



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Modelación hidráulica de los sistemas de agua potable rurales de los
sectores de Zhizhio y Cumbe y evaluación de su posible
interconexión**

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

Autor:

MIGUEL ENRIQUE SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁZQUEZ

CUENCA - ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios quien por su voluntad me ha concedido a mis padres, Ángel y Clemencia, y con ellos, sus enseñanzas que han aportado significativamente a lo largo de toda mi vida y me han permitido salir adelante ante cualquier dificultad. A mis hermanos Jenny, Tania y Fernando, que han sido un gran sustento y apoyo en cada instante. Y finalmente a toda mi familia en especial a todas aquellas personas que supieron hacerse presente con su ayuda de cualquier forma posible.

Miguel Sánchez Domínguez

AGRADECIMIENTOS

De forma sincera, quisiera agradecer a todos los miembros que conforman la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, a los profesores, y amigos con quienes he compartido a lo largo de estos años de educación universitaria, momentos inolvidables.

Un adicional agradecimiento a todo el personal que conforma ETAPA EP, en especial al Ing. Josué Larriva Vázquez, ya que su aporte ha sido fundamental en la ejecución del trabajo de investigación.

**MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE
RURALES DE LOS SECTORES DE ZHIZHIO Y CUMBE Y EVALUACIÓN
DE SU POSIBLE INTERCONEXIÓN**

RESUMEN

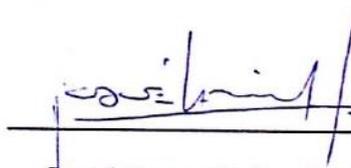
Mediante el desarrollo de la presente investigación se contribuirá a la optimización del sistema de distribución de agua potable rural en el cantón Cuenca en los sectores Zhizhio y Cumbe, ya que se evaluará la posibilidad de incluir nuevas áreas de distribución en ambos sectores mediante un análisis independiente de cada sector y posteriormente un estudio conjunto, determinando problemas hidráulicos existentes en el sistema actual y evaluando la interconexión entre distintos puntos entre ambos sectores, análisis que incluirá la determinación de los costos de dichas interconexiones.

Palabras Clave: Red de distribución, agua potable rural, interconexión de sistemas, modelación hidráulica.



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Josué Bernardo Larriva Vázquez

Director de Tesis



Miguel Enrique Sánchez Domínguez

Autor

**HYDRAULIC MODELING OF RURAL DRINKING WATER SYSTEMS AT THE
ZHIZHIO AND CUMBE SECTORS; AND EVALUATION OF POSSIBLE
INTERCONNECTION**

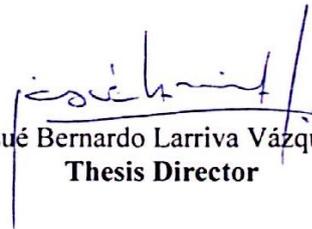
ABSTRACT

Through the development of this research, we aim to contribute to the optimization of the rural drinking water distribution system in Cuenca canton, at *Zhizhio* and *Cumbe* sectors; since the possibility of including new areas of distribution in both sectors will be evaluated by an independent analysis of each region. Subsequently, a joint study determining the existing hydraulic problems in the current system will be performed, and the interconnection among different points between the two sectors will be evaluated. This analysis will include the determination of interconnection costs.

Keywords: Distribution Network, Rural Drinking Water, Interconnection of Systems, Hydraulic Modeling.



Paul Cornelio Cordero Díaz
School Director



Josué Bernardo Larriva Vázquez
Thesis Director



Miguel Enrique Sánchez Domínguez
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ASBTRACT	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Alcance.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO	6
2.1. Recopilación de información topográfica y catastral.....	6
2.1.1. Información topográfica y catastral del sector de Cumbe	6
2.1.2. Información topográfica y catastral del sector de Zhizhio.....	8
2.2. Recopilación de información demográfica	11
2.3. Recopilación de información hidráulica	13
2.3.1. Límites de servicio y sectores de distribución.	13
2.3.2. Descripción del funcionamiento actual.....	18
CAPÍTULO III: MODELACIÓN HIDRÁULICA	21
3.1. Propiedades físicas de los elementos hidráulicos: tuberías y nodos	21
3.1.1. Elementos Hidráulicos en los sectores de Zhizhio y Cumbe	21

3.2.	Discretización de las áreas de aporte y cálculo de caudales.....	33
3.2.1.	Discretización de áreas de aporte:.....	33
3.2.2.	Cálculo de caudales.....	37
3.3.	Elaboración del modelo hidráulico para distintos escenarios	40
3.3.1.	Modelo Hidráulico del Sector de Cumbe.....	42
3.3.2.	Modelo Hidráulico del Sector de Zhizhio.....	57
3.4.	Análisis de alternativas.....	68
3.4.1.	Alternativa 1.....	68
3.4.2.	Alternativa 2.....	73
3.4.3.	Alternativa 3.....	79
CAPÍTULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO.....		83
4.1.	Presupuesto.....	83
4.2.	Análisis de precios unitarios	86
4.3.	Especificaciones técnicas	87
4.3.1.	Generalidades.....	87
4.3.2.	Especificaciones Técnicas en Obras Civiles.....	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		88
Conclusiones		88
Recomendaciones		90
BIBLIOGRAFÍA.....		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Conteo Tuberías - Cumbe	8
Tabla 2.2: Coteo Accesorios de Distribución Cumbe	8
Tabla 2.3: Conteo Tuberías - Zhizhio	10
Tabla 2.4: Conteo Accesorios de distribución - Zhizhio.....	10
Tabla 2.5: Información demográfica por parroquia – Cumbe.....	11
Tabla 2.6: Información demográfica por parroquia – Zhizhio.....	12
Tabla 3.1: Propiedades Físicas Nodos (Extracto) – Cumbe.....	22
Tabla 3.2: Propiedades Físicas Nodos (Extracto) – Zhizhio	24
Tabla 3.3: Propiedades Físicas Tuberías (Extracto) – Cumbe	25
Tabla 3.4: Propiedades Físicas Tuberías (Extracto) – Zhizhio	26
Tabla 3.5: Propiedades Físicas Tanques Rompe Presión (Extracto) – Cumbe	28
Tabla 3.6: Propiedades Físicas Tanques Rompe Presión (Extracto) – Zhizhio	28
Tabla 3.7: Propiedades Físicas Válvulas (Extracto) – Cumbe	29
Tabla 3.8: Propiedades Físicas Válvulas (Extracto) – Zhizhio	30
Tabla 3.9: Propiedades Físicas Hidrantes – Cumbe	31
Tabla 3.10: Propiedades Físicas Tanques de Reserva – Cumbe	32
Tabla 3.11: Propiedades Físicas Tanques de Reserva – Zhizhio	32
Tabla 3.12: Propiedades Físicas Planta de Tratamiento – Cumbe	33
Tabla 3.13: Propiedades Físicas Planta de Tratamiento – Zhizhio	33
Tabla 3.14: Áreas y densidades poblacionales – área de aporte 1 (Sub zona 45)..	36
Tabla 3.15: Valores poblacionales del Área de Aporte 1 (Sub zona C45).....	37
Tabla 3.16: Calculo de Caudales (Extracto) - Sector: Cumbe	38
Tabla 3.17: Calculo de Caudales (Extracto) - Sector: Zhizhio	40
Tabla 3.18: Datos de nodos (ejemplo de análisis).....	43
Tabla 3.19: Datos de tuberías (ejemplo de análisis).....	44
Tabla 3.20: Caudales en tubería CU_T_4111	44
Tabla 3.21: Resultados Cumbe - Escenario 2010	46
Tabla 3.22: Resultados Cumbe - Escenario 2020	47
Tabla 3.23: Resultados Cumbe - Escenario 2030	48
Tabla 3.24: Presiones Cumbe: 2010.....	48
Tabla 3.25: Presiones Cumbe: 2020.....	49
Tabla 3.26: Presiones Cumbe: 2030.....	49

Tabla 3.27: Presiones Cumbe (Resumen)	53
Tabla 3.28: Caudales Cumbe (Resumen)	55
Tabla 3.29: Pérdidas de Carga Cumbe (Resumen).....	56
Tabla 3.30: Datos de nodos (ejemplo de análisis 2).....	58
Tabla 3.31: Datos de tuberías (ejemplo de análisis 2).....	59
Tabla 3.32: Caudales en tubería ZH_T_4137	59
Tabla 3.33: Resultados Zhizhio - Escenario 2010.....	61
Tabla 3.34: Resultados Zhizhio - Escenario 2020.....	62
Tabla 3.35: Resultados Zhizhio - Escenario 2030.....	62
Tabla 3.36: Presiones Zhizhio: 2010.....	63
Tabla 3.37: Presiones Zhizhio: 2020.....	63
Tabla 3.38: Presiones Zhizhio: 2030.....	63
Tabla 3.39: Presiones Zhizhio (Resumen)	64
Tabla 3.40: Caudales Zhizhio (Resumen)	66
Tabla 3.41: Pérdidas de Carga Zhizhio (Resumen).....	67
Tabla 3.42: Evaluación de Caudales – Alternativa 1	71
Tabla 3.43: Evaluación de Presiones – Alternativa 1.....	71
Tabla 3.44: Evaluación de Pérdidas de carga – Alternativa 1	71
Tabla 3.45: Resultados de Opciones potenciales para Alternativa 2	74
Tabla 3.46: Evaluación de Caudales – Alternativa 2	77
Tabla 3.47: Evaluación de Presiones – Alternativa 2.....	77
Tabla 3.48: Evaluación de Pérdidas de carga – Alternativa 2.....	77
Tabla 3.49: Evaluación de Caudales – Alternativa 3	81
Tabla 3.50: Evaluación de Presiones – Alternativa 3.....	81
Tabla 3.51: Evaluación de Pérdidas de carga – Alternativa 3.....	82
Tabla 4.1: Cuadro Resumen - Presupuesto Alternativa 1	83
Tabla 4.2: Cuadro Resumen - Presupuesto Alternativa 2	84
Tabla 4.3: Cuadro Resumen - Presupuesto Alternativa 3	85
Tabla 4.4: Listado de rubros empleados en las alternativas	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Distribución espacial de los sectores de análisis en el cantón Cuenca ..	2
Figura 2.1: Esquema topográfico de análisis – Sector: Cumbe.....	6
Figura 2.2: Esquema catastral de análisis – Sector: Cumbe.....	7
Figura 2.3: Esquema topográfico de análisis – Sector: Zhizhio.....	9
Figura 2.4: Esquema catastral de análisis – Sector: Zhizhio.....	9
Figura 2.5: Esquema demográfico de análisis – Sector: Cumbe.....	11
Figura 2.6: Esquema demográfico de análisis – Sector: Zhizhio.....	12
Figura 2.7: Esquema catastral original de las redes de análisis.....	13
Figura 2.8: Límites de servicio y puntos de abastecimiento – Sector: Cumbe	14
Figura 2.9: Límites de servicio y puntos de abastecimiento – Sector: Zhizhio.....	15
Figura 2.10: Límites de servicio y puntos de abastecimiento – Sector: Irquis.....	16
Figura 2.11: Re-estructuración de las extensiones territoriales de los Sectores Irquis, Cumbe y Zhizhio.....	17
Figura 2.12: Funcionamiento actual de la red de distribución de agua potable del sector de Cumbe	19
Figura 2.13: Funcionamiento actual de la red de distribución de agua potable del sector de Zhizhio	20
Figura 3.1: Extracto de red del Sector de Cumbe: Nodos (Sub zona C16).....	22
Figura 3.2: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Nodos (Sub zona Z9)	23
Figura 3.3: Extracto de red del Sector de Cumbe: Tuberías (Sub zona C7)	25
Figura 3.4: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Tuberías (Sub zona Z9).....	26
Figura 3.5: Extracto de red del Sector de Cumbe: TRP (Sub zona C44).....	27
Figura 3.6: Extracto de red del Sector de Zhizhio: TRP (Sub zona Z5)	28
Figura 3.7: Extracto de red del Sector de Cumbe: Válvulas (Sub zona C16)	29
Figura 3.8: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Válvulas (Sub zona Z9)	30
Figura 3.9: Representación gráfica de un Hidrante en la modelación hidráulica...	31
Figura 3.10: Representación gráfica de un Tanque de Reserva en la modelación hidráulica.....	32
Figura 3.11: Representación gráfica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Cumbe en la modelación hidráulica	33
Figura 3.12: Representación gráfica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Zhizhio en la modelación hidráulica	33

Figura 3.13: Correcciones en la periferia del sector de Cumbe	34
Figura 3.14: Correcciones en la periferia del sector de Zhizhio	34
Figura 3.15: Áreas de aporte - Cumbe	35
Figura 3.16: Áreas de aporte - Zhizhio	35
Figura 3.17: Sub zonas - Cumbe	35
Figura 3.18: Sub zonas - Zhizhio	35
Figura 3.19: Área de Aporte y densidades poblacionales del sector.....	36
Figura 3.20: Extracto de red del Sector de Cumbe: Cálculo de caudales en nodos (Sub zona C7).....	38
Figura 3.21: Extracto de red del Sector de Cumbe: Cálculo de caudales en nodos (Sub zona Z9)	39
Figura 3.22: Modelo Hidráulico del Sector de Cumbe	42
Figura 3.23: Extracto de red del Sector de Cumbe: Cálculo tuberías (Sub zona C44).....	43
Figura 3.24: Distribución de caudales – Extracto Cumbe (Escenario 2010)	45
Figura 3.25: Distribución de caudales – Extracto Cumbe (Escenario 2020)	45
Figura 3.26: Distribución de caudales – Extracto Cumbe (Escenario 2030)	46
Figura 3.27: Pérdidas unitarias en zonas mayor consideración, antes de su corrección – Cumbe	50
Figura 3.28: Esquema en detalle de resoluciones tomadas	52
Figura 3.29: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención.....	52
Figura 3.30: Resumen Presiones – Modelo independiente de Cumbe.....	53
Figura 3.31: Nodos con presiones mayores a 70 m.c.a. – Cumbe	54
Figura 3.32: Resumen Caudales – Modelo independiente de Cumbe.....	55
Figura 3.33: Resumen Pérdidas de carga – Modelo independiente de Cumbe	56
Figura 3.34: Modelo Hidráulico del Sector de Zhizhio	57
Figura 3.35: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Cálculo tuberías (Sub zona Z18).....	58
Figura 3.36: Distribución de caudales – Extracto Zhizhio (Escenario 2010)	60
Figura 3.37: Distribución de caudales – Extracto Zhizhio (Escenario 2020)	60
Figura 3.38: Distribución de caudales – Extracto Zhizhio (Escenario 2030)	61
Figura 3.39: Resumen Presiones – Modelo independiente de Zhizhio	64
Figura 3.40: Nodos con presiones mayores a 70 m.c.a. – Zhizhio.....	65
Figura 3.41: Resumen Caudales – Modelo independiente de Zhizhio.....	66

Figura 3.42: Resumen Pérdidas de carga – Modelo independiente de Zhizhio	67
Figura 3.43: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención – Alternativa 1. Escenario 2030	69
Figura 3.44: Sub zonas y áreas de aporte Intervenidas – Alternativa 1	70
Figura 3.45: Esquema en detalle de resoluciones tomadas – Alternativa 1	72
Figura 3.46: Alternativa 2 – Opción 1.....	73
Figura 3.47: Alternativa 2 – Opción 2.....	73
Figura 3.48: Alternativa 2 – Opción 3.....	74
Figura 3.49: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención – Alternativa 2. Escenario 2030	75
Figura 3.50: Sub zonas y Áreas de aporte Intervenidas – Alternativa 2	76
Figura 3.51: Esquema en detalle de resoluciones tomadas – Alternativa 2	78
Figura 3.52: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención – Alternativa 3.....	79
Figura 3.53: Sub zonas y Áreas de aporte Intervenidas – Alternativa 3	80
Figura 3.54: Esquema en detalle de resoluciones tomadas – Alternativa 3	82

Sánchez Domínguez Miguel Enrique

Trabajo de Graduación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vázquez

Octubre, 2015

**MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE
RURALES DE LOS SECTORES DE ZHIZHIO Y CUMBE Y EVALUACIÓN
DE SU POSIBLE INTERCONEXIÓN**

INTRODUCCIÓN

Dentro de la Ingeniería Civil, la hidráulica desempeña un papel que va mucho más allá de únicamente construir presas, diques, canales, puertos, etc., pues se está olvidando el tema entorno a los abastecimientos de agua potable y los medios empleados para su conducción hacia diferentes puntos de un poblado o ciudad determinada.

Al diseñar o evaluar un sistema de agua potable sea rural o urbano, el dimensionamiento de los medios empleados, no es un hecho aislado, sino un conjunto de variables que permitirán la ejecución de un diseño seguro y confiable. En este caso, el correcto desenvolvimiento y toma de decisiones para una conducción y distribución de agua potable, conlleva a la construcción de una red de abastecimiento óptima, trascendente en el tiempo y evitando percances futuros; con datos como: población actual y futura a abastecer, la extensión territorial que se desea cubrir, las pérdidas de carga en cada tubería, etc., importantes en el diseño y evaluación.

Este trabajo de Investigación pretende conocer qué sectores de expansión para los sistemas de agua potable rurales de Zhizhio y Cumbe pueden ser abastecidos por uno o dos de ellos dependiendo de las necesidades de caudal y crecimiento de la población; para optimizar tanto su infraestructura como su evaluación, partiendo de una fase de recolección y análisis de datos, luego la creación y evaluación de sus respectivos modelos hidráulicos y finalmente valorar las obras necesarias en caso de ser factibles.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

El trabajo de investigación se dirige específicamente hacia los sectores rurales de Zhizhio y Cumbe.

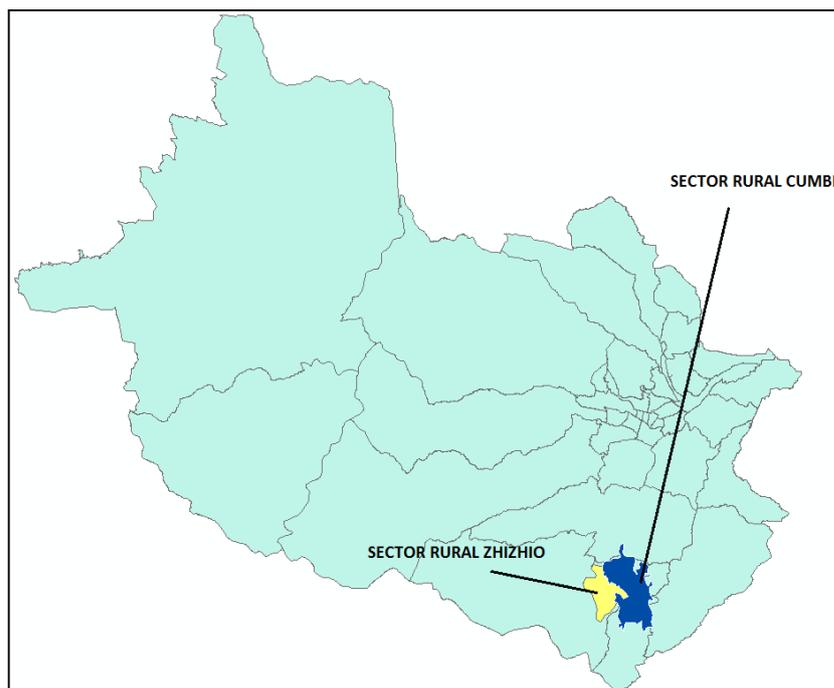


Figura 1.1: Distribución espacial de los sectores de análisis en el cantón Cuenca (Fuente: ETAPA EP)

En ellos, hasta la fecha, no se ha realizado ninguna simulación del funcionamiento de las redes de distribución de agua potable (modelación hidráulica).

Debido a los problemas que puedan presentarse en el abastecimiento del líquido vital hacia ambos sectores, por incrementos poblacionales y territoriales, se ha visto que una de las posibilidades de solución es realizar interconexiones entre ellos.

Actualmente el sector de Cumbe, es uno de los sectores más altos del cantón, tiene una extensión territorial de 30,0916 Km², limitado al norte con los sectores de Iruquis y Chilcachapar, al sur por la Quebrada Bahuanchi, al este con el sector de Chilcachapar, y al oeste con Zhizhio.

La población del sector hasta el momento, para su abastecimiento consta de 2 puntos principales, el uno es la Planta de Tratamiento de agua potable de Cumbe ubicada a 3198 m de altura y que cubre en conjunto con 7 tanques de reserva el 89.65% del territorio. El otro punto de abastecimiento es el Tanque de San Francisco ubicado a una altura de 2810 m, de una capacidad de 20 m³ funcionando conjuntamente con otro tanque existente de la zona de una cota de 3000 m, igualmente de 20 m³, cubriendo el restante 10.35% del territorio con redes de tuberías de diámetro de PVC de 50mm.

Respecto a su división interna, el sector no cuenta con áreas de aporte, mucho menos con sub zonas de abastecimiento, llegando a tener únicamente como patrón de localización de puntos en la zona, a la planimetría del sector.

Por su parte, el sector de Zhizhio lo conforma una extensión territorial de 14,0082 Km², limitado al norte con el sector de Irquis, al sur con la parroquia Victoria del Portete, al este con el sector de Cumbe y al oeste con los sectores de Irquis y Los Álamos; y de características similares en altitud a Cumbe.

Este sector, según registros del ultimo catastro en junio de 2014, el modo de abastecimiento hacia sus diferentes puntos, es con su Planta de Tratamiento de agua potable, ubicada a una elevación 3010 m, que conjuntamente con un tanque de reserva (Planta de Tratamiento antigua del sector), cubren el 100% del territorio. Al igual que Cumbe, este sector no contiene subdivisiones por áreas de aporte ni por sub zonas de abastecimiento

Los datos registrados en los catastros para ambos sectores, no han sido revisados con anterioridad, pero se ha hecho una labor continua de actualización en sus datos.

1.2. Justificación

Mediante la modelación hidráulica se pretende mejorar las condiciones de funcionamiento y asegurar la calidad del agua en los sistemas de distribución de agua potable rurales de Zhizhio y Cumbe; teniendo en cuenta que representa un derecho constitucional de todas las personas, en especial si se trata de una zona rural.

1.3. Alcance

En relación a la magnitud del trabajo de investigación, los siguientes aspectos, son los que serán atendidos:

- Elaboración del modelo hidráulico del Sector de Cumbe en escenarios proyectados cada 10 años empezando en 2010 hasta 2030, considerando de antemano datos necesarios tales como: población, caudal, presiones y pérdidas de carga.
- Elaboración del modelo hidráulico del Sector de Zhizhio en escenarios proyectados cada 10 años empezando en 2010 hasta 2030, considerando de antemano datos necesarios tales como: población, caudal, presiones y pérdidas de carga.
- Evaluar las condiciones actuales de funcionamiento hidráulico de cada sistema.
- Determinación de las áreas de aporte que pueden ser absorbidas por parte del sistema de agua potable de Cumbe
- Determinación de las áreas de aporte que pueden ser absorbidas por parte del sistema de agua potable de Zhizhio
- Planteamiento de alternativas y posibles interconexiones de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Elaboración de los costos de implementación del proyecto, mediante un análisis de precios unitarios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Definir las áreas de aporte 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, de manera conjunta.
- Elaborar los modelos hidráulicos para los sistemas rurales de Cumbe y Zhizhio.
- Verificar y cuantificar las áreas de servicio que pueden ser absorbidas del sector de Zhizhio, que pudiesen incorporarse al sistema rural de Cumbe.
- Verificar y cuantificar las áreas de servicio que pueden ser absorbidas del sector de Cumbe, que pudiesen incorporarse al sistema rural de Zhizhio.
- Evaluar el funcionamiento de los sistemas de Cumbe y Zhizhio con las áreas añadidas por intervalos de 10 años hasta el año 2030.
- Determinar los costos de ejecución de acuerdo a las evaluaciones realizadas

CAPÍTULO II

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

2.1. Recopilación de información topográfica y catastral

Al inicio del proyecto de investigación, es de suma importancia considerar los datos recopilados de campo, en ellos se mostrará la distribución en cuanto a tuberías y accesorios de distribución manejados actualmente en cada sector, al mismo tiempo, también se reconocerá la altimetría en la que se encuentran cada punto de abastecimiento.

2.1.1. Información topográfica y catastral del sector de Cumbe

Como medio de información principal para la modelación hidráulica del sector de Cumbe, se tiene la topografía de la zona con una escala 1:5000 provista por parte de ETAPA EP, y en la cual los valores obtenidos (cotas de los accesorios de distribución) se acomodaron de manera precisa a una representación lo más cercana a la realidad.

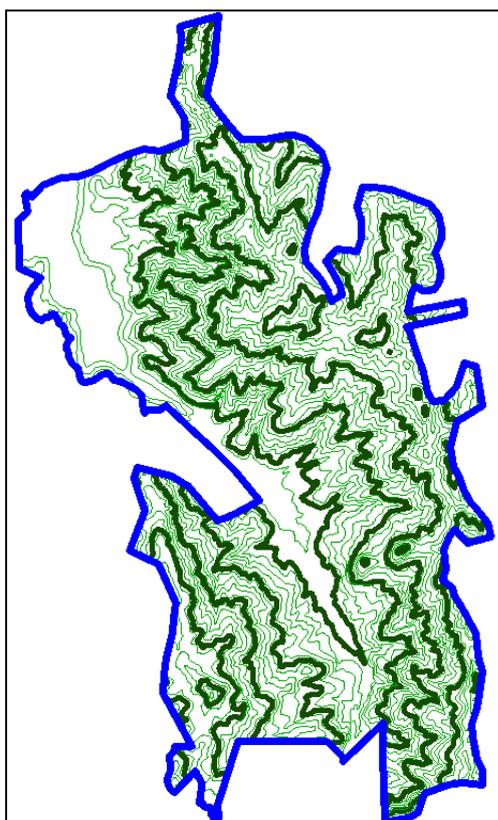


Figura 2.1: Esquema topográfico de análisis – Sector: Cumbe
(Fuente: ETAPA EP)

Nota: En la Figura 2.1 se representa la información topográfica obtenida luego de las respectivas modificaciones realizadas en sus límites periféricos, siendo la nueva extensión territorial del sector 29,003 Km². En el siguiente capítulo se aclarará este hecho de manera detenida.

En lo que respecta a su información catastral, los datos obtenidos obedecen a registros elaborados por parte de ETAPA EP, con una actualización a junio de 2014 y en los cuales se presentará la distribución de accesorios y tuberías a lo largo y ancho del sector de Cumbe en su extensión territorial modificada.

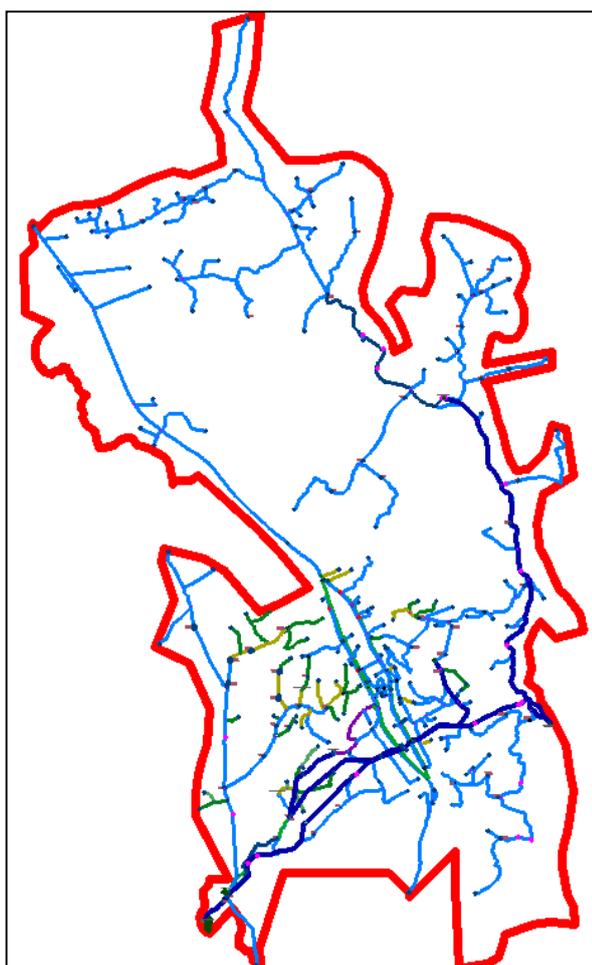


Figura 2.2: Esquema catastral de análisis – Sector: Cumbe
(Fuente: ETAPA EP)

De la Figura 2.2, se ha hecho un conteo general, respecto a la cantidad de accesorios y tuberías distribuidos en el sector, los que se presentarán en las Tablas 2.1 y 2.2, respectivamente.

A continuación se presentan los cuadros descritos:

Tabla 2.1: Conteo Tuberías - Cumbe

D. (mm)	Cantidad	Material
25	4	PVC
32	33	PVC
50	28	PVC
63	327	PVC
90	15	PVC
110	52	PVC
160	7	PVC
Sumatoria	466	

Tabla 2.2: Coteo Accesorios de Distribución - Cumbe

Elemento	Cantidad
Reductora de diámetro	21
Tapón	165
Accesorio TEE	185
Unión Tuberías	5
Válvulas	83
Tanques Rompe Presión	57
Tanques Reserva	7
Hidrantes	6
Planta de Tratamiento	1
TOTAL	530

En caso de requerir una completa información acerca del catastro del Sector de Cumbe, se puede consultar el Anexo 1.

