



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Modelación hidráulica para la interconexión de los sistemas de
distribución de agua potable Tomebamba y Yanuncay**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERA CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autora:

PATRICIA ALEJANDRA PALACIOS ROMERO

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA – ECUADOR

2015

**MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA INTERCONEXIÓN DE LOS
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE TOMBAMBA Y
YANUNCAY**

RESUMEN

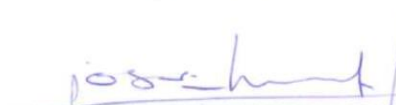
Actualmente el sistema de distribución Tombamba presta servicio aproximadamente al 50 % del centro urbano de la ciudad de Cuenca. Sin embargo, la cuenca hidrográfica del río Tombamba es la más sensible ante variaciones de caudal. Por otro lado, el sistema de distribución Yanuncay, por tratarse de una infraestructura relativamente nueva, no ha alcanzado los caudales para los que fue diseñado, por lo que podría absorber ciertas áreas de distribución que se encuentran en el límite entre los dos sectores. Mediante el desarrollo de la presente investigación se contribuye a la optimización del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Cuenca, ya que se evalúa la posibilidad de incluir ciertos sectores de distribución actualmente servidos desde la planta de tratamiento El Cebollar hacia los sectores servidos desde la planta de Sustag buscando balancear los consumos que se producen en dichos sectores.

Palabras clave: red, sistema, distribución, abastecimiento, modelación, hidráulica.



Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director de Tesis



Patricia Alejandra Palacios Romero

Autora

HYDRAULIC MODELING FOR THE INTERCONNECTION OF TOMBAMBA AND YANUNCAY WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

ABSTRACT

Currently the *Tombamba* distribution system serves approximately 50% of the urban center of the city of Cuenca. However, the *Tombamba* River watershed is the most sensitive to flow variations. On the other hand, the *Yanuncay* distribution system has not reached the flows for which it was designed because it is a relatively new infrastructure. Consequently, this could absorb certain areas of distribution that are at the boundary between the two sectors. By means of this research, we contribute to the optimization of potable water distribution in the city of Cuenca. We also evaluate the possibility of including certain distribution sectors that are currently served from *El Cebollar* treatment plant, to sectors that are served from the *Sustag* plant, seeking to balance the water consumption that occur in these areas.

Keywords: Network, System, Distribution, Supply, Modeling, Hydraulic



Ing. Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez
Thesis Director



Patricia Alejandra Palacios Romero
Author



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	 2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Alcance	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
 CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO.....	 4
2.1 Recopilación de información topográfica y catastral	4
2.1.1 Información topográfica.....	4
2.1.2 Información catastral.....	5
2.2 Recopilación de información demográfica.....	5
2.3 Recopilación de información hidráulica.....	6
2.3.1 Límites de servicio y sectores de distribución	7

2.3.2	Descripción del funcionamiento actual	10
-------	---	----

CAPÍTULO III:MODELACIÓN HIDRÁULICA.....18

3.1	Generalidades	18
3.2	Componentes de un sistema de distribución	18
3.2.1	Tanque de almacenamiento.....	18
3.2.2	Tuberías.....	19
3.2.3	Red principal	19
3.2.4	Red secundaria	19
3.2.5	Conexión domiciliaria.....	19
3.2.6	Accesorios de distribución	19
3.3	Propiedades físicas de los elementos hidráulicos: tuberías y nodos.....	20
3.3.1	Propiedades físicas: nodos	20
3.3.2	Propiedades físicas: tuberías	24
3.4	Discretización de las áreas de aporte y cálculo de caudales.....	28
3.5	Mejoras en el funcionamiento actual.....	34
3.6	Análisis de alternativas.....	39
3.6.1	Alternativa 1: Huizhil más subsector 08 de Cebollar 3.2 (1) sur.....	39
3.6.2	Alternativa 2: Huizhil más subsectores 08 y 09 de Cebollar 3.2 (1) sur	41
3.6.3	Alternativa 3: Narancay más subsector 11 de Cebollar 3.2 (1) sur	43
3.6.4	Alternativa 4: Narancay más subsectores 11 y 10 de Cebollar 3.2 (1) sur	46
3.7	Resultados de la modelación hidráulica	49

CAPÍTULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO.....	50
4.1 Presupuesto.....	50
4.2 Análisis de precios unitarios.....	52
4.3 Especificaciones técnicas	52
 CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: resumen funcionamiento actual, red Cebollar 3.2 (1) sur.....	11
Tabla 2.2: resumen funcionamiento actual, sector Huizhil.....	14
Tabla 2.3: resumen funcionamiento actual, sector Narancay.....	16
Tabla 3.4: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Cebollar 3.2 (1) sur.....	21
Tabla 3.5: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Huizhil.....	23
Tabla 3.6: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Narancay.....	24
Tabla 3.7: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Cebollar 3.2 (1) sur.....	25
Tabla 3.8: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Huizhil.....	26
Tabla 3.9: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Narancay.....	28
Tabla 3.10: ejemplo de cálculo de caudales.....	33
Tabla 3.11: criterios de diseño.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: superficie cantón Cuenca.....	4
Figura 2.2: base poblacional cantón Cuenca.....	6
Figura 2.3: sistema de agua potable cantón Cuenca.....	7
Figura 2.4: sectorización del sistema de distribución Tomebamba.....	8
Figura 2.5: sectorización del sistema de distribución Yanuncay.....	9
Figura 2.6: funcionamiento actual, red Cebollar 3.2 (1) sur.....	10
Figura 2.7: topografía del funcionamiento actual, red Cebollar 3.2 (1) sur.....	11
Figura 2.8: funcionamiento actual sistema de distribución Yanuncay, sector Huizhil....	13
Figura 2.9: topografía funcionamiento actual, sector Huizhil.....	13
Figura 2.10: funcionamiento actual sistema de distribución Yanuncay, sector Narancay.....	15
Figura 2.11: topografía funcionamiento actual, sector Narancay.....	16
Figura 3.12: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Cebollar 3.2 (1) sur.....	21
Figura 3.13: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Huizhil.....	22
Figura 3.14: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Narancay.....	23
Figura 3.15: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Cebollar 3.2 (1) sur.....	25
Figura 3.16: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Huizhil.....	26
Figura 3.17: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Narancay.....	27

Figura 3.18: ejemplo discretización de áreas de aporte.....	29
Figura 3.19: discretización de las áreas de aporte, sector Cebollar 3.2 (1) sur.....	30
Figura 3.20: discretización de las áreas de aporte, sector Huizhil.....	30
Figura 3.21: discretización de las áreas de aporte, sector Narancay.....	31
Figura 3.22: ejemplo cálculo de caudales.....	33
Figura 3.23: modelación hidráulica funcionamiento actual, sector Huizhil.....	35
Figura 3.24: cambios en el funcionamiento actual, sector Huizhil.....	36
Figura 3.25: modelación hidráulica funcionamiento actual, sector Narancay.....	37
Figura 3.26: cambios en el funcionamiento actual, sector Narancay.....	38
Figura 3.27: Huizhil más subsector 08 de Cebollar 3.2 (1) sur.....	39
Figura 3.28: modelación hidráulica Huizhil más subsector 08 de Cebollar 3.2 (1) sur...	40
Figura 3.29: cambios en la modelación hidráulica, sector Huizhil más subsector 08.....	41
Figura 3.30: Huizhil más subsector 08 y 09 de Cebollar 3.2 (1) sur.....	41
Figura 3.31: modelación hidráulica, Huizhil más subsectores 08 y 09.....	42
Figura 3.32: Narancay más subsector 11 de Cebollar 3.2 (1) sur.....	43
Figura 3.33: modelación hidráulica Narancay más subsector 11 de Cebollar 3.2 (1) sur.....	44
Figura 3.34: cambios en la modelación hidráulica, sector Narancay más subsector 11.....	45
Figura 3.35: Narancay más subsectores 11 y 10 de Cebollar 3.2 (1) sur.....	46

Figura 3.36: modelación hidráulica Narancay más subsectores 11 y 10 de Cebollar 3.2
(1) sur.....47

Figura 3.37: cambios en la modelación hidráulica, sector Narancay más subsectores 11 y
10.....48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Base poblacional cantón Cuenca

Anexo 2: Propiedades físicas de los nodos, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Anexo 3: Propiedades físicas de los nodos, sector Huizhil

Anexo 4: Propiedades físicas de los nodos, sector Narancay

Anexo 5: Propiedades físicas de las tuberías, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Anexo 6: Propiedades físicas de las tuberías, sector Huizhil

Anexo 7: Propiedades físicas de las tuberías, sector Narancay

Anexo 8: Consumos por año, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Anexo 9: Consumos por año, sector Huizhil

Anexo 10: Consumos por año, sector Narancay

Anexo 11: Resultados de la modelación hidráulica: Huizhil + 08 Cebollar 3.2 (1) sur

11.1: Escenario Consumo Actual

11.1.1 Reservorio

11.1.2 Válvulas

11.1.3 Nodos

11.1.4 Tuberías

11.2: Escenario 2020

11.2.1 Reservorio

11.2.2 Válvulas

11.2.3 Nodos

11.2.4 Tuberías

11.3: Escenario 2030

11.3.1 Reservorio

11.3.2 Válvulas

11.3.3 Nodos

11.3.4 Tuberías

Anexo 12: Resultados de la modelación hidráulica: Narancay + 11 y 10 Cebollar 3.2 (1)
sur

12.1: Escenario Consumo Actual

12.1.1 Reservorio

12.1.2 Válvulas

12.1.3 Nodos

12.1.4 Tuberías

12.2: Escenario 2020

12.2.1 Reservorio

12.2.2 Válvulas

12.2.3 Nodos

12.2.4 Tuberías

12.3: Escenario 2030

12.3.1 Reservorio

12.3.2 Válvulas

12.3.3 Nodos

12.3.4 Tuberías

Anexo 13: Planos esquemáticos red de distribución Huizhil

13.1: Plano General Huizhil

13.2 Detalles constructivos

Anexo 14: Planos esquemáticos red de distribución Narancay

14.1: Plano General Narancay

14.2 Detalles constructivos

Anexo 15: Análisis de precios unitarios

Anexo 16: Especificaciones técnicas

Palacios Romero Patricia Alejandra

Trabajo de grado

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Julio, 2015

MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA LA INTERCONEXIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE TOMBAMBA Y YANUNCAY

INTRODUCCIÓN

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. Es un conjunto de estructuras, tuberías y accesorios cuya función es suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad en condiciones de cantidad y calidad aceptables.

Actualmente, los avances tecnológicos permiten diseñar la red de distribución para una localidad mediante software especializados, los cuales, basados en la modelación hidráulica, permiten además tomar decisiones para la operación y mantenimiento de los sistemas y planificar las mejoras que requieran los mismos. La combinación de la medición en tiempo real de caudales y la calidad del agua, con modelos dinámicos que abordan todos los aspectos relevantes, proporciona la comprensión del funcionamiento del sistema. Esta comprensión ayuda a satisfacer las necesidades del sector para el cual se diseña o evalúa el sistema de distribución.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

- Sistema de distribución Tomebamba: el sistema está en funcionamiento desde el año de 1949, se abastece de la planta de tratamiento de agua “El Cebollar” cuyo volumen de diseño es 1000 lt/s; actualmente produce 484 lt/s; suministra agua potable al sector llamado “Tomebamba” que tiene un área de 26.35 km² y está dividido en 12 subsectores.¹
- Sistema de distribución Yanuncay: es el sistema más nuevo de la ciudad de Cuenca, fue puesto en operación en julio del año 2009, se abastece de la planta “Sustag” cuyo volumen de diseño es de 460 lt/s; actualmente produce 140 lt/s; suministra agua potable a los sectores: San Miguel, San Joaquín, Huizhil y Narancay, en total, abastece un área de 14.08 km².²

1.2 Justificación

Actualmente el sistema de distribución Tomebamba, el cual se abastece del río del mismo nombre, presta servicio aproximadamente al 50 % del centro urbano de la ciudad de Cuenca. Sin embargo, la cuenca hidrográfica del río Tomebamba es la más sensible ante variaciones de caudal. Por otro lado, el sistema de distribución Yanuncay, por tratarse de una infraestructura relativamente nueva, no ha alcanzado los caudales para los que fue diseñado, por lo que podría absorber ciertas áreas de distribución que se encuentran en el límite entre los dos sectores.

¹ Recopilado del Departamento de Control de Operaciones, SOAS – ETAPA E.P.

² Recopilado del Departamento de Control de Operaciones, SOAS – ETAPA E.P.

1.3 Alcance

Determinar las áreas de distribución que pueden abastecerse tanto desde el sistema Tomebamba como desde el sistema Yanuncay, así como los costos aproximados para la implementación del proyecto. Dichos resultados, así como los planos de detalle y presupuestos elaborados en el documento final podrían ser utilizados por ETAPA E.P. para construir y operar dichas obras.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Definir las áreas que puedan ser abastecidas desde los dos sistemas con la finalidad de tener flexibilidad en la operación y mantenimiento de los límites entre ambos sistemas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Manejar programas informáticos: AutoCAD Civil 3D, ArcGis, WaterGEMS.
- Elaborar los modelos hidráulicos para los centros de reserva de Huizhil y Narancay.
- Verificar las áreas de servicio del sector Tomebamba 3.2 sur que pudiesen incorporarse al sistema Yanuncay (reservas de Huizhil y Narancay).
- Evaluar el funcionamiento de los sistemas de Huizhil y Narancay con las áreas añadidas por quinquenios hasta el año 2030.

CAPÍTULO II

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

2.1 Recopilación de información topográfica y catastral

La realización de diseños de redes de distribución, evaluación o mejoras de la misma está basada en información topográfica y catastral de las zonas concernidas.

2.1.1 Información topográfica

El estudio topográfico de una zona provee de una representación plana de la misma con todos sus detalles. Sobre esta representación, el respectivo estudio planimétrico como altimétrico permite proyectar las obras a realizar sobre datos reales y precisos.

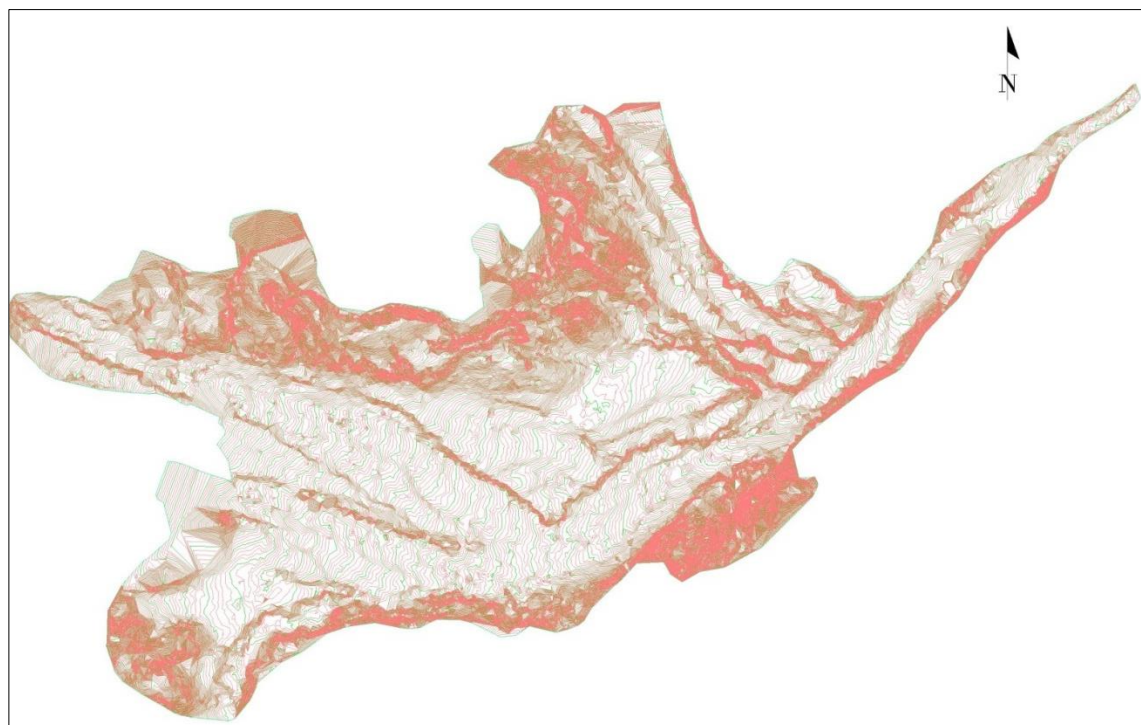


Figura 2.1: superficie cantón Cuenca

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

2.1.2 Información catastral

Se entiende como información catastral al registro de todos los bienes inmuebles que posee un país, una región, o un municipio; ya sea de terrenos, edificios, servicios básicos, entre otros. (Comisión Nacional del Agua, 2007)³

El catastro necesario para desarrollar la modelación hidráulica de un sistema de distribución de agua potable consiste en las plantas de tratamiento y las zonas a las que abastece cada una de ellas; así como también la ubicación de todos los accesorios de distribución utilizados en el mismo.

