebollar Red Alta – Sector 3.1

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>5-20</b>	55	18.212%	55	18.212%
<b>20-50</b>	212	70.199%	214	70.861%
<b>50-70</b>	35	11.589%	33	10.927%
<b>&gt;70</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>Total</b>	302	100.000%	302	100.000%

## Cristo Rey – Sector 4A

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>5-20</b>	14	2.377%	14	2.377%

<b>20-50</b>	118	20.034%	118	20.034%
<b>50-70</b>	316	53.650%	316	53.650%
<b>&gt;70</b>	141	23.939%	141	23.939%
<b>Total</b>	589	100.000%	589	100.000%

## Cristo Rey – Sector 4A1

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	0	0.000%	1	0.368%
<b>5-20</b>	36	13.235%	36	13.235%
<b>20-50</b>	145	53.309%	148	54.412%
<b>50-70</b>	70	25.735%	69	25.368%
<b>&gt;70</b>	21	7.721%	18	6.618%
<b>Total</b>	272	100.000%	272	100.000%

## Cruz Verde – Sector 4B1

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	1	0.171%	1	0.171%
<b>5-20</b>	8	1.365%	8	1.365%
<b>20-50</b>	515	87.884%	515	87.884%
<b>50-70</b>	62	10.580%	62	10.580%
<b>&gt;70</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>Total</b>	586	100.000%	586	100.000%

## Cruz Verde – Sector 4B2

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	1	0.099%	1	0.099%
<b>5-20</b>	14	1.383%	14	1.383%

<b>20-50</b>	995	98.320%	995	98.320%
<b>50-70</b>	2	0.198%	2	0.198%
<b>&gt;70</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>Total</b>	1012	100.000%	1012	100.000%

## Mutualista 1 –Sector 2.1

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>5-20</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>20-50</b>	84	22.105%	97	25.526%
<b>50-70</b>	96	25.263%	93	24.474%
<b>&gt;70</b>	200	52.632%	190	50.000%
<b>Total</b>	380	100.000%	380	100.000%

## Mutualista 2 –Sector 2.2

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	1	0.588%	1	0.588%
<b>5-20</b>	0	0.000%	2	1.176%
<b>20-50</b>	74	43.529%	73	42.941%
<b>50-70</b>	58	34.118%	59	34.706%
<b>&gt;70</b>	37	21.765%	35	20.588%
<b>Total</b>	170	100.000%	170	100.000%

## San Pedro – Sector 1

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	1	0.221%	1	0.221%
<b>5-20</b>	23	5.077%	24	5.298%

<b>20-50</b>	177	39.073%	185	40.839%
<b>50-70</b>	82	18.102%	92	20.309%
<b>&gt;70</b>	170	37.528%	151	33.333%
<b>Total</b>	453	100.000%	453	100.000%

## Turi – Sector 6B

<b>m.c.a</b>	<b>2019</b>		<b>2030</b>	
<b>&lt;0</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>0-5</b>	0	0.000%	0	0.000%
<b>5-20</b>	3	0.402%	3	0.402%
<b>20-50</b>	387	51.877%	387	51.877%
<b>50-70</b>	328	43.968%	328	43.968%
<b>&gt;70</b>	28	3.753%	28	3.753%
<b>Total</b>	746	100.000%	746	100.000%