2.1.2. Información topográfica y catastral del sector de Zhizhio

En el caso de Zhizhio, los parámetros se mantienen iguales en cuanto es el medio de información principal, donde para la modelación hidráulica del sector, se empleó una topografía de la zona con una escala 1:5000, y en la cual los valores obtenidos en cuanto a elevaciones para accesorios, se acomodaron de forma precisa al esquema.

Es importante mencionar además, la modificación en sus márgenes territoriales establecidos ahora en 12,820 Km², debido a la presencia de elementos hidráulicos de sectores aledaños en las inmediaciones territoriales del sector en estudio, por lo que debían ser separados a fin de permitir una modelación hidráulica adecuada. Los detalles de los cambios realizados serán redactados en los puntos 2.3.1 y 3.2.1 del presente trabajo.

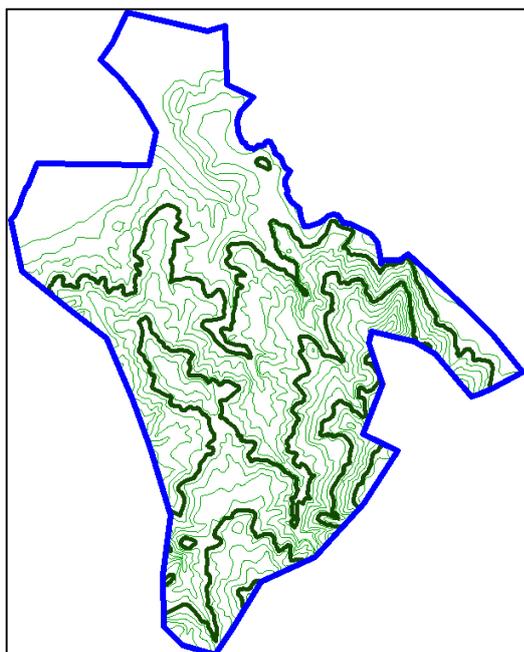


Figura 2.3: Esquema topográfico de análisis – Sector: Zhizhio
(Fuente: ETAPA EP)

Para la información catastral del sector, los resultados que se presentarán a continuación muestran la clara diferencia entre los 2 sectores de análisis, involucrando una red de tamaño menor con respecto al sector de Cumbe. Igualmente ésta ha sido información recopilada de acuerdo a los registros de ETAPA EP, en una actualización a junio de 2014.

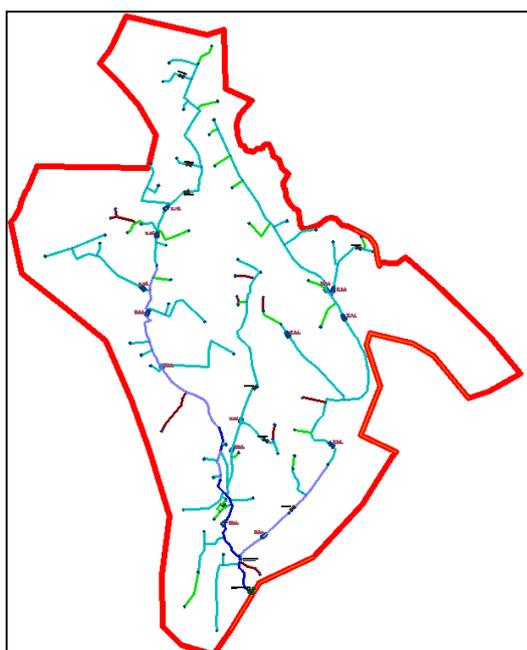


Figura 2.4: Esquema catastral de análisis – Sector: Zhizhio
(Fuente: ETAPA EP)

De la Figura 2.4, se resume en las Tablas 2.3 y 2.4, la cantidad de tuberías y accesorios distribuidos en el sector de Zhizhio.

Tabla 2.3: Conteo Tuberías - Zhizhio

D. (mm)	Cantidad	Material
25	12	PVC
32	23	PVC
63	87	PVC
90	18	PVC
110	13	PVC
Sumatoria	153	

Tabla 2.4: Conteo Accesorios de distribución - Zhizhio

Elemento	Cantidad
Reductora de diámetro	13
Tapón	61
Accesorio TEE	62
Unión Tuberías	0
Válvulas	13
Tanques Rompe Presión	14
Tanques Reserva	1
Hidrantes	0
Planta de Tratamiento	1
TOTAL	165

En caso de requerir una completa información acerca del catastro del Sector de Zhizhio, se puede realizar cualquier tipo de consulta en el Anexo 2.

2.2. Recopilación de información demográfica

Los datos recopilados, de acuerdo a estudios estadísticos realizados por ETAPA EP, se los ha hecho una clasificación, llegando a obtener los siguientes resultados:

- Demografía de Cumbe:

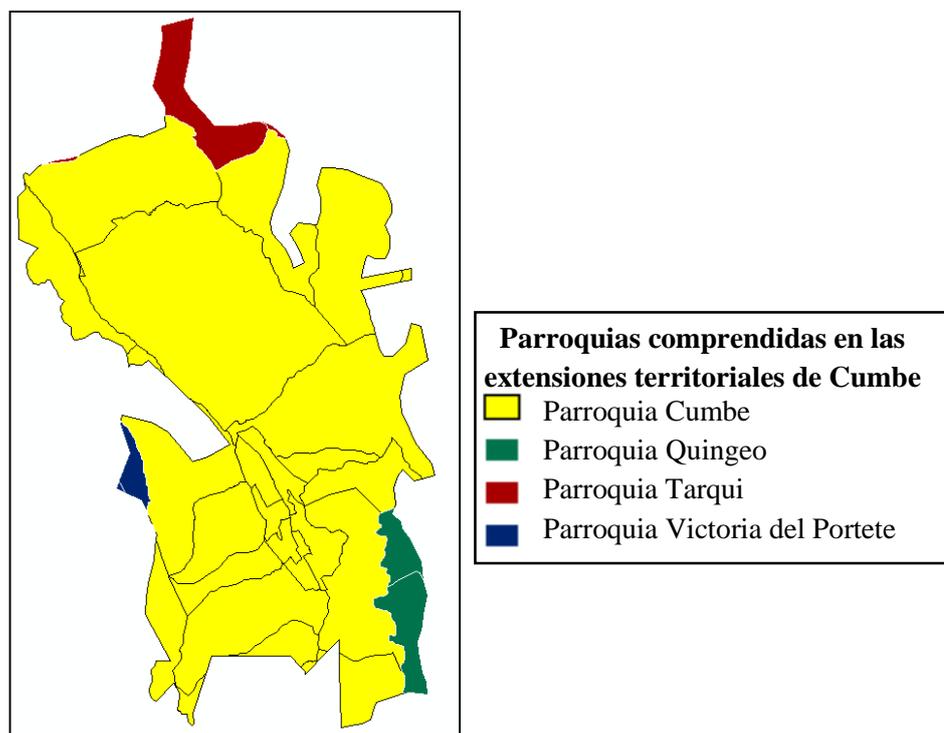


Figura 2.5: Esquema demográfico de análisis – Sector: Cumbe

(Fuente: ETAPA EP)

Tabla 2.5: Información demográfica por parroquia - Cumbe

PARROQUIA	POBLACION 2010	POBLACION 2020	POBLACION 2030
CUMBE	4823	5749	6706
QUINGEO	31	36	41
TARQUI	33	35	38
VICTORIA DEL PORTETE	73	79	84
TOTAL /año	4960	5899	6869

De la Tabla 2.5 se ha sintetizado la información demográfica obtenida en las delimitaciones territoriales del Sector de Cumbe, en ella constan datos poblacionales remontados desde el año 2010 hasta el 2030, y en los que se nota una clara superioridad de habitantes de la parroquia Cumbe (mayormente en su centro territorial) con respecto a las otras, implicando así, un mayor consumo de recursos. Adicionalmente es importante mencionar que los datos conseguidos presentan densidades poblacionales diferentes dentro de la misma parroquia (ver Figura 2.5) por lo que resultará imposible concluir que todo el sector de Cumbe tiene una misma densidad poblacional en sus 29 Km².

- Demografía de Zhizhio:

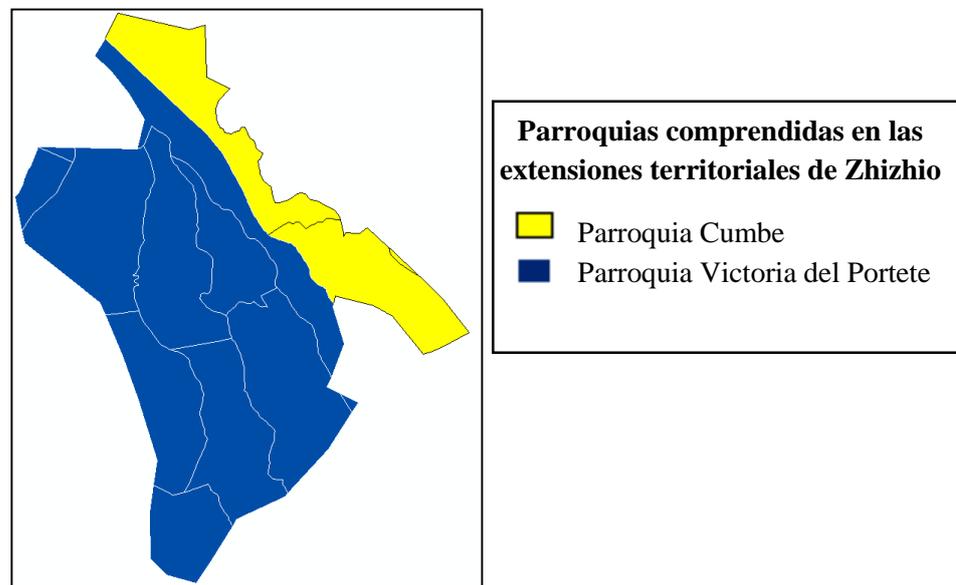


Figura 2.6: Esquema demográfico de análisis – Sector: Zhizhio

(Fuente: ETAPA EP)

Tabla 2.6: Información demográfica por parroquia - Zhizhio

PARROQUIA	POBLACION 2010	POBLACION 2020	POBLACION 2030
CUMBE	155	194	234
VICTORIA DEL PORTETE	1233	1508	1765
TOTAL /año	1388	1702	1999

En la Tabla 2.6 se ha descrito la información demográfica obtenida en las delimitaciones territoriales del Sector de Zhizhio, en ella constan datos poblaciones remontados desde el año 2010 hasta el 2030, y en ellos se puede notar una clara superioridad de habitantes de la parroquia Victoria del Portete con respecto a la de Cumbe. Además en la Figura 2.6 se observa márgenes divisorios dentro de las mismas parroquias, que significa la existencia de diferentes densidades poblacionales por cada margen divisorio interno.

2.3. Recopilación de información hidráulica

2.3.1. Límites de servicio y sectores de distribución.

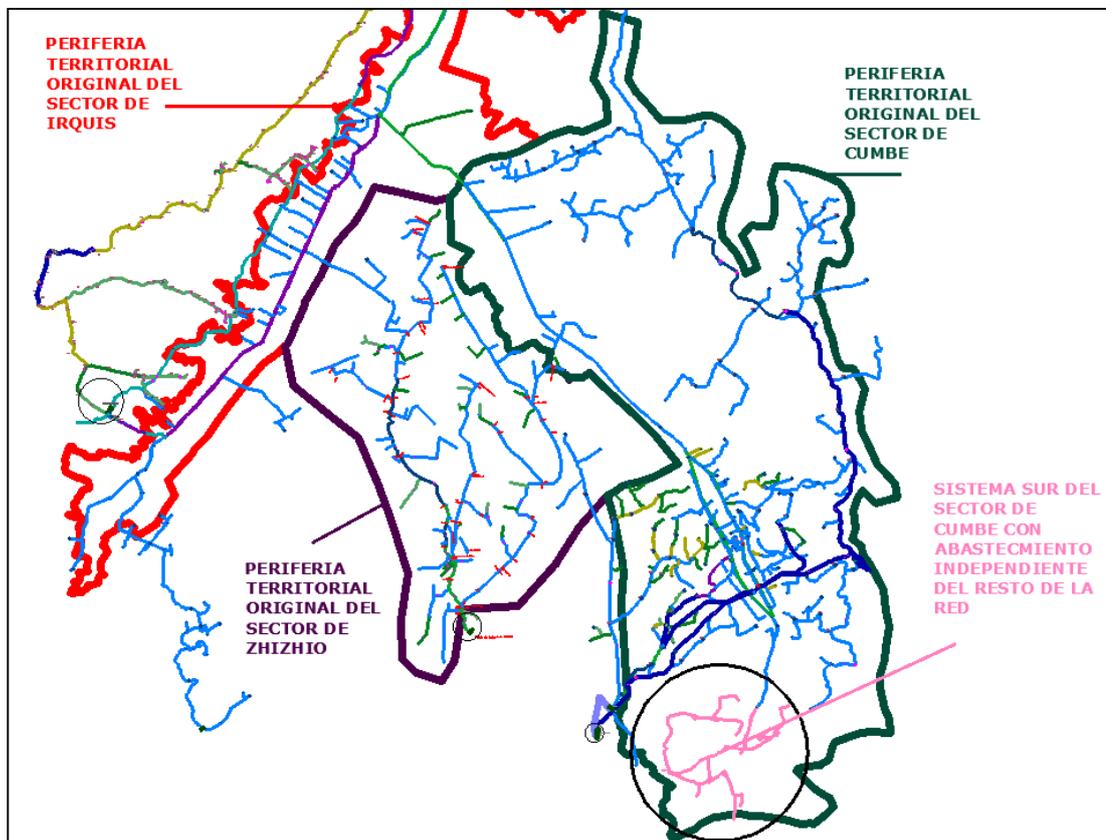


Figura 2.7: Esquema catastral original de las redes de análisis

(Fuente: ETAPA EP)

En la Figura 2.7, se muestra los límites territoriales originales de los sectores de Zhizhio, Cumbe y además del sector aledaño Irquis (no contemplado en la modelación hidráulica); asimismo en el esquema, se observa la complejidad de la red rural en los sectores tratados, al notar que varios puntos de abastecimiento (en los tres sectores

mencionados se tiene hasta 2 para su cobertura o más) cubren sus extensiones territoriales originales, por lo que sus límites de servicio no se reducen solo a incluir la red de agua potable propia del sector sino que mantienen contacto con pequeños ramales de otros sistemas colindantes que abastecen pequeños puntos, o incluso llegando a tener abastecimientos particulares como es el caso del sistema sur del sector de Cumbe, donde dos tanques de reserva son los encargados de proveer agua hacia esa zona.

De esta forma, a continuación se presentarán los puntos de abastecimiento para cada sector de análisis (incluyendo al Irquis) con sus respectivos límites de servicio.

- Cumbe: Planta de Tratamiento de Agua Potable del sector y 7 Tanques de Reserva (Zona Central y Superior), Tanque de Reserva San Francisco (Zona Sur) y 1 Ramal del Sistema de Irquis.

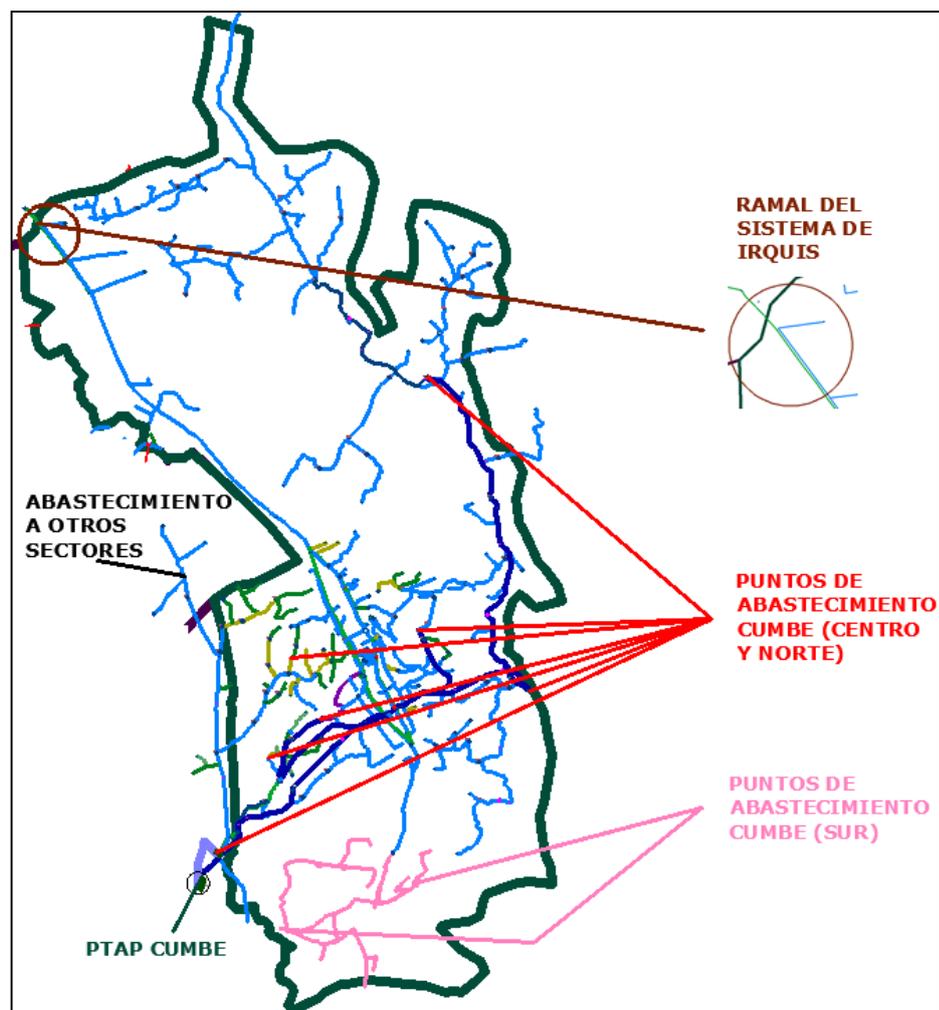


Figura 2.8: Límites de servicio y puntos de abastecimiento – Sector: Cumbe (Fuente: ETAPA EP)

- Zhizhio: Planta de Tratamiento de Agua Potable del sector y 1 Tanque de Reserva, Ramales del Sistema de Irquis y de Cumbe.

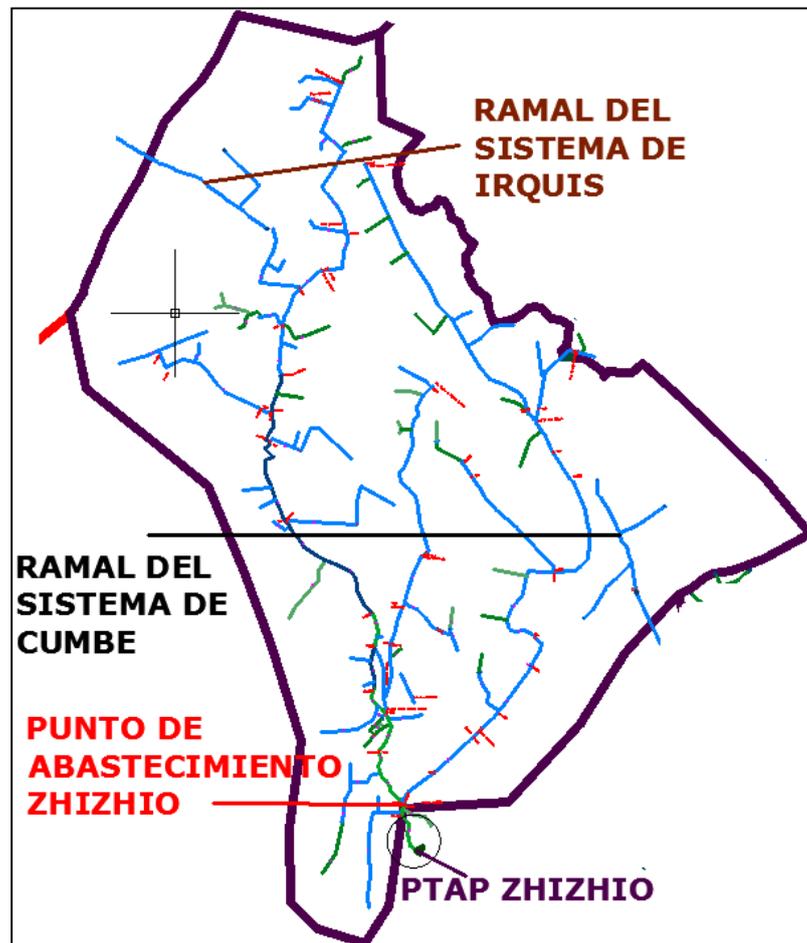


Figura 2.9: Límites de servicio y puntos de abastecimiento – Sector: Zhizhio
(Fuente: ETAPA EP)

- Irquis: Planta de Tratamiento de Agua Potable del sector y de Victoria del Portete así como del Sistema Pucaraloma.

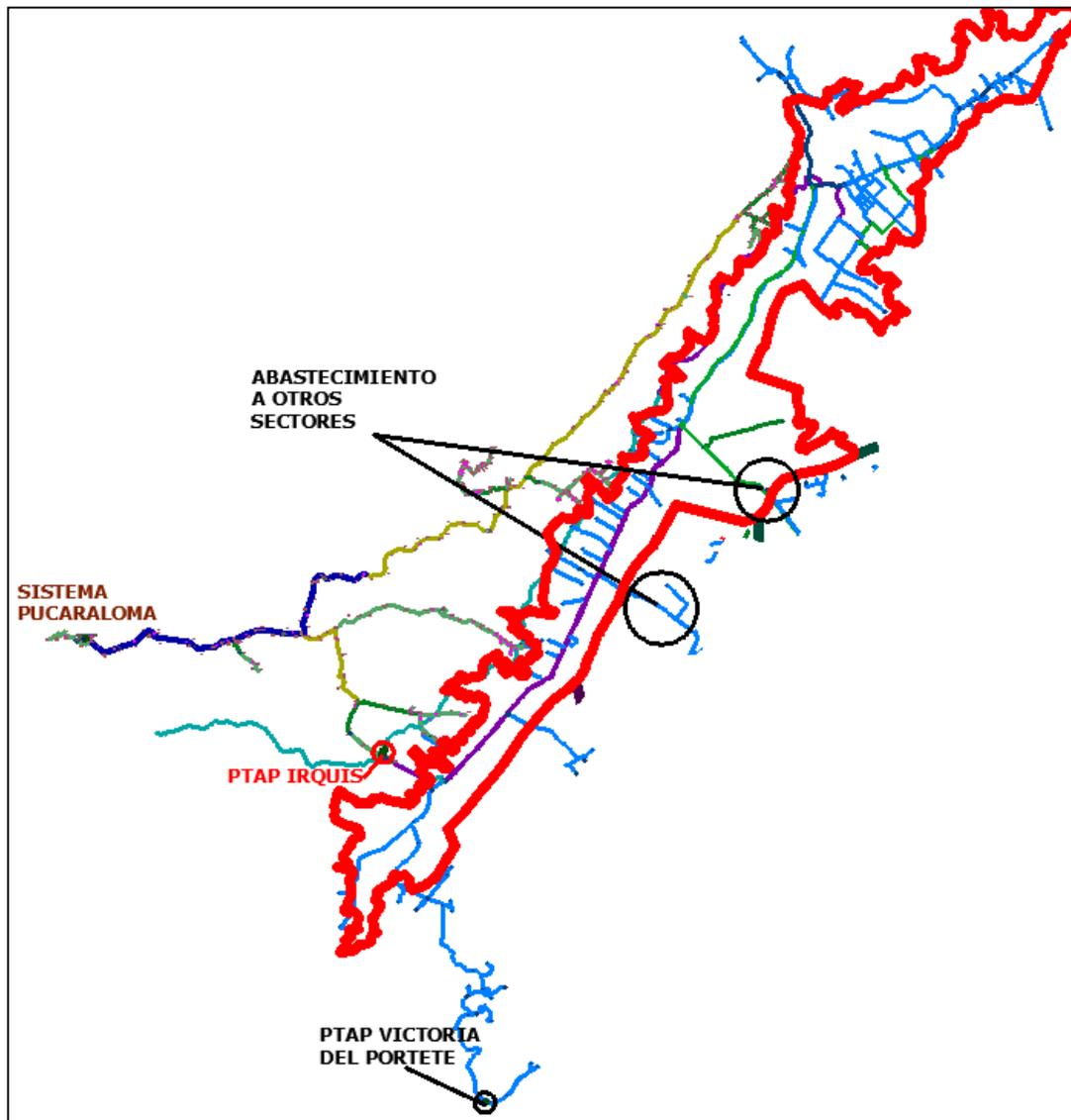


Figura 2.10: Límites de servicio y puntos de abastecimiento – Sector: Irquis
(Fuente: ETAPA EP)

En resumen, las Figuras 2.8, 2.9 y 2.10 muestran los mecanismos de abastecimiento para cada sector evidenciando ser bastante complejos en cuanto a cobertura de servicio.

En consecuencia, para realizar una modelación hidráulica apropiada, el redimensionamiento de sus extensiones territoriales es totalmente necesario. Estas readecuaciones serán detalladas en el siguiente capítulo en su apartado 3.2.

En la siguiente figura, se esquematizará los límites territoriales corregidos de cada sector.

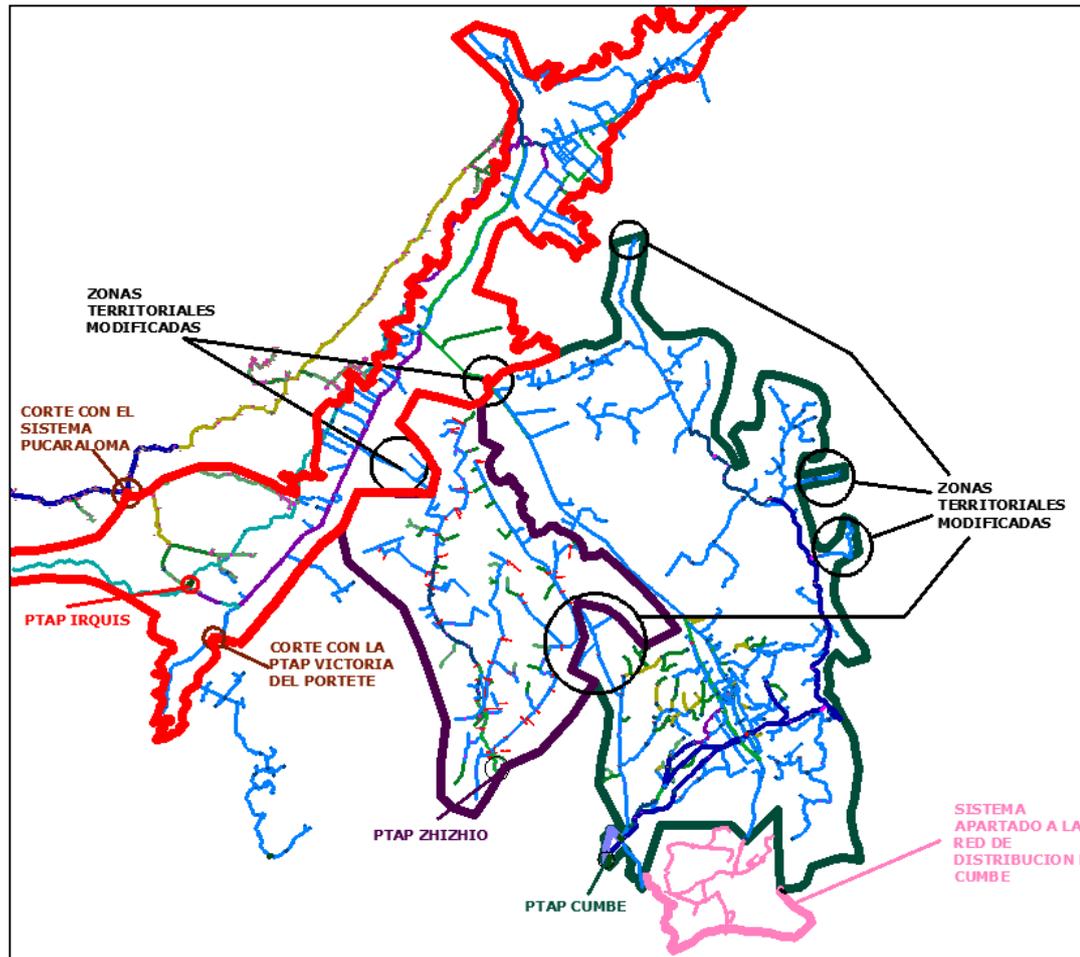


Figura 2.11: Re-estructuración de las extensiones territoriales de los Sectores Irquis, Cumbe y Zhizhio

(Fuente: ETAPA EP)

Si bien es cierto que el sector de Irquis no será tema de análisis en el trabajo de investigación, su impacto sobre los sectores de Cumbe y Zhizhio es de consideración como se verá en el capítulo 3.