2.2 Recopilación de información demográfica

Una de las bases para el diseño de un sistema de distribución de agua es la población a la cual va a abastecer dicho sistema; la información de densidad poblacional puede definirse como el número de habitantes por unidad de área.

Se dispone de esta información para todo el cantón Cuenca mediante un archivo de extensión “.shp”, en este se divide al cantón en áreas según la parroquia a la que pertenecen y muestra la densidad poblacional para cada una de ellas desde el año 2001 y sus proyecciones hasta el año 2040.

³<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/43RedesDeDistribucion.pdf>

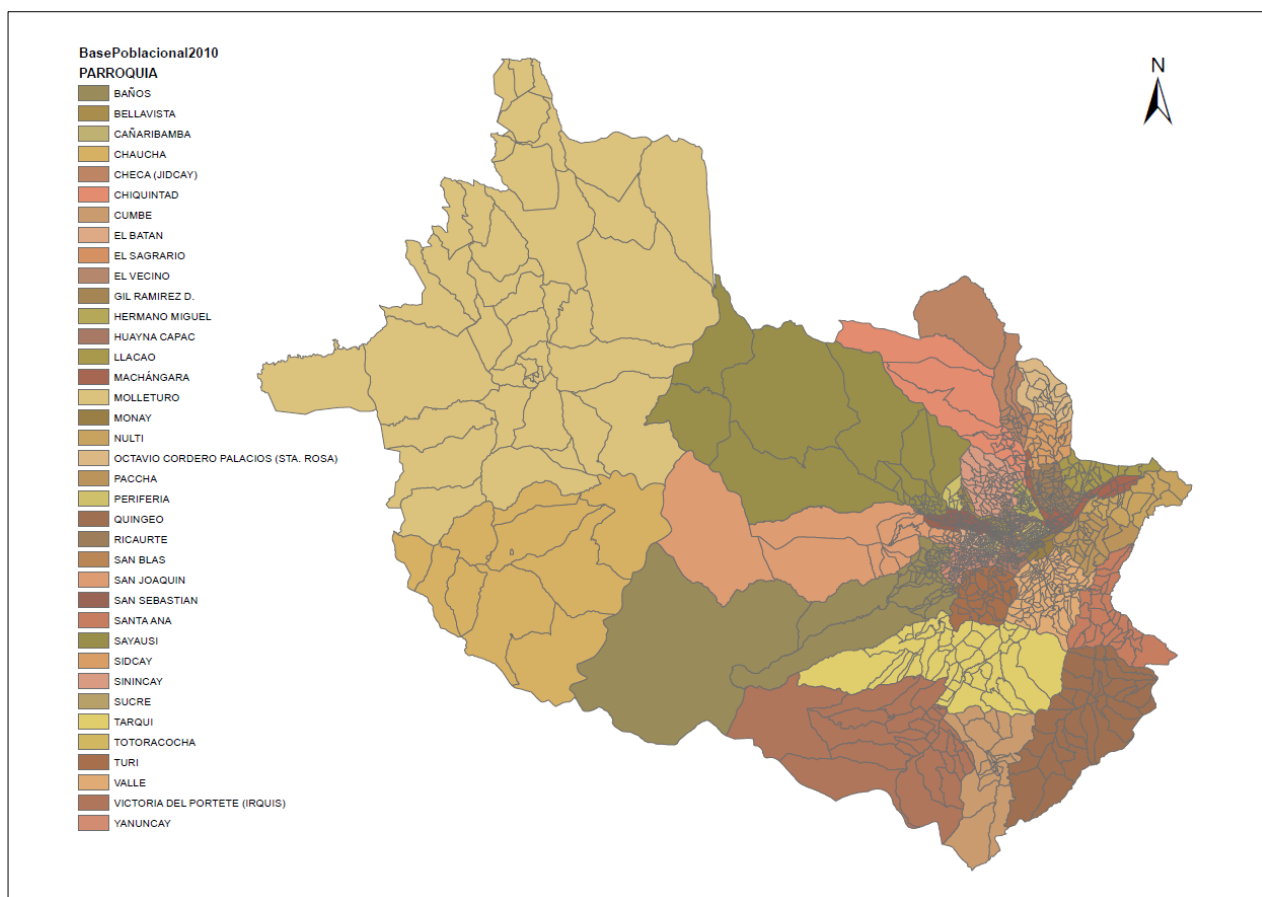


Figura 2.2: base poblacional cantón Cuenca

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

En el Anexo 1 se muestra la tabla de densidad poblacional actual y futura de cada área.

2.3 Recopilación de información hidráulica

El objetivo del proyecto de investigación es optimizar dos de los sistemas de distribución de agua potable de la ciudad de Cuenca, por lo tanto, la información hidráulica requerida es en sí los diseños ya existentes de la red; tanto los límites de servicio y sus sectores de distribución, así como también el estado de funcionamiento actual del mismo.

2.3.1 Límites de servicio y sectores de distribución

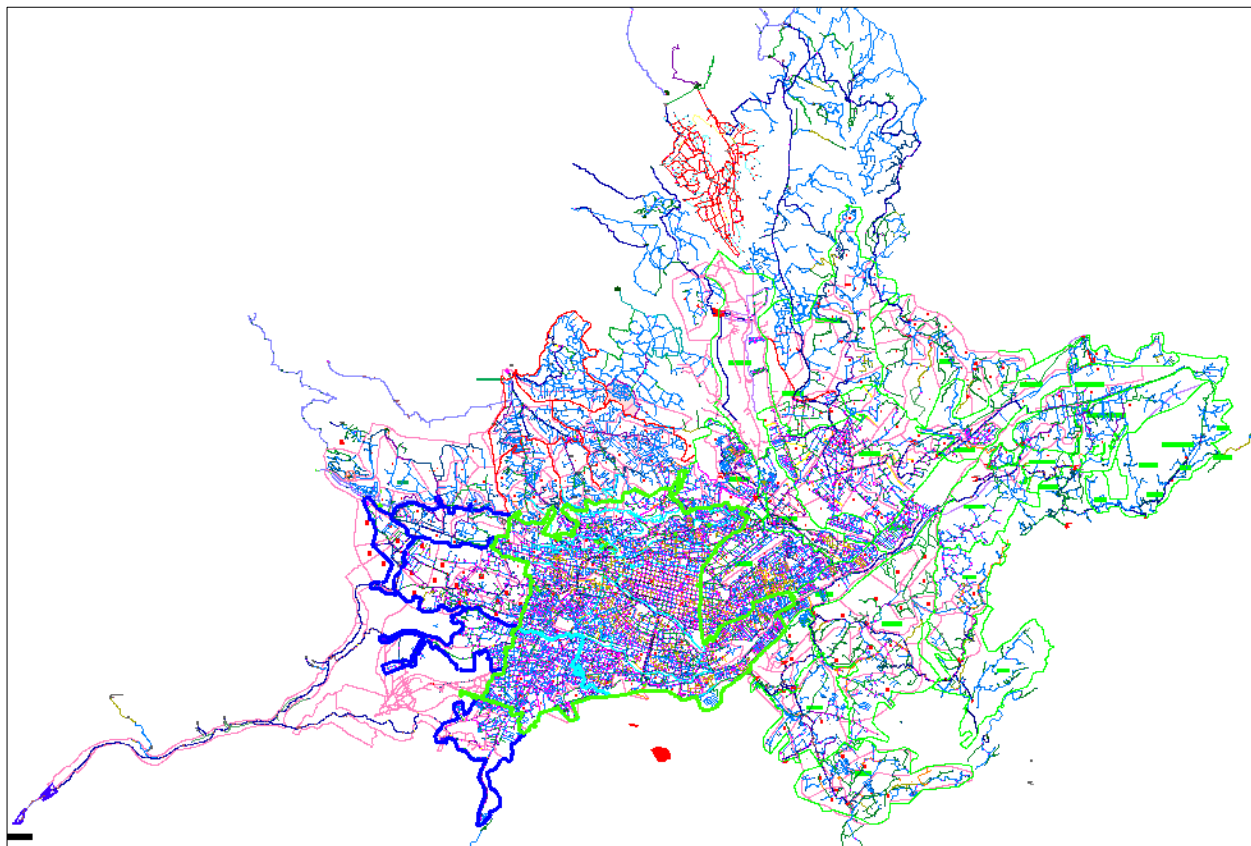


Figura 2.3: sistema de agua potable cantón Cuenca

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

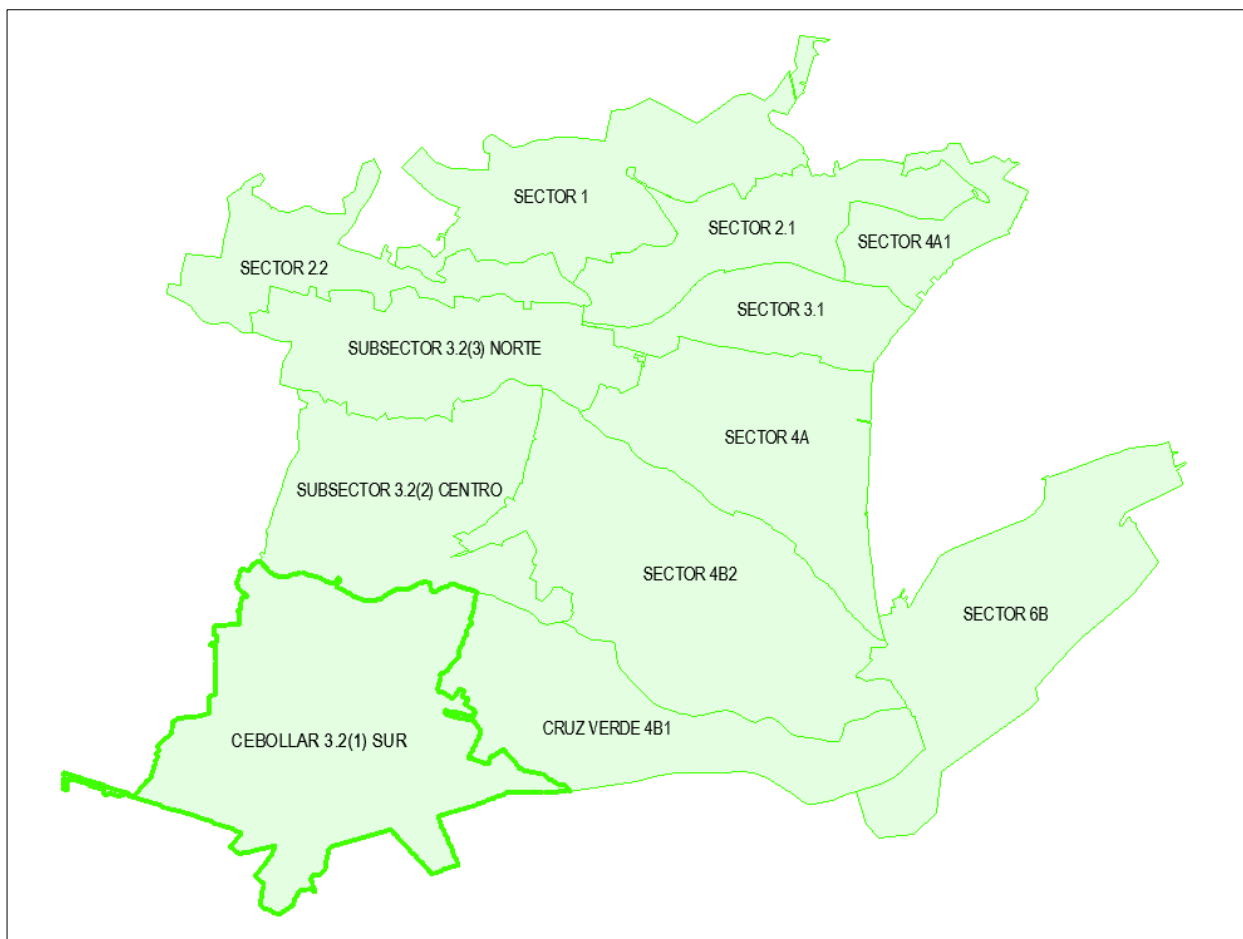


Figura 2.4: sectorización del sistema de distribución Tomebamba

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

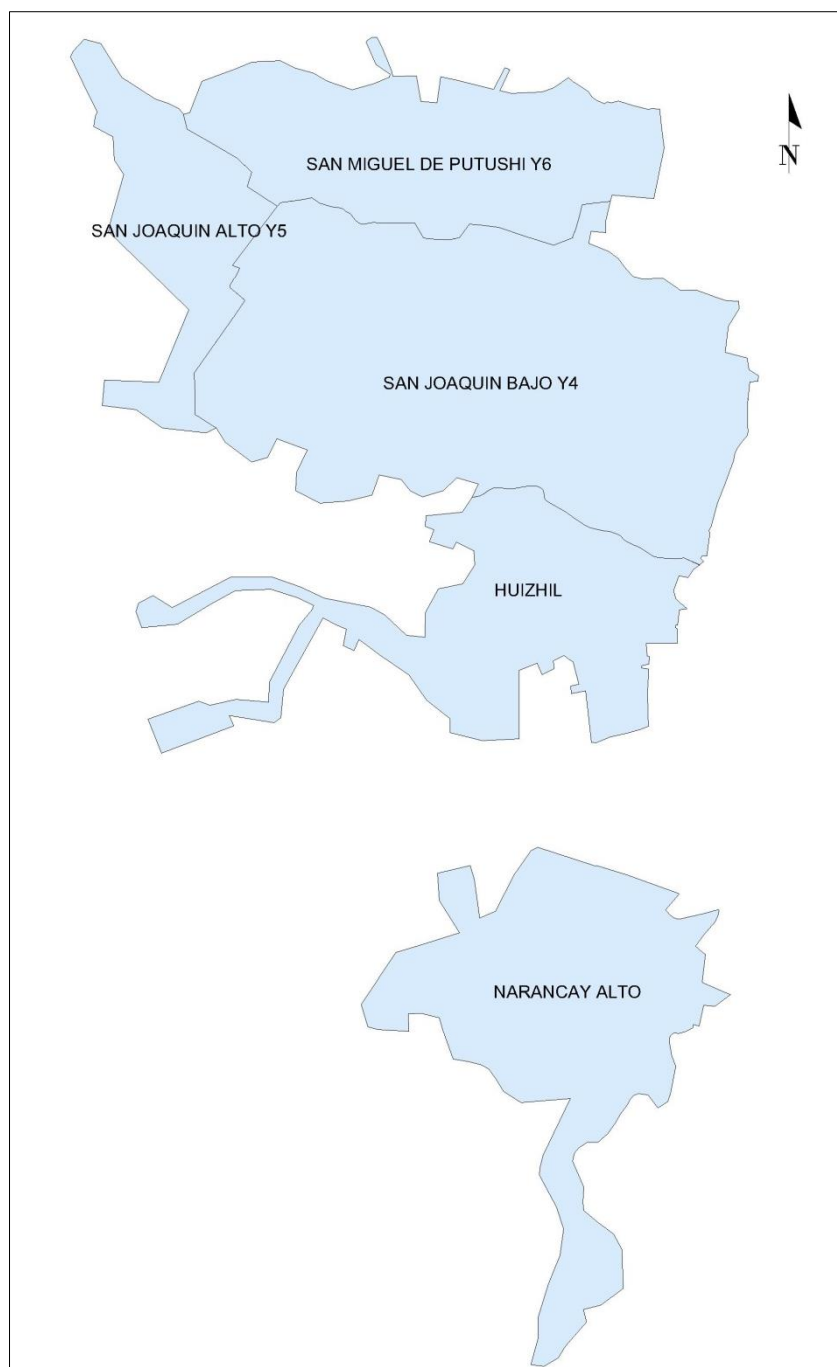


Figura 2.5: sectorización del sistema de distribución Yanuncay

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

2.3.2 Descripción del funcionamiento actual

Cebollar 3.2 (1) sur es uno de los sectores del sistema de distribución de agua potable Tomebamba, el cual se abastece de los tanques ubicados en la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Cebollar” cuyo volumen es de 10,000 m³. La línea principal que baja del tanque es de 600 mm de hierro dúctil, conducida por la Avenida de las Américas, desde la altura de la calle Tinajillas hasta el control sur. Al empezar la distribución para el sector Cebollar 3.2 (1) sur, el cual empieza en la calle Primero de Mayo y Avenida de las Américas la línea principal baja su diámetro a 500, 450 y 400 mm de hierro dúctil; de ésta se abastecen las redes secundarias en diámetros menores y PVC como material.⁴