En conclusión a este análisis general, los sectores de distribución son básicamente los sectores de Irquis, Cumbe y Zhizhio, donde los abastecimientos son complementados entre sí, afectando consecuentemente a sus distribuciones en los límites de servicio de los sectores de análisis.

2.3.2. Descripción del funcionamiento actual

- Sector de Cumbe:

La red de distribución de agua potable del Sector de Cumbe, es actualmente el más grande catastro rural del cantón Cuenca, cuenta con una red independiente de dos puntos de abastecimiento para sus habitantes; el uno es la Planta de Tratamiento de Cumbe manejado por ETAPA EP ubicada al suroeste a una altura de 3198 msnm, y el otro es el Tanque de Reserva San Francisco ubicado en la zona sur a una elevación de 2810 msnm, con un manejo independiente.

Con la Planta de Tratamiento como punto de partida, se abastece las zonas más pobladas del sector (zonas Centro, Norte y parte del Sur), su red principal está conformada por 9 tuberías PVC de 110 mm desempeñando el papel de conducción entre 5 tanques de reserva principales (incluyendo la planta antigua) con una capacidad de 150 m³ y distribuidos estratégicamente a lo largo y ancho del sector (Consultar Anexo 1), además posee 2 tanques adicionales secundarios como reserva (Tanques de Reserva de El Salado y San Pedro) que abastecen pequeñas zonas del sector.

Con el Tanque de Reserva de San Francisco (Vol. = 20 m³) se abastece 3,1 Km² al sur de Cumbe, y aunque no conste dentro de los análisis posteriores es conveniente tener en cuenta su funcionamiento actual para futuras observaciones. Su red de distribución consta con tuberías PVC de 50 mm conectados entre sí, y con un tanque de reserva adicional de 50 m³ que recibe abastecimiento de la captación El Calvario, ubicada a 1,492 Km al suroeste de la Planta de Tratamiento de Cumbe.

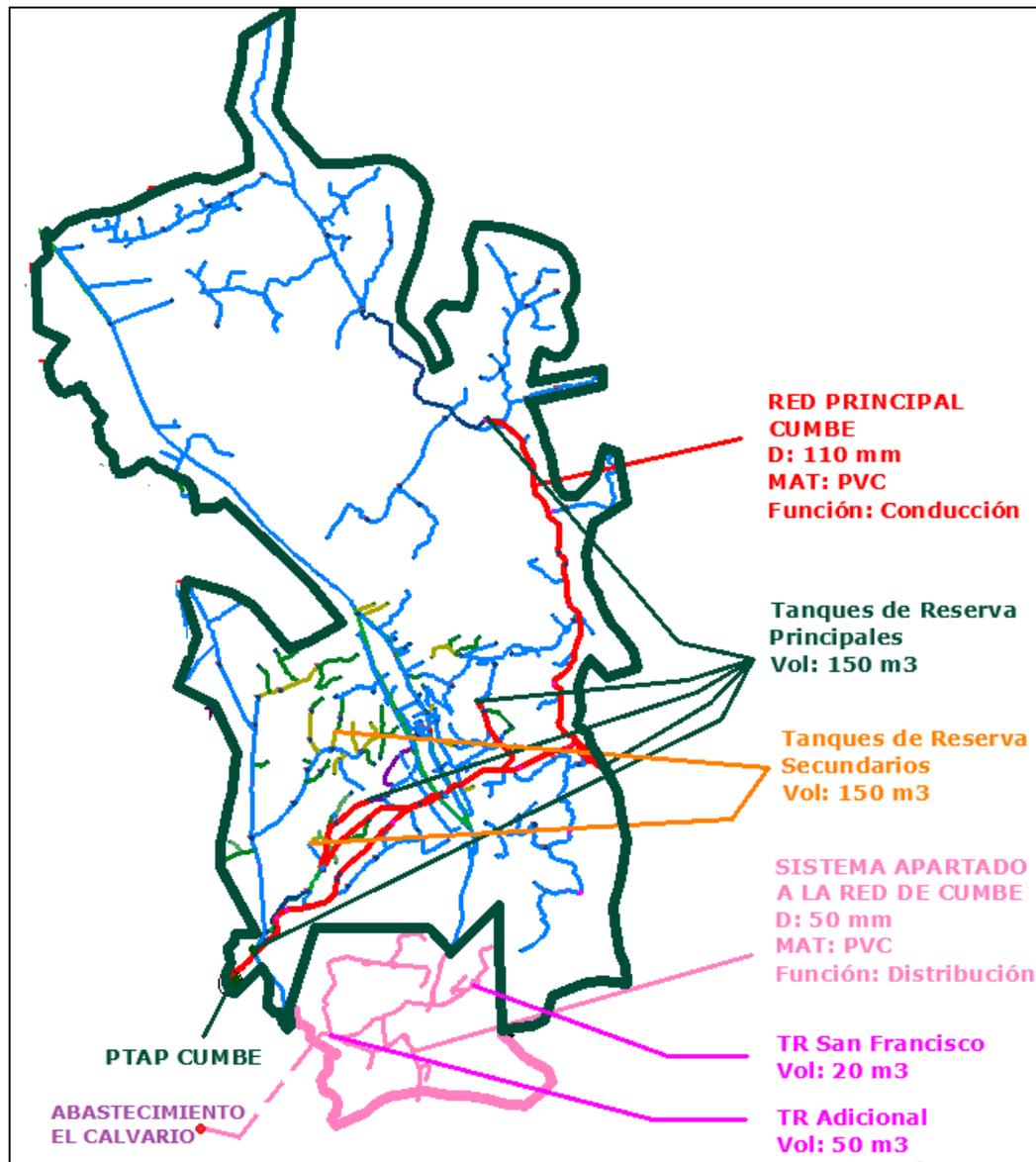


Figura 2.12: Funcionamiento actual de la red de distribución de agua potable del sector de Cumbe

(Fuente: ETAPA EP)

Al ser una zona bastante alta (elevación mínima 2626. msnm), la red cuenta con 57 tanques rompe presión como medio de protección de los elementos hidráulicos. (Ver Anexo 8: Tabla 9)

- Sector de Zhizhio:

La red de distribución de agua potable rural del Sector de Zhizhio es uno de los sectores rurales del cantón Cuenca con una presencia de población que debe ser considerada (un equivalente al 30% de la población de Cumbe). Cuenta con una red independiente de un solo punto de abastecimiento para sus habitantes,

el cual es la Planta de Tratamiento de Zhizhio manejado por ETAPA EP ubicada al sureste del sector a una altura de 3010 msnm.

Dada su extensión menor frente a la del sector de Cumbe (14,0082 Km² frente a 30,0916 Km²), Zhizhio no posee tuberías de conducción, siendo una distribución más directa hacia cada punto de abastecimiento, con una red tuberías PVC de 110 mm para abastecer las zonas Este y Central, y con otra de 90 mm para la zona Oeste.

Con la Planta de Tratamiento como punto más elevado del sector, el abastecimiento empieza con la llegada del flujo hacia la Planta Antigua, ahora como tanque de reserva (Vol. = 150 m³), y a partir de ahí la distribución se torna en sentido Sur – Norte con variaciones en elevación que pueden ir desde los 5 hasta los 100 metros entre nodos consecutivos.

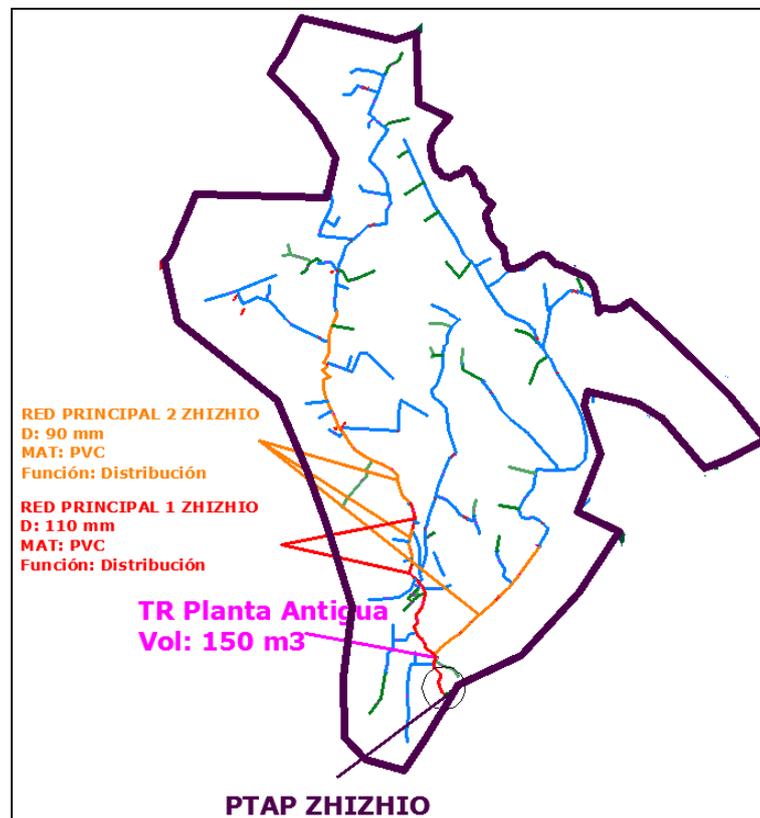


Figura 2.13: Funcionamiento actual de la red de distribución de agua potable del sector de Zhizhio

(Fuente: ETAPA EP)

Al ser zonas de gran altura (elevación mínima 2625 msnm), la existencia de tanques rompe presión en el sector es inevitable, por ello Zhizhio consta con 14 tanques, ubicados en los puntos más bajos del sector. (Ver Anexo 9: Tabla 11).

CAPITULO III

MODELACIÓN HIDRÁULICA

3.1. Propiedades físicas de los elementos hidráulicos: tuberías y nodos

Durante el desarrollo de investigación, se ha constatado la existencia de elementos hidráulicos que facilitarán el desenvolvimiento en el análisis de las alternativas en los sectores rurales de Zhizhio y Cumbe.

En una modelación hidráulica, se debe tener conocimiento de todos los elementos constituyentes de una red de distribución de agua potable, dentro de los cuales están: tees, tapones, reductoras de diámetro, uniones, tuberías, válvulas de control, válvulas de operación, válvulas reductoras de presión, válvulas y tanques rompe-presión, tanques de reserva, hidrantes, etc.; que servirán como base para el desarrollo e implementación de los modelos hidráulicos en los softwares informáticos.

Por otra parte se incluyen también, otros accesorios que si bien no forman parte de las modelaciones hidráulicas (necesarios para formar el escenario más desfavorable) pero que sí toman parte al momento de valorar la construcción de la obra. Estos son: codos, válvulas de aire y válvulas de purga.

Para completar el esquema introductorio, a continuación se enuncia una lista con las propiedades constituyentes de los elementos hidráulicos, en los sitios de análisis.

3.1.1. Elementos Hidráulicos en los sectores de Zhizhio y Cumbe

En toda la extensión territorial de ambos sectores, se han catastrado elementos hidráulicos, que hasta el momento, son empleados para la distribución del agua potable a presión hacia las diferentes comunidades del sector. Entre ellos se tiene:

3.1.1.1. Nodos

Son todos aquellos se representen como un punto, ya sea una unión cruzada o adyacente entre tuberías o la llegada a un punto final; en otras palabras este término es referido hacia las reductoras de diámetro, uniones, tees y tapones.

Las propiedades físicas que se harán hincapié serán: Descripción del nodo, cota de emplazamiento, tipo de elemento hidráulico, sub zona y área de aporte (que serán descritos en el punto 3.2.).

A continuación se muestra un extracto de la red de distribución de agua potable del sector de Cumbe y en el cual se destacará las propiedades físicas mencionadas.

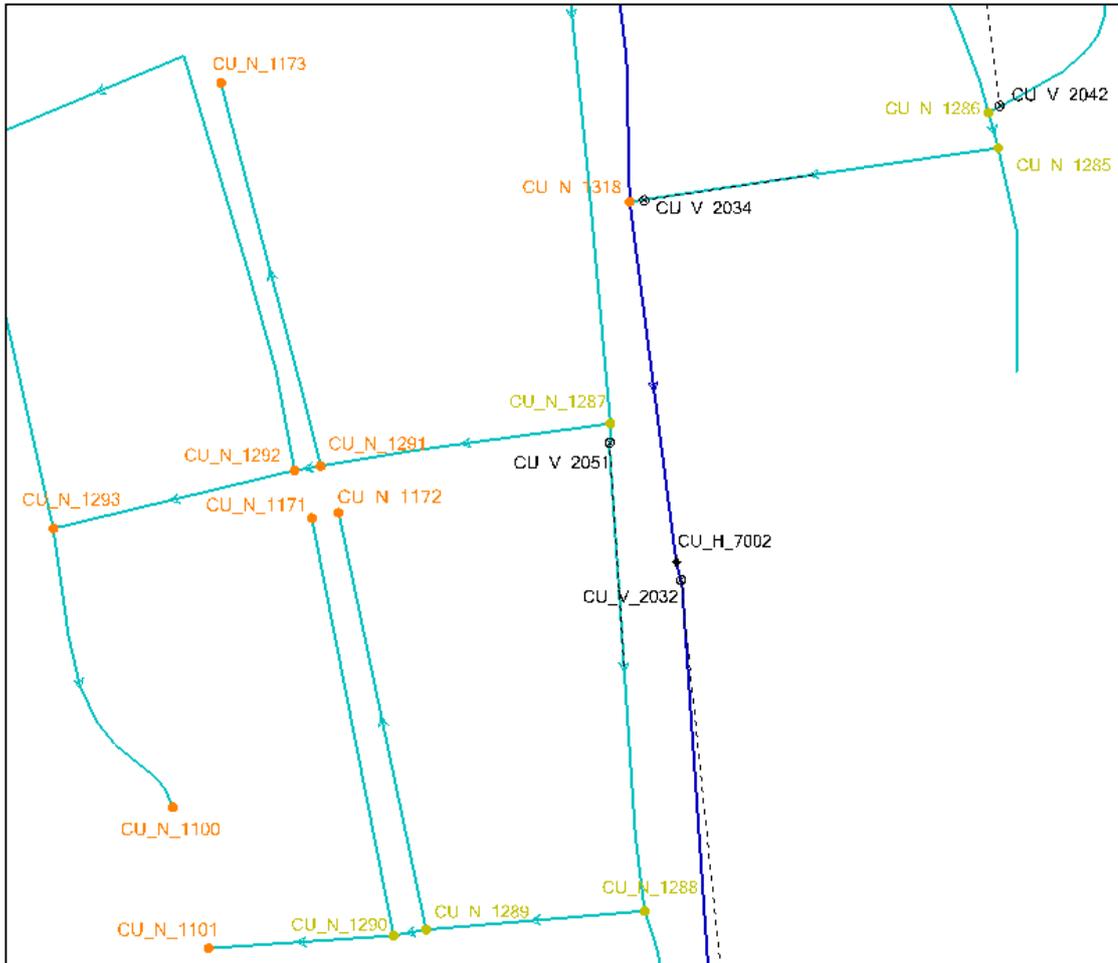


Figura 3.1: Extracto de red del Sector de Cumbe: Nodos (Sub zona C16)

(Fuente: Autor)

De la Figura 3.1, los resultados en cuanto a propiedades físicas son:

Tabla 3.1: Propiedades Físicas Nodos (Extracto) - Cumbe

Nodo	Elevación (m)	Tipo	Sub Zona	Área Aporte
CU_N_1100	2680	Tapón	C16	12
CU_N_1101	2680	Tapón	C16	31
CU_N_1171	2680.33	Tapón	C16	8
CU_N_1172	2680.32	Tapón	C16	8
CU_N_1173	2680	Tapón	C16	11

Tabla 3.1: Propiedades Físicas Nodos (Extracto) – Cumbe (continuación)

Nodo	Elevación (m)	Tipo	Sub Zona	Área Aporte
CU_N_1285	2684.29	Accesorio TEE	C16	1
CU_N_1286	2684.22	Accesorio TEE	C16	1
CU_N_1287	2681.93	Accesorio TEE	C16	4
CU_N_1288	2683.7	Accesorio TEE	C16	6
CU_N_1289	2681.55	Accesorio TEE	C16	7
CU_N_1290	2681.15	Accesorio TEE	C16	7
CU_N_1291	2680.27	Accesorio TEE	C16	9
CU_N_1292	2680.29	Accesorio TEE	C16	9
CU_N_1293	2680	Accesorio TEE	C16	10
CU_N_1318	2681.38	Accesorio TEE	C16	3

La totalidad de los resultados, se pueden consultar en el Anexo 4: Tablas 1 y 2

En el caso del sector de Zhizhio, se tienen los siguientes datos del extracto de la sub zona Z9.

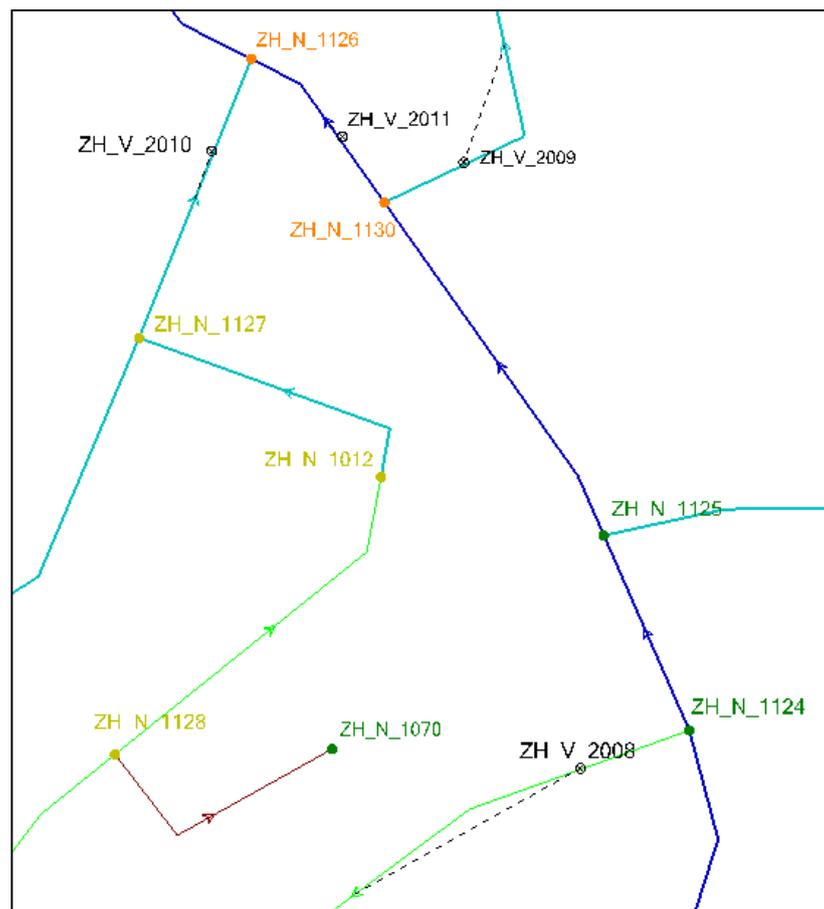


Figura 3.2: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Nodos (Sub zona Z9)

(Fuente: Autor)

Tabla 3.2: Propiedades Físicas Nodos (Extracto) - Zhizhio

Nodo	Elevación (m)	Tipo	Sub Zona	Área Aporte
ZH_N_1012	2871.25	Reductora de diámetro	Z9	5
ZH_N_1070	2874.78	Tapón	Z9	8
ZH_N_1124	2880.73	Accesorio TEE	Z9	9
ZH_N_1125	2875.87	Accesorio TEE	Z9	6
ZH_N_1126	2860.23	Accesorio TEE	Z9	2
ZH_N_1127	2866.96	Accesorio TEE	Z9	4
ZH_N_1128	2871.42	Accesorio TEE	Z9	7
ZH_N_1130	2863.38	Accesorio TEE	Z9	3

La totalidad de los resultados, se pueden consultar en el Anexo 5: Tablas 3 y 4

3.1.1.2. Tuberías

Representan el medio de transporte del agua potable en una red de abastecimiento. Según Arocha Ravelo en su libro “Abastecimiento de Agua Potable. Teoría & Diseño” (Arocha Ravelo, 1985) la elección del tipo de tubería estará en función de: características del medio ambiente, presión a la cual son sometidas, caudal a conducir, resistencia y fragilidad.

Actualmente, en los sectores de Zhizhio y Cumbe, las tuberías empleadas en la red de distribución para ambos sistemas son de material PVC (cloruro de polivinilo), las que brindan una fabricación, transporte, colocación y puesta en operación más versátil.

En el siguiente gráfico se presentará un extracto de las tuberías con su respectivo diámetro, material, longitud, y rugosidad (C) del sector de Cumbe.

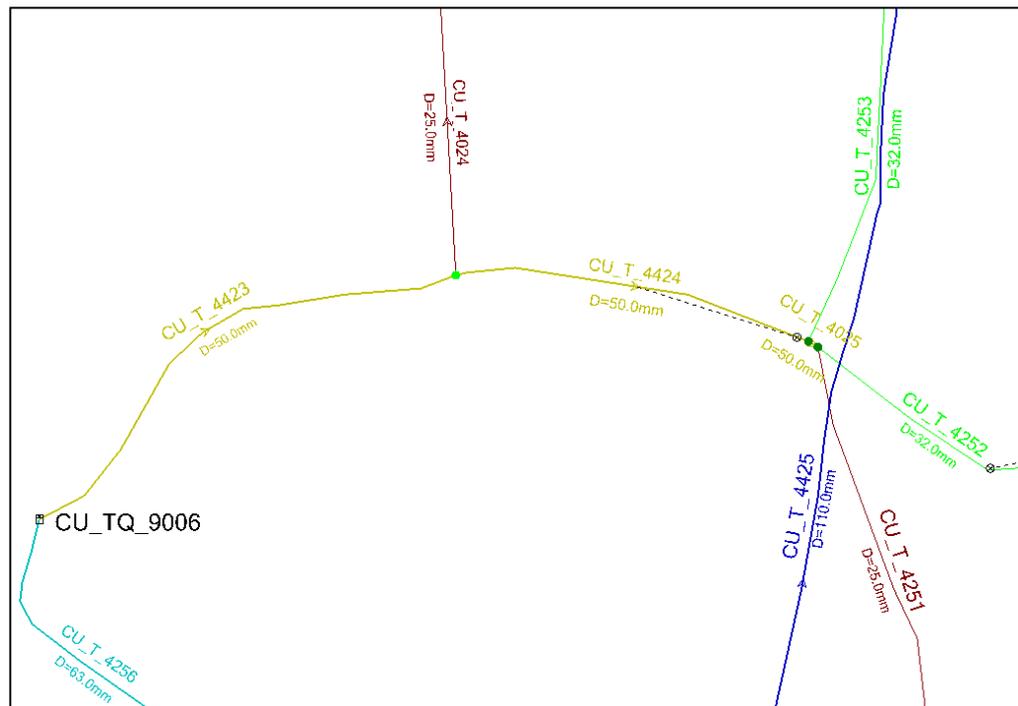


Figura 3.3: Extracto de red del Sector de Cumbe: Tuberías (Sub zona C7)

(Fuente: Autor)

Tabla 3.3: Propiedades Físicas Tuberías (Extracto) - Cumbe

Tubería	D.(mm)	Material	Rugosidad	Long. (m)	Puntos límite	
					Punto 1	Punto 2
CU_T_4024	25	PVC	130	66.61	CU_N_1258	CU_N_1096
CU_T_4251	25	PVC	130	242.67	CU_N_1260	CU_N_1089
CU_T_4025	50	PVC	130	2.39	CU_N_1259	CU_N_1260
CU_T_4423	50	PVC	130	111.2	CU_TQ_9006	CU_N_1258
CU_T_4424	50	PVC	130	78.06	CU_N_1258	CU_N_1259
CU_T_4256	63	PVC	130	312.14	CU_N_1367	CU_TQ_9006
CU_T_4425	110	PVC	130	481.52	CU_N_1366	CU_VRP_3003

En caso de requerir una información completa, en cuanto a tuberías, se puede consultar el Anexo 6: Tabla 5.

De la Tabla 3.3, se puede notar la inclusión de los Puntos límite; este campo ha sido agregado con el fin de establecer una ubicación espacial de la tubería en función de los nodos, permitiendo de esta forma su fácil localización para cualquier tipo de consulta.

En el caso del Sector de Zhizhio, el siguiente gráfico (extracto de la red completa), presenta las propiedades físicas más relevantes para sus tuberías:

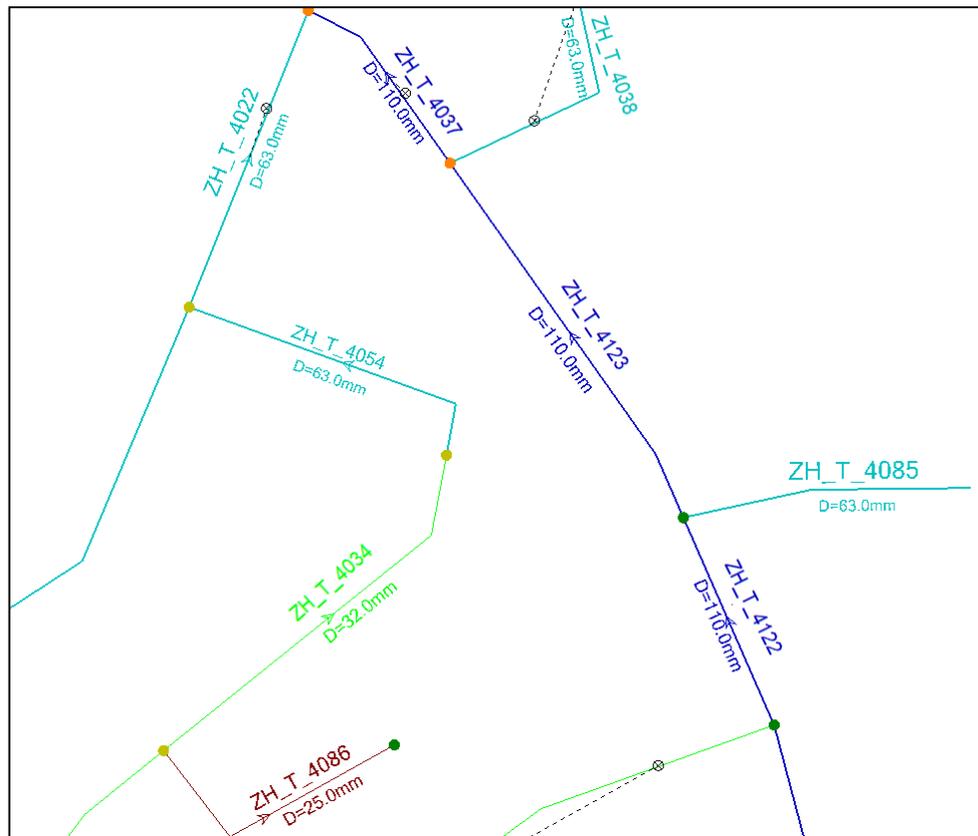


Figura 3.4: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Tuberías (Sub zona Z9)

(Fuente: Autor)

De la Figura 3.4, la clasificación de las propiedades se muestra en la Tabla 3.4

Tabla 3.4: Propiedades Físicas Tuberías (Extracto) - Zhizhio

Tubería	D.(mm)	Material	Rugosidad	Long. (m)	Puntos límite	
					Punto 1	Punto 2
ZH_T_4086	25	PVC	130	50.5	ZH_N_1128	ZH_N_1070
ZH_T_4034	32	PVC	130	72.32	ZH_N_1128	ZH_N_1012
ZH_T_4022	63	PVC	130	54.54	ZH_N_1126	ZH_N_1127
ZH_T_4038	63	PVC	130	89.71	ZH_N_1130	ZH_N_1132
ZH_T_4054	63	PVC	130	57.06	ZH_N_1012	ZH_N_1127
ZH_T_4085	63	PVC	130	227.32	ZH_N_1125	ZH_N_1073
ZH_T_4037	110	PVC	130	36.29	ZH_N_1130	ZH_N_1126

Tabla 3.4: Propiedades Físicas Tuberías (Extracto) – Zhizhio (continuación)

Tubería	D.(mm)	Material	Rugosidad	Long. (m)	Puntos límite	
					Punto 1	Punto 2
ZH_T_4122	110	PVC	130	38.61	ZH_N_1124	ZH_N_1125
ZH_T_4123	110	PVC	130	72.47	ZH_N_1125	ZH_N_1130

Revisar el Anexo 7: Tablas 7 y 8, para una mejor comprensión de los resultados.

3.1.1.3. Tanques Rompe-Presión

Su funcionamiento es eliminar la presión proveniente hacia un valor de cero. Las presiones recomendables según la norma CO 10.7 – 602 del Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, en una red de distribución de agua potable rural, van entre los 7 a 70 m.c.a. Su incremento se debe a factores como la demanda requerida en cada nodo (más demanda, menos presión; y viceversa) y la pendiente de elevación (ocurre en sitios de carácter montañoso, su consideración es importante para evitar roturas o deformaciones en accesorios)

A continuación se presentará un extracto del total de la red (sub zona C44), especificando las características físicas más importantes:

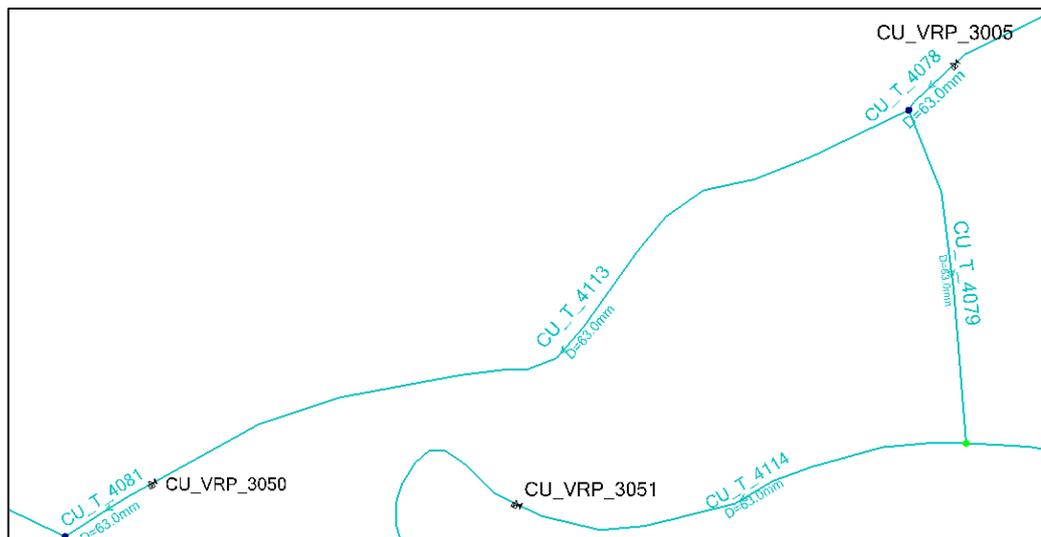


Figura 3.5: Extracto de red del Sector de Cumbe: TRP (Sub zona C44)

(Fuente: Autor)

Tabla 3.5: Propiedades Físicas Tanques Rompe Presión (Extracto) - Cumbe

# Tanque	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona
51	CU_VRP_3005	2819.94	C44
52	CU_VRP_3050	2754	C44
56	CU_VRP_3051	2772	C44

Los datos completos de los tanques rompe presión para el sector de Cumbe se pueden consultar en el Anexo 8: Tabla 9.

En cuanto al sector de Zhizhio, se ha extraído parte de la sub zona Z5, haciendo hincapié únicamente a unos pocos.

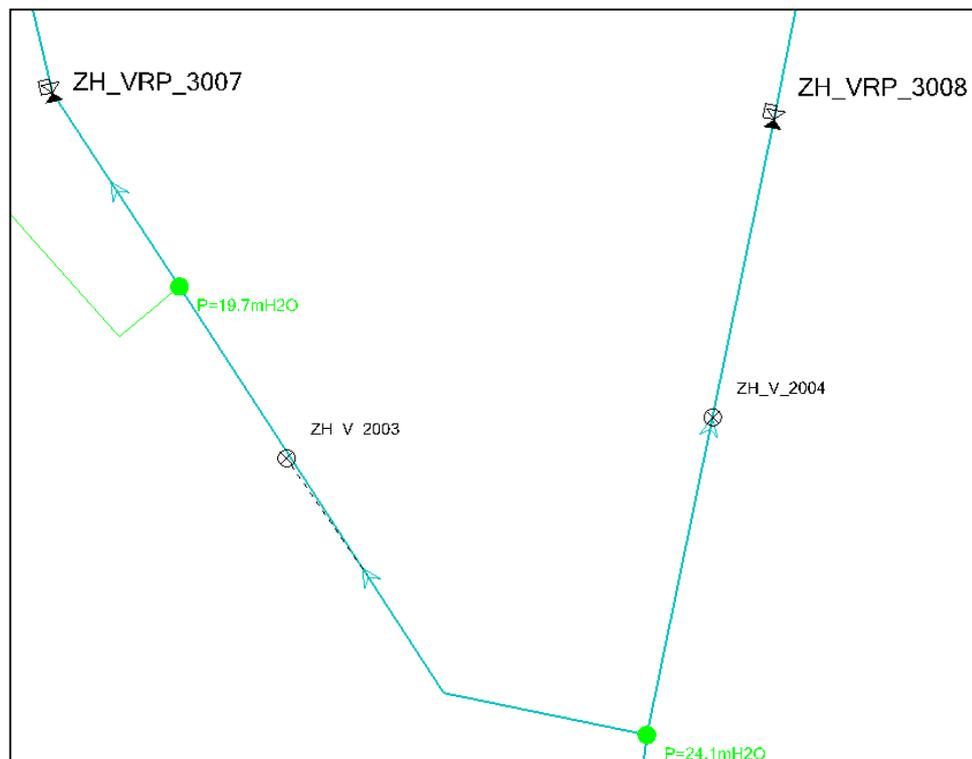


Figura 3.6: Extracto de red del Sector de Zhizhio: TRP (Sub zona Z5)

(Fuente: Autor)

Tabla 3.6: Propiedades Físicas Tanques Rompe Presión (Extracto) - Zhizhio

# Tanque	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona
5	ZH_VRP_3008	2815.11	Z5
6	ZH_VRP_3007	2810.85	Z5

Los resultados completos pueden ser consultados en el Anexo 9: Tabla 11.

3.1.1.4. Válvulas

Conceptualmente son elementos encargados de abrir, controlar o cerrar el flujo según se especifique. Permite un manejo, supervisión y mantenimiento sea versátil en una red de agua potable.

Dentro de la modelación hidráulica, en los sectores rurales de Zhizhio y Cumbe se pudo constatar la existencia de varios tipos de válvulas, como las de control, reductoras de presión, rompe presión, de aire (libera aire de tuberías en zonas altas), y de purga (elimina sustancias en tuberías en zonas bajas)

Para la modelación hidráulica, los estados que se manejaron para ambos sectores fueron: cerrado y abierto. A continuación se muestran las propiedades físicas extraídas de la sub zona C16, del sector de Cumbe:

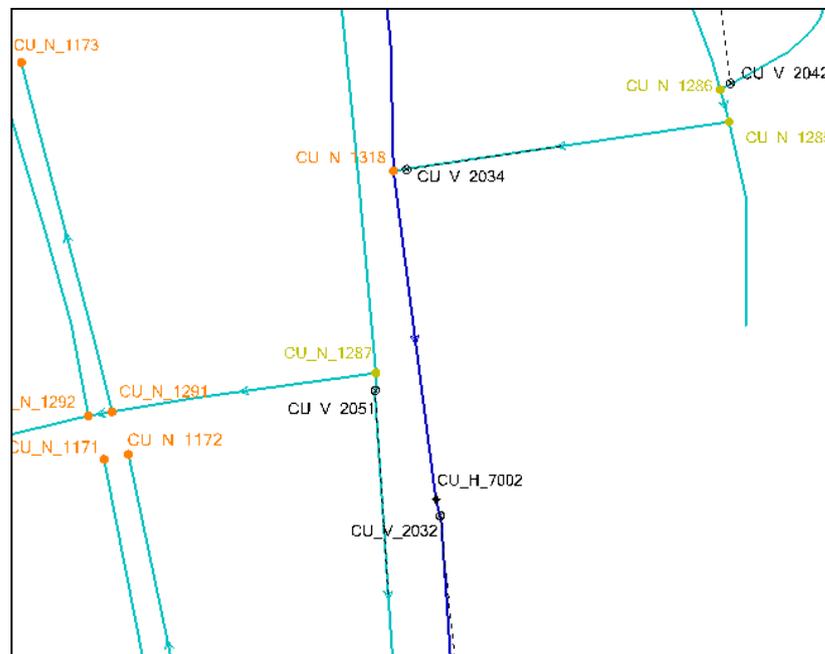


Figura 3.7: Extracto de red del Sector de Cumbe: Válvulas (Sub zona C16)

(Fuente: Autor)

Tabla 3.7: Propiedades Físicas Válvulas (Extracto) - Cumbe

Etiqueta	Tipo	Elevación	Sub Zona
CU_V_2032	Control	2683.0384	C16
CU_V_2034	Control	2681.44335	C16
CU_V_2042	Control	2684.29527	C16

Los resultados completos pueden ser consultados en el Anexo 8: Tabla 10.

Asimismo del sector de Zhizhio, se obtuvieron los siguientes resultados. N este caso la sub zona a tratar es la Z9:

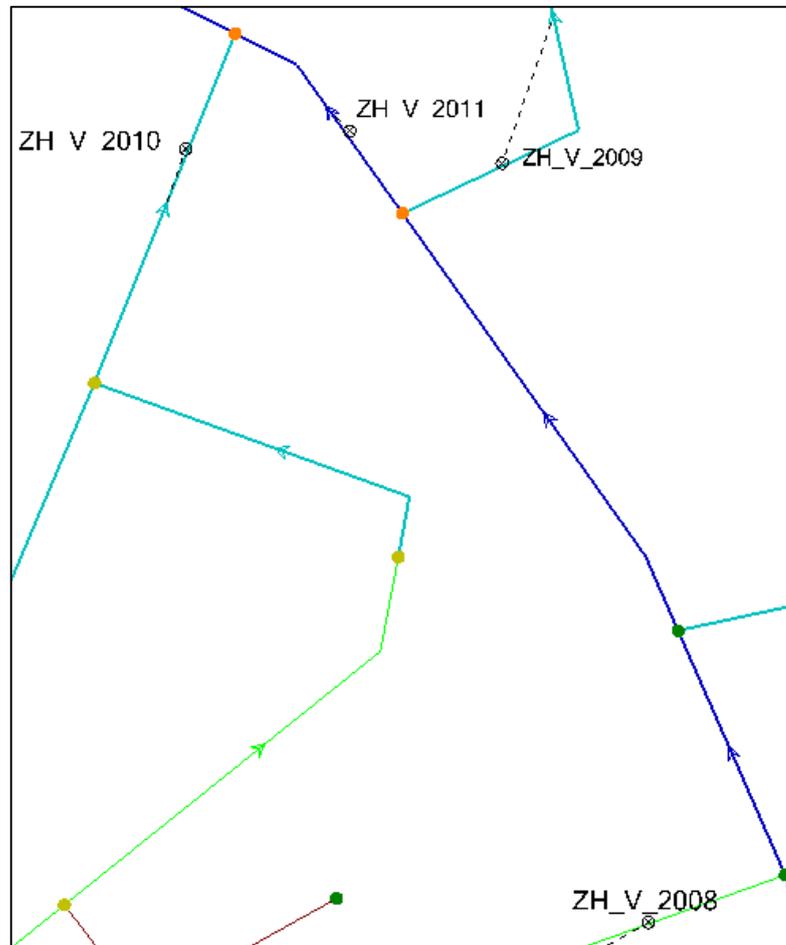


Figura 3.8: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Válvulas (Sub zona Z9)
(Fuente: Autor)

Tabla 3.8: Propiedades Físicas Válvulas (Extracto) - Zhizhio

Etiqueta	Tipo	Elevación	Sub Zona
ZH_V_2008	Control	2879.3	Z9
ZH_V_2009	Control	2862.78	Z9
ZH_V_2010	Control	2862.01	Z9
ZH_V_2011	Control	2861.52	Z9

Los resultados completos pueden ser consultados en el Anexo 9: Tabla 12.

3.1.1.5. Hidrantes

Según Arocha Ravelo en su libro “Abastecimientos de Agua: Teoría & Diseño” (Arocha Ravelo, 1985), menciona la importancia de la inclusión de un hidrante dentro de una red de agua potable debido al costo que implica la colocación de este elemento hidráulico; en este sentido, el autor hace referencia a la necesidad de realizar estudios en cuanto a posibles riesgos, materiales, costos de las edificaciones, retribución de los usuarios, estadísticas de ocurrencia.

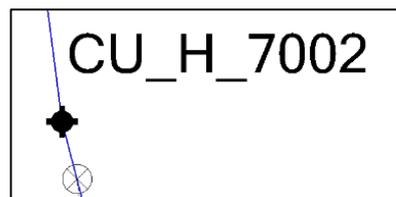


Figura 3.9: Representación gráfica de un Hidrante en la modelación hidráulica
(Fuente: Autor)

De este punto solo se puede destacar los hidrantes del sector de Cumbe, debido a su inexistencia en el otro sector.

Tabla 3.9: Propiedades Físicas Hidrantes - Cumbe

Sector	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona
CUMBE	CU_H_7001	2689.245	C9
CUMBE	CU_H_7002	2682.936631	C16
CUMBE	CU_H_7003	2670.790056	C24
CUMBE	CU_H_7004	2672.386504	C24
CUMBE	CU_H_7005	2672.016047	C24
CUMBE	CU_H_7006	2679.997718	C16

3.1.1.6. Tanques de Reserva:

Arocha Ravelo en otro de sus apartados de su libro “Abastecimientos de Agua: Teoría & Diseño” (Arocha Ravelo, 1985), al hablar de los tanques o estanques de almacenamiento, son elementos que valiéndose de sus características económicas, funcionamiento y mantenimiento son capaces de brindar un servicio eficiente en una red de distribución de agua potable.

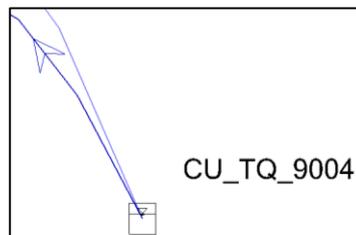


Figura 3.10: Representación gráfica de un Tanque de Reserva en la modelación hidráulica

(Fuente: Autor)

De esta forma, ahora se presentan las propiedades físicas de los tanques del sector de Cumbe y Zhizhio.

Tabla 3.10: Propiedades Físicas Tanques de Reserva - Cumbe

Descripción	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona	Volumen (m3)
TR San Pedro	CU_TQ_9001	2827.767	C14	150
TR El Cisne	CU_TQ_9002	2804.965	C8	150
TR Monserrat	CU_TQ_9003	3020	C32	150
TR Floresta Alta	CU_TQ_9004	3062.504	C21	150
TR El Calvario	CU_TQ_9005	2900	C19	150
TR El Salado	CU_TQ_9006	2950	C7	150
Planta Antigua	CU_TQ_9007	3104	C1	150

Tabla 3.11: Propiedades Físicas Tanques de Reserva - Zhizhio

Descripción	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona	Volumen (m3)
Planta Antigua	ZH_TQ_7001	2957.260	Z2	150

3.1.1.7. Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Una Planta de Tratamiento de Agua Potable se entiende como un conjunto estructuras por las que el agua pasa hasta ser purificada y apta para el consumo humano.

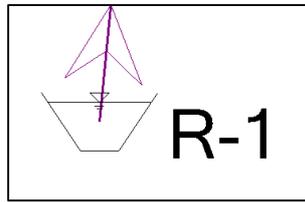


Figura 3.11: Representación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Cumbe en la modelación hidráulica

(Fuente: Autor)

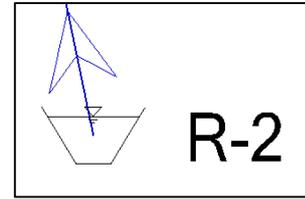


Figura 3.12: Representación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Zhizhio en la modelación hidráulica

(Fuente: Autor)

Adicionalmente se pueden agregar tratamientos químicos para su potabilización que dependerán del tipo de contaminación del agua.

Tabla 3.12: Propiedades Físicas Planta de Tratamiento - Cumbe

Sector	Descripción	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona
CUMBE	P. Tratamiento Cumbe	R-1	3198	C1

Tabla 3.13: Propiedades Físicas Planta de Tratamiento - Zhizhio

Sector	Descripción	Etiqueta (WG)	Elevación	Sub Zona
ZHIZHIO	P. Tratamiento Zhizhio	R-2	3010	Z1

3.2. Discretización de las áreas de aporte y cálculo de caudales

3.2.1. Discretización de áreas de aporte:

En la elaboración de los modelos hidráulicos, el primer paso a seguir, es realizar una subdivisión por áreas de aporte (a nivel de cada sector), en este sentido, se atiende al criterio de la mejor distribución de áreas según la disposición catastral de las tuberías y nodos existentes, además de hacer uso de la planimetría de cada zona.

En las siguientes ilustraciones, se representará mediante una secuencia de pasos, los métodos utilizados para realizar una adecuada discretización de áreas:

- **Corrección de márgenes limítrofes entre sectores de análisis**

En el capítulo 2 (punto 2.3.1) se describieron los límites de servicio de cada sector de análisis (incluyendo el sector de Irujis); ahora, se elaborará una modificación a las áreas periféricas, de los sectores de Cumbe y Zhizhio tomando en cuenta, los criterios planteados en el capítulo anterior, de forma que al realizar sus modelaciones hidráulicas, las redes de distribución que se encuentran dentro de los márgenes de modificación no se vean afectadas por la inexistencia de áreas de aporte para los nodos en cuestión.

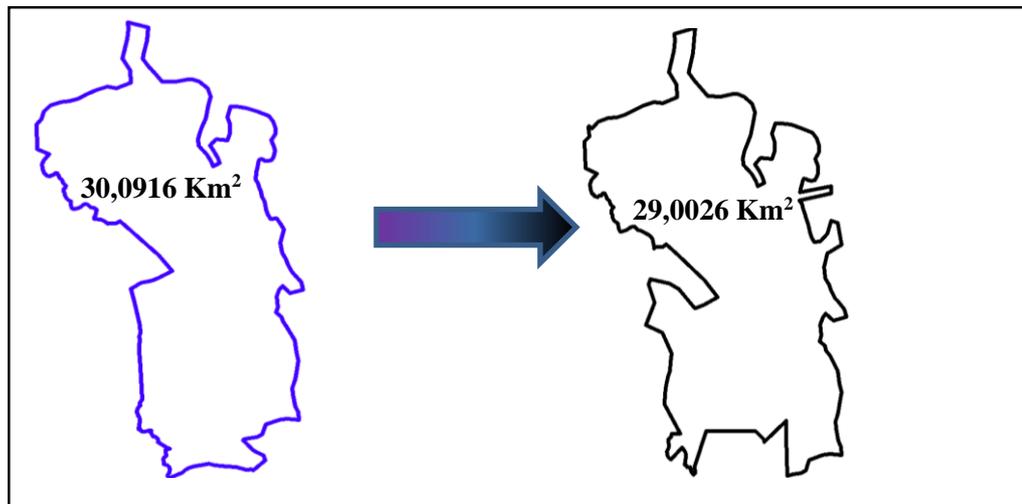


Figura 3.13: Correcciones en la periferia del sector de Cumbe (Reducción aproximada: 4%)

(Fuente: Autor)

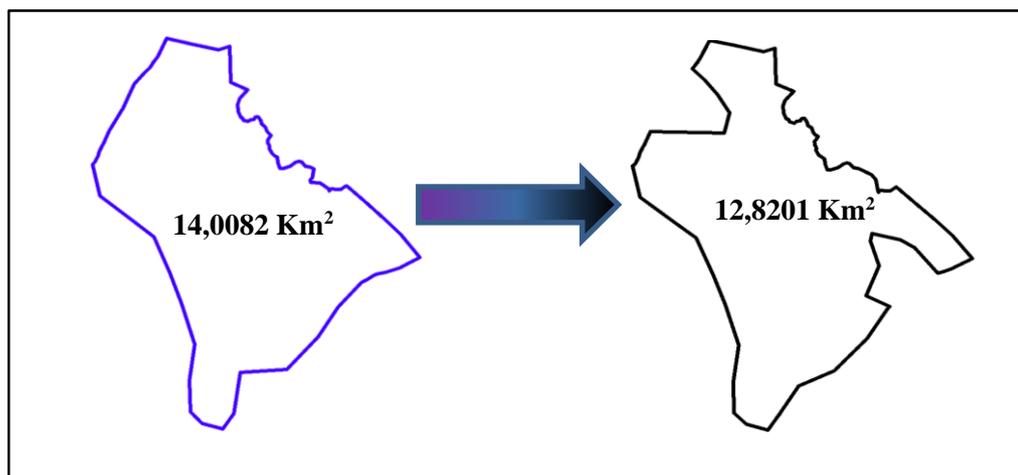


Figura 3.14: Correcciones en la periferia del sector de Zhizhio (Reducción aproximada: 9%)

(Fuente: Autor)

- **Elaboración de las áreas de aporte por cada Sector.**

En el apartado 3.1, se señaló continuamente a los términos “sub zona” y “área de aporte”. En las siguientes figuras se presentan los resultados obtenidos:

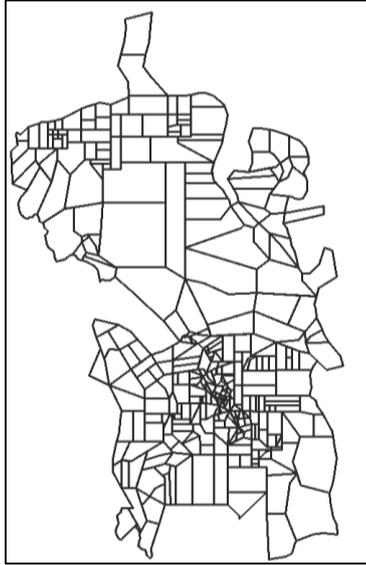


Figura 3.15: Áreas de aporte – Cumbe
(Fuente: Autor)

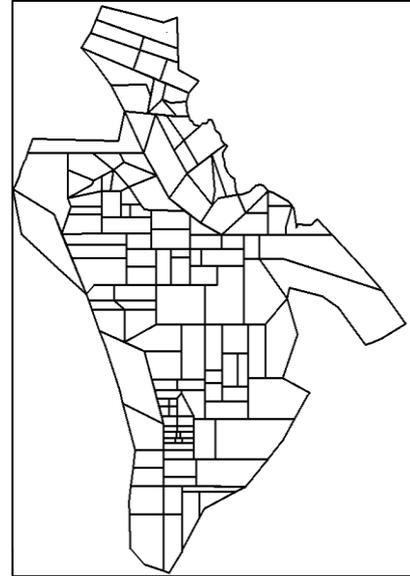


Figura 3.16: Áreas de aporte – Zhizhio
(Fuente: Autor)

El siguiente paso es establecer los márgenes de las sub zonas para cada sector; este paso es necesario en vista de las facilidades que se prestan al momento de realizar consultas, esclareciendo y brindando una visión amplia de la distribución catastral de cada tubería y accesorio (presentan más elementos hidráulicos que las áreas de aporte).

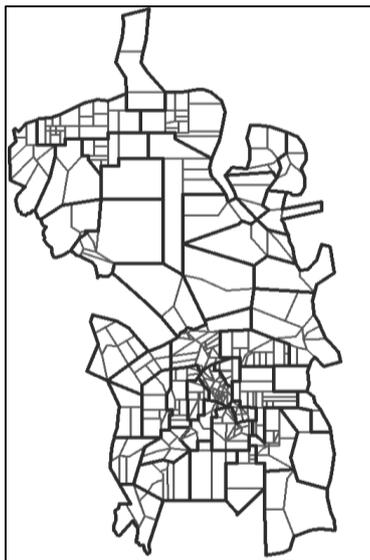


Figura 3.17: Sub zonas – Cumbe
(Fuente: Autor)



Figura 3.18: Sub zonas – Zhizhio
(Fuente: Autor)

Nota: Los detalles de las Figuras 3.15 y 3.17 aparecen en el Anexo 1: Lámina 35, y los de las Figuras 3.16 y 3.18, en el Anexo 2: Lámina 17.

- **Cálculo de poblaciones por cada área de aporte**

El capítulo 2, apartado 2.2, trató acerca de la información demográfica obtenida para cada sector, haciendo referencia a las densidades poblacionales, donde por cada extensión territorial, no iban a ser las mismas de ningún modo. Por esto se decidió emplear el software ArcGis para obtener los datos poblacionales por cada área de aporte. En el siguiente ejemplo se mostrará el procedimiento seguido y los fundamentos aplicados para obtener los valores de población en cada área de aporte.

Paso 1: Se tomó como referencia el área de aporte 1 de la sub zona C45, y el nodo dentro de los límites del área de aporte será CU_N_1191.

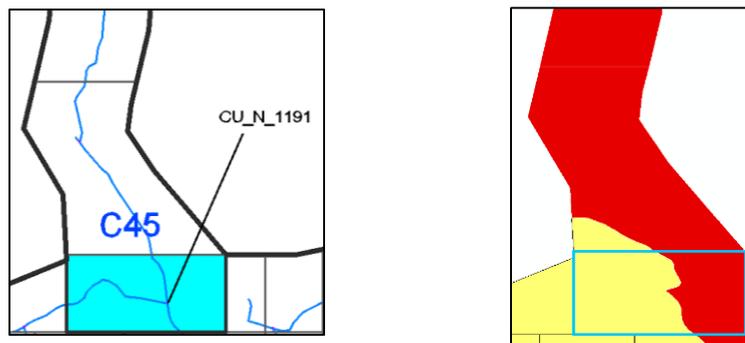


Figura 3.19: Área de Aporte y densidades poblacionales del sector
(Fuente: Autor)

De la Figura 3.19, es evidente que el área de aporte tratada, está dentro de 2 parroquias (Rojo: Tarqui y Amarillo: Cumbe) y por tanto, diferentes densidades poblacionales. Estas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.14: Áreas y densidades poblacionales – área de aporte 1 (Sub zona 45)

PARROQUIA	AREA_HA	DENS2010	DENS2020	DENS2030	NODO
CUMBE	12.95	0.79386	0.7578	0.7223	CU_N_1191
TARQUI	8.57	0.61493	0.7465	0.9245	CU_N_1191

Paso 2: Tomando como referencia la tabla 3.14 y aplicando la ecuación 1, se obtiene los valores poblacionales para cada parroquia y del Área de Aporte.

$$Pop. (2010,2020, 2030) = AREA_HA * DENS(2010,2020,2030) \quad (1)$$

Tabla 3.15: Valores poblacionales del Área de Aporte 1
(Sub zona C45)

PARROQUIA	NODO	POB_2010	POB_2020	POB_2030
CUMBE	CU_N_1191	10.280487	9.81351	9.353785
TARQUI	CU_N_1191	5.2699501	6.397505	7.922965
A. Ap. 1 (C45)	CU_N_1191	15.5504371	16.211015	17.27675

Nota: Las operaciones matemáticas realizadas en este ejemplo son válidas para los 2 sectores. Los valores completos por área de aporte y sub zona están en el Anexo 10: Tablas 13 y 14

3.2.2. Cálculo de caudales

Al hacer un registro completo de las áreas de aporte para cada sector de análisis, el siguiente paso en la elaboración de modelos hidráulicos, es el cálculo de los caudales, (demandas por cada nodo) y para ello se empleó una fórmula en la que se atendían criterios tales como el crecimiento poblacional (Datos estadísticos provenientes de ETAPA EP) y la dotación (250 l. /hab. Día).

$$Q = \frac{250 \frac{l}{hab * día} * habitantes (2010,2020 y 2030)}{86400} = \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2)$$

Dónde: habitantes son los valores calculados, puestos a disposición para cualquier consulta en el Anexo 10: Tablas 13 y 14.

A continuación se elaborará un ejemplo de cálculo para la determinación de caudales en el sector de Cumbe:

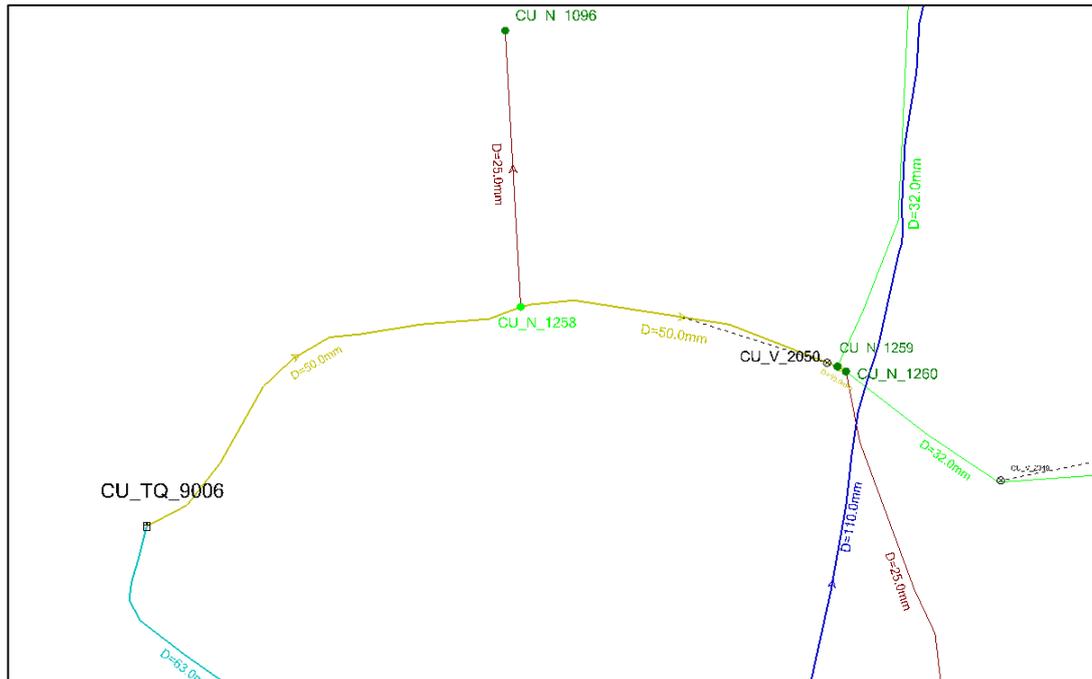


Figura 3.20: Extracto de red del Sector de Cumbe: Cálculo de caudales en nodos (Sub zona C7)
(Fuente: Autor)

Tabla 3.16: Calculo de Caudales (Extracto) - Sector: Cumbe

Nodo	Sub Zona (A Ap.)	Pob 2010	Pob 2020	Pob 2030	Dot (l/hab *día)	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
CU_N_1258	C7 (1)	19.91	27.30	35.08	250	0.0576	0.0790	0.1015
CU_N_1259	C7 (2)	0.00	0.00	0.00	250	0.0000	0.0000	0.0000
CU_N_1260	C7 (2)	7.33	8.36	9.26	250	0.0212	0.0242	0.0268
CU_N_1096	C7 (3)	26.58	37.43	49.01	250	0.0769	0.1083	0.1418

De la Tabla 3.16, existe un particular caso para el nodo CU_N_1259 donde el valor de la población es 0 (cero habitantes) para las 3 proyecciones

Los nodos marcados, no tienen un valor de población, ya que ambos tienen área de aporte común (por ser nodos bastante cercanos), por lo tanto, es necesario asignar solo a uno de los dos la población respectiva, en este caso el valor poblacional se lo ha dado al nodo CU_N_1260.