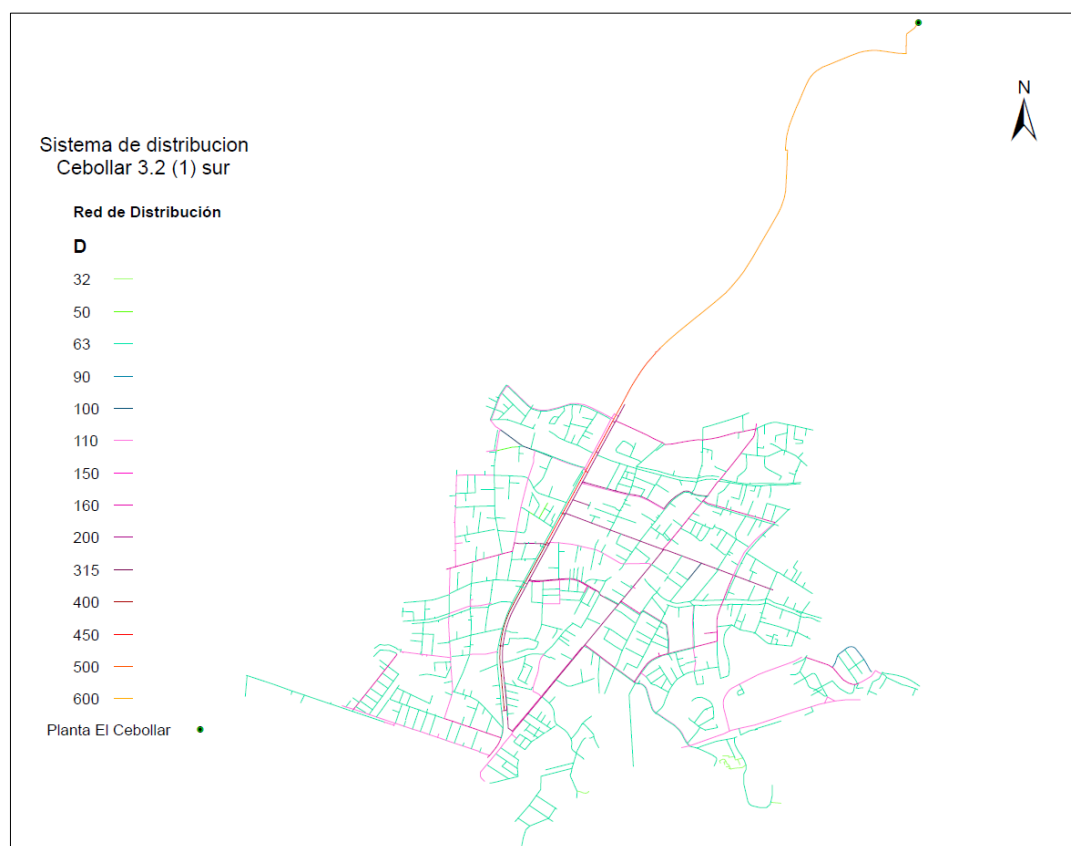


Figura 2.6: funcionamiento actual, red Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

⁴Recopilado del Departamento de Control de Operaciones, SOAS – ETAPA E.P.

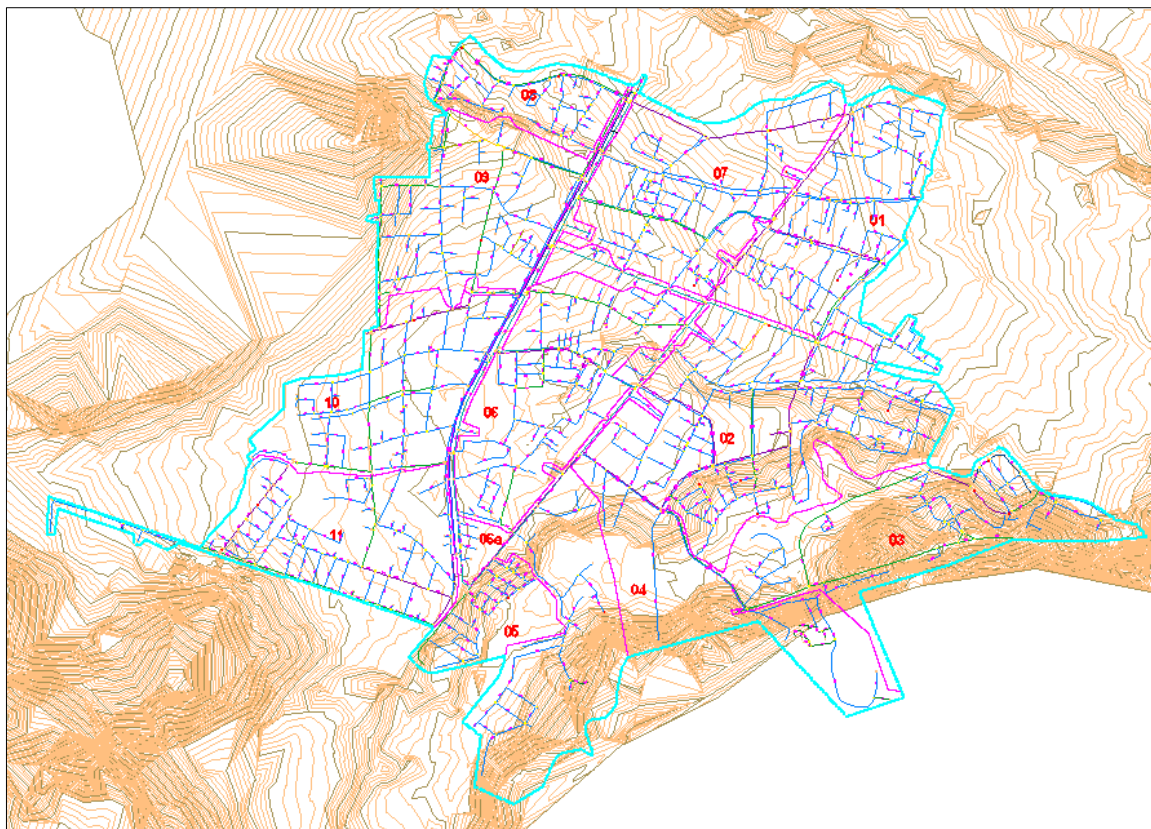


Figura 2.7: topografía del funcionamiento actual, red Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

Tabla1: resumen funcionamiento actual, red Cebollar 3.2 (1) sur

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material
600	2,553.32	Hierro dúctil
500	487.73	Hierro dúctil
450	770.32	Hierro dúctil
400	986.24	Hierro dúctil
315	19.22	PVC
200	6,131.62	Asbesto cemento, PVC

160	6,682.16	PVC
150	41.47	PVC
110	10,519.00	PVC
100	442.48	PVC
90	345.97	PVC
63	61,388.01	PVC
50	250.30	PVC
32	543.03	PVC
Cota	Máxima	Mínima
	2,627.00	2,523.00

El sector de distribución Huizhil, perteneciente al sistema de distribución de agua potable Yanuncay, se abastece del tanque del mismo nombre que tiene un volumen de 5000 m³ al cual llega el agua tratada de la planta “Sustag”. La línea principal que baja del tanque tiene un diámetro de 315 mm de PVC, a medida que avanza su diámetro baja a 200 y 160 mm de PVC; de ésta se abastecen las redes secundarias con diámetros menores y el mismo material.⁵

⁵ Recopilado del Departamento de Control de Operaciones, SOAS – ETAPA E.P.



Figura 2.8: funcionamiento actual sistema de distribución Yanuncay, sector Huizhil

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

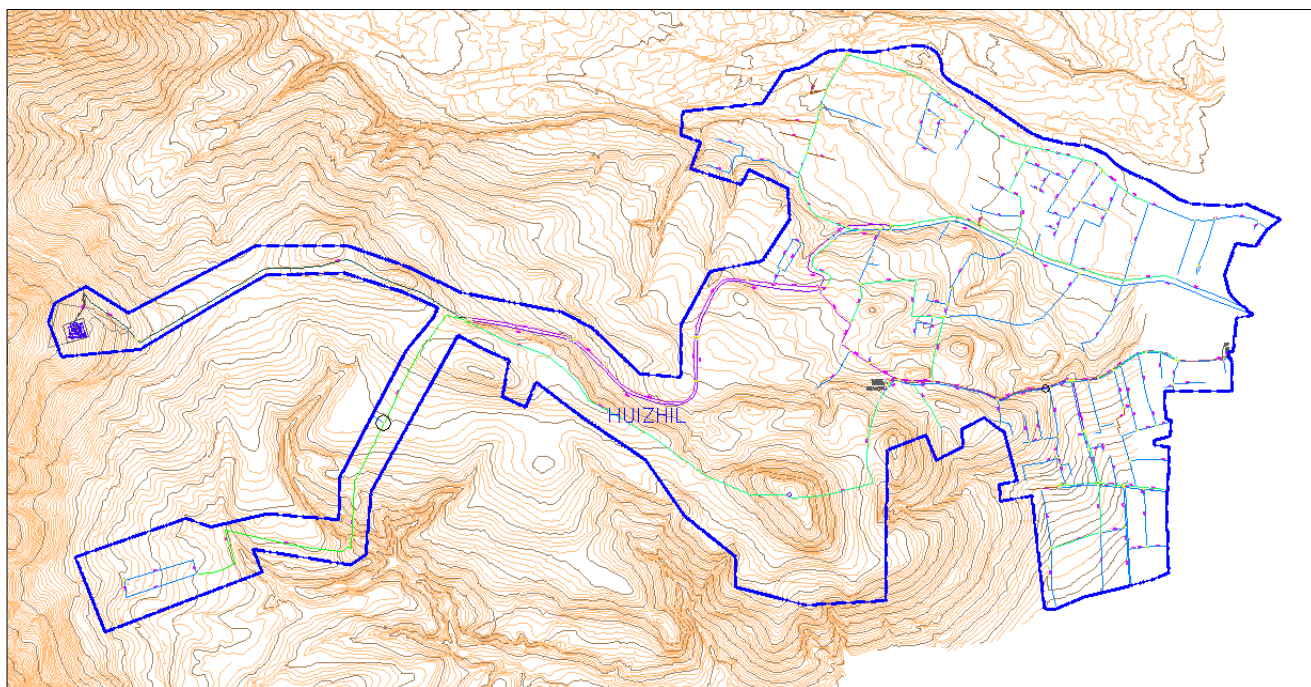


Figura 2.9: topografía funcionamiento actual, sector Huizhil

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

Tabla 2.2: resumen funcionamiento actual, sector Huizhil

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material
315	1,356.43	PVC
200	1,934.19	PVC
160	2,410.66	PVC
110	6,568.04	PVC
90	1,407.41	PVC
63	13,349.82	PVC
32	656.20	PVC
Cota	Máxima	Mínima
	2,764.00	2,579.00

El sector de distribución Narancay, perteneciente al sistema de distribución de agua potable Yanuncay, se abastece del tanque del mismo nombre que tiene un volumen de 4500 m³ al cual llega el agua tratada de la planta “Sustag”. La línea principal que baja del tanque tiene un diámetro de 400 mm de hierro dúctil, abastece a dos líneas secundarias de 250 y 160 mm de PVC.⁶

⁶ Recopilado del Departamento de Control de Operaciones, SOAS – ETAPA E.P.

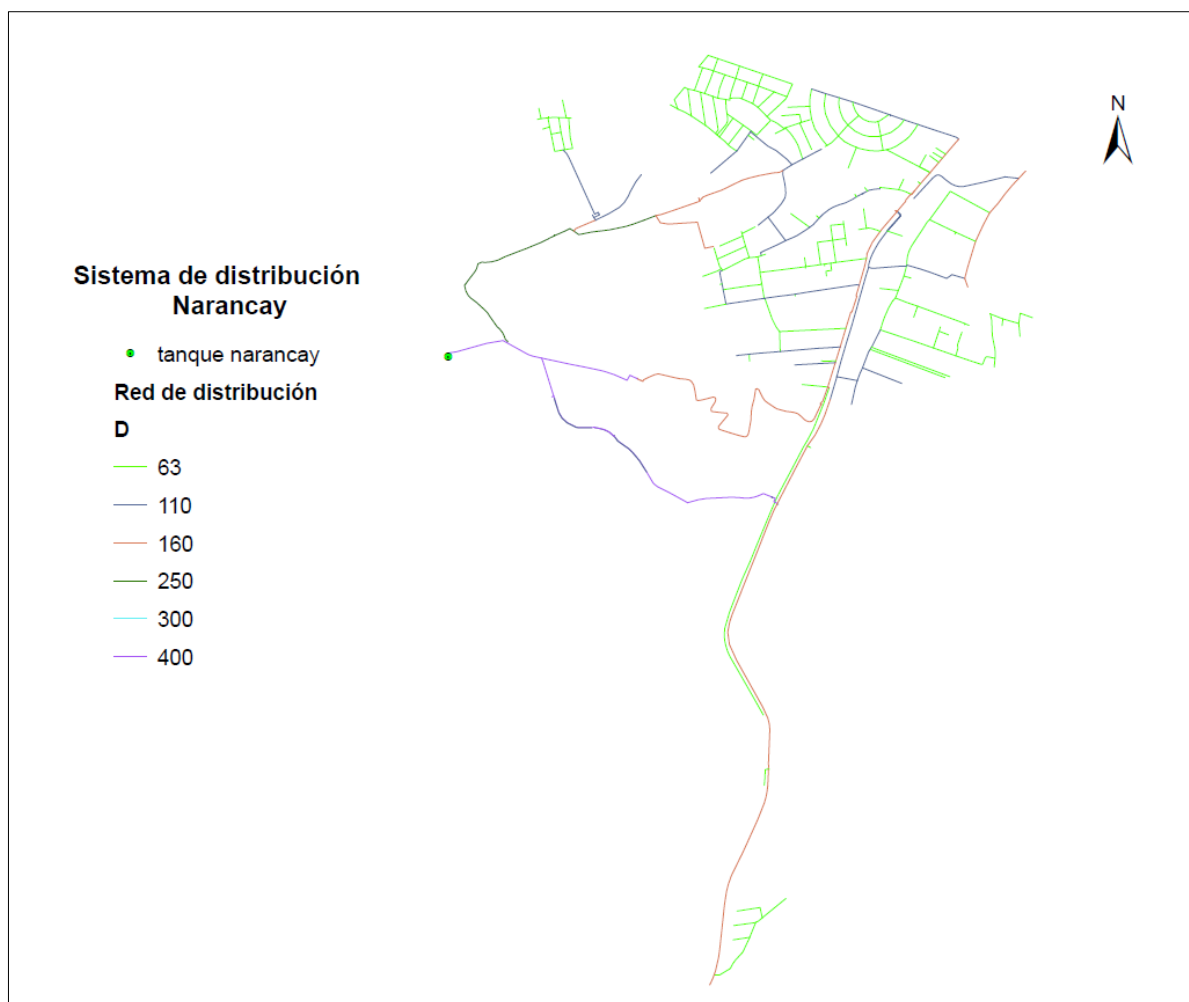


Figura 2.10: funcionamiento actual sistema de distribución Yanuncay, sector Narancay

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

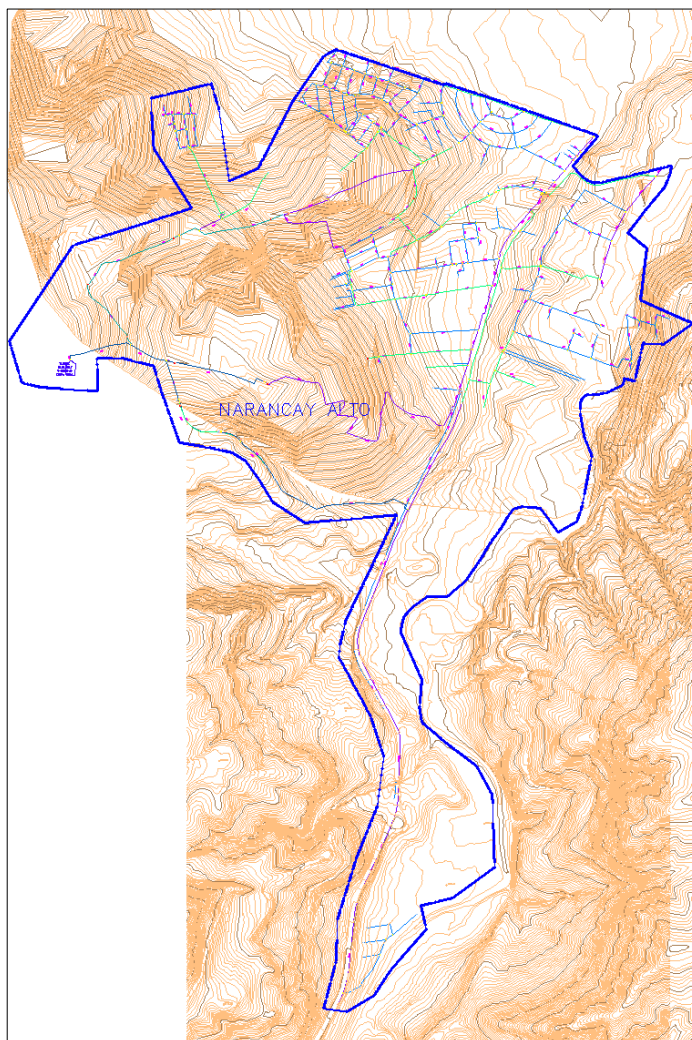


Figura 2.11: topografía funcionamiento actual, sector Narancay

Fuente: SOAS – ETAPA E.P.