Los cálculos completos se pueden revisar en el Anexo 11: Tabla 15.

Nota: los valores obtenidos en cada proyección para los nodos, serán de uso en la distribución de caudal en tuberías, repartiéndose de manera proporcional de acuerdo al número de puntos de abastecimiento (equivalente a un cálculo iterativo de redes de distribución, en donde se distribuye un caudal en base a las demandas requeridas).

De manera particular elaborará un ejemplo de cálculo para la determinación de caudales en Zhizhio, donde se aplica una vez más la ecuación 2:

$$Q = \frac{250 \frac{l}{\text{hab} * \text{día}} * \text{habitantes (2010,2020 y 2030)}}{86400} = \left[\frac{l}{s} \right] \quad (2)$$

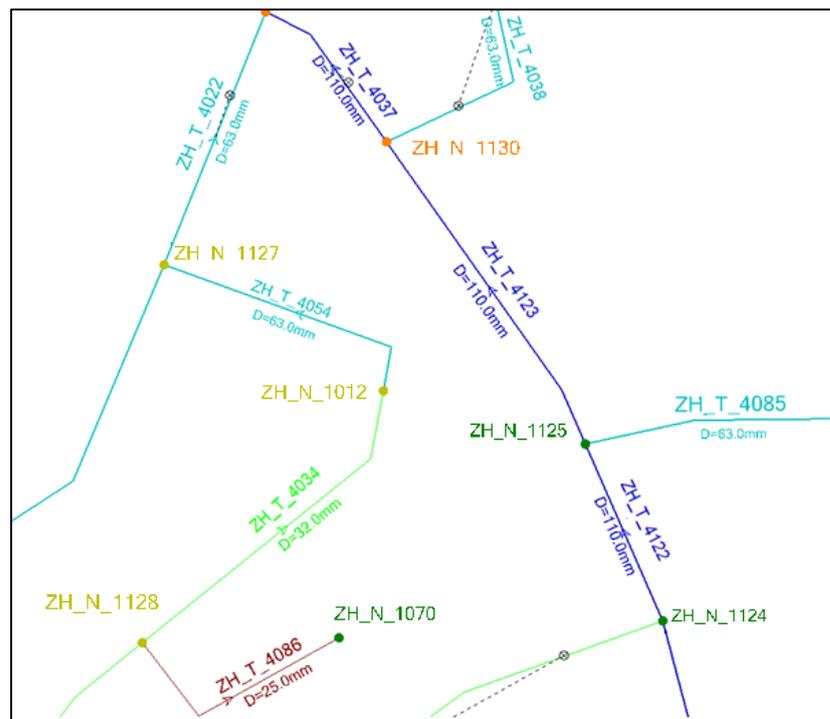


Figura 3.21: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Cálculo de caudales en nodos (Sub zona Z9)

(Fuente: Autor)

Nodo	Sub Zona	Pob 2010	Pob 2020	Pob 2030	Dotación (l/hab*día)	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
ZH_N_1130	Z9 (3)	1.72	1.90	2.01	250	0.005	0.0055	0.0058
ZH_N_1127	Z9 (4)	1.17	1.21	1.18	250	0.0034	0.0035	0.0034
ZH_N_1012	Z9 (5)	0.41	0.45	0.45	250	0.0012	0.0013	0.0013
ZH_N_1125	Z9 (6)	1.69	1.87	2.01	250	0.0049	0.0054	0.0058
ZH_N_1128	Z9 (7)	0.82	0.83	0.83	250	0.0024	0.0024	0.0024
ZH_N_1070	Z9 (8)	0.62	0.69	0.73	250	0.0018	0.002	0.0021
ZH_N_1124	Z9 (9)	1.04	1.14	1.24	250	0.003	0.0033	0.0036

Resultados completos en Anexo 11: Tabla 16.

3.3. Elaboración del modelo hidráulico para distintos escenarios

Hasta el momento, se ha descrito las características constitutivas de la red de agua potable y se ha esclarecido la distribución de caudales en cada nodo (demandas) de acuerdo al área de aporte.

En este punto se, determinará los valores de: presión en cada nodo y pérdidas por fricción en cada tubería, siguiendo las formulaciones de Hazen –Williams.

- Cálculo de pérdidas por fricción en tuberías

$$HF = \frac{10.667 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}} \quad (3)$$

Donde:

- ✓ HF = pérdidas por fricción (m)
- ✓ L= Longitud del tramo de tubería (m)
- ✓ Q = Valor del caudal del tramo (m³/s)
- ✓ C= coeficiente de rugosidad (130 para P.V.C)
- ✓ D = Diámetro de la tubería (m)

Nota: las pérdidas unitarias de carga resultan de la división de HF para la longitud del tramo de análisis. Sus unidades pueden ser m/m o m/Km, según sea el valor tomado en la longitud de la tubería (m o Km).

- Cálculo de la presión en cada nodo:

En este caso se emplea la ecuación de la conservación de la energía entre 2 puntos y el desarrollo la ecuación de del Principio de Bernoulli, posteriormente:

$$Ex1 = Ex2 \quad (4)$$

$$\frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} + z1 - hf = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + z2$$

Donde:

- ✓ $Ex1$ y $Ex2$ = Energías en los puntos 1 y 2
- ✓ $P1$ y $P2$ = Presiones en los puntos 1 y 2 de análisis (m.c.a.)
- ✓ $V1$ y $V2$ = Valor de la velocidad en el Punto 1 y 2 (m/s)
- ✓ g = aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- ✓ hf = pérdidas en la tubería (m)
- ✓ γ = Peso específico del agua (1 g/cm^3)

Como la velocidad que transita en la tubería es la misma en cualquier zona, entonces la ecuación 1, se reduce a lo siguiente:

$$\frac{P1}{\gamma} + z1 - hf = \frac{P2}{\gamma} + z2 \quad (5)$$

De la ecuación 5, $P1$ es dato y $P2$ la incógnita a obtener.

Nota: Los valores de caudales colocados por cada tubería, son asignados en base a una distribución proporcional de acuerdo a la demanda que se especifique por cada nodo.

3.3.1. Modelo Hidráulico del Sector de Cumbe

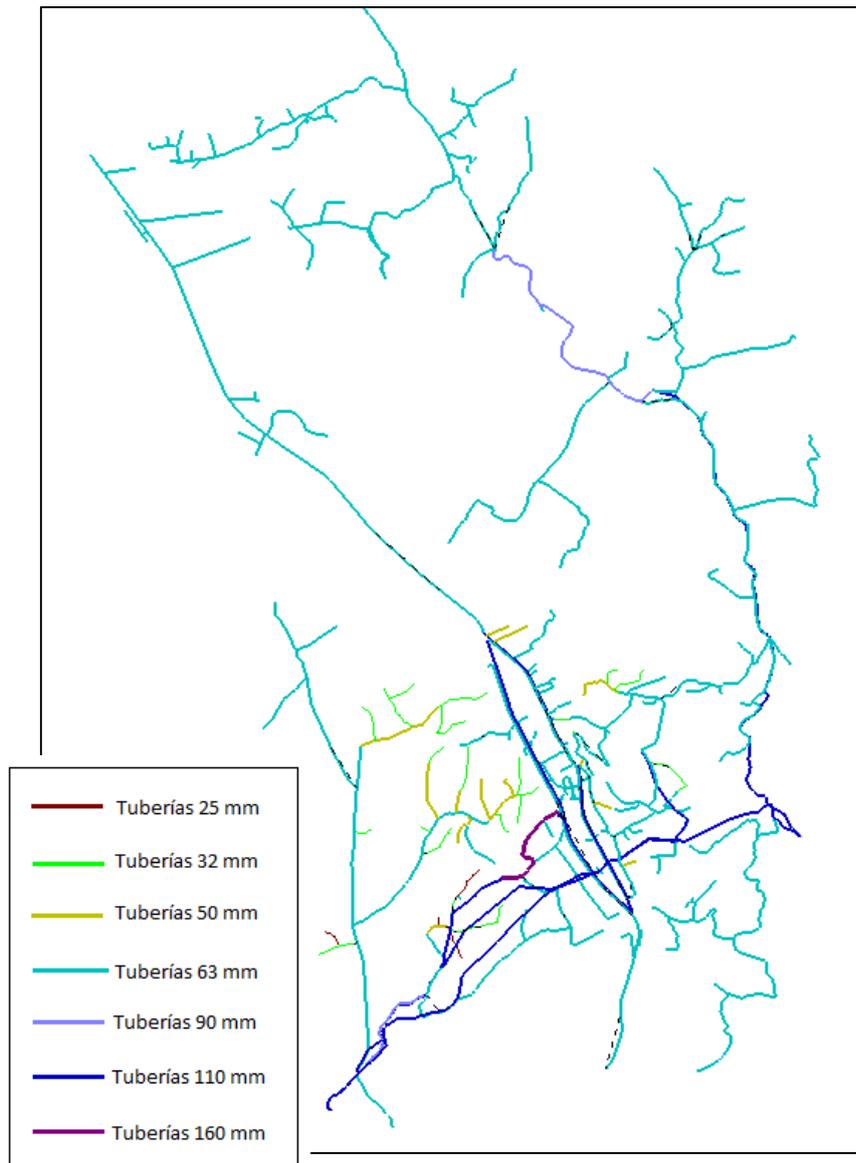


Figura 3.22: Modelo Hidráulico del Sector de Cumbe

(Fuente: Autor)

Presentado el modelo hidráulico del sector de Cumbe, ahora se elaborará un ejemplo en el que se explica la metodología aplicada para el cálculo de pérdidas de carga unitaria y presiones en tuberías y nodos; haciendo uso de la ecuación 3, de un extracto de la red (sub zona C44) y proyectando hacia los tres escenarios de análisis:

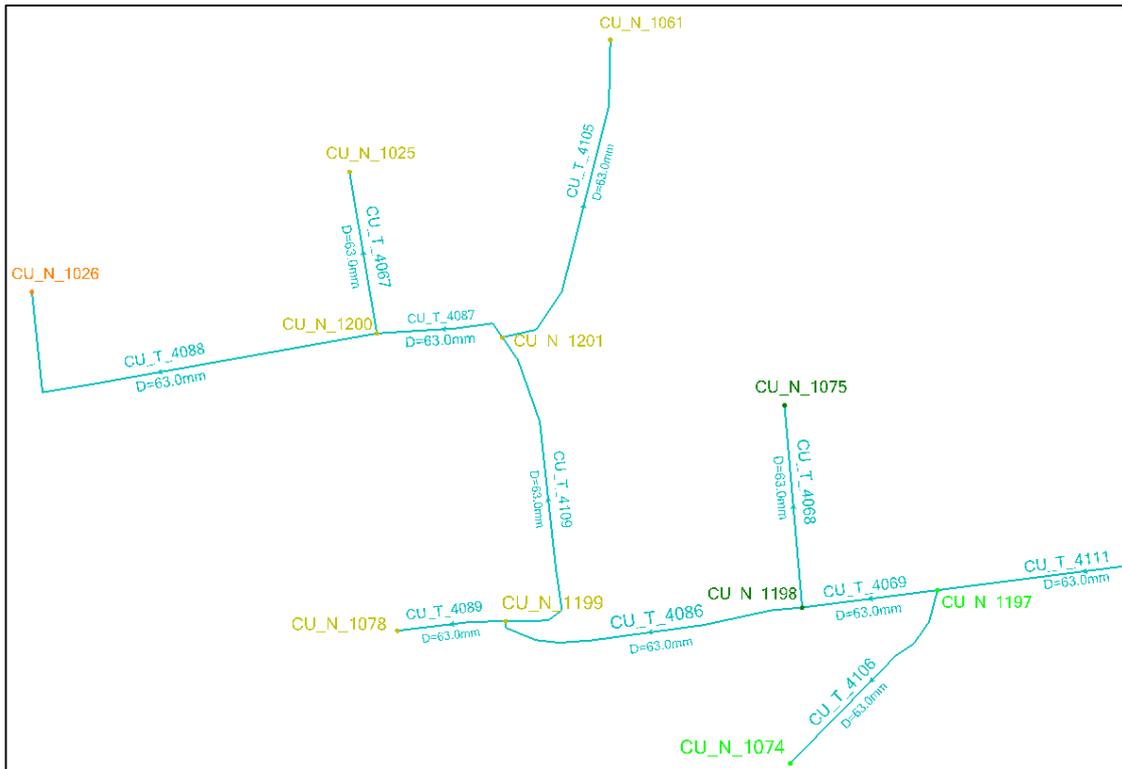


Figura 3.23: Extracto de red del Sector de Cumbe: Cálculo tuberías (Sub zona C44)

(Fuente: Autor)

De acuerdo a la Figura 3.22 y a los Anexos: 4 (Tabla 1), 6 (Tabla 5) y 11 (Tabla 15), se han extraído los datos necesarios para el cálculo.

Tabla 3.18: Datos de nodos (ejemplo de análisis)

#	Nodo	Elevación (m)	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
1	CU_N_1025	2640.17	0.0038	0.0038	0.004
2	CU_N_1026	2630.85	0.0156	0.0152	0.0149
3	CU_N_1061	2640.01	0.0056	0.0055	0.0054
4	CU_N_1074	2655.15	0.0067	0.0064	0.0061
5	CU_N_1075	2649.7	0.003	0.0028	0.0027
6	CU_N_1078	2640.07	0.0049	0.0046	0.0044
7	CU_N_1197	2657.26	0.0047	0.0045	0.0042
8	CU_N_1198	2654.33	0.0012	0.0012	0.0011
9	CU_N_1199	2640.07	0.0016	0.0015	0.0014
10	CU_N_1200	2640.04	0.0018	0.0017	0.0017
11	CU_N_1201	2640.04	0.0019	0.0018	0.0017

Tabla 3.19: Datos de tuberías (ejemplo de análisis)

#	Tubería	D (mm)	Mat.	Rug. (C)	L (m)	Puntos límite	
						Punto 1	Punto 2
1	CU_T_4067	63	PVC	130	66.32	CU_N_1200	CU_N_1025
2	CU_T_4068	63	PVC	130	82.15	CU_N_1198	CU_N_1075
3	CU_T_4069	63	PVC	130	54.81	CU_N_1197	CU_N_1198
4	CU_T_4086	63	PVC	130	124.05	CU_N_1198	CU_N_1199
5	CU_T_4087	63	PVC	130	53.56	CU_N_1201	CU_N_1200
6	CU_T_4088	63	PVC	130	177.4	CU_N_1200	CU_N_1026
7	CU_T_4089	63	PVC	130	43.63	CU_N_1199	CU_N_1078
8	CU_T_4105	63	PVC	130	136.83	CU_N_1201	CU_N_1061
9	CU_T_4106	63	PVC	130	93.63	CU_N_1197	CU_N_1074
10	CU_T_4109	63	PVC	130	138.49	CU_N_1199	CU_N_1201
11	CU_T_4111	63	PVC	130	118.93	CU_N_1196	CU_N_1197

CU: Cumbe

T: Tubería

Rug: Rugosidad del material.

Procedimiento:

- 1) Se toma como punto de partida a la tubería CU_T_4111, y se le asigna la sumatoria de todas las demandas de la Tabla 3.18

$$Q(CU_T_4111) = \sum_{i=1}^{11} Q_i (\text{nodos } 2010, 2020, 2030) \quad (6)$$

Tubería	Sumatorias de Caudal		
	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
CU_T_4111	0.0508	0.049	0.0476

- 2) El caudal de la tubería CU_T_4111, se redistribuye hacia las demás tuberías de manera que llegue el flujo necesario para cubrir las demandas de cada nodo.

- Escenario 2010

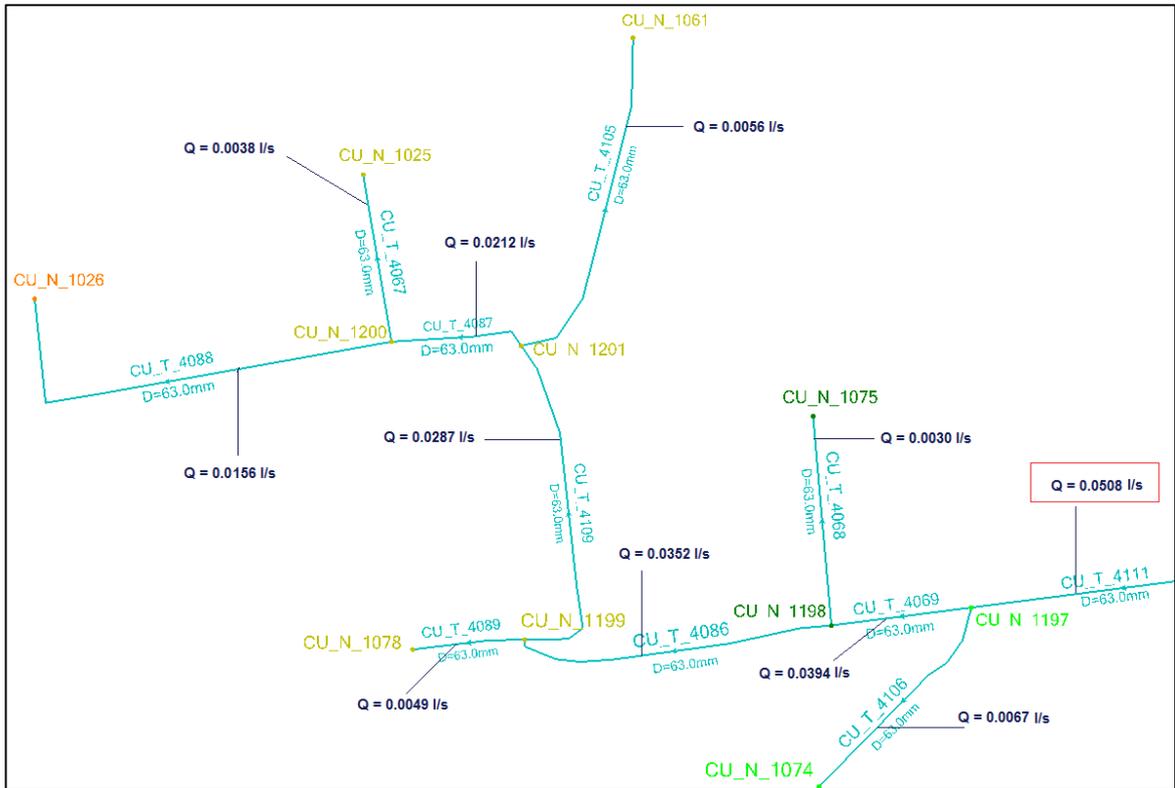


Figura 3.24: Distribución de caudales – Extracto Cumbe (Escenario 2010)

(Fuente: Autor)

- Escenario 2020

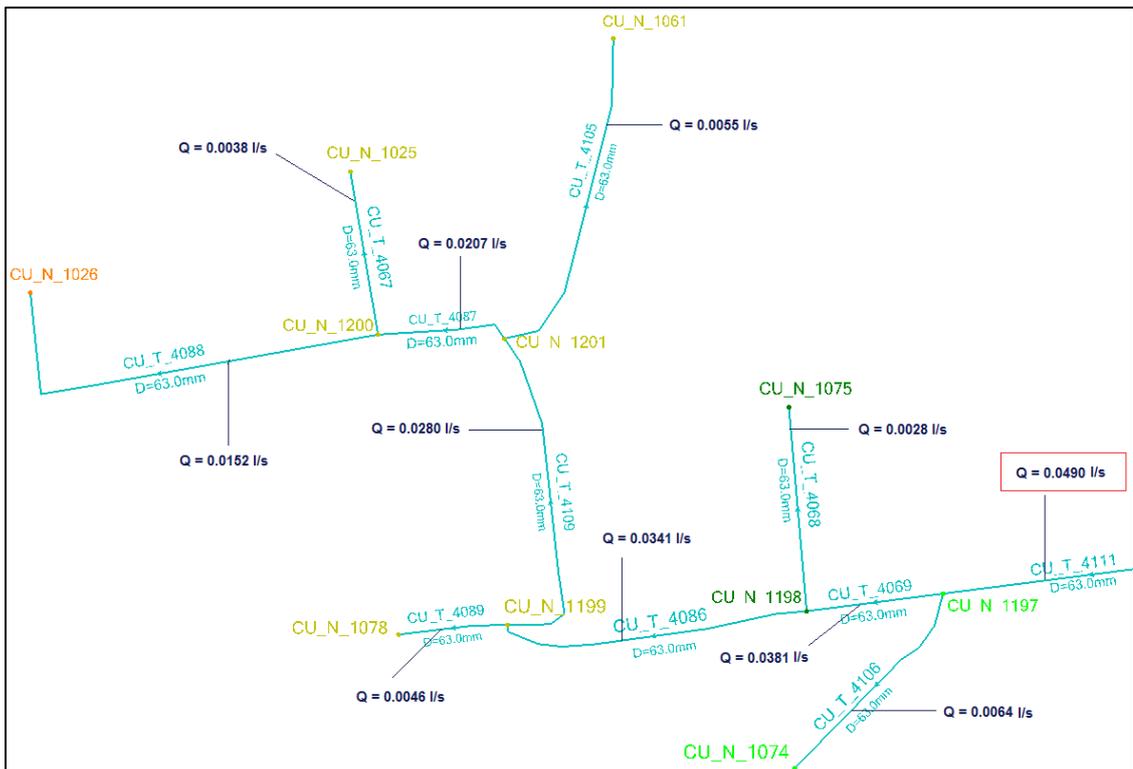


Figura 3.25: Distribución de caudales – Extracto Cumbe (Escenario 2020)

(Fuente: Autor)

- Escenario 2030

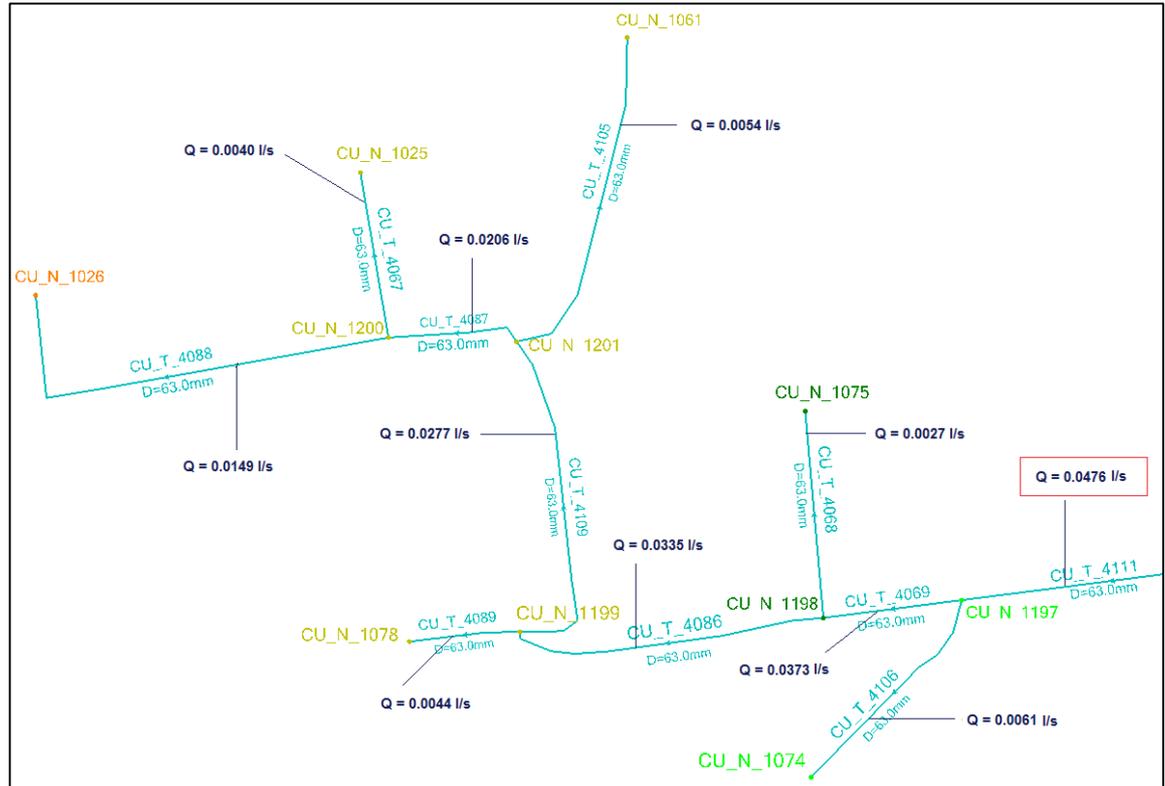


Figura 3.26: Distribución de caudales – Extracto Cumbe (Escenario 2030)

(Fuente: Autor)

- 3) Obtenido ya la distribución de caudales y con el empleo de la ecuación 3, se calcula los valores de las pérdidas por fricción y las pérdidas unitarias

$$HF = \frac{10.667 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}} \quad (3)$$

- Escenario 2010

Tabla 3.21: Resultados Cumbe - Escenario 2010

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
CU_T_4067	63	0.06632	0.0038	5.55693E-06	8.37897E-05
CU_T_4068	63	0.08215	0.003	4.44291E-06	5.40829E-05
CU_T_4069	63	0.05481	0.0394	0.000349261	0.006372215
CU_T_4086	63	0.12405	0.0352	0.000641542	0.005171641

Tabla 3.21: Resultados Cumbe - Escenario 2010 – (continuación)

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
CU_T_4087	63	0.05356	0.0212	0.000108304	0.002022113
CU_T_4088	63	0.1774	0.0156	0.00020326	0.001145772
CU_T_4089	63	0.04363	0.0049	5.85409E-06	0.000134176
CU_T_4105	63	0.13683	0.0056	2.35102E-05	0.000171821
CU_T_4106	63	0.09363	0.0067	2.24252E-05	0.000239509
CU_T_4109	63	0.13849	0.0287	0.000490735	0.003543469
CU_T_4111	63	0.11893	0.0508	0.00121334	0.010202133

- Escenario 2020

Tabla 3.22: Resultados Cumbe – Escenario 2020

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
CU_T_4067	63	0.06632	0.0038	5.56E-06	8.38E-05
CU_T_4068	63	0.08215	0.0028	3.91E-06	4.76E-05
CU_T_4069	63	0.05481	0.0381	0.00032822	0.00598831
CU_T_4086	63	0.12405	0.0341	0.00060491	0.00487632
CU_T_4087	63	0.05356	0.0207	0.00010362	0.00193468
CU_T_4088	63	0.1774	0.0152	0.00019371	0.00109196
CU_T_4089	63	0.04363	0.0046	5.21E-06	0.00011936
CU_T_4105	63	0.13683	0.0055	2.27E-05	0.00016618
CU_T_4106	63	0.09363	0.0064	2.06E-05	0.00022003
CU_T_4109	63	0.13849	0.028	0.0004688	0.00338507
CU_T_4111	63	0.11893	0.049	0.00113492	0.00954277

- Escenario 2030

Tabla 3.23: Resultados Cumbe – Escenario 2030

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
CU_T_4067	63	0.06632	0.004	6.1107E-06	9.21396E-05
CU_T_4068	63	0.08215	0.0027	3.65531E-06	4.44956E-05
CU_T_4069	63	0.05481	0.0373	0.00031557	0.005757529
CU_T_4086	63	0.12405	0.0335	0.000585344	0.004718613
CU_T_4087	63	0.05356	0.0206	0.000102696	0.001917403
CU_T_4088	63	0.1774	0.0149	0.000186692	0.001052379
CU_T_4089	63	0.04363	0.0044	4.79613E-06	0.000109927
CU_T_4105	63	0.13683	0.0054	2.19789E-05	0.000160629
CU_T_4106	63	0.09363	0.0061	1.88485E-05	0.000201309
CU_T_4109	63	0.13849	0.0277	0.000459539	0.00331821
CU_T_4111	63	0.11893	0.0476	0.0010756	0.009043977

Para resultados completos, revisar Anexo 11: Tablas 17, 18 y 19.