Tabla 3: resumen funcionamiento actual, sector Narancay

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material
400	1,838.12	Hierro Dúctil
300	2.96	PVC
250	1,009.69	PVC

160	5,732.49	PVC
110	6,188.37	PVC
63	14,252.42	PVC
Cota	Máxima	Mínima
	2,705.00	2,559.00

CAPÍTULO III

MODELACIÓN HIDRÁULICA

3.1 Generalidades

Un fenómeno, ya sea real o ficticio, puede ser representado mediante un modelo, el cual simula su comportamiento. A través de la modelación se busca mejorar la comprensión de la información en un sistema, conceptualizándolo y simplificándolo, partiendo del entendimiento de sus partes, y del sistema actuando como un todo. Mientras menos variables de incertidumbre se tengan en el modelo, más se acercará a la realidad, haciendo que las decisiones que se tomen al evaluarlo frente a diferentes escenarios sean las más acertadas.

En el campo de la hidráulica, específicamente en el suministro de agua, la modelación hidráulica es la representación de los sistemas de abastecimiento de agua potable que muestren la realidad de la red instalada. Existen varios programas computacionales en el mercado que permiten realizar este tipo de modelación. Para los sistemas de distribución de agua potable, partiendo de datos básicos, la modelación hidráulica permite diseñar, evaluar y optimizar las redes de distribución para dotar del servicio en condiciones de cantidad y calidad necesarias.

El presente estudio se apoya en el software de modelación WaterGEMS V8i de la casa Bently, que a su vez trabaja en interfaz con los programas ArcGis y AutoCAD.

3.2 Componentes de un sistema de distribución

3.2.1 Tanque de almacenamiento

Una vez que se completa la potabilización del agua, llega al tanque de almacenamiento, cuya principal función es compensar las variaciones horarias de consumo y que el sistema de distribución reciba siempre el caudal para el cual fue diseñado.

3.2.2 Tuberías

Son los tubos de sección circular y las uniones correspondientes, los cuales forman el sistema de distribución y permiten el paso del flujo de un punto a otro.

3.2.3 Red principal

Es el conjunto de tuberías que parten directamente del tanque de almacenamiento. En esta red se debe garantizar los caudales y presiones de diseño. Ninguna red principal llega directamente a una conexión domiciliaria.

3.2.4 Red secundaria

Es el conjunto de tuberías que se abastecen desde la red principal. No se admiten conexiones domiciliarias, exceptuando el caso en el que haya grandes consumidores.

3.2.5 Conexión domiciliaria

Es la conexión que se hace desde la red menor hasta cada predio. En este punto se hace evidente la eficiencia del sistema de distribución.

3.2.6 Accesorios de distribución

3.2.6.1 Nodos

Los nodos son puntos en donde concurren tuberías, pueden ser puntos de paso del flujo o de terminación de una tubería. Comprende tapones, uniones y cambios de sección.

3.2.6.2 Hidrantes

Es el accesorio instalado para atender un incendio y está aislado de la red principal mediante una válvula de corte.

3.2.6.3 Válvulas de operación

Son válvulas de apertura y cierre las cuales permiten el seccionamiento de la red por sectores de distribución.

3.2.6.4 Válvulas de control

Permiten controlar que el flujo pase por una tubería o se detenga antes de pasar por ella.

3.2.6.5 Válvulas rompe presión

Permiten controlar la presión aguas abajo de la misma, introduciendo un valor de presión para que así no se excedan valores de presión especificados los cuales protegen la red de sufrir daños por presiones altas.

3.3 Propiedades físicas de los elementos hidráulicos: tuberías y nodos

3.3.1 Propiedades físicas: nodos

La propiedad física de los nodos necesaria para efectuar la modelación es la cota del mismo ya que de ello depende la presión con que llegará el agua a cada punto.

A continuación se detalla un ejemplo de propiedades físicas de los nodos para cada sector de distribución. La tabla que muestre las cotas de cada uno de los nodos se detalla en el Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4 para los sectores Cebollar 3.2 (1) sur, Huizhil y Narancay respectivamente.

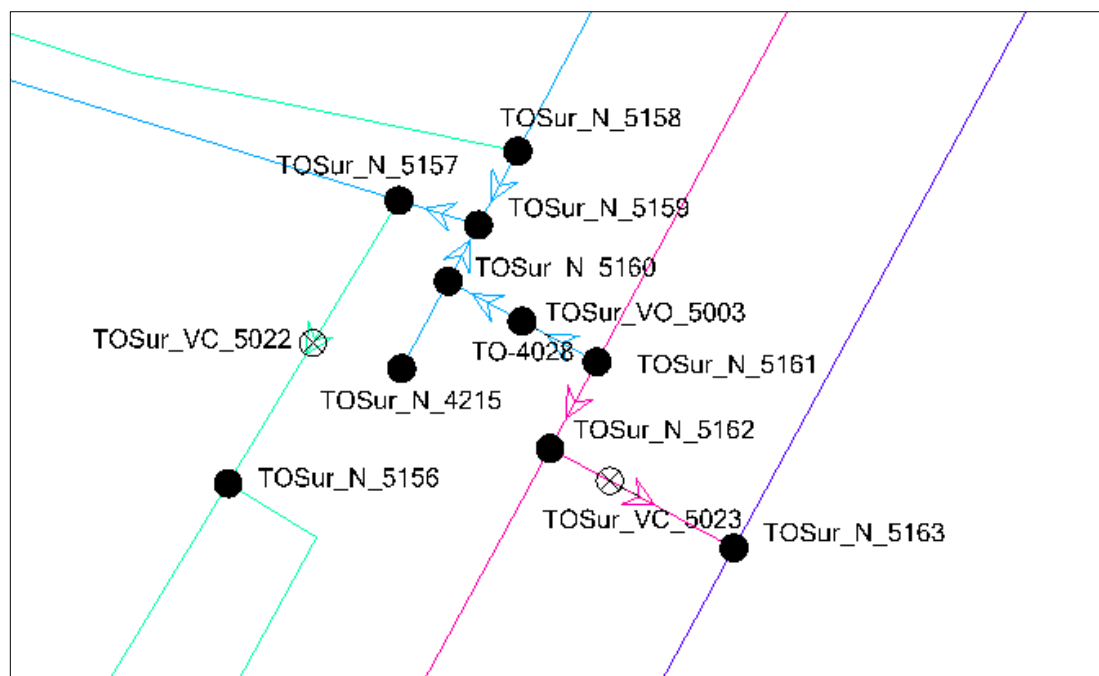


Figura 3.12: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Tabla 3.4: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Nodos		
ID	Etiqueta	Elevación (m)
1557	TOSur_N_5158	2,579.85
1556	TOSur_N_5157	2,579.93
1562	TOSur_N_5163	2,579.83
1561	TOSur_N_5162	2,580.06
1560	TOSur_N_5161	2,579.85
1559	TOSur_N_5160	2,579.96
1558	TOSur_N_5159	2,579.93
1555	TOSur_N_5156	2,580.26
614	TOSur_N_4215	2,580.01

TOSur: Tomebamba sur
N: Nodo

Válvulas			
ID	Etiqueta	Elevación (m)	Diámetro (mm)
375	TOSur_VO_5003	2,579.87	110
68	TOSur_VC_5023	2,579.99	450
67	TOSur_VC_5022	2,580.00	63

TOSur: Tomebamba sur
VO: Válvula de operación
VC: Válvula de control

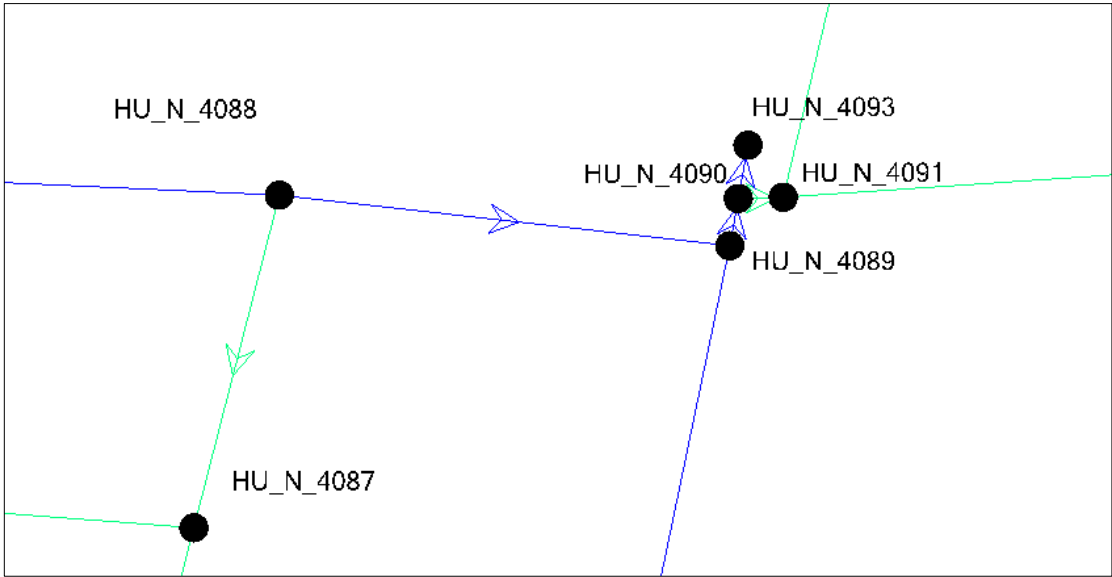


Figura 3.13: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Huizhil

Fuente: Autor

Tabla 3.5: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Huizhil

Nodos		
ID	Etiqueta	Elevación (m)
146	HU_N_4093	2,604.40
145	HU_N_4092	2,603.51
144	HU_N_4091	2,604.30
143	HU_N_4090	2,604.41
142	HU_N_4089	2,604.41
141	HU_N_4088	2,605.49
140	HU_N_4087	2,605.33

HU: Huizhil

N: Nodo

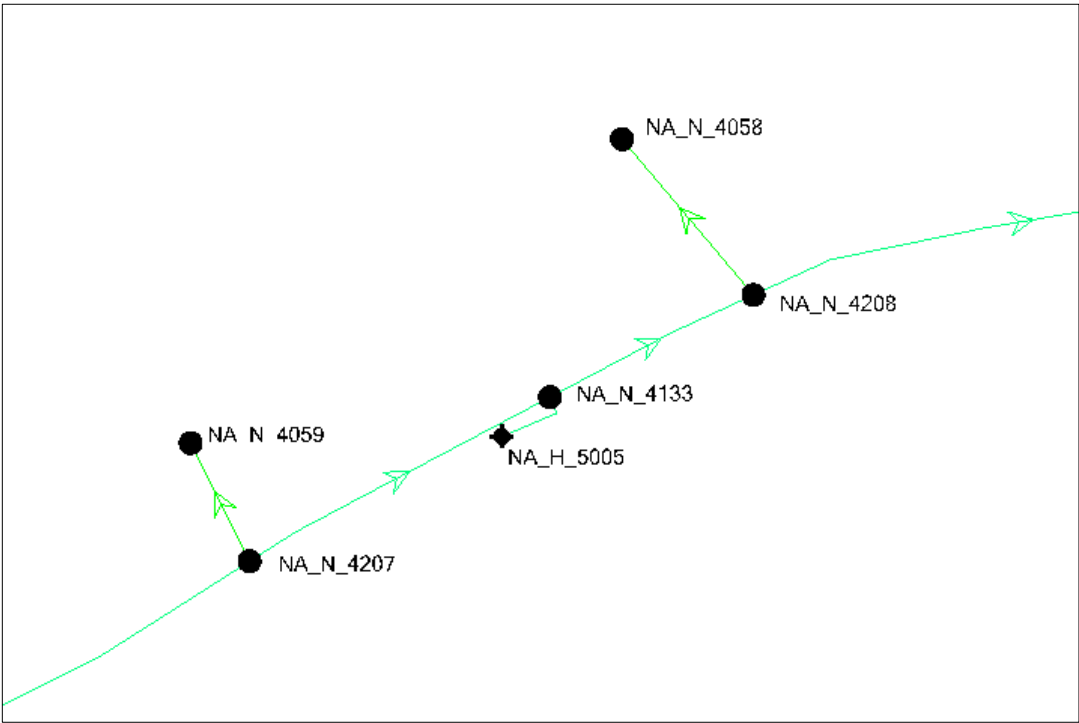


Figura 3.14: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Narancay

Fuente: Autor

Tabla 3.6: ejemplo propiedades físicas de los nodos, sector Narancay

Nodos		
ID	Etiqueta	Elevación (m)
35	NA_H_5005	2,581.72
192	NA_N_4058	2,582.33
193	NA_N_4059	2,583.15
267	NA_N_4133	2,581.58
341	NA_N_4207	2,582.64
342	NA_N_4208	2,580.90

NA: Narancay

H: Hidrante

N: Nodo

3.3.2 Propiedades físicas: tuberías

Las propiedades físicas de las tuberías necesarias para efectuar la modelación son el diámetro y el material de cada una de ellas ya que de éstas depende la velocidad y el gradiente hidráulico de las tuberías.

A continuación se detalla un ejemplo de propiedades físicas de las tuberías para cada sector de distribución. La tabla que muestre los diámetros y el material de cada una de las tuberías se detalla en el Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7 para los sectores Cebollar 3.2 (1) sur, Huizhil y Narancay respectivamente.