- 4) Para el cálculo de las presiones en cada nodo se empleará la ecuación 5 y partiendo como dato inicial una presión de 22.6 m.c.a. en CU_N_ 1197 (obtenido del software Bentley WaterGEMS), ya que si fuera el punto de partida de la red su valor sería de 0 m.c.a.

$$\frac{P1}{\gamma} + z1 - hf = \frac{P2}{\gamma} + z2 \quad (5)$$

- Escenario 2010

Tabla 3.24: Presiones Cumbe: 2010

Nodo 1 (CU_N_..)	Z1	Nodo 2 (CU_N_..)	Z2	Tubería (CU_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1197	2657.2	1198	2654.33	4069	0.0003492	22.6	25.53
1197	2657.2	1074	2655.15	4106	2.24E-05	22.6	24.71
1198	2654.3	1075	2649.7	4068	4.44E-06	25.53	30.16
1198	2654.3	1199	2640.07	4086	0.0006415	25.53	39.79

Tabla 3.24: Presiones Cumbe: 2010 (continuación)

Nodo 1 (CU_N_..)	Z1	Nodo 2 (CU_N_..)	Z2	Tubería (CU_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1199	2640.1	1078	2640.07	4089	5.85E-06	39.79	39.79
1199	2640.1	1201	2640.04	4109	0.0004907	39.79	39.82
1201	2640	1061	2640.01	4105	2.35E-05	39.82	39.85
1201	2640	1200	2640.04	4087	0.0001083	39.82	39.82
1200	2640	1025	2640.17	4067	5.56E-06	39.82	39.69
1200	2640	1026	2630.85	4088	0.0002033	39.82	49.01

- Escenario 2020

Tabla 3.25: Presiones Cumbe: 2020

Nodo 1 (CU_N_..)	Z1	Nodo 2 (CU_N_..)	Z2	Tubería (CU_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1197	2657.2	1198	2654.33	4069	0.00032822	22.6	25.53
1197	2657.2	1074	2655.15	4106	2.06E-05	22.6	24.71
1198	2654.3	1075	2649.7	4068	3.91E-06	25.53	30.16
1198	2654.3	1199	2640.07	4086	0.00060491	25.53	39.79
1199	2640.1	1078	2640.07	4089	5.21E-06	39.79	39.79
1199	2640.1	1201	2640.04	4109	0.0004688	39.79	39.82
1201	2640	1061	2640.01	4105	2.27E-05	39.82	39.85
1201	2640	1200	2640.04	4087	0.00010362	39.82	39.82
1200	2640	1025	2640.17	4067	5.56E-06	39.82	39.69
1200	2640	1026	2630.85	4088	0.00019371	39.82	49.01

- Escenario 2030

Tabla 3.26: Presiones Cumbe: 2030

Nodo 1 (CU_N_..)	Z1	Nodo 2 (CU_N_..)	Z2	Tubería (CU_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1197	2657.2	1198	2654.33	4069	0.00031557	22.6	25.53
1197	2657.2	1074	2655.15	4106	1.88E-05	22.6	24.71
1198	2654.3	1075	2649.7	4068	3.66E-06	25.53	30.16
1198	2654.3	1199	2640.07	4086	0.00058534	25.53	39.79
1199	2640.1	1078	2640.07	4089	4.80E-06	39.79	39.79
1199	2640.1	1201	2640.04	4109	0.00045954	39.79	39.82
1201	2640	1061	2640.01	4105	2.20E-05	39.82	39.85
1201	2640	1200	2640.04	4087	0.0001027	39.82	39.82
1200	2640	1025	2640.17	4067	6.11E-06	39.82	39.69
1200	2640	1026	2630.85	4088	0.00018669	39.82	49.01

Las Tabla 3.24, 3.25 y 3.26 representan un método de cálculo. Como se verá a continuación este sector contiene ciertas zonas que deben ser valoradas y atendidas, conforme a los cambios que se presentarán.

3.3.1.1. Observaciones del Modelo Hidráulico de Cumbe

Uno de los propósitos a tratar en el trabajo de investigación, se centra en conseguir un modelo hidráulico de funcionamiento óptimo, por ello, y en vista de que se localizaron ciertos puntos con problemas de pérdidas unitarias de carga superiores a lo reglamentario (máximo 12 m/km), presiones dentro de un rango bajo (menores a 10 m.c.a) y otras muy altas en el sector de Cumbe, se ha planteado unas observaciones que mitigan los problemas señalados, siguiendo un análisis previo:

Durante el análisis se notó zonas con presiones bajas (menores a 7 m.c.a.) y pérdidas unitarias de carga en sus tuberías que eran incluso superiores a los 50 m/km (CU_T_4010, CU_T_4045, CU_T_4046, CU_T_4137, CU_T_4138, CU_T_4139, CU_T_4197, CU_T_4198, CU_T_4202, CU_T_4210, CU_T_4216, CU_T_4462, CU_T_4463). Ante estos problemas, se optó por determinar ciertos puntos de enlace, del sector, con la premisa de incrementar las presiones en los nodos que más requieran.

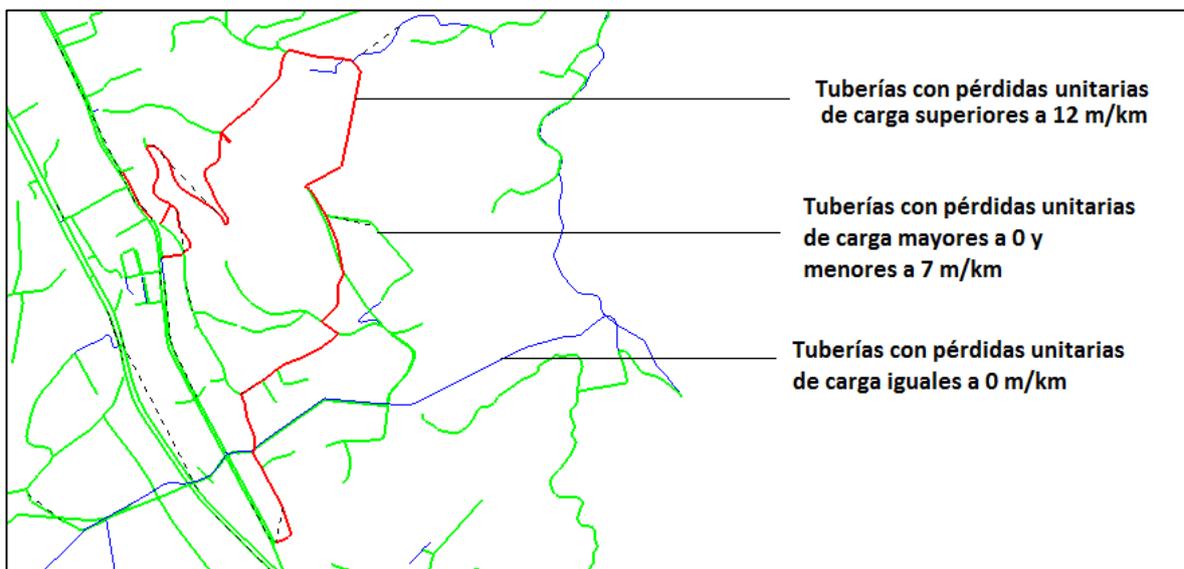


Figura 3.27: Pérdidas unitarias en zonas mayor consideración, antes de su corrección – Cumbe

(Fuente: Autor)

En función de la Figura 3.27, a continuación se presenta las resoluciones tomadas:

- Unión de los nodos CU_N_1303 y CU_N_1150, mediante una tubería de 63 mm, material PVC y de una longitud de 20.77 m, además se cerró la válvula CU_V_2019, reduciendo presiones de valores superiores a 78 m.c.a. a valores menores de 45 m.c.a.
- Cambio de tuberías por diámetros de 110 mm, en material PVC, debido a las excesivas pérdidas de carga presentadas. Las tuberías implicadas en este cambio son: CU_T_4010, CU_T_4045, CU_T_4046, CU_T_4137, CU_T_4138, CU_T_4139, CU_T_4197, CU_T_4198, CU_T_4202, CU_T_4210, CU_T_4216, CU_T_4462, CU_T_4463.
- Colocación de válvula reductora de presión en las tuberías CU_T_4075, CU_T_4440, CU_T_4139, CU_T_4359, CU_T_4360, CU_T_4252, CU_T_4077, CU_T_4345, CU_T_4349, CU_T_4513, CU_T_4292 (de denominación CU_VAUX_02, CU_VAUX_03, CU_VAUX_04, CU_VAUX_09, CU_VAUX_10, CU_VAUX_11, CU_VAUX_12, CU_VAUX_14, CU_VAUX_15, CU_VAUX_16, CU_VAUX_17), con configuraciones entre 10 y 40 m.ca. en sus salidas.
- Colocación de válvula de control en tubería CU_T_4154 (CU_VAUX_13), en estado CERRADO.
- Reemplazo de la tubería CU_T_4227 de diámetro 63 mm por una de 90 mm, por la misma razón del apartado anterior.
- Se decidió el cerrado de las siguientes válvulas considerando su importancia para la obtención de un modelo hidráulico balanceado: CU_V_2025, CU_V_2039 y CU_V_2040.
- Unión, mediante tuberías de PVC de 63 mm, entre los nodos CU_N_1154 - CU_N_1155; CU_N_1175 - CU_N_1139 y CU_N_1167 - CU_N_1168.

Nota: Los resultados de presiones del sector (con las respectivas correcciones) se pueden consultar en el Anexo 11: Tabla 23

A continuación se presentan los esquemas, que muestran los resultados de las resoluciones tomadas:

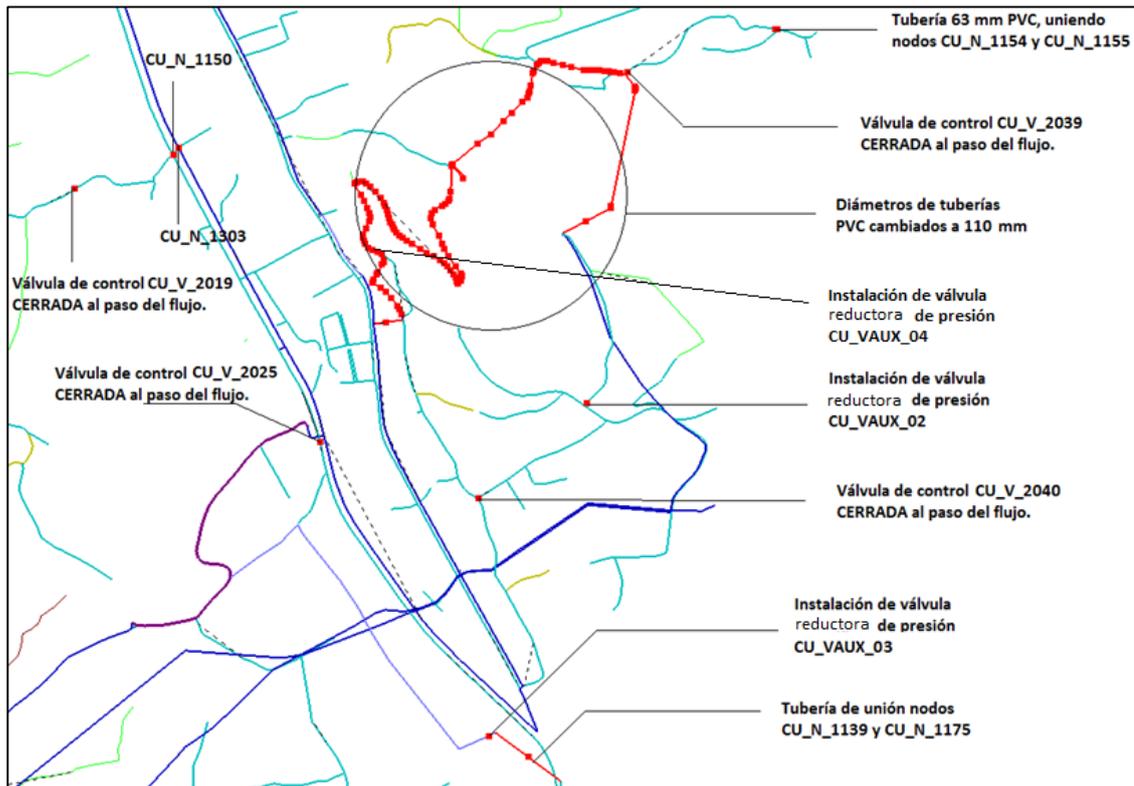


Figura 3.28: Esquema en detalle de resoluciones tomadas
(Fuente: Autor)



Figura 3.29: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención
(Fuente: Autor)

3.3.1.2. Resultados

Como resultado a la modelación hidráulica en l sector de Cumbe, se obtuvieron datos finales de presiones, caudales y pérdidas unitarias de carga. Es importante revisar las tablas 17, 18, 19 y 23 del Anexo 11, que permitirá entender los siguientes resultados:

- Presiones:

Tabla 3.27: Presiones Cumbe (Resumen)

Rango (m.c.a)	Cantidad de Nodos por Escenario					
	2010		2020		2030	
0-7	6	1.58%	6	1.58%	6	1.58%
7-70	324	85.49%	324	85.49%	324	85.49%
>70	49	12.93%	49	12.93%	49	12.93%

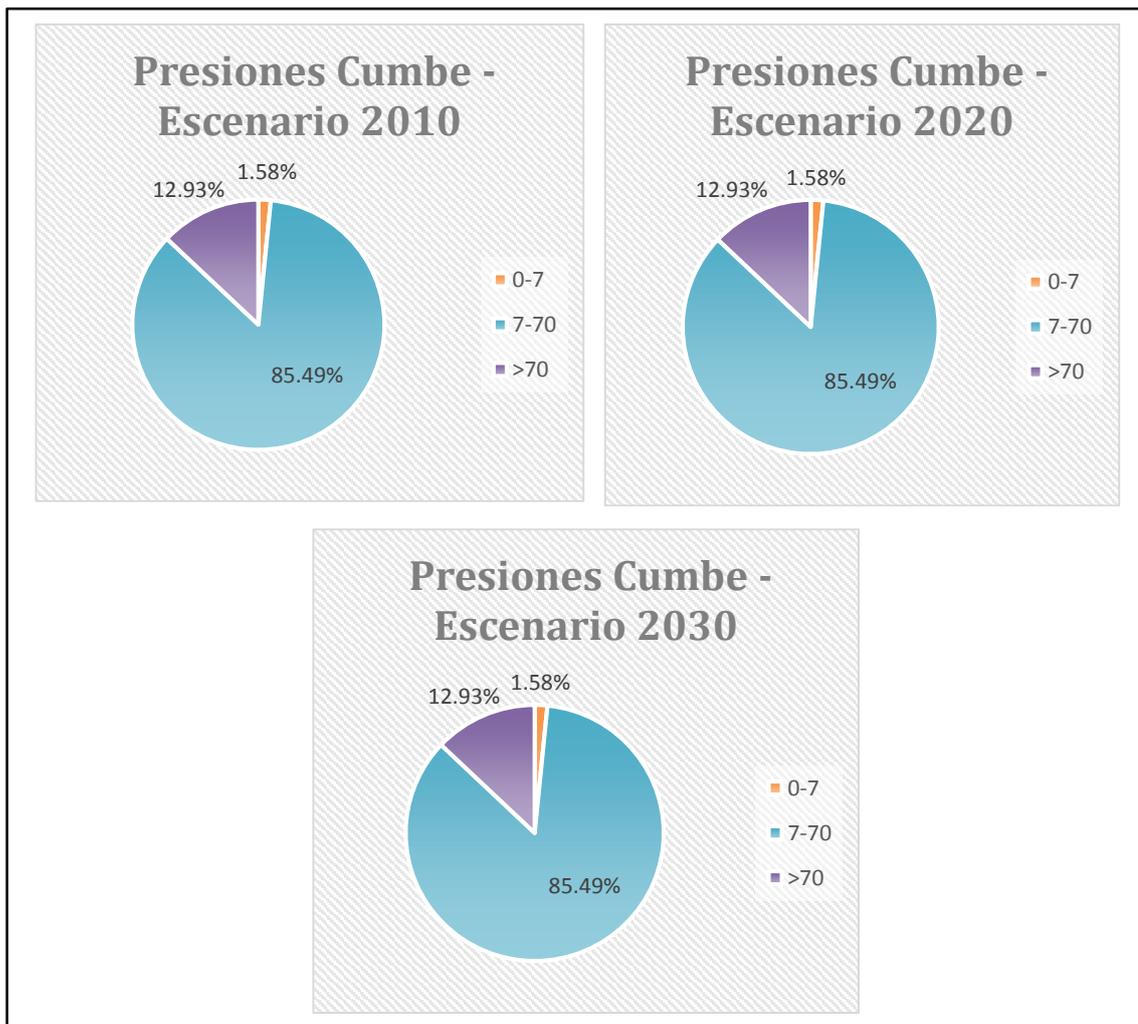


Figura 3.30: Resumen Presiones – Modelo independiente de Cumbe

(Fuente: Autor)

Como se constata en los tres escenarios, el sector de Cumbe, en más del 85% de sus nodos, las presiones se mantienen en rangos lo suficientemente buenos para cubrir las demandas impuestas, además aproximadamente un 13% adicional contienen presiones relativamente altas, por tanto es necesario que sean revisadas y medidas por ETAPA, ya que pueden ser ocasionadas por la falta de accesorios de regulación.

Finalmente el restante 1% de los nodos (6 nodos en total) son valores que se registraron como bajos y que dentro de la distribución de las demandas no tenían incidencia.

La siguiente Figura muestra los nodos que se encuentran por encima de lo establecido por la norma CO 10.7 - 602 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2012), en este caso son los mayores a 70 m.c.a.

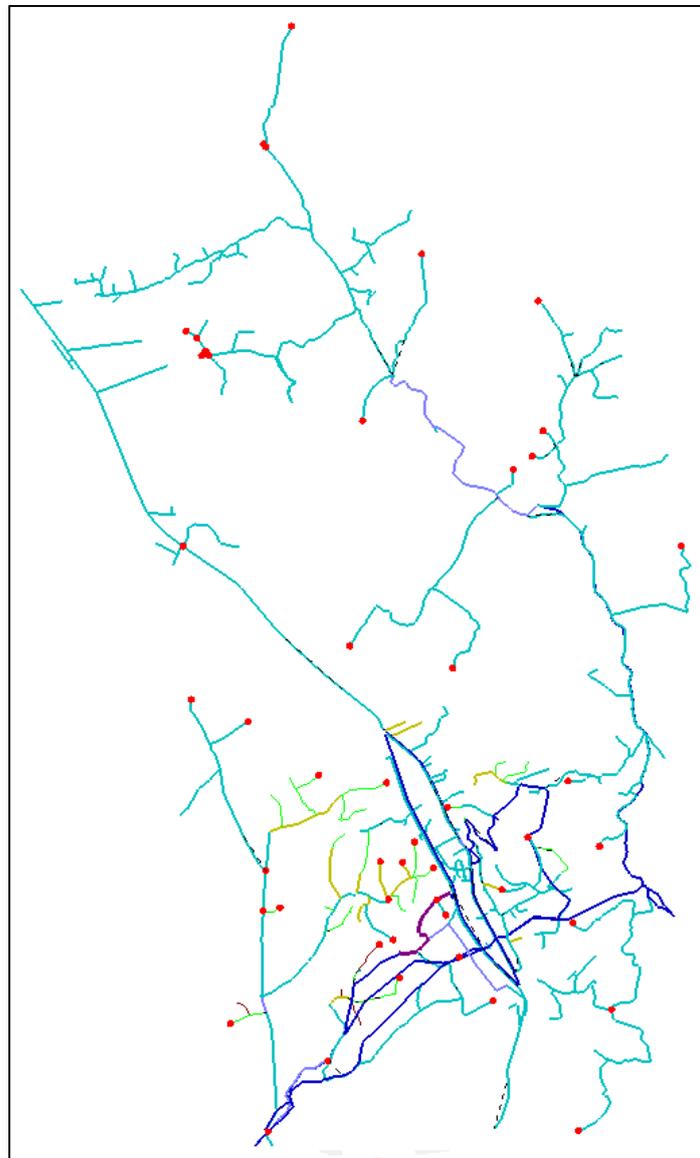


Figura 3.31: Nodos con presiones mayores a 70 m.c.a. – Cumbe

(Fuente: Autor)

- Caudales:

Tabla 3.28: Caudales Cumbe (Resumen)

Rango (l/s)	Número de Tuberías por Escenario					
	2010		2020		2030	
0	14	2.97%	13	2.76%	15	3.18%
0-5	449	95.33%	446	94.69%	442	93.84%
>5	8	1.75%	12	2.62%	14	3.07%

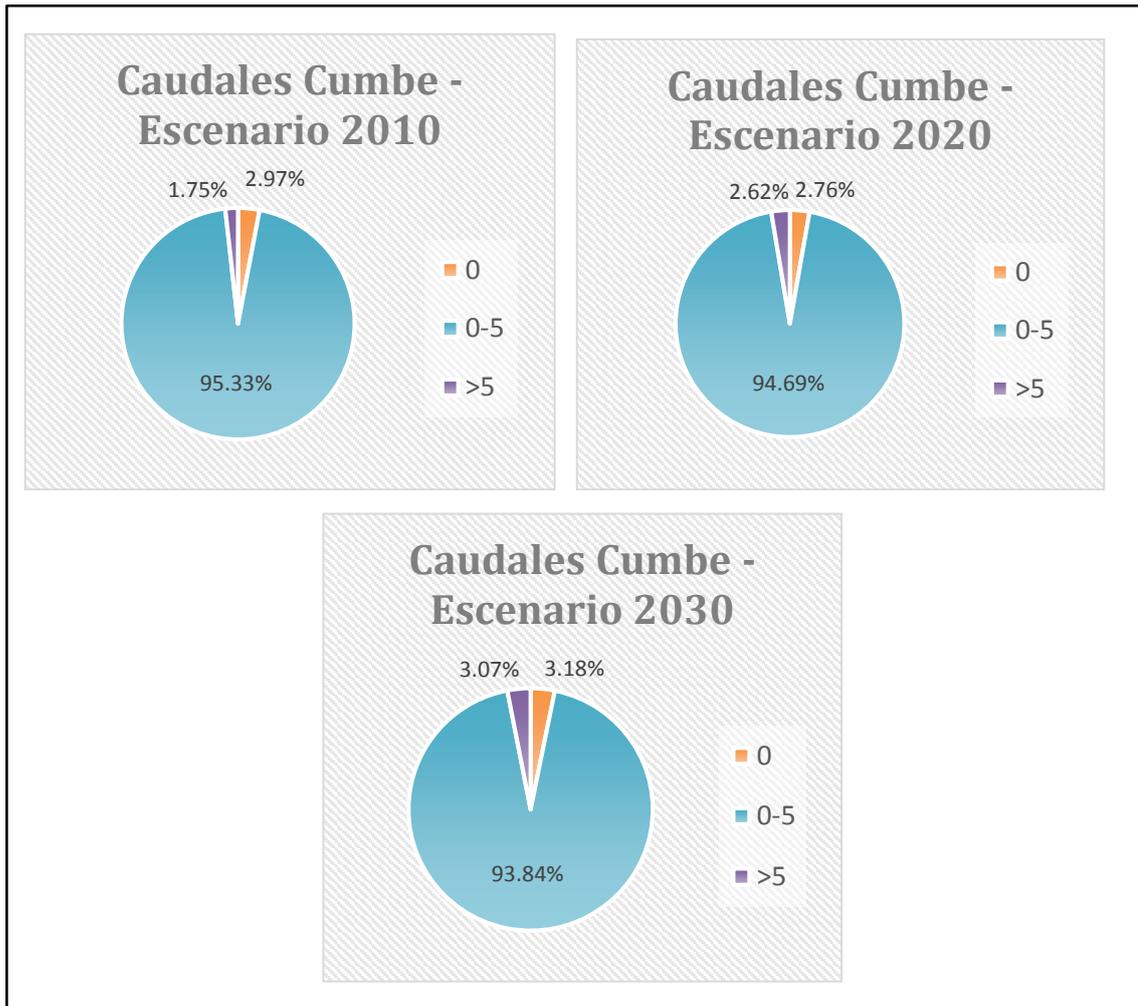


Figura 3.32: Resumen Caudales – Modelo independiente de Cumbe

(Fuente: Autor)

Como se observa, los caudales son casi en su totalidad menores a 5 l/s, evidenciando una densidad poblacional baja, pero que debe ser considerada ya que los incrementos poblacionales son muy variables de un año a otro (Revisar Tabla 2.5). Las tuberías con 0 l/s, son aquellas en las que se ha colocado válvulas de control, a fin de equilibrar el sistema.

- Pérdidas unitarias de carga

Tabla 3.29: Pérdidas de Carga Cumbe (Resumen)

Rango (m/km)	Número de Tuberías por Escenario					
	2010		2020		2030	
0	84	17.83%	78	16.56%	76	16.14%
<7	387	82.17%	392	83.23%	394	83.65%
7-12	0	0.00%	1	0.21%	1	0.21%
>12	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%

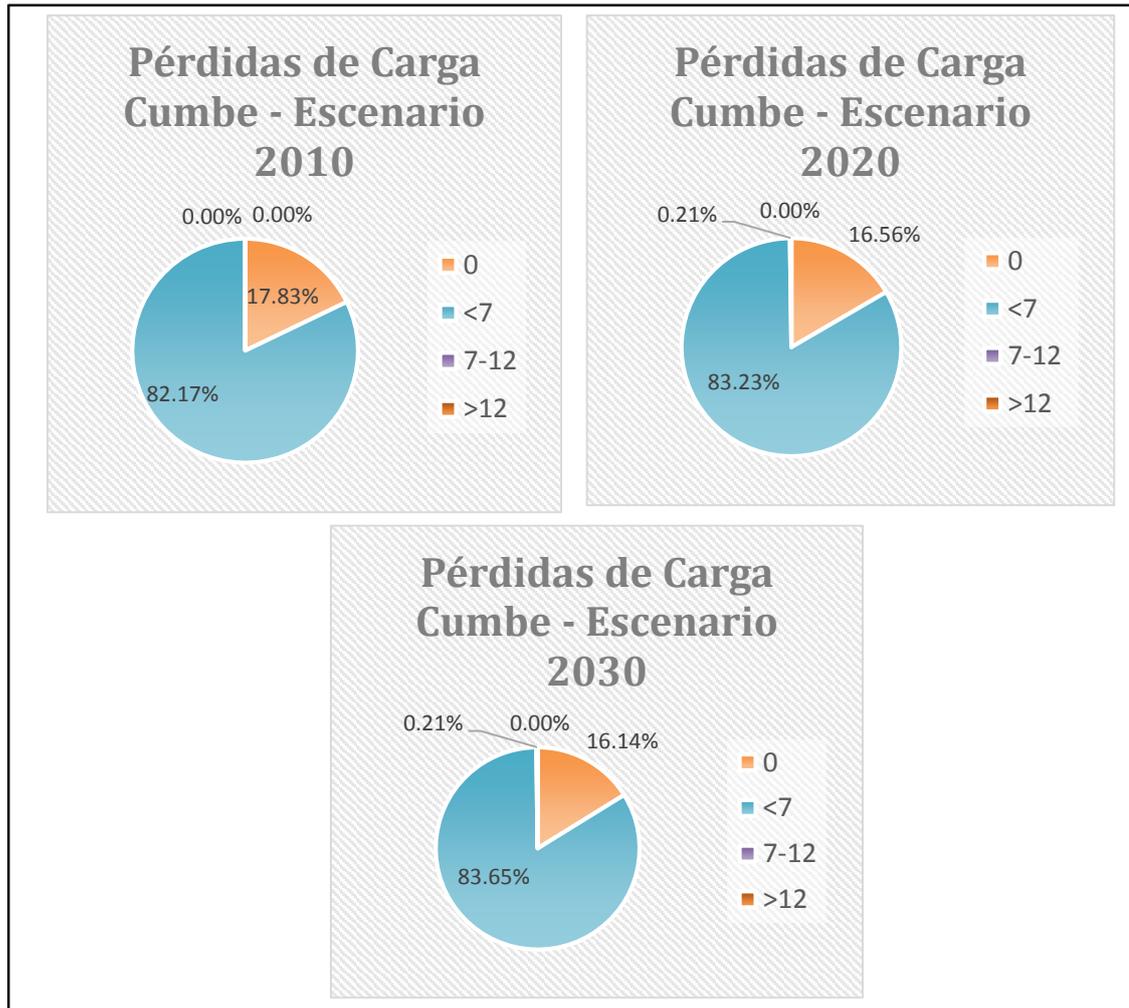


Figura 3.33: Resumen Pérdidas de carga – Modelo independiente de Cumbe (Fuente: Autor)

Por lo tanto, es evidente que las pérdidas de carga (responsables de disminución de presión en los nodos), no superan los 12 m/km, lo que implica un sistema en buenas condiciones, adecuado para garantizar el transporte del agua hacia los distintos nodos demandados.

3.3.2. Modelo Hidráulico del Sector de Zhizhio

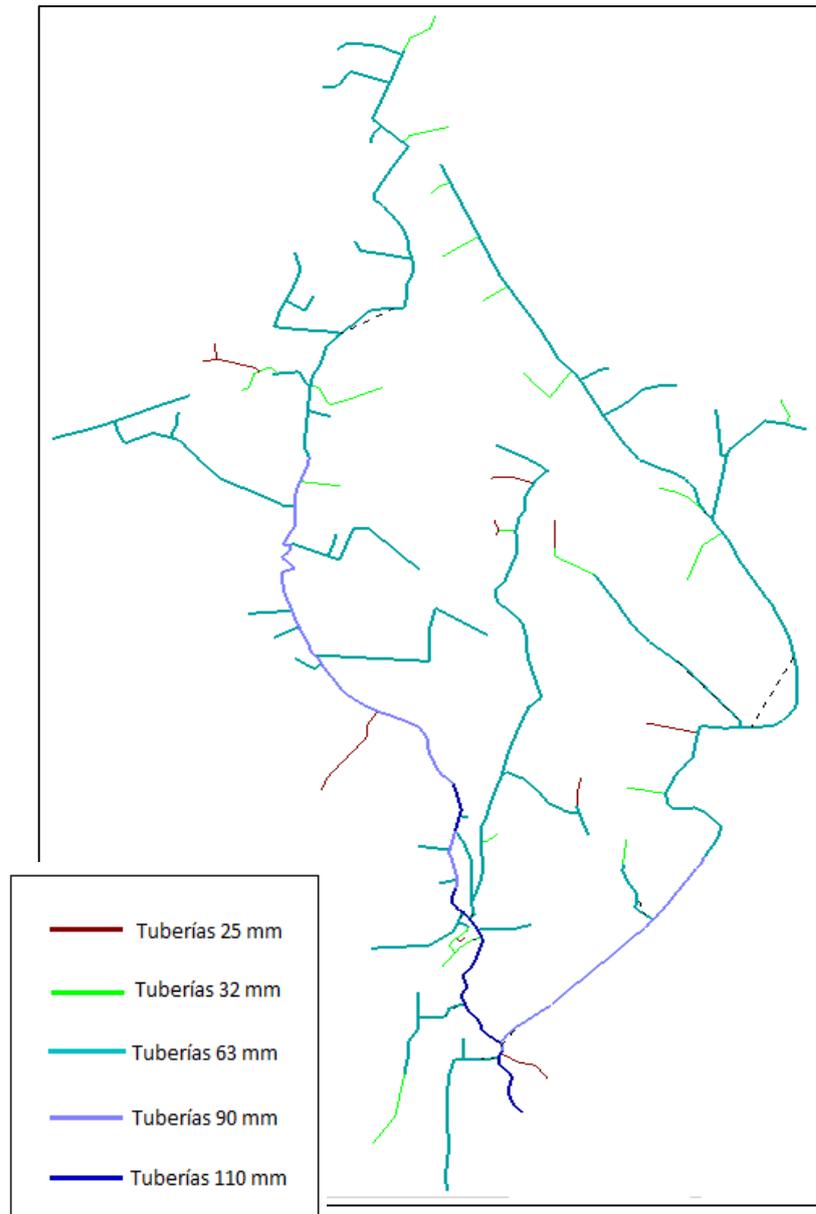


Figura 3.34: Modelo Hidráulico del Sector de Zhizhio

(Fuente: Autor)

Para el sector de Zhizhio, los procedimientos a seguir, son similares a los de Cumbe. En este caso la sub zona usada para el ejemplo de aplicación es la Z18:

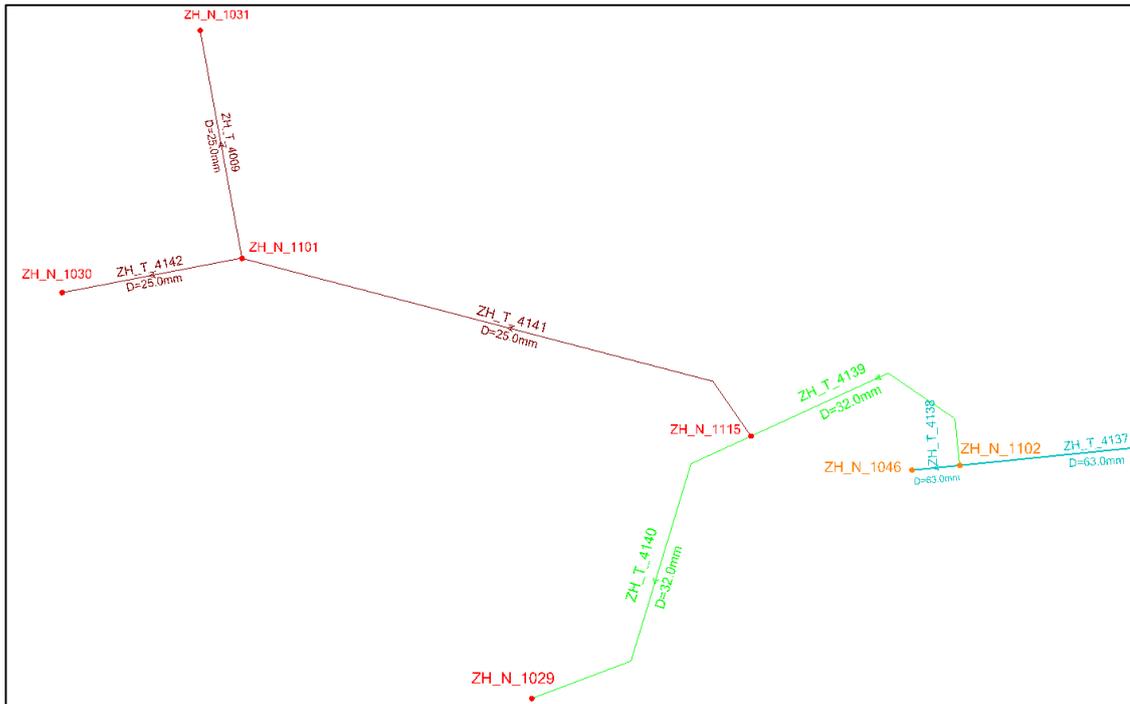


Figura 3.35: Extracto de red del Sector de Zhizhio: Cálculo tuberías (Sub zona Z18)
(Fuente: Autor)

De acuerdo a la Figura 3.35 y a los Anexos: 5 (Tabla 3), 7 (Tabla 7) y 11 (Tabla 16), se han extraído los datos necesarios para el cálculo.

Tabla 3.30: Datos de nodos (ejemplo de análisis 2)

#	Nodo	Elevación (m)	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
1	ZH_N_1029	2662.52	0.0139	0.0153	0.0163
2	ZH_N_1030	2643.42	0.0115	0.0125	0.0134
3	ZH_N_1031	2634.44	0.0238	0.0261	0.0278
4	ZH_N_1046	2683.08	0.0061	0.0067	0.0072
5	ZH_N_1101	2644.01	0.0067	0.0073	0.0078
6	ZH_N_1102	2687.3	0	0	0
7	ZH_N_1115	2667.99	0.0051	0.0056	0.006

Nota: En la Tabla 3.30, el nodo ZH_N_1102 no tiene valores de caudal debido a la cercanía con el nodo ZH_N_1046. (Revisar explicación después de la Tabla 3.16).

Tabla 3.31: Datos de tuberías (ejemplo de análisis 2)

Tubería	D(mm)	Material	Rugosidad	Longitud (m)	Puntos límite	
					Punto 1	Punto 2
ZH_T_4009	25	PVC	130	80.53	ZH_N_1101	ZH_N_1031
ZH_T_4139	32	PVC	130	96.5	ZH_N_1102	ZH_N_1115
ZH_T_4140	32	PVC	130	131.15	ZH_N_1115	ZH_N_1029
ZH_T_4141	32	PVC	130	332.96	ZH_N_1090	ZH_N_1047
ZH_T_4142	32	PVC	130	130.99	ZH_N_1107	ZH_N_1060
ZH_T_4137	63	PVC	130	201.08	ZH_N_1119	ZH_N_1102
ZH_T_4138	63	PVC	130	16.63	ZH_N_1102	ZH_N_1046

Procedimiento:

- 1) Se toma como punto de partida a la tubería ZH_T_4137, y se le asigna la sumatoria de todas las demandas de la Tabla 3.30

$$Q(ZH_T_4137) = \sum_{i=1}^7 Q_i (\text{nodos } 2010, 2020, 2030)$$

Tabla 3.32: Caudales en tubería ZH_T_4137

Tubería	Sumatorias de Caudal		
	Q 2010 (l/s)	Q 2020 (l/s)	Q 2030 (l/s)
ZH_T_4137	0.0671	0.0735	0.0785

- 2) El caudal de la tubería ZH_T_4137, se redistribuye hacia las demás tuberías de manera que llegue el flujo necesario para cubrir las demandas de cada nodo. En las siguientes imágenes se muestran los valores de caudales asignados según sea el escenario de análisis.

- Escenario 2010

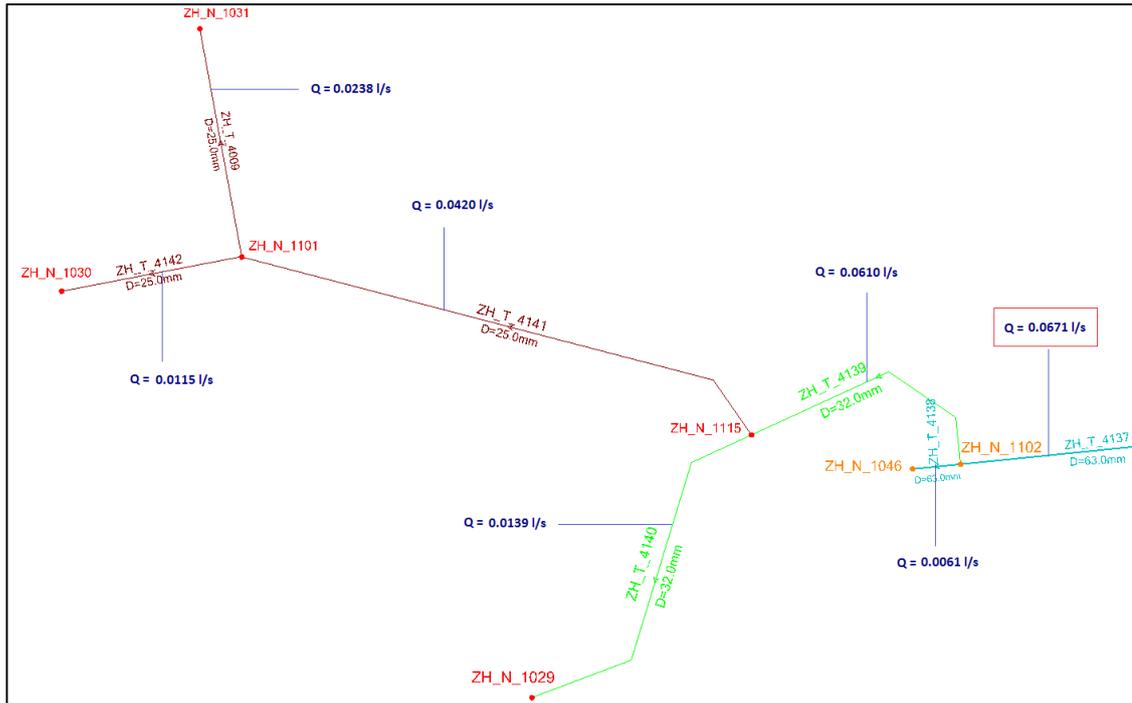


Figura 3.36: Distribución de caudales – Extracto Zhizhio (Escenario 2010)

(Fuente: Autor)

- Escenario 2020

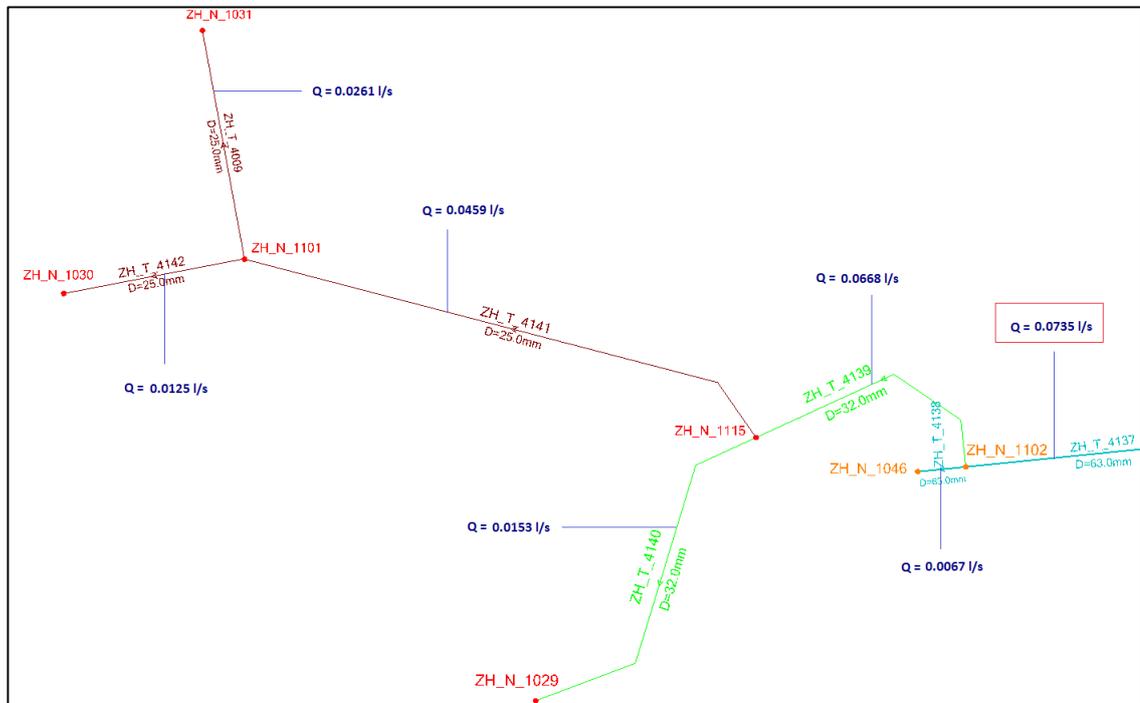


Figura 3.37: Distribución de caudales – Extracto Zhizhio (Escenario 2020)

(Fuente: Autor)

- Escenario 2030

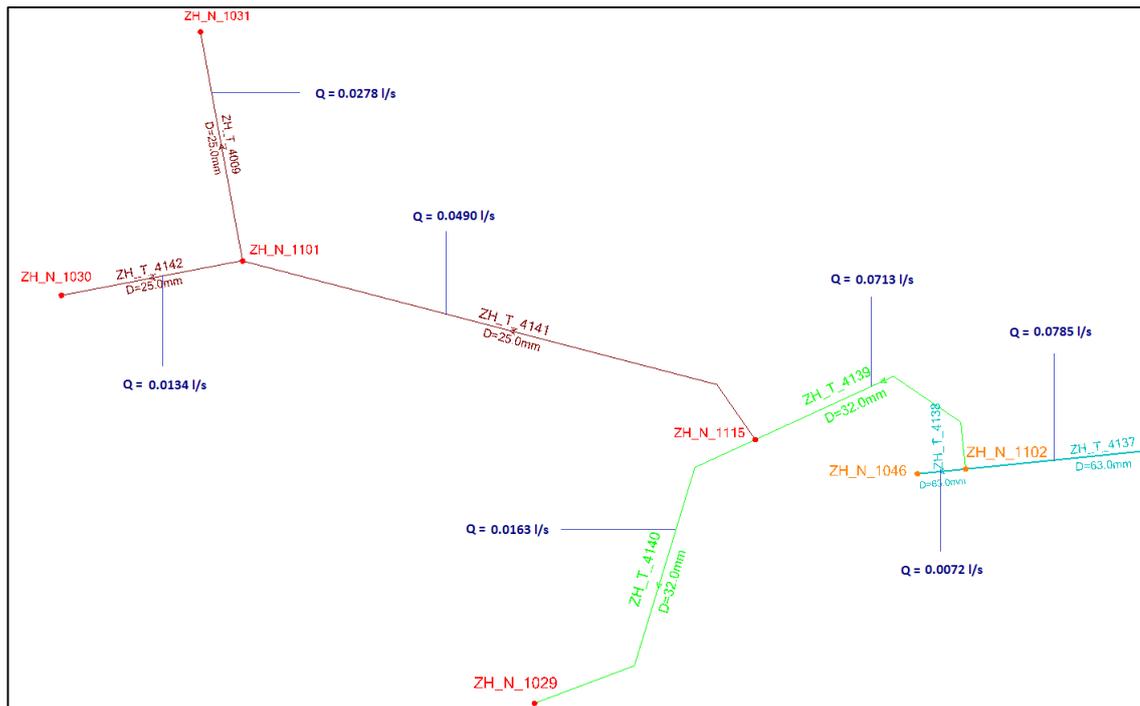


Figura 3.38: Distribución de caudales – Extracto Zhizhio (Escenario 2030)

(Fuente: Autor)

- 3) Obtenido ya la distribución de caudales y con el empleo de la ecuación 3, se calcula los valores de las pérdidas por fricción y las pérdidas unitarias

$$HF = \frac{10.667 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}} \quad (3)$$

- Escenario 2010

Tabla 3.33: Resultados Zhizhio - Escenario 2010

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
ZH_T_4009	25	0.080530	0.023800	0.018198335	0.225982053
ZH_T_4137	63	0.201080	0.067100	0.003434713	0.017081327
ZH_T_4138	63	0.016630	0.006100	3.34776E-06	0.000201309
ZH_T_4139	32	0.096500	0.061000	0.037444827	0.388029297
ZH_T_4140	32	0.131150	0.013900	0.003289011	0.025078241
ZH_T_4141	25	0.191340	0.042000	0.123798927	0.647010175
ZH_T_4142	25	0.063320	0.011500	0.003720546	0.05875784

- Escenario 2020

Tabla 3.34: Resultados Zhizhio - Escenario 2020

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
ZH_T_4009	25	0.080530	0.026100	0.02158884	0.268084462
ZH_T_4137	63	0.201080	0.073500	0.00406597	0.020220665
ZH_T_4138	63	0.016630	0.006700	3.983E-06	0.000239509
ZH_T_4139	32	0.096500	0.066800	0.04430441	0.459113085
ZH_T_4140	32	0.131150	0.015300	0.00392871	0.029955888
ZH_T_4141	25	0.191340	0.045900	0.14592721	0.762659208
ZH_T_4142	25	0.063320	0.012500	0.00434182	0.068569466

- Escenario 2030

Tabla 3.35: Resultados Zhizhio. Escenario 2030

Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (Km)	Caudal (L/s)	Pérdidas Fricción (m)	Pérdida Unitaria (m/km)
ZH_T_4009	25	0.080530	0.027800	0.0242651	0.30131752
ZH_T_4137	63	0.201080	0.078500	0.00459303	0.02284178
ZH_T_4138	63	0.016630	0.007200	4.551E-06	0.00027366
ZH_T_4139	32	0.096500	0.071300	0.04998996	0.51803067
ZH_T_4140	32	0.131150	0.016300	0.00441747	0.03368256
ZH_T_4141	25	0.191340	0.049000	0.16470331	0.86078871
ZH_T_4142	25	0.063320	0.013400	0.00493847	0.07799226

Para resultados completos, revisar Anexo 11: Tablas 20, 21 y 22

- 4) Para el cálculo de las presiones en cada nodo se empleará la ecuación 5 y partiendo como dato inicial una presión de 49.5 m.c.a. en el nodo ZH_N_1102 (obtenido del software Bentley WaterGEMS), ya que si fuera el punto de partida de la red su valor sería de 0 m.c.a.

$$\frac{P1}{\gamma} + z1 - hf = \frac{P2}{\gamma} + z2 \quad (3)$$

- Escenario 2010

Tabla 3.36: Presiones Zhizhio: 2010

Nodo 1 (ZH_N_..)	Z1	Nodo 2 (ZH_N_..)	Z2	Tubería (ZH_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1102	2687.3	1046	2683.08	4138	3.35E-06	49.5	53.72
1102	2687.3	1115	2667.99	4139	0.03744483	49.5	68.77
1115	2667.99	1029	2662.52	4140	0.00328901	68.77	74.24
1115	2667.99	1101	2644.01	4141	0.12379893	68.77	92.63
1101	2644.01	1030	2643.42	4142	0.00372055	92.63	93.22
1101	2644.01	1031	2634.44	4009	0.01819834	92.63	102.18

- Escenario 2020

Tabla 3.37: Presiones Zhizhio: 2020

Nodo 1 (ZH_N_..)	Z1	Nodo 2 (ZH_N_..)	Z2	Tubería (ZH_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1102	2687.3	1046	2683.08	4138	3.98E-06	49.5	53.72
1102	2687.3	1115	2667.99	4139	0.04430441	49.5	68.77
1115	2667.99	1029	2662.52	4140	0.00392872	68.77	74.24
1115	2667.99	1101	2644.01	4141	0.14592721	68.77	92.6
1101	2644.01	1030	2643.42	4142	0.00434182	92.6	93.19
1101	2644.01	1031	2634.44	4009	0.02158884	92.6	102.15

- Escenario 2030

Tabla 3.38: Presiones Zhizhio: 2030

Nodo 1 (ZH_N_..)	Z1	Nodo 2 (ZH_N_..)	Z2	Tubería (ZH_T_..)	Hf (m)	P1 (mca)	P 2 (mca)
1102	2687.3	1046	2683.08	4138	4.55E-06	49.5	53.72
1102	2687.3	1115	2667.99	4139	0.04998996	49.5	68.76
1115	2667.99	1029	2662.52	4140	0.00441747	68.76	74.23
1115	2667.99	1101	2644.01	4141	0.16470331	68.76	92.58
1101	2644.01	1030	2643.42	4142	0.00493847	92.59	93.18
1101	2644.01	1031	2634.44	4009	0.0242651	92.59	102.14

Las Tabla 3.36, 3.37 y 3.38 representan el método de cálculo empleado. Las presiones altas, deben ser revisadas por ETAPA EP. Los resultados de presiones se pueden consultar en el Anexo 11: Tabla 24.

3.3.2.1.Resultados:

Como resultado a la modelación hidráulica del sector de Zhizhio, se obtuvieron datos finales de presiones, caudales y pérdidas unitarias de carga. Es importante revisar las tablas 20, 21, 22 y 24 del Anexo 11, que permitirá entender los siguientes resultados:

- Presiones:

Tabla 3.39: Presiones Zhizhio (Resumen)

Rango (m.c.a)	Cantidad de Nodos por Escenario					
	2010		2020		2030	
0-7	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
7-70	74	54.41%	74	54.41%	75	55.15%
>70	62	45.59%	62	45.59%	61	44.85%

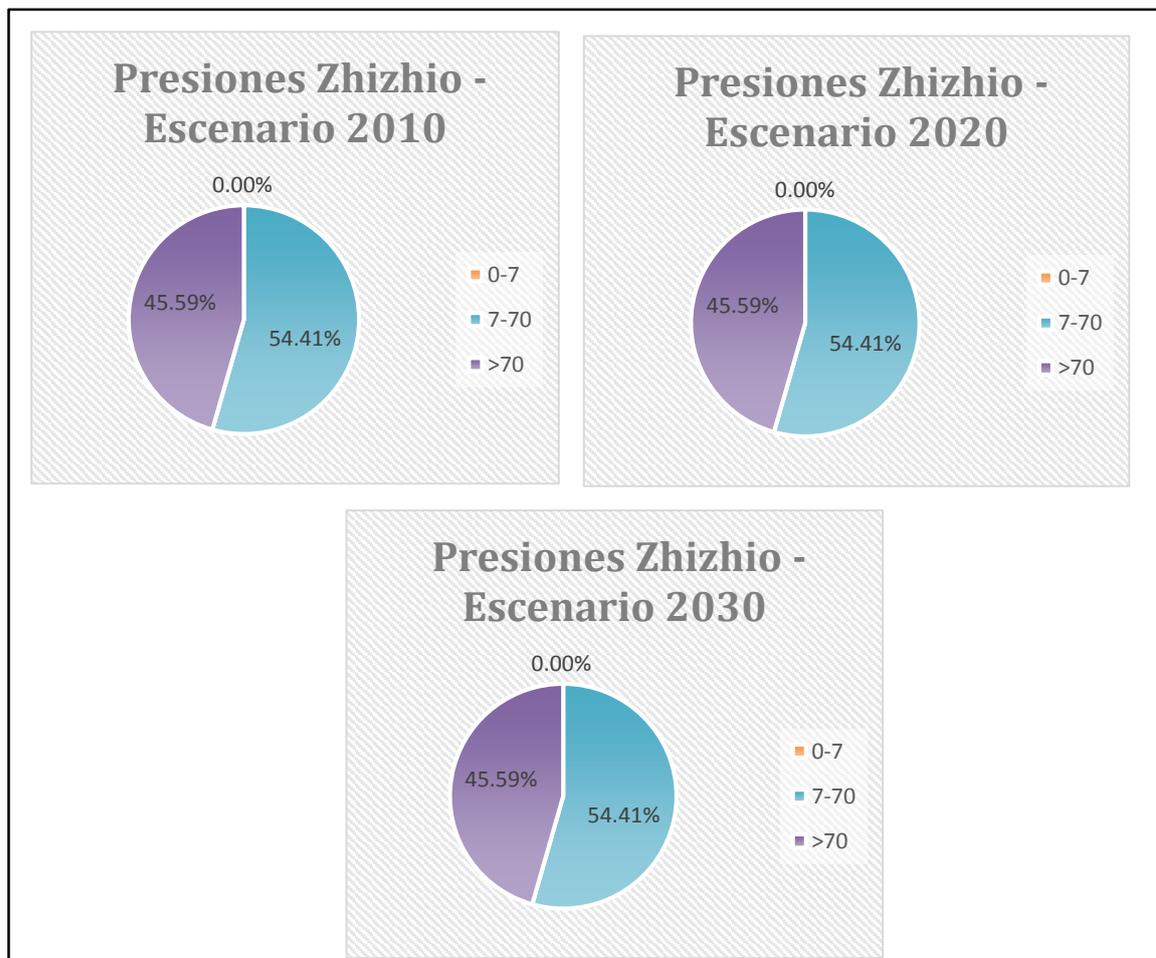


Figura 3.39: Resumen Presiones – Modelo independiente de Zhizhio

(Fuente: Autor)

Es evidente el cambio de este sector, pues ahora no se tiene en ningún escenario, presiones bajas que impidan el transporte del agua, por lo demás, se recalca realizar la debida revisión por parte de ETAPA EP a todos aquellos nodos que se encuentren dentro del 45.49% mostrado, ya que en este caso representa un gran porcentaje de consideración.

La siguiente imagen muestra los nodos que se encuentran por encima de lo establecido por la norma CO 10.7 - 602 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2012), en este caso son los mayores a 70 m.c.a.