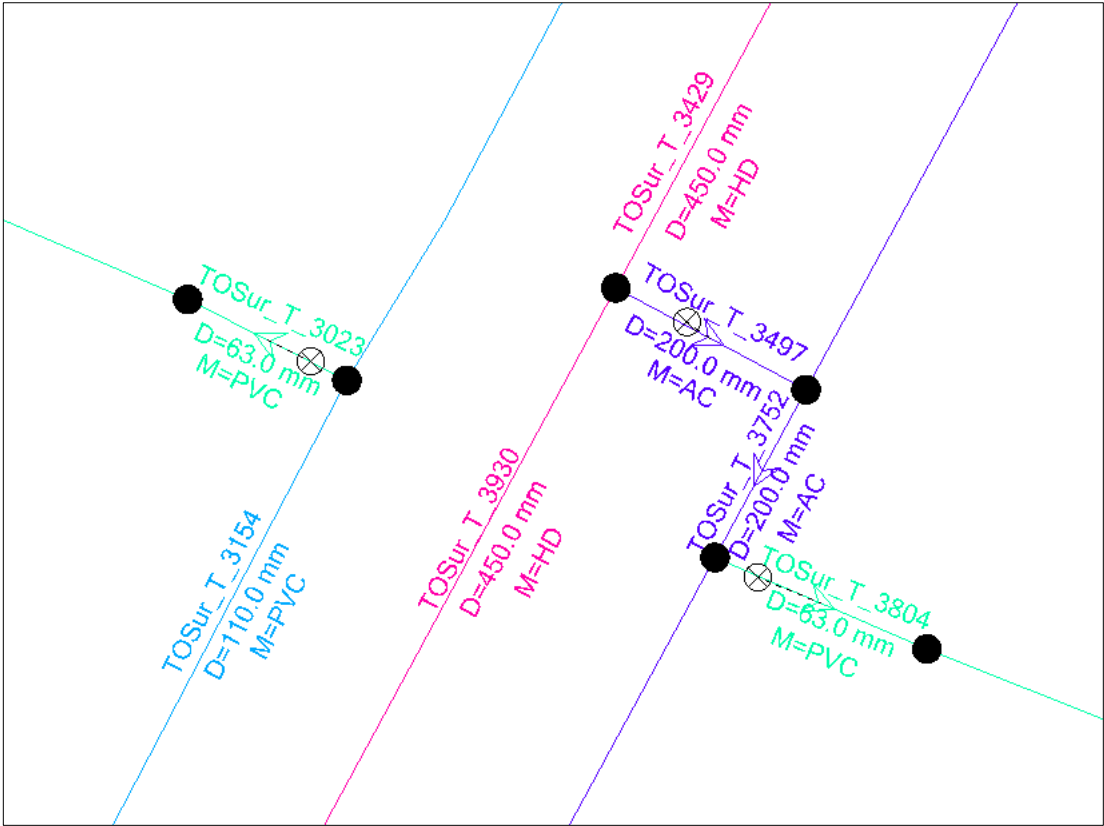


Figura 3.15: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Tabla 3.7: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Tuberías			
ID	Etiqueta	Diámetro (mm)	Material
1662	TOSur_T_3023	63	PVC
2950	TOSur_T_3154	110	PVC
3089	TOSur_T_3930	450	HD
3230	TOSur_T_3429	450	HD
2039	TOSur_T_3752	200	AC
2064	TOSur_T_3497	200	AC
1695	TOSur_T_3804	63	PVC

TOSur: Tomebamba sur
T: Tubería
PVC: Poli cloruro de vinilo
HD: Hierro dúctil
AC: Asbesto cemento

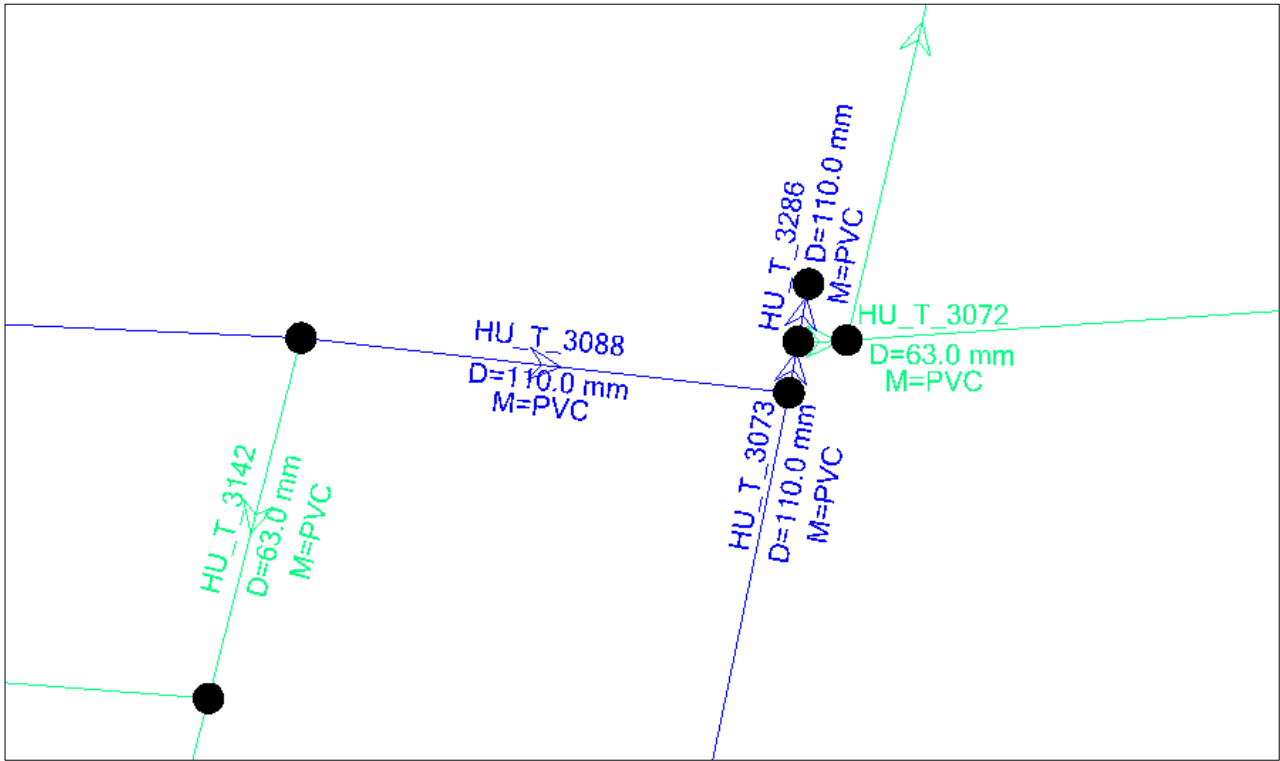


Figura 3.16: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Huizhil

Fuente: Autor

Tabla 3.8: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Huizhil

Tuberías			
ID	Etiqueta	Diámetro (mm)	Material
483	HU_T_3142	63	PVC

495	HU_T_3088	110	PVC
394	HU_T_3286	110	PVC
391	HU_T_3073	110	PVC
385	HU_T_3072	63	PVC

HU: Huizhil

T: Tubería

PVC: Poli cloruro de vinilo

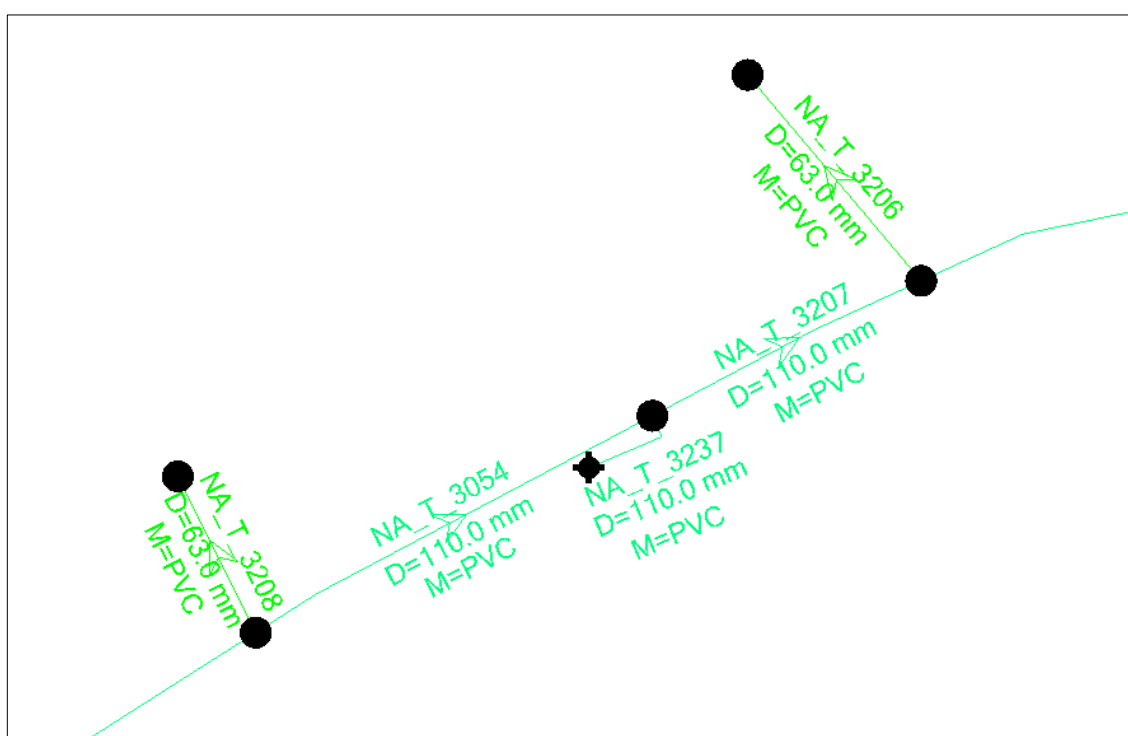


Figura 3.17: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Narancay

Fuente: Autor

Tabla 3.9: ejemplo propiedades físicas de las tuberías, sector Narancay

Tuberías			
ID	Etiqueta	Diámetro (mm)	Material
490	NA_T_3208	63	PVC
538	NA_T_3054	110	PVC
457	NA_T_3237	110	PVC
514	NA_T_3207	110	PVC
511	NA_T_3206	63	PVC

NA: Narancay

T: Tubería

PVC: Poli cloruro de vinilo

3.4 Discretización de las áreas de aporte y cálculo de caudales

Áreas de aporte es el método elegido para el cálculo de los caudales. Un área de aporte es la zona “... de influencia de cada nodo en donde se asume concentrado el caudal que ésta demanda.” (López Cualla, 2003). Por lo tanto, el área de aporte rodea a un nodo, procurando que éste se encuentre lo más centrado posible dentro de la misma; además se trata de que cada área de aporte divida a la tubería por su punto medio. Siempre se tomará en cuenta la planimetría de la ciudad debido a que las áreas trazadas deben concordar con la distribución de las calles y manzanas.

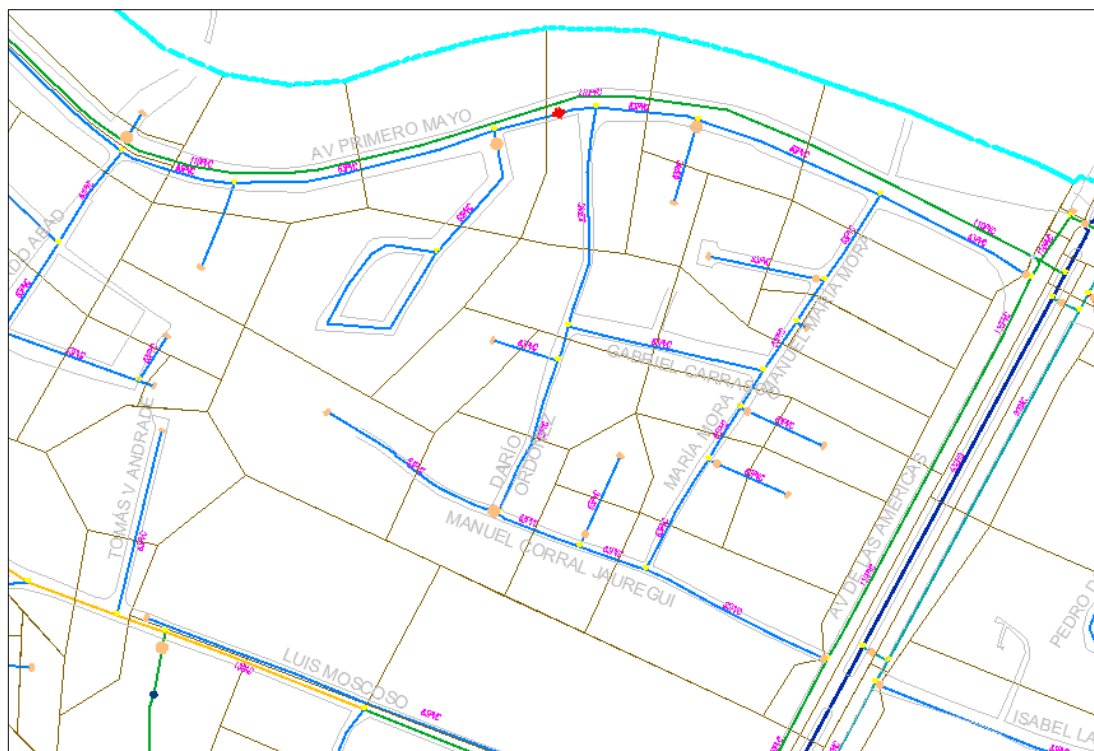


Figura 3.18: ejemplo de discretización de áreas de aporte

Fuente: Autor

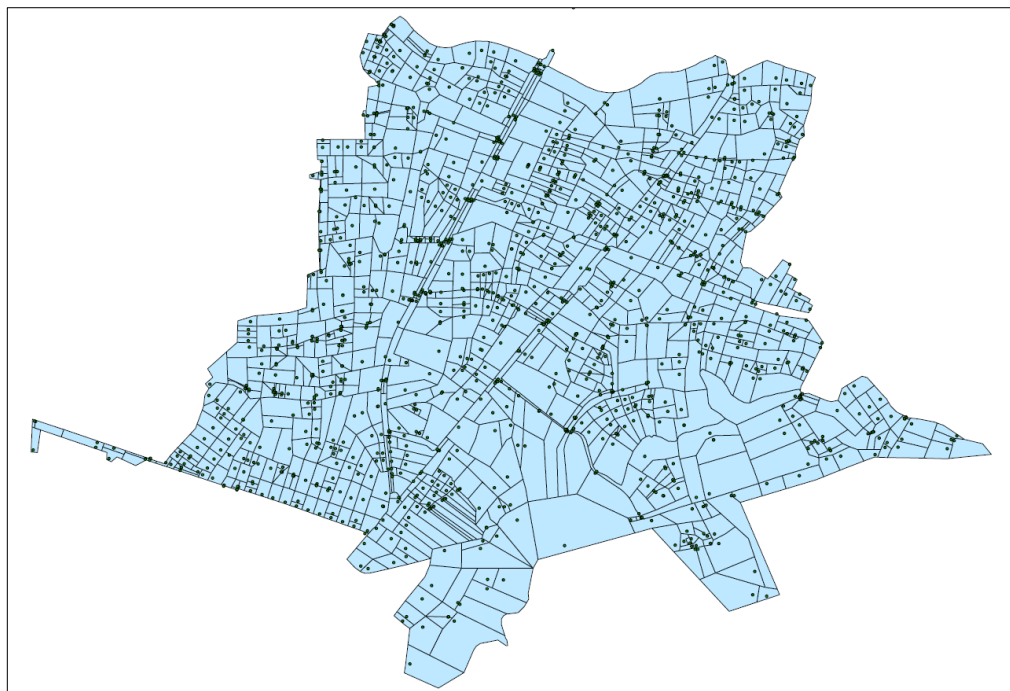


Figura 3.19: discretización de las áreas de aporte, sector Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor



Figura 3.20: discretización de las áreas de aporte, sector Huizhil

Fuente: Autor

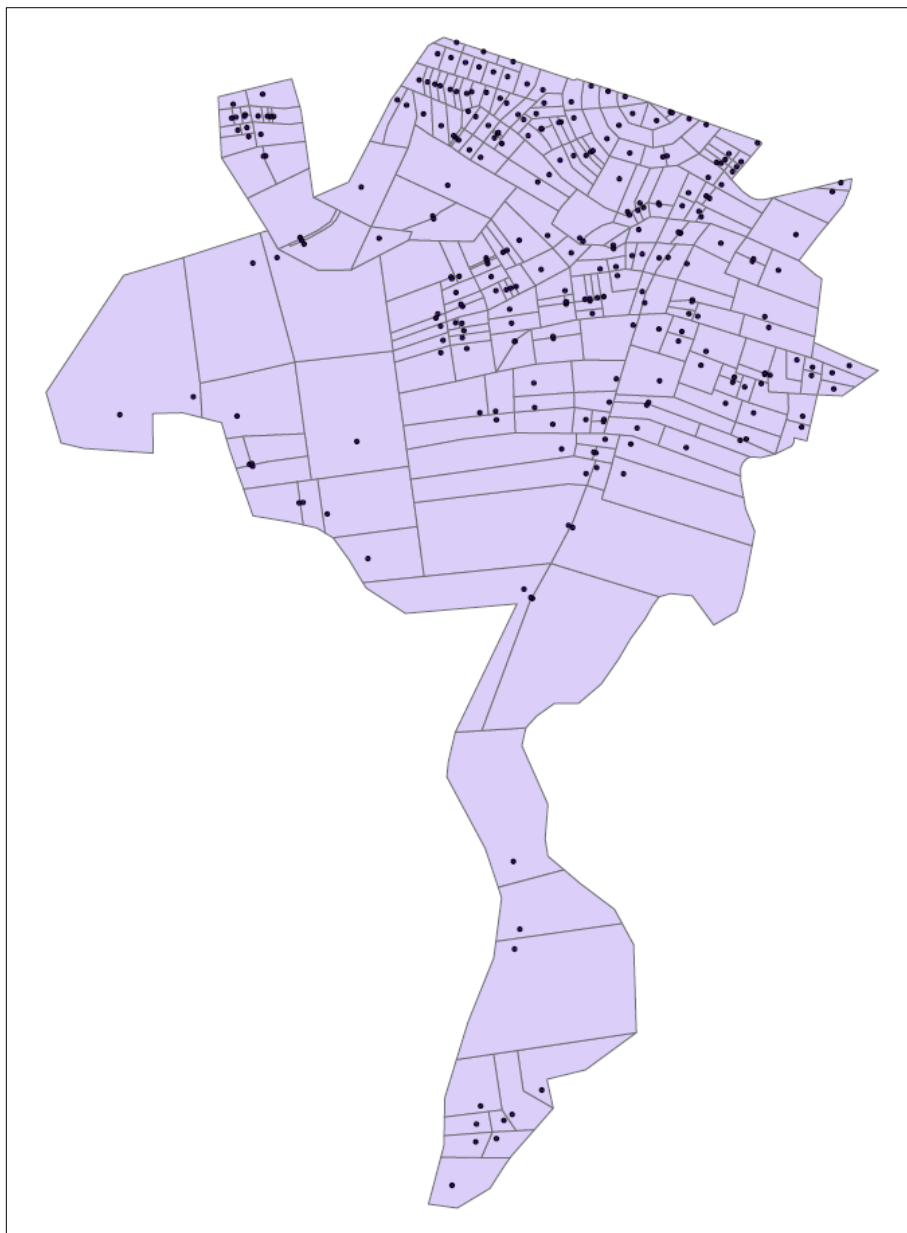


Figura 21: discretización de las áreas de aporte, sector Narancay

Fuente: Autor

La información demográfica proporciona el dato de población existente por unidad de área; si conocemos el valor del área de aporte que rodea el nodo, por consecuencia sabremos el número de habitantes que se van a suministrar de aquel punto.

Adicionalmente, se requiere del cálculo de la dotación, el cual es un parámetro que varía en dependencia del número de habitantes de cada ciudad. El último censo realizado mostró que el número de habitantes de la ciudad de Cuenca es 505,585 habitantes.⁷ Por lo tanto, el valor correspondiente es de 250 litros por habitante por día $(250 \text{ litros/habitante} * \text{día})^8$

Una vez conocidos estos valores, el caudal correspondiente a cada nodo se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Caudal} = \text{habitantes} * \text{litros/habitante} * \text{día}$$

$$\text{Caudal} = \text{litros/día} * 86400$$

$$\text{Caudal} = \text{litros/segundo}^9$$

Conociendo la población proyectada para los años 2020 y 2030, también se puede obtener su dato de consumo siguiendo el mismo procedimiento anterior.

A continuación se detalla un ejemplo de cálculo del consumo de una de las áreas discretizadas de la cual se conoce de antemano su población.

⁷ Recopilado del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ecuador, Censo año 2010

⁸ Recopilado del Instituto Ecuatoriano de Normalización. “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de agua residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”. pág. 42, tabla 3.

⁹ Recopilado del Instituto Ecuatoriano de Normalización. “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de agua residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”. pág. 42, tabla 3.

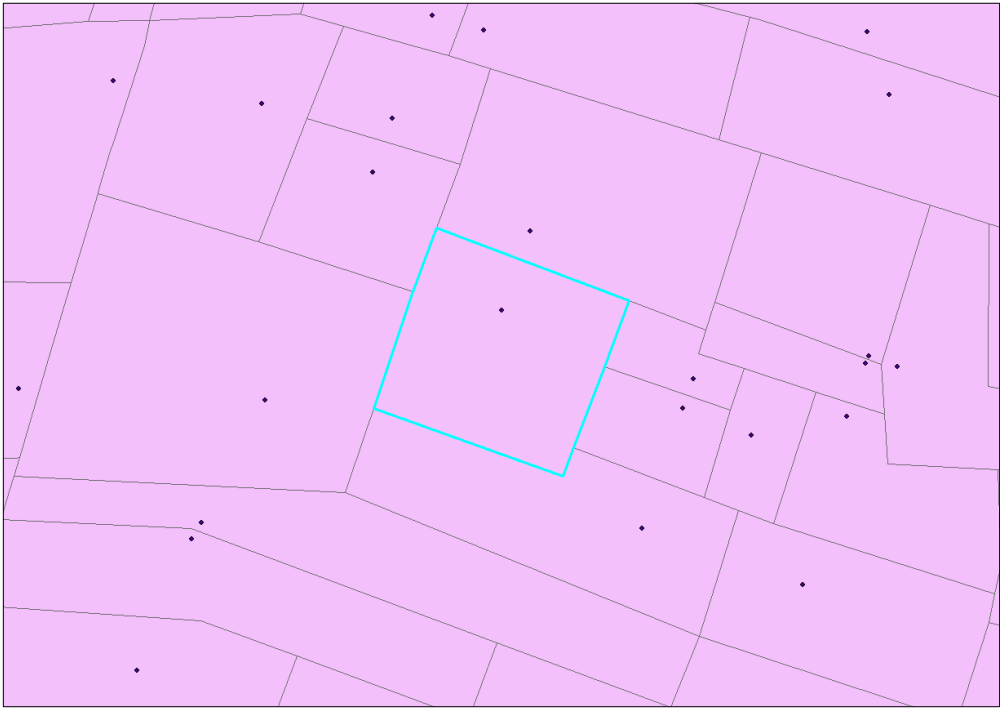


Figura 3.22: ejemplo de cálculo de caudales

Fuente: Autor

Tabla 3.10: ejemplo de cálculo de caudales

ÁREA (m2)	Nodo vinculado	Población 2020	Población 2030	Dotación (lt/hab*día)	Consumo 2020 (lt/s)	Consumo 2030 (lt/s)
9230.75	NA_N_4092	52	70	250	0.15	0.2014

El caudal para cada área de aporte se muestra en el Anexo 8, Anexo 9 y Anexo 10 para los sectores Cebollar 3.2 (1) sur, Huizhil y Narancay respectivamente.

3.5 Mejoras en el funcionamiento actual

Antes de absorber subsectores de distribución, cada uno de los sectores, Huizhil y Narancay, a los que se pretende sumar varios subsectores del sector Cebollar 3.2 (1) sur, deben cumplir varios criterios de diseño que aseguren la capacidad de transporte de las tuberías y las condiciones de servicio en los nodos que conforman la red.

Tabla 3.11: criterios de diseño ¹⁰

Tuberías		
Diámetro	mínimo	63 mm
Velocidad	mínima	0.3 m/s
	máxima	3 - 4 m/s
Pérdida unitaria	óptimo	7 - 10 m/km
	máxima	12 m/km
Nodos		
Presión	mínima	15 - 20 m.c.a.
	máxima	40 - 50 m.c.a.

Todos los sectores se modelan con distintos escenarios: funcionamiento en el año 2010, funcionamiento actual, funcionamiento año 2020 y funcionamiento año 2030; tras correr la modelación en los escenarios antes mencionados se realizan los cambios necesarios para que los sistemas funcionen correctamente.¹¹

¹⁰ Recopilado de la Contraloría General del Distrito Federal, “Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas Dotación de agua potable”

¹¹ Las figuras que se muestran en este epígrafe están codificadas por color en referencia a la pérdida unitaria de carga. Verde: 0 – 7 m/km, azul: 7-12 m/km y rojo: mayor a 12 m/km.

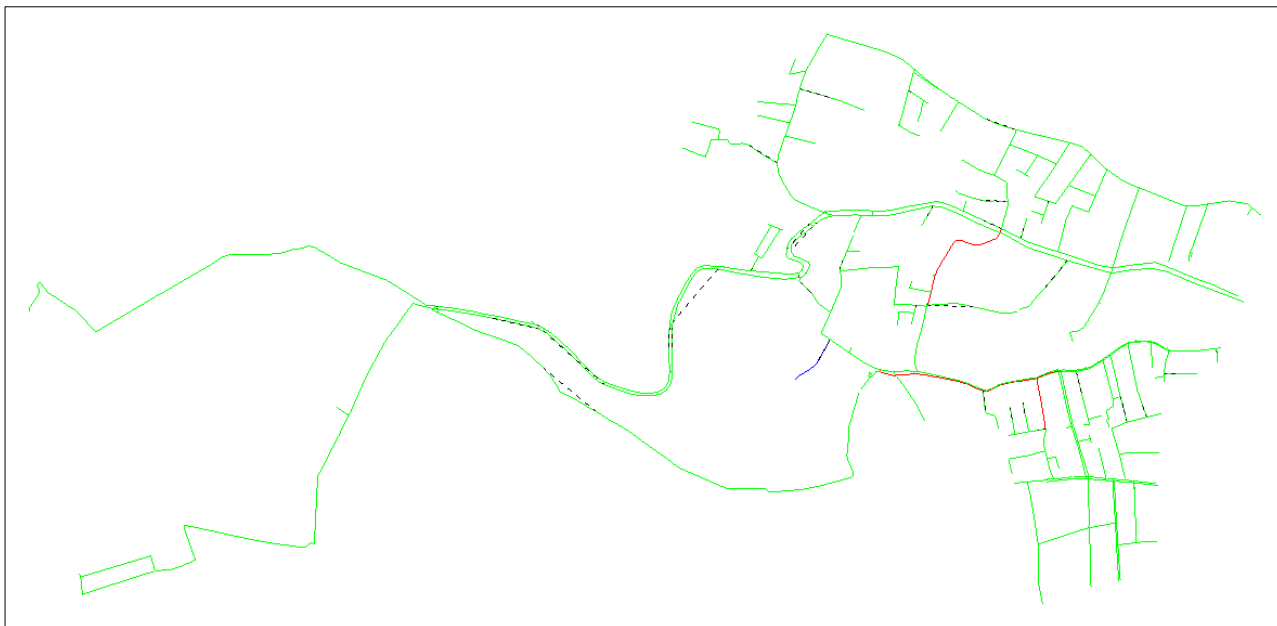


Figura 3.23: modelación hidráulica funcionamiento actual, sector Huizhil

Fuente: Autor

Los tramos marcados de color rojo son los que presentan problemas en los criterios de diseño antes mencionados. Necesitan ser reforzados antes de sumarles subsectores.

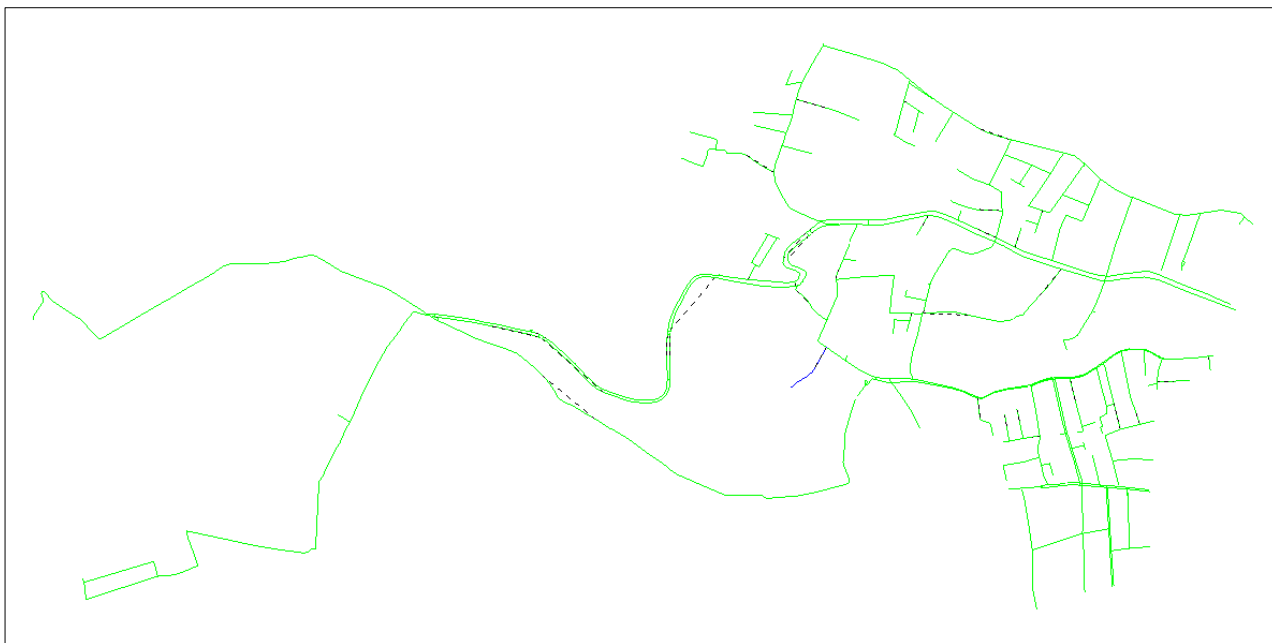


Figura 3.24: cambios en el funcionamiento actual, sector Huizhil

Fuente: Autor

Se propone cambios en los accesorios de distribución existentes: colocar un tapón en la tubería “P-72” de 63 mm en la posición $X= 717366.12$, $Y= 9678231.73$; extender la tubería “HU_T_3314” y formar un cruce con la tubería “HU_T_3033”; y cerrar el paso de flujo en válvula de control ubicada en la posición $X= 717071.99$, $Y= 9678439.78$ sobre la tubería “HU_T_3172”.

En el caso del sector Narancay, el resultado de la modelación del funcionamiento actual es el siguiente:



Figura 3.25: modelación hidráulica funcionamiento actual, sector Narancay

Fuente: Autor

Los tramos marcados de color rojo presentan problemas cumpliendo los criterios de diseño antes mencionados. Necesitan ser reforzados antes de sumarles subsectores.



Figura 3.26: cambios en el funcionamiento actual, sector Narancay

Fuente: Autor

Se propone cambios en los accesorios de distribución existentes: ampliar los diámetros de las tuberías “NA_T_3322” y “NA_T3352” de 110 mm a 160 mm así como también incrementar el diámetro de la tubería “NA_T_3062” a 90 mm.

3.6 Análisis de alternativas¹²

A cada sector de distribución se sumará tantos subsectores del sistema de distribución Cebollar 3.2 (1) como sea posible asegurando que se mantenga buenas condiciones de servicio en la red. Dichos subsectores serán los que colindan con cada sector antes mencionado.

Por lo tanto, los subsectores 08, 09, 10, 11 del sistema de distribución Cebollar 3.2 (1) sur son los más aptos para ser adicionados.

3.6.1 Alternativa 1: Huizhil más subsector 08 de Cebollar 3.2 (1) sur

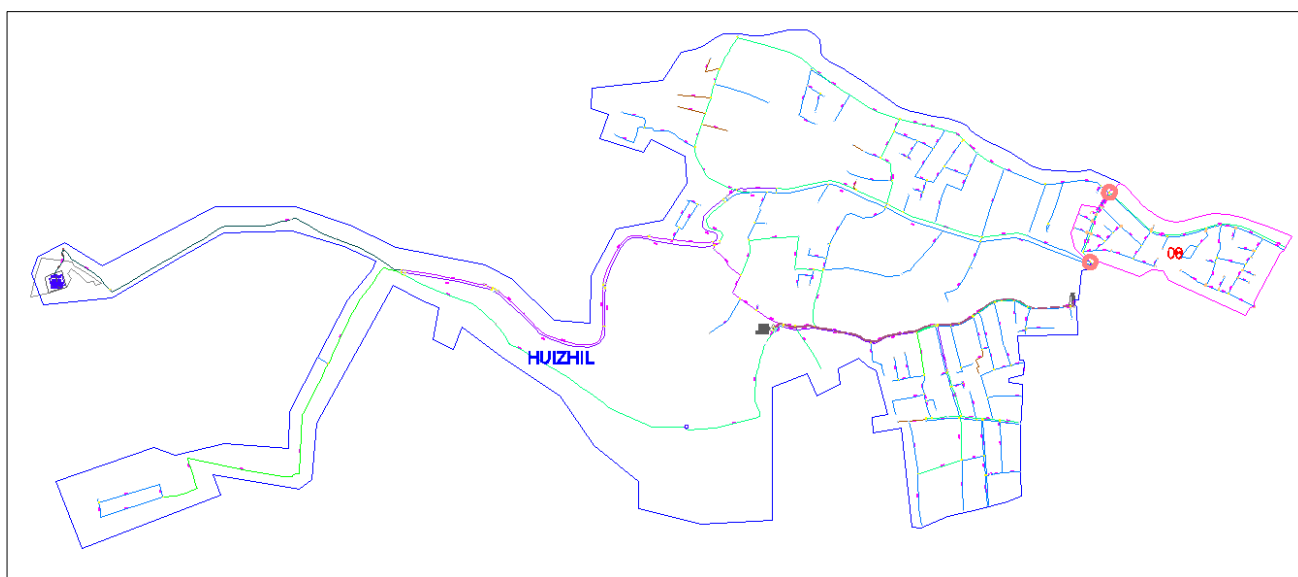


Figura 3.27: Huizhil más subsector 08 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

El primer subsector en sumarse es el 08, en el cual existen dos puntos apropiados para realizar la conexión, especificados en la figura 3.27. Adicionalmente se cierran las

¹² Las figuras que representan la modelación hidráulica que se muestran en este epígrafe están codificadas por color en referencia a la pérdida unitaria de carga. Verde: 0 – 7 m/km, azul: 7-12 m/km y rojo: mayor a 12 m/km.

válvulas de operación en su límite derecho para que se abastezca únicamente del tanque Huizhil.

Al efectuar la modelación hidráulica de esta nueva red, aparecen problemas en ciertas tuberías por lo cual se debe buscar una alternativa óptima para que el sector pueda ser absorbido.



Figura 3.28: modelación hidráulica, Huizhil más subsector 08 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Se propone cambios en los accesorios de distribución existentes: extender la tubería “HU_T_3193” hasta el cruce para formar la conexión, incrementar el diámetro de la tubería “HU_T_3193” de 63 mm a 110 mm y extender la tubería “HU_T_3131” para formar el segundo punto de conexión. Luego de efectuados estos cambios, el sector Huizhil puede absorber al subsector 08.



Figura 3.29: cambios en la modelación hidráulica, sector Huizhil más subsector 08

Fuente: Autor

3.6.2 Alternativa 2: Huizhil más subsectores 08 y 09 de Cebollar 3.2 (1) sur

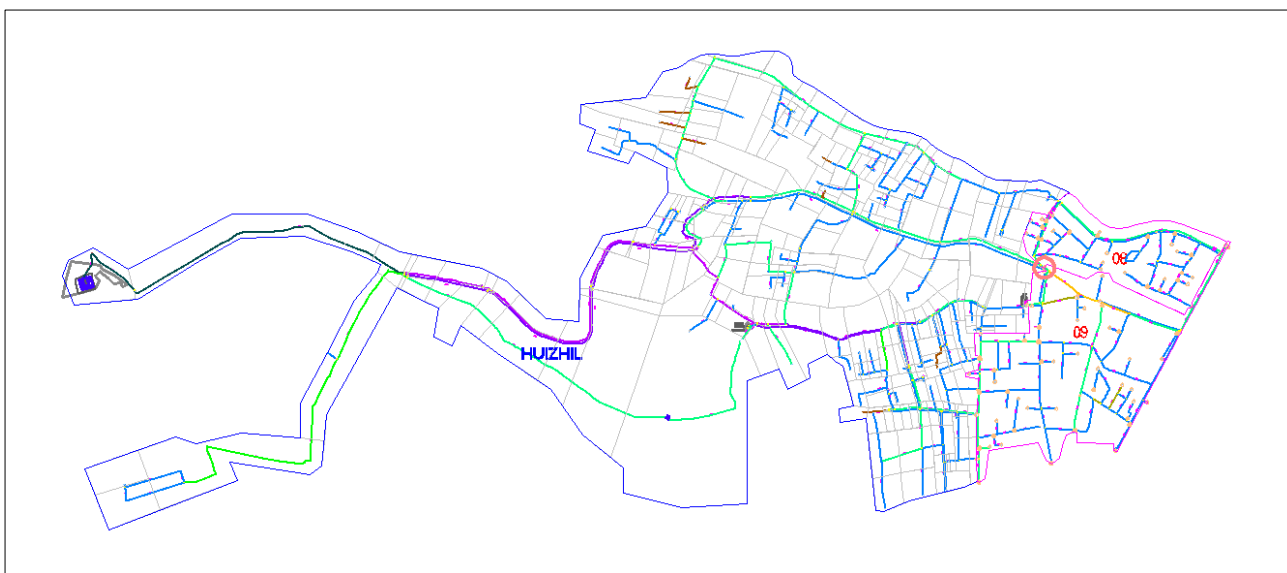


Figura 3.30: Huizhil más subsector 08 y 09 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Una vez sumado el subsector 08 y efectuados los cambios necesarios, el segundo subsector en sumarse es el 09; existe un punto apropiado para realizar la conexión, especificado en la figura 3.30. Adicionalmente, se cierran las válvulas de operación en su límite derecho para que se abastezca únicamente del tanque Huizhil.

Al efectuar la modelación hidráulica de esta nueva red, aparecen problemas en ciertas tuberías por lo cual se debe buscar una alternativa óptima para que el sector pueda ser absorbido.

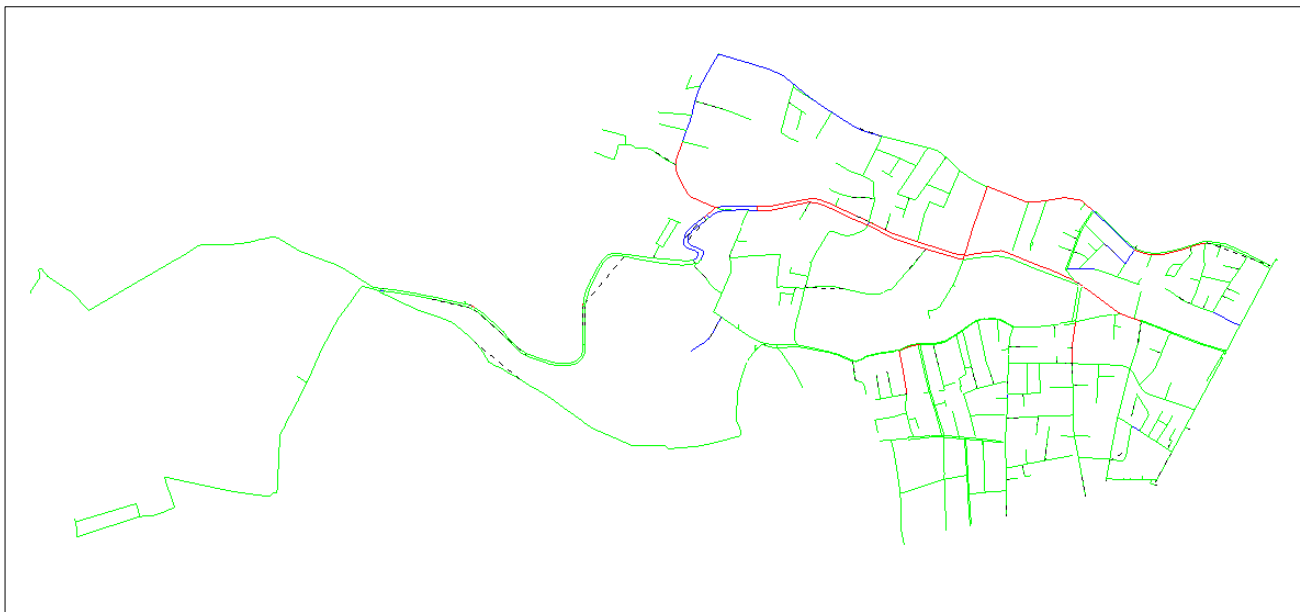


Figura 3.31: modelación hidráulica, Huizhil más subsectores 08 y 09

Fuente: Autor

Al ser la longitud de las tuberías que presentan problemas muy extensos, el reforzarlos incrementando los diámetros, o a su vez, una línea de distribución paralela al mismo resultaría muy costoso lo que no optimiza el diseño.

3.6.3 Alternativa 3: Narancay más subsector 11 de Cebollar 3.2 (1) sur

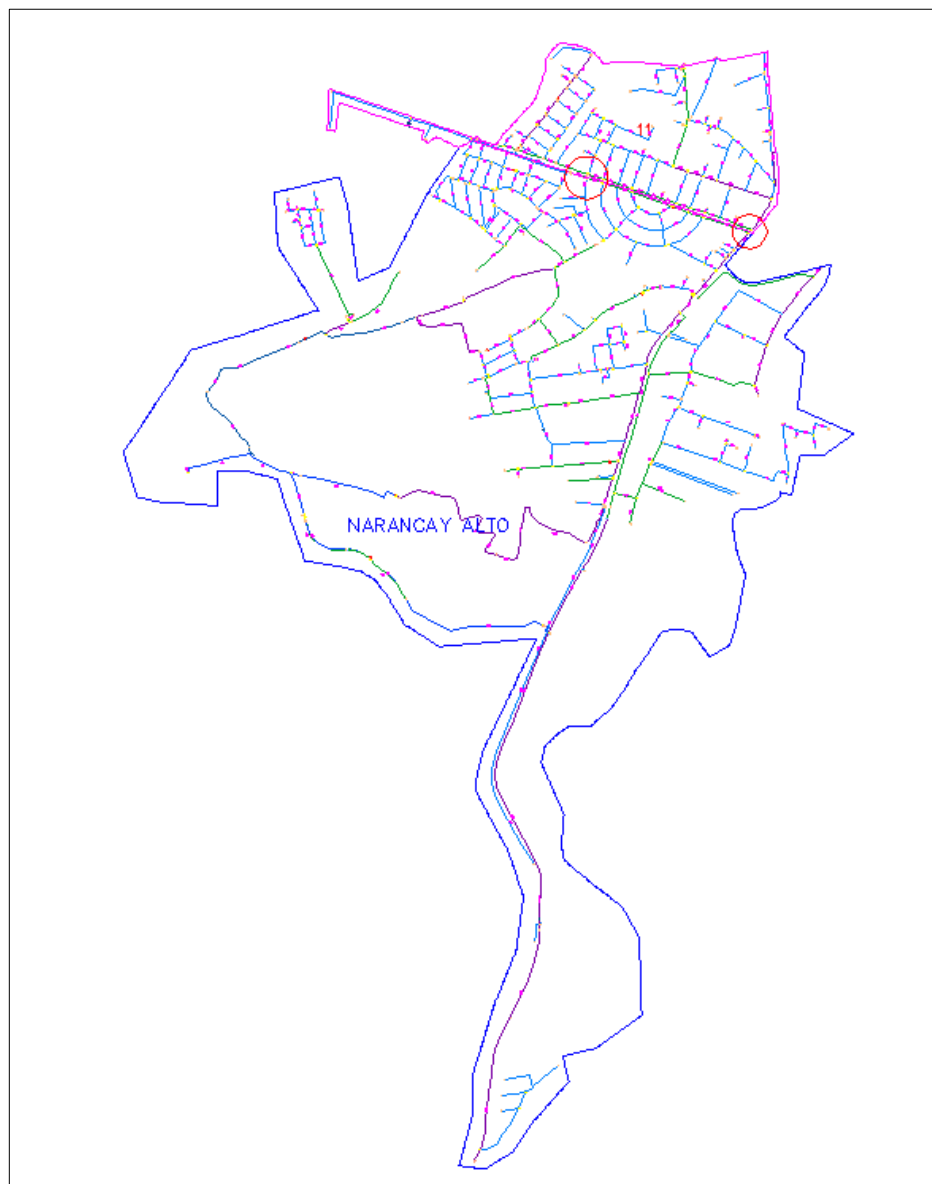


Figura 3.32: Narancay más subsector 11 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Para el sector Narancay, el primer subsector en añadirse es el 11 del sistema de distribución Cebollar 3.2 (1) sur. Existen 2 puntos de conexión especificados en la figura 3.32 entre estos sectores. Adicionalmente, se cierran las válvulas de operación en todo su límite para que únicamente se abastezca del tanque Narancay.

Una vez realizada la modelación hidráulica de esta primera suma de subsectores para Narancay, se generan varios problemas en la red de distribución.

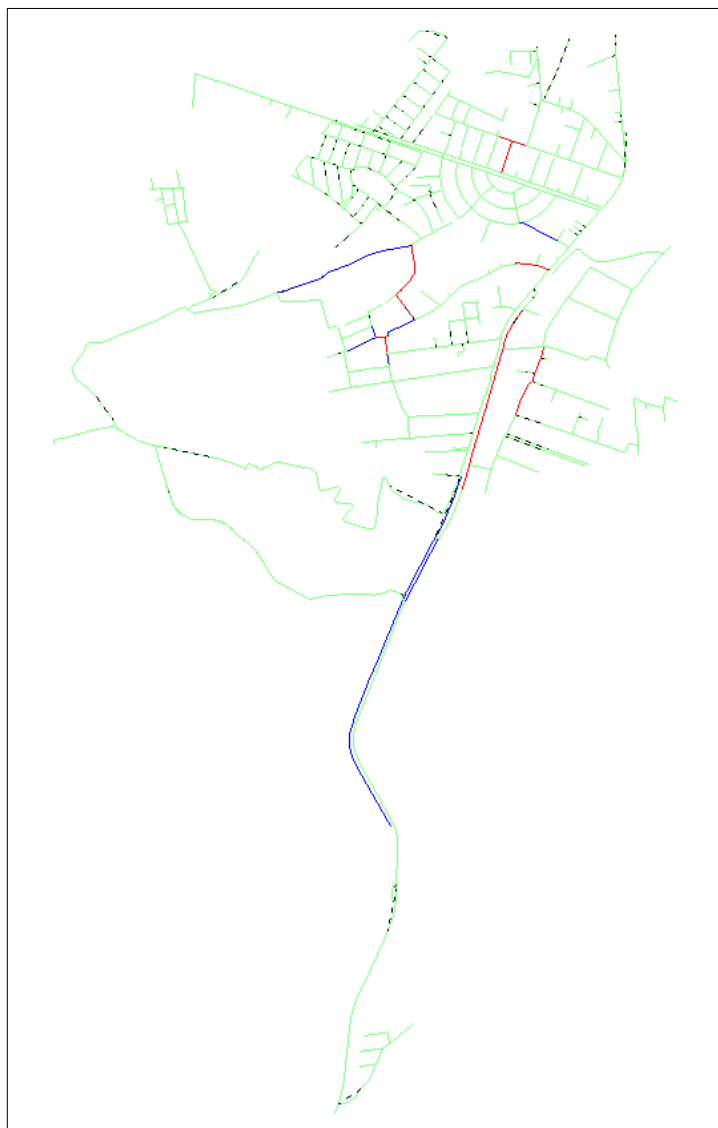


Figura 3.33: modelación hidráulica, Narancay más subsector 11 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Se propone cambios en los accesorios de distribución existentes, principalmente se debe incrementar el diámetro de varias líneas de tubería. Las tuberías: “NA_T_3322”, “NA_T_3352”, “NA_T_3002” se incrementan de 110 mm a 160 mm; y las tuberías: “NA_T_3062” u “NA_T_3201” se incrementan de 63 mm a 90 mm.



Figura 3.34: cambios en la modelación hidráulica, sector Narancay más subsector 11

Fuente: Autor

3.6.4 Alternativa 4: Narancay más subsectores 11 y 10 de Cebollar 3.2 (1) sur

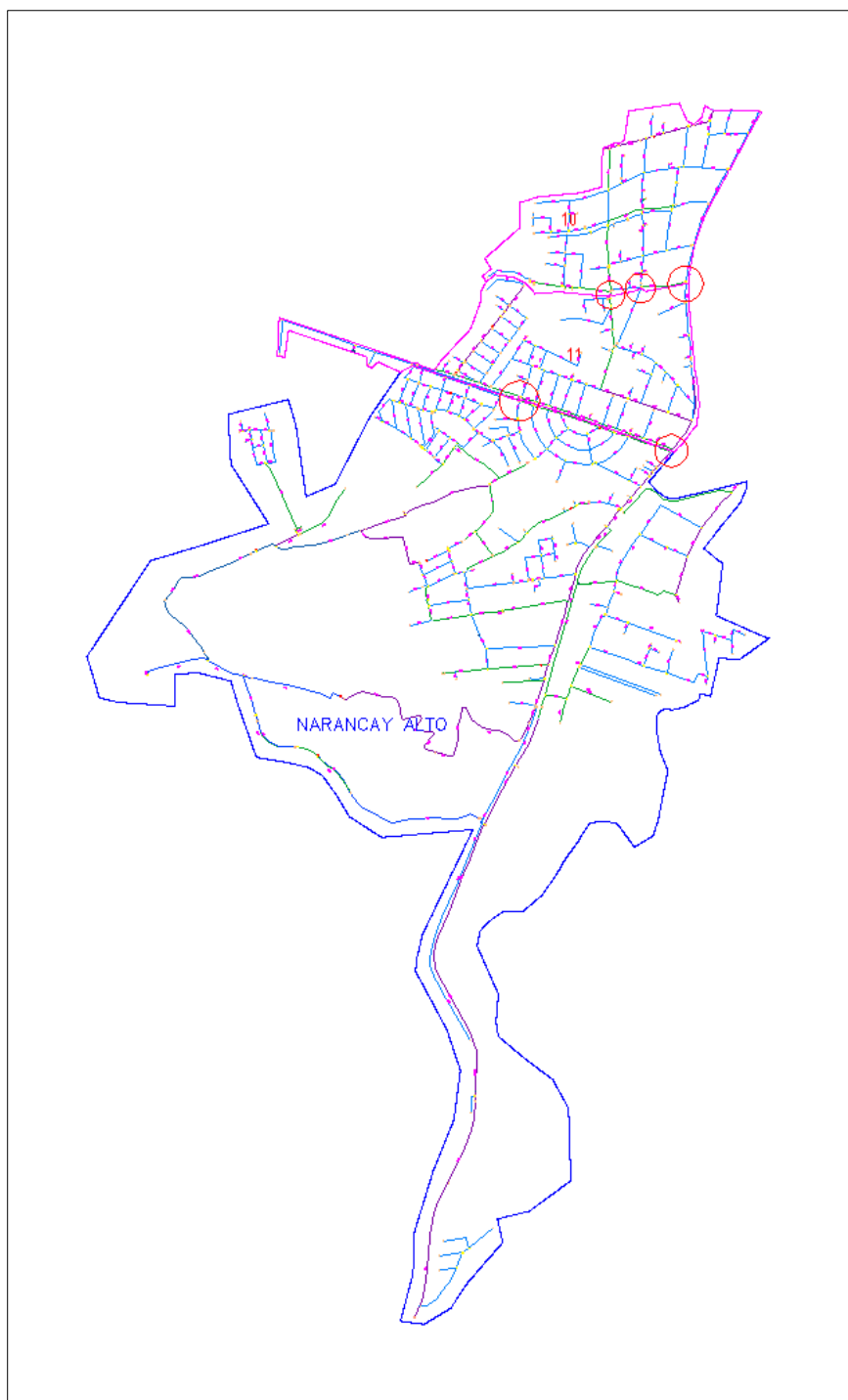


Figura 3.35: Narancay más subsectores 11 y 10 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Una vez sumado el subsector 11, el siguiente en añadirse es el subsector 10. Existen 3 puntos de conexión como se muestra en la Figura 3.35. Adicionalmente, se cierran las válvulas de operación en el límite del subsector 10 para que este se abastezca del tanque Narancay.

Al realizar la modelación hidráulica del sector, aparecen problemas en las tuberías; al ser un número reducido, es posible efectuar cambios para que el nuevo sector opere sin problemas.

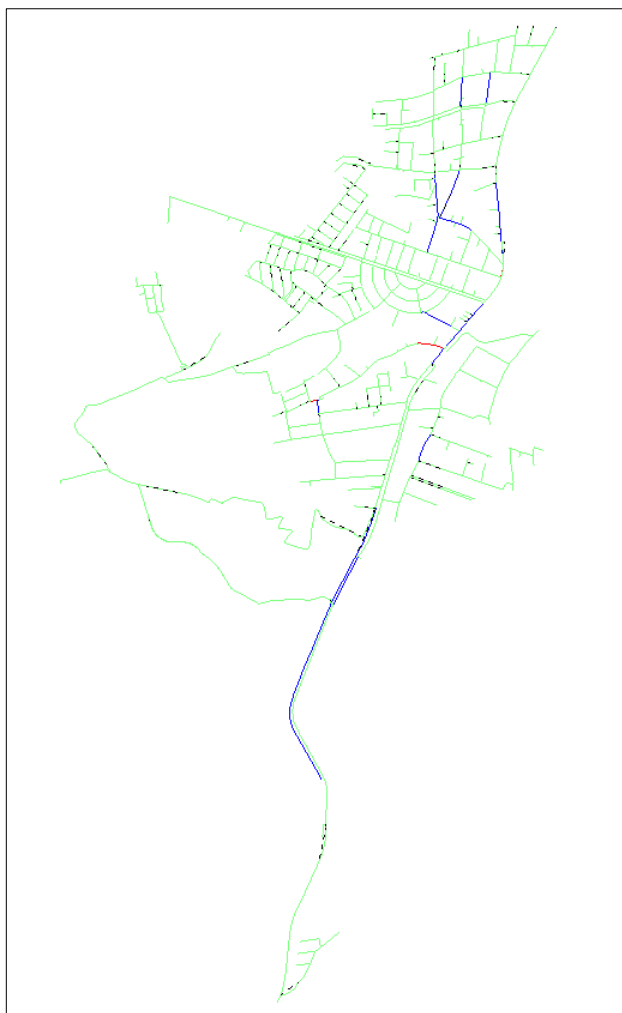


Figura 3.36: modelación hidráulica Narancay más subsectores 11 y 10 de Cebollar 3.2 (1) sur

Fuente: Autor

Se propone cambios en los accesorios de distribución existentes: incrementar el diámetro de dos tuberías: “NA_T_3205” y “NA_T_3017” de 63 mm a 90 mm.



Figura 3.37: cambios en la modelación hidráulica Narancay más subsectores 11 y 10

Fuente: Autor

3.7 Resultados de la modelación hidráulica

La modelación hidráulica de las alternativas para distintos escenarios de los subsectores de Cebollar 3.2 (1) sur que se pretendía sumar a los sectores de distribución Huizhil y Narancay, fue satisfactoria.

El sector de distribución Huizhil absorbe el subsector de distribución 08 perteneciente al Cebollar 3.2 (1) sur; mientras que el sector de distribución Narancay absorbe los subsectores 11 y 10 pertenecientes también al sector de distribución Cebollar 3.2 (1) sur.

Los resultados del análisis hidráulico se muestran en el Anexo 11 y Anexo 12 para Huizhil más 08 y Narancay más 11 y 10 respectivamente. De igual manera, los planos esquemáticos de las redes con sus cambios se muestran en el ANEXO 13 y ANEXO 14.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO

4.1 Presupuesto

El presupuesto de un proyecto es el costo estimado que tendrá el mismo. El costo total de cada uno de los rubros contempla tanto costos directos como indirectos.

Costos directos:

Se obtienen de la valoración de todos los elementos que se encuentran íntimamente ligados a la construcción de la obra como tal. Estos elementos fundamentalmente se dividen en mano de obra y equipos, los cuales serán analizados de manera que puedan obtenerse un precio unitario que determine adecuadamente el costo de cada uno de los rubros considerados.

Costos indirectos:

Se obtienen a partir de los gastos técnicos necesarios para la realización de la obra, se determinan de acuerdo con su relación directa respecto al tipo de obra que se va a ejecutar. Una vez realizado el diseño del Sistema de Agua Potable, se procedió a obtener las cantidades de obra requeridas para cada parte del proyecto.

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Huiztl					10576.03
1.1		Red de distribución				10080.33
1.1.1	501001	Rotura y reposición pavimento e= 20cm	m2	173.54	14.41	2500.28
1.1.2	501002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	138.84	10.17	1412.45
1.1.3	501003	Preparación fondo de zanja con material granular	m2	170.26	2.90	493.71
1.1.4	501004	Relleno compactado	m3	92.00	3.93	361.41
1.1.5	501005	Relleno compactado a mano	m3	40.19	4.59	184.37
1.1.6	501006	Cargada de material a mano	m3	132.18	6.73	889.11

1.1.7	501007	Transporte de material hasta 5 km	Tn	555.18	2.19	1213.11
1.1.8	501008	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 63 mm	m	2.96	2.34	6.93
1.1.9	501009	Colocación Tuberia PVC U/E D= 63 mm	m	2.96	0.35	1.03
1.1.10	501012	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 110 mm	m	422.70	6.60	2789.82
1.1.11	501013	Colocación Tuberia PVC U/E D=110 mm	m	422.70	0.54	228.11
1.2		Accesorios de distribución				495.70
1.2.1	501016	Sum, Tapon hierro fundido D=110 mm	u	1.00	29.16	29.16
1.2.2	501017	Sum, Tapon hierro fundido D=160 mm	u	1.00	78.84	78.84
1.2.3	501018	Sum, Tee PVC D=160x110 mm	u	1.00	91.21	91.21
1.2.4	501019	Sum, Tee PVC D=110x63 mm	u	3.00	45.66	136.98
1.2.5	501020	Sum, Tee PVC D=110 mm	u	1.00	63.29	63.29
1.2.6	501021	Sum, Tee PVC D=63 mm	u	1.00	27.65	27.65
1.2.7	501022	Colocacion Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D=160 mm	u	2.00	13.46	26.93
1.2.8	501023	Colocacion Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D=110 mm	u	5.00	7.57	37.86
1.2.9	501024	Colocacion Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D= 63 mm	u	1.00	3.79	3.79
2	Narancay					40613.11
2.1		Red de distribución				30041.22
2.1.1	501001	Rotura y reposición pavimento e= 20cm	m2	407.57	14.41	5871.97
2.1.2	501002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	326.06	10.17	3317.18
2.1.3	501003	Preparación fondo de zanja con material granular	m2	407.57	2.90	1181.83
2.1.4	501004	Relleno compactado	m3	203.47	3.93	799.33
2.1.5	501005	Relleno compactado a mano	m3	103.95	4.59	476.89
2.1.6	501006	Cargada de material a mano	m3	307.42	6.73	2067.76
2.1.7	501007	Transporte de material hasta 5 km	Tn	1291.15	2.19	2821.29
2.1.8	501010	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 90 mm	m	134.33	4.52	607.71
2.1.9	501011	Colocacion Tuberia PVC U/E D= 90 mm	m	134.33	0.43	57.72
2.1.10	501014	Sum, Tuberia PVC U/E 1,00 MPA - 160 mm	m	884.60	13.88	12281.79
2.1.11	501015	Colocacion Tuberia PVC U/E D=160 mm	m	884.60	0.63	557.78
2.2		Accesorios de distribución				714.40
2.2.1	501025	Sum,-Ins, Tapon hierro fundido D= 90 mm	u	1.00	16.38	16.38
2.2.2	501018	Sum, Tee PVC D=160x110 mm	u	1.00	91.21	91.21
2.2.3	501026	Sum, Tee PVC D=160x90 mm	u	3.00	104.33	312.98
2.2.4	501027	Sum, Tee PVC D=110x90 mm	u	1.00	65.21	65.21
2.2.5	501028	Sum, Tee PVC D=110x90x63 mm	u	1.00	65.21	65.21
2.2.6	501029	Sum, Tee PVC D= 90x63 mm	u	1.00	35.27	35.27
2.2.7	501030	Sum, Tee PVC D= 90 mm	u	1.00	43.24	43.24
2.2.8	501022	Colocacion Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D=160 mm	u	4.00	13.46	53.86
2.2.9	501023	Colocacion Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D=110 mm	u	2.00	7.57	15.14
2.2.10	501031	Colocacion Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D= 90 mm	u	3.00	5.30	15.90
2.3		Válvulas				9857.48
2.3.1	501032	Sum, Valvula D=160 mm	u	3.00	324.00	972.00
2.3.2	501033	Colocacion Valvulas HF y bronce, D=160 mm sin anclajes	u	3.00	11.36	34.07
2.3.3	501034	Sum, Valvula D=90 mm	u	1.00	240.00	240.00
2.3.4	501035	Colocacion Valvulas HF y bronce, D=90 mm sin anclajes	u	1.00	9.16	9.16
2.3.5	501036	Sum, Valvula de aire D=160mm	u	1.00	69.60	69.60
2.3.6	501037	Colocacion Valvulas aire	u	1.00	7.62	7.62
2.3.7	501038	Replantillo de piedra, e=15 cm	m2	7.20	7.63	54.95
2.3.8	501039	Encofrado recto	m2	55.20	11.68	644.85
2.3.9	501040	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	5.76	133.28	767.68
2.3.10	501041	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	kg	37.30	2.05	76.31
2.3.11	501042	Sum,-Ins, Tapa Hierro Ductil 720 x 700mm	m2	7.20	929.63	6693.32
2.3.12	501043	Sum, Union de Reparacion PVC U/E D=160 mm	u	6.00	37.79	226.73
2.3.13	501044	Sum, Union de Reparacion PVC U/E D=90 mm	u	2.00	30.60	61.20
				TOTAL		51189.13

4.2 Análisis de precios unitarios

Se considera precio unitario “el valor de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado, ejecutado conforme al proyecto, especificaciones de construcción y normas de calidad.” (Trinidad Torres, 2005). Al desagregar cada actividad del presupuesto general en los materiales, equipos y maquinaria, y mano de obra necesaria, se obtiene con precisión el costo por unidad de medida.

En el Anexo 15, se detalla el análisis de precios unitarios para cada rubro del presupuesto.

4.3 Especificaciones técnicas

Normas, disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones, métodos constructivos, formas de control de calidad, mediciones, formas de pago, etc., forman el grupo de especificaciones técnicas para un proyecto.

Las especificaciones técnicas requeridas para el proyecto de interconexión de los sistemas de agua potable se detallan en el Anexo 16.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo del proyecto se utilizaron los programas informáticos: AutoCAD Civil 3D, ArcGis y WaterGEMS; los cuales ayudaron en el manejo de la información catastral, a realizar las proyecciones de población y elaborar los modelos hidráulicos de cada sector; de acuerdo a las potencialidades de cada uno de ellos.
- Se elaboraron los modelos hidráulicos de los sectores Huizhil y Narancay, con lo cual se pudo evaluar su funcionamiento actual y puntualizar las mejoras que requería cada red para su correcto funcionamiento antes de absorber sectores de distribución.
- Los modelos hidráulicos realizados mostraron la factibilidad de interconectar los sistemas de distribución Tomebamba y Yanuncay. Valorados varios escenarios, se demuestra que el sistema de distribución Yanuncay es capaz de absorber los subsectores 08, 10 y 11 del sector Cebollar 3.2 (1) sur, perteneciente al sistema de distribución Tomebamba. Estos subsectores son los más idóneos para ser abastecidos desde la Planta de Sustag debido a que se encuentran en el límite entre los dos sistemas.
- Durante la modelación, el análisis de alternativas buscó aprovechar la infraestructura existente, por lo tanto, las obras de interconexión requieren del menor número posible de obras civiles complementarias, las mismas que se detallan en los planos.
- El diseño de las nuevas redes de distribución se realizó en base a la proyección del crecimiento poblacional del cantón Cuenca hasta el año 2030. Adicionalmente, todos los parámetros y criterios de diseño, especificados para sistemas de agua potable por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, se han cumplido en el desarrollo del proyecto, lo cual garantiza el correcto funcionamiento hasta el año anteriormente mencionado.
- Una vez ejecutadas las obras necesarias para que el sistema de distribución Yanuncay abastezca a más zonas, el sistema de distribución Tomebamba se verá mejorado, y consecuentemente, el sistema de distribución de agua potable del cantón Cuenca será optimizado.

RECOMENDACIONES

- Durante la etapa de construcción del proyecto, seguir los planos de detalle de los cambios que se deben realizar en cada zona, así como también las especificaciones técnicas del mismo.
- Se debe brindar el mantenimiento necesario para que el proyecto funcione correctamente durante el tiempo para el cual fue diseñado sin ningún tipo de contratiempos.

BIBLIOGRAFÍA

- AZEVEDO Netto. (1998). *Manual de Hidráulica*. Sao Paulo: Edgard Blucher.
- COMISIÓN Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONTRALORÍA General del Distrito Federal. (n.d.). Retrieved from <http://www.contraloria.df.gob.mx/index.php/prontuario-normativo>
- CONTRALORÍA General del Distrito Federal. (2008). *Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas*. México D.F.
- ETAPA E.P. (n.d.). Retrieved from <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Agua-potable/Operaci%C3%B3n-y-Mantenimiento/Redes-de-Distribuci%C3%B3n>
- GARCÍA Martín, A., Rosique Campoy, M., & Segado Vázquez, F. (1996). *Topografía básica para ingenieros*. Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia.
- INSTITUTO Ecuatoriano de Normalización. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.
- INSTITUTO Nacional de Estadísticas y Censos. (n.d.). Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manual-lateral/Resultados-provinciales/azuay.pdf>
- LÓPEZ Cualla, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (Segunda ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SALDARRIAGA, J. (2007). *Hidráulica de tuberías abastecimiento de agua, redes, riegos*. Bogotá: Alfaomega.
- SOLÍS Bolaños, H., & Cuevas Marín, J. (1995). *Modelación hidrológica e hidráulica en la cuenca del río Caldera*. Panamá.
- TRINIDAD Torres, M. A. (2005). *Precios Unitarios*. Cunducacán.
- UNIVERSIDAD de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. (n.d.). Retrieved from <http://www.utadeo.edu.co/es/link/maestria-en-modelado-y-simulacion-mms/26106/layout-1/que-es-modelado-y-simulacion-ms>