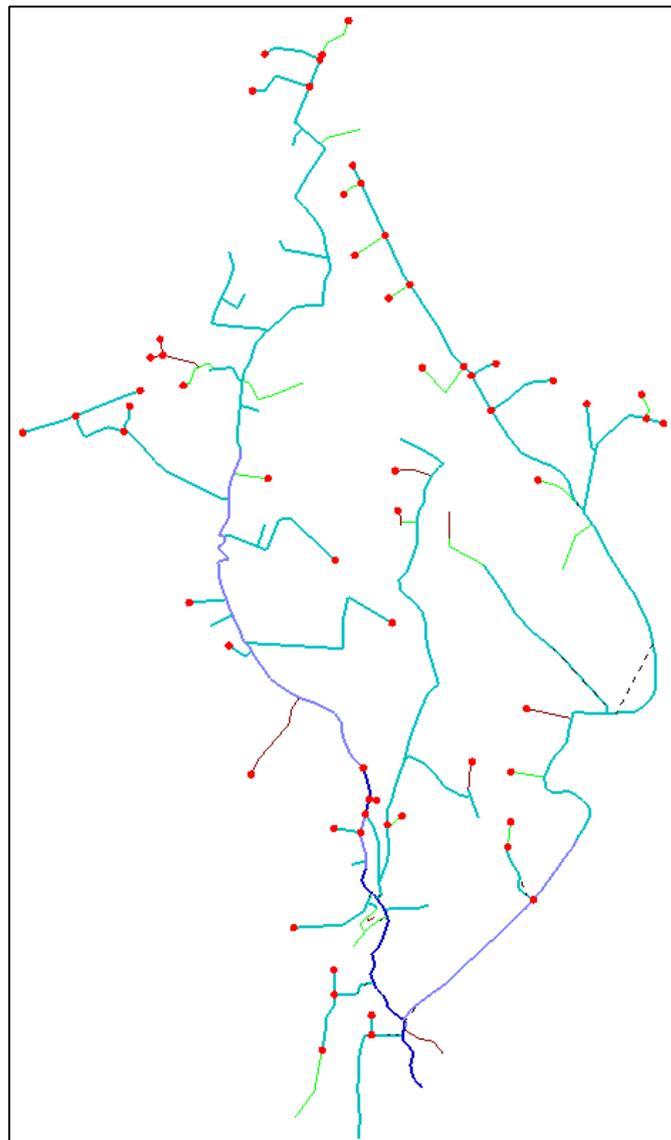


Figura 3.40: Nodos con presiones mayores a 70 m.c.a. – Zhizhio
(Fuente: Autor)

- Caudales:

Tabla 3.40: Caudales Zhizhio (Resumen)

Rango (l/s)	Número de Tuberías por Escenario					
	2010		2020		2030	
0	2	1.30%	2	1.30%	2	1.30%
0-5	151	98.05%	152	98.70%	151	98.05%
>5	1	0.66%	0	0.00%	1	0.66%

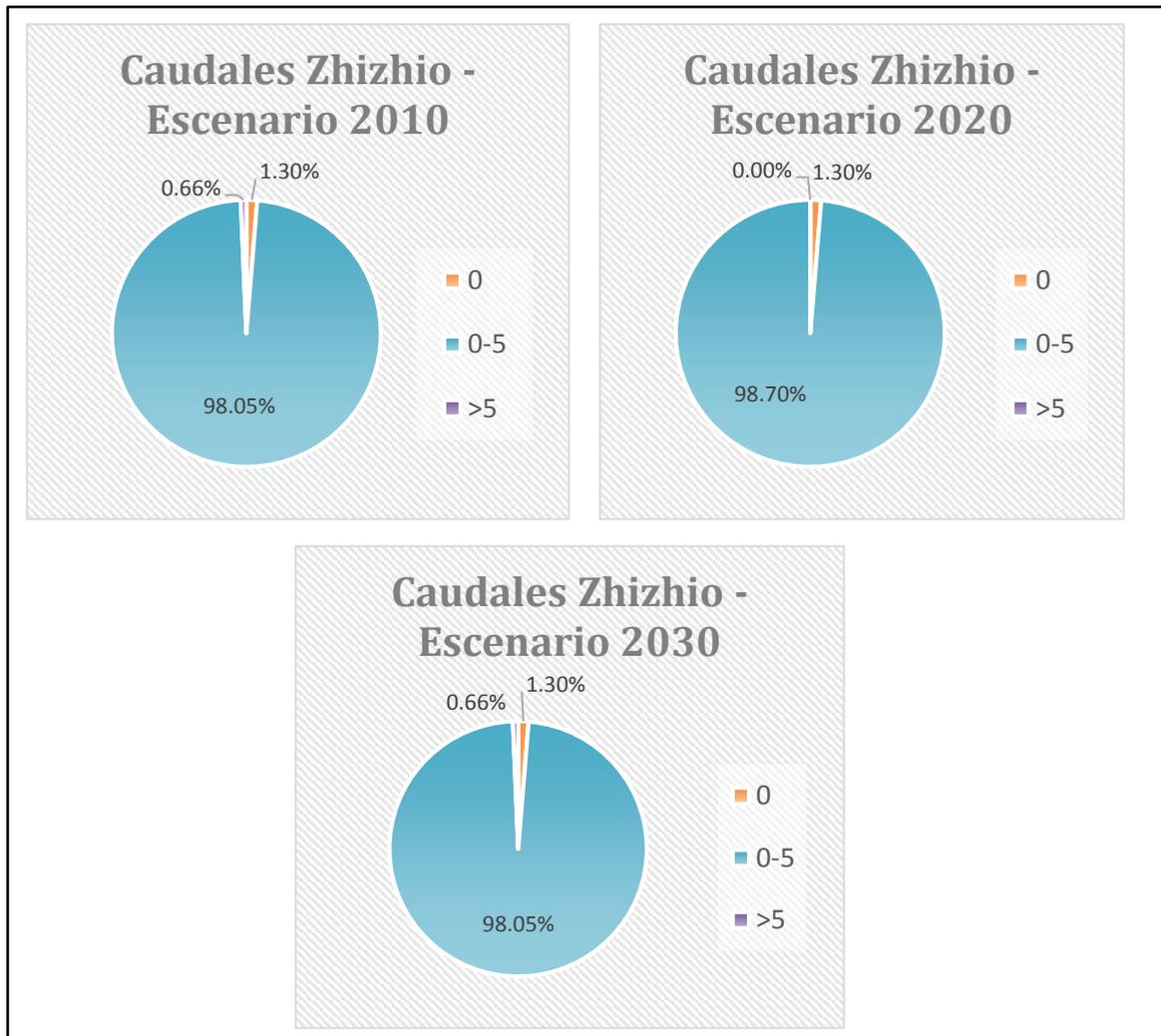


Figura 3.41: Resumen Caudales – Modelo independiente de Zhizhio

(Fuente: Autor)

Destacable de estas ilustraciones, el hecho de poseer en casi un 100% caudales más pequeños que Cumbe, además se nota que se requirió muy poco el empleo de válvulas de control (2 tuberías sin caudal), dando por consiguiente un sistema bastante estable en cuanto a caudales.

- Pérdidas unitarias de carga

Tabla 3.41: Pérdidas de Carga Zhizhio (Resumen)

Rango (m/km)	Número de Tuberías por Escenario					
	2010		2020		2030	
0	17	11.04%	11	7.14%	12	7.79%
0-7	137	88.96%	143	92.86%	142	92.21%
7-12	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
>12	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%

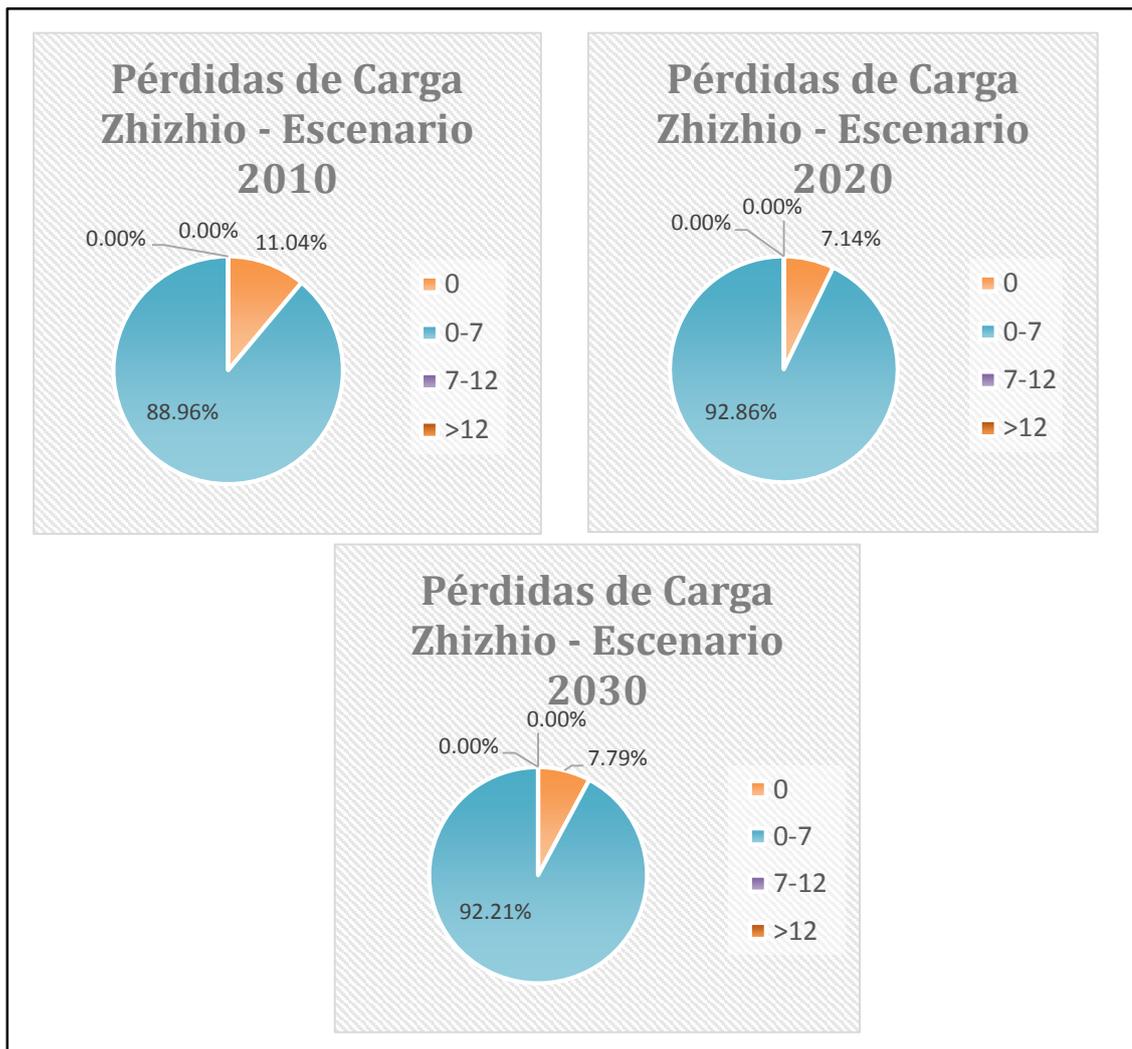


Figura 3.42: Resumen Pérdidas de carga – Modelo independiente de Zhizhio

(Fuente: Autor)

Como se observa, los resultados en pérdidas de carga son mucho mejores a los de Cumbe, en este caso los valores no superan 7 m/km, esto acompañado poblaciones relativamente, dan por resultado un sistema de agua potable que cubre óptimamente todos sus puntos territoriales.

3.4. Análisis de alternativas

Una vez realizada la modelación hidráulica en los sectores de estudio, es necesario realizar un análisis profundo de los problemas que se pueden presentar, al evaluar los distintos escenarios con respecto a caudales, presiones y pérdidas de carga; este último incide directamente sobre las tuberías y accesorios de distribución en una red de agua potable, ya que si la tubería tiene un diámetro insuficiente, las pérdidas se incrementarán y consecuentemente la presión de los nodos intervenidos disminuirá.

Es de total conocimiento que en el punto anterior, se cuantificó el número de tuberías afectadas por una pérdida unitaria de carga determinada (m/km), según un rango específico; ésta valoración será complementada con los cambios desarrollados, mediante análisis de interconexión entre sectores colindantes en los que se enfoque la el control y medición en el funcionamiento de presiones, la reducción de pérdidas unitarias (no superior a los 12 m/km) y la cuantificación de áreas que pueden ser absorbidas por uno u otro sistema.

De este modo, a continuación se presentarán los cambios e interconexiones desarrolladas durante la modelación hidráulica, al igual que las áreas que han sido absorbidas de parte de cualquiera de los sectores.

3.4.1. Alternativa 1

Sectores Intervenidos: Zhizhio – Cumbe

Sub zonas interconectadas: 9 (2 de Zhizhio y 7 de Cumbe)

Objetivo de la Interconexión:

Reducir las presiones en las zonas altas del sector de Zhizhio, además disminuir el caudal aportado por parte de su Planta de Tratamiento, y enlazar sus áreas de aporte a las zonas abastecidas por el Tanque de Almacenamiento de Monserrat ubicada en el Sector de Cumbe.

Análisis de Alternativa 1:

Al elaborar la respectiva interconexión en el primer sitio de análisis de consideración, se hizo un énfasis específico en atender a las zonas altas del Sector de Zhizhio; en ellas, los valores de presiones se manejaban en el orden desde los 38.1 m.c.a (ZH_N_1058. Escenario 2030), hasta los 73.9 m.c.a (ZH_N_1054. Escenario 2030); por su parte, en las pérdidas unitarias, los resultados obtenidos fueron bajos y en su totalidad se mantuvieron en valores inferiores a 7 m/km (coloración verde), asegurando así el transporte del flujo hacia los puntos de abastecimiento.

Inversamente al párrafo anterior, en las zonas de conexión con el sector de Cumbe, los resultados fueron bastante buenos, casi en su totalidad, no se registraron presiones superiores a los 51 m.c.a, excepto unos nodos en los que por su alejamiento de la conducción principal (puntos de ubicación demasiado bajos) las presiones llegaron a valores altos (145 m.c.a. en nodo CU_N_1063. Escenario 2030, como el mayor valor). Para el resto de escenarios (2010 y 2020), los resultados obtenidos fueron más favorables a lo argumentado (caudales mejor distribuidos, menores pérdidas unitarias de carga y mayores presiones en los nodos).

En caso de requerir mayor información revisar el Anexo 11.

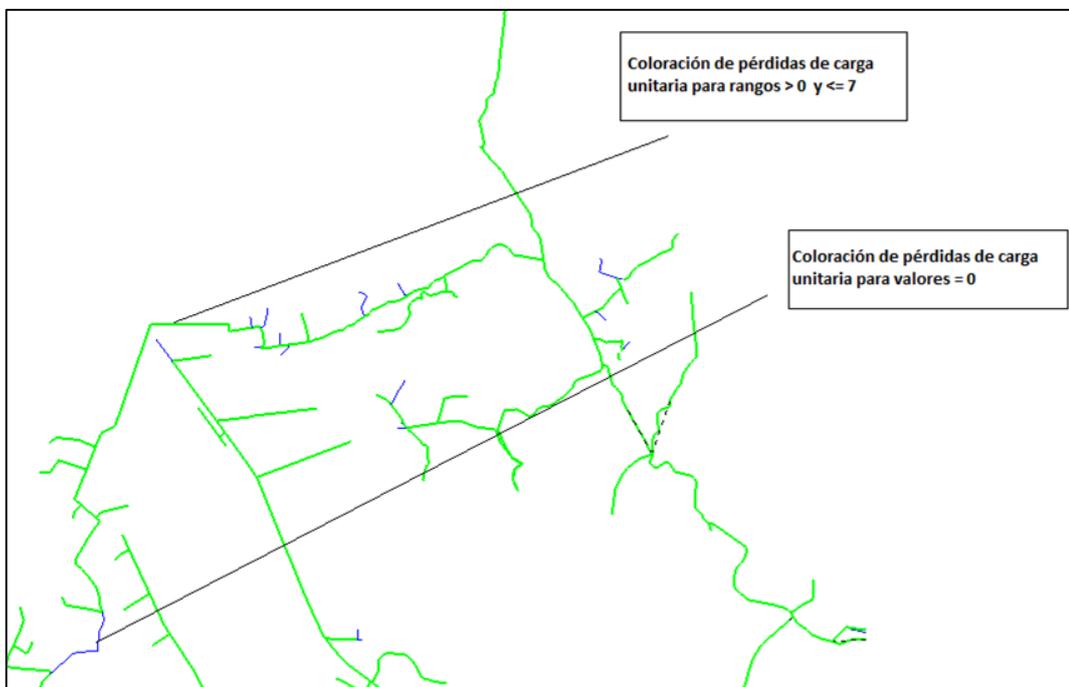


Figura 3.43: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención – Alternativa 1.

Escenario 2030 (Fuente: Autor)

Por tanto, se decidió absorber las sub zonas Z20 y Z19 (con todas sus áreas de aporte) hacia la red abastecida por el Tanque de Almacenamiento de Monserrat, influyendo directamente en la red de distribución de las sub zonas C31, C35, C36, C42, C43, C44, C45 y a sus respectivas áreas de aporte.

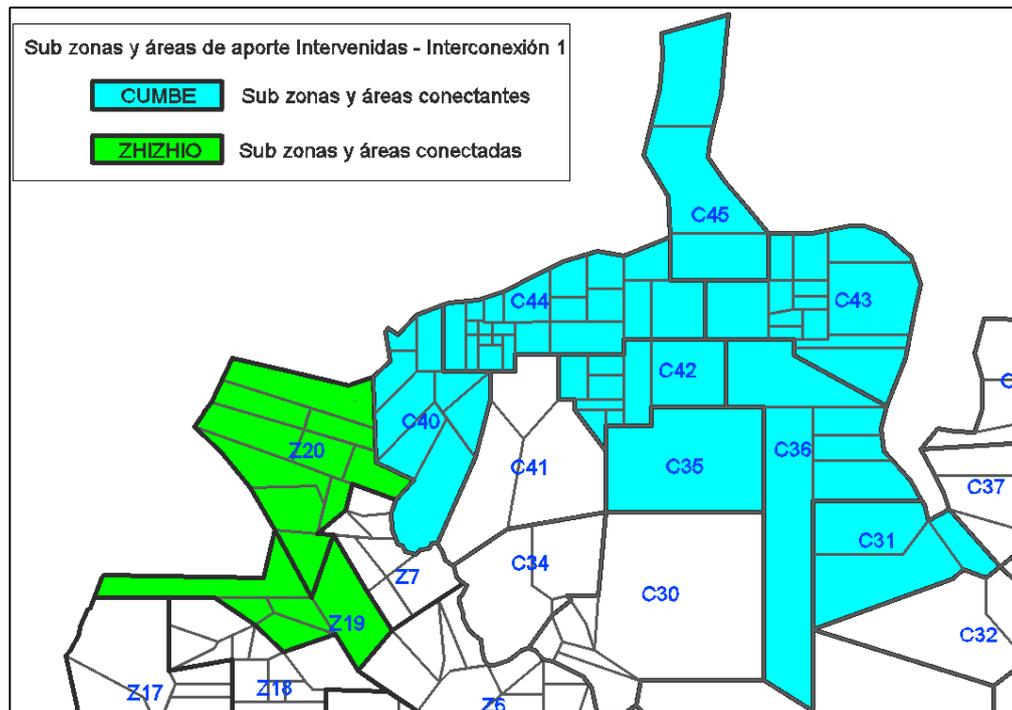


Figura 3.44: Sub zonas y áreas de aporte Intervenidas – Alternativa 1

(Fuente: Autor)

Resoluciones tomadas para la alternativa seleccionada:

- Colocación de una tubería nueva entre los nodos CU_N_1026 y ZH_N_1053, de un diámetro de 63mm, material PVC y de una longitud de 1049.24 m (de denominación U_TN_01)
- Cambio de la tubería ZH_T_4074 de diámetro 32 mm por una de 63 mm, de material PVC, con el objetivo de disminuir las pérdidas de carga provocadas por el incremento del caudal hacia las zonas de Zhizhio.
- Reemplazo de los tapones ZH_N_1053 y CU_N_1026, por una unión de tuberías y un codo respectivamente.
- Colocación de 2 tapones en la tubería ZH_T_4086, denominados ZH_N_1098 y ZH_N_1118, más una válvula de control CERRADA (ZH_VAUX_01), ubicada entre los nuevos tapones, para evitar el paso del flujo proveniente de la Planta de Tratamiento de Zhizhio.

Valoración de Alternativa 1: De acuerdo a las resoluciones planteadas y conforme a lo mostrado en la Figura 3.44 se ha absorbido un total de 1.476 Km² del sector de Zhizhio hacia el Tanque de Reserva de Monserrat del sector de Cumbe.

Se consiguieron los siguientes resultados de caudal, presiones y pérdidas unitarias de carga:

Tabla 3.42: Evaluación de Caudales – Alternativa 1

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	2.38	2.7	3.04

Los datos colocados corresponden a la salida del Tanque Monserrat (CU_T_4286).

Tabla 3.43: Evaluación de Presiones – Alternativa 1

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	23.00	22.30	21.40
Máximo	58.80	58.20	57.40

Los valores presentados han sido tomados de los nodos ZH_N_ 1059 (máximo) y ZH_N_ 1051 (mínimo). Como se nota, los valores de presiones son bastante buenos en ambos rangos, además de reducir los valores de presiones en al menos 20 m.c.a.

Tabla 3.44: Evaluación de Pérdidas de carga – Alternativa 1

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	2.24	2.82	3.51

Los valores máximos colocados corresponden a la salida del Tanque Monserrat (CU_T_4286).

En general, las zonas intervenidas, sufrieron reducciones de presión en promedio 20 m.c.a., consiguiendo además caudales y pérdidas de carga bajas, en vista de las condiciones de población del sector.

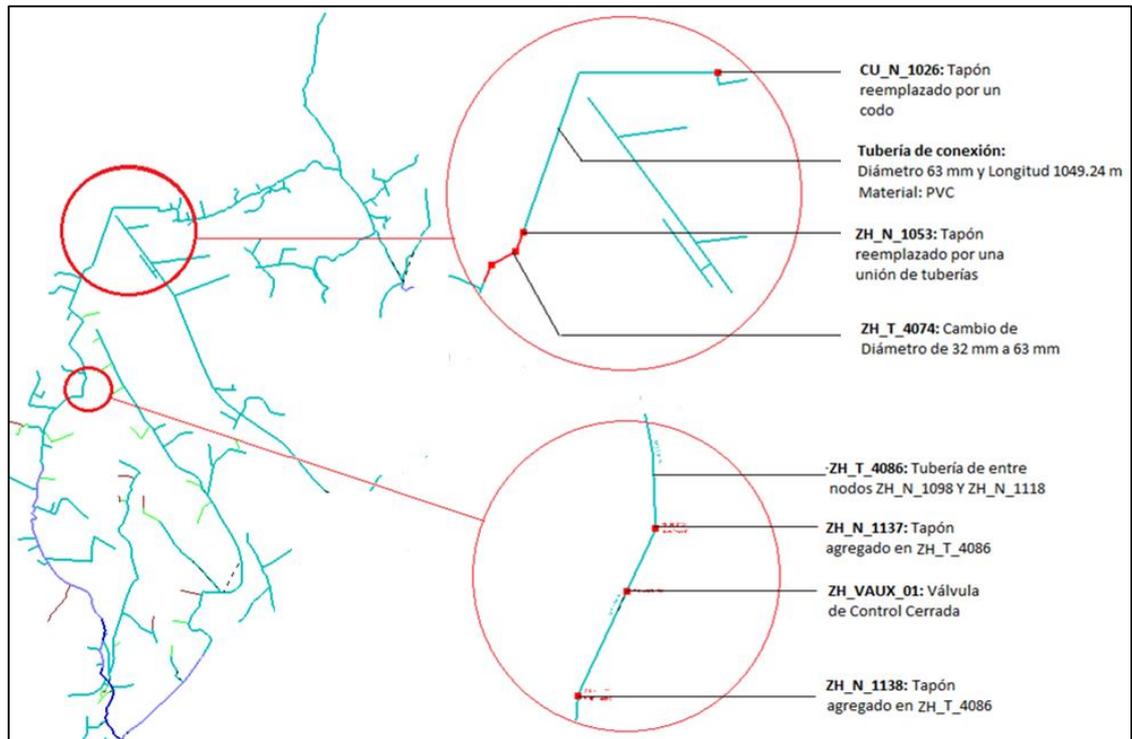


Figura 3.45: Esquema en detalle de resoluciones tomadas – Alternativa 1

(Fuente: Autor)

3.4.2. Alternativa 2

Sectores Intervenido: Zhizhio – Cumbe

Sub zonas interconectadas: 11 (6 y 1 parcial de Zhizhio y 3 y 1 parcial de Cumbe)

Objetivo de la Interconexión:

Reducir las presiones de la zona central derecha del sector de Zhizhio, además disminuir el caudal aportado por parte del Tanque de Almacenamiento de El Calvario ubicado en el sector de Cumbe, y enlazar sus áreas de aporte a las zonas abastecidas por el la Planta de Tratamiento de Zhizhio.

Análisis de Alternativa 2:

Al elaborar la respectiva interconexión en este segundo caso de análisis, los cambios se fundamentaron en las zonas intermedias de ambos sectores; en ellas, los valores de presiones se manejaban en un orden superior a los 100 m.c.a. (ZH_N_1059, ZH_N_1060, ZH_N_1107) y adicionalmente las diferencias de elevación del sector de Cumbe eran muy bajos respecto a las encontradas en el sector de Zhizhio (más de 100 m de diferencia). Por esto, la única opción, económicamente hablando, era la conexión de la red de agua potable del Sector de Cumbe hacia la del Sector de Zhizhio.

Durante la selección de la alternativa, se presentaron varias posibilidades que cumplieran con el objetivo de la interconexión, esto llevó a emplear un método comparativo en el que se destaque el menor consumo de recursos (menos cantidad de obra empleada).

Estas opciones se representan en las siguientes imágenes:

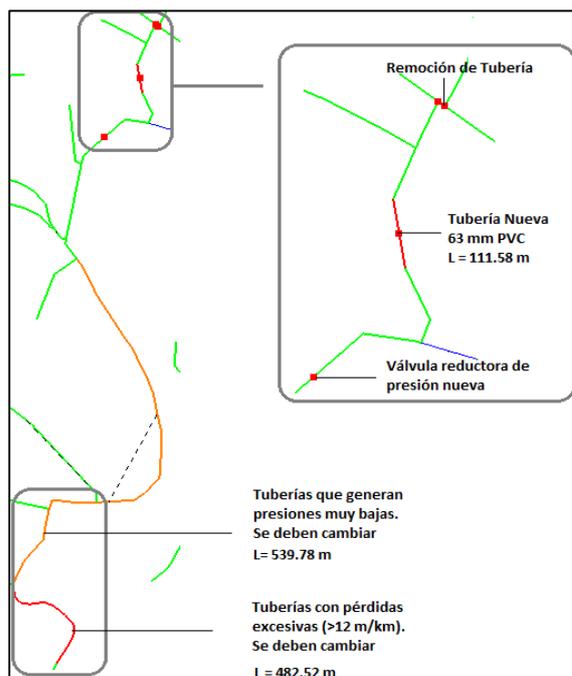


Figura 3.46: Alternativa 2 – Opción 1
(Fuente: Autor)

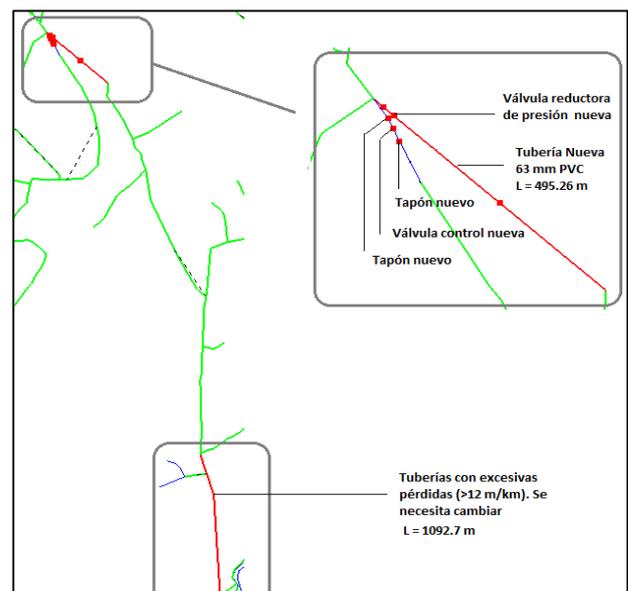


Figura 3.47: Alternativa 2 – Opción 2
(Fuente: Autor)

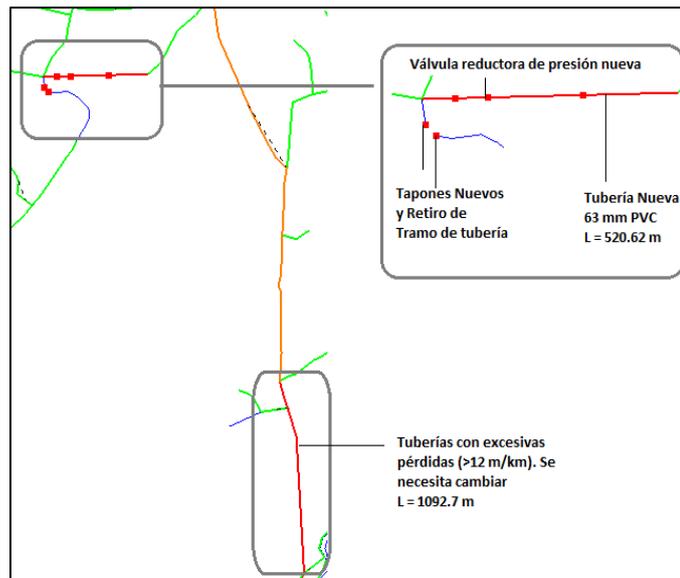


Figura 3.48: Alternativa 2 – Opción 3

(Fuente: Autor)

A continuación se muestra el cuadro comparativo en el que se resalta la cantidad de tubería y accesorios necesarios para elaborar una interconexión equilibrada en caudales, pérdidas unitarias de carga y presiones.

Tabla 3.45: Resultados de Opciones potenciales para Alternativa 2

Descripción	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
Tubería 63 mm PVC	111.58	m	495.26	m	520.62	m
Tubería 90 mm PVC	1022.31	m	1092.7	m	1092.7	m
Válvula Reductora de Presión	1	u	2	u	2	u
Válvula Control	0	u	1	u	0	u
Tapones	0	u	2	u	2	u
Total Tuberías	1133.89	m	1587.96	m	1613.32	m
Total Accesorios	1	u	5	u	4	u

Por tanto de acuerdo a la Tabla de 3.45, la opción 1 es la más rentable, pues es la que mejor se adapta a los criterios económicos ante una eventual elección de la alternativa. En la opción escogida, las pérdidas unitarias dentro del sector de análisis, los resultados obtenidos fueron bajos y en su mayoría se mantuvieron en valores inferiores a 7 m/km (coloración verde y azul), salvo la tubería ZH_T_4026, que con un valor de 7.095 m/km (coloración naranja), pero que se mantenía en un rango bastante aceptable. Para el resto de escenarios (2010 y 2020), los resultados obtenidos fueron más favorables a lo argumentado (caudales mejor distribuidos, menores pérdidas unitarias de carga y mayores presiones en los nodos).

En caso de requerir mayor información revisar el Anexo 11.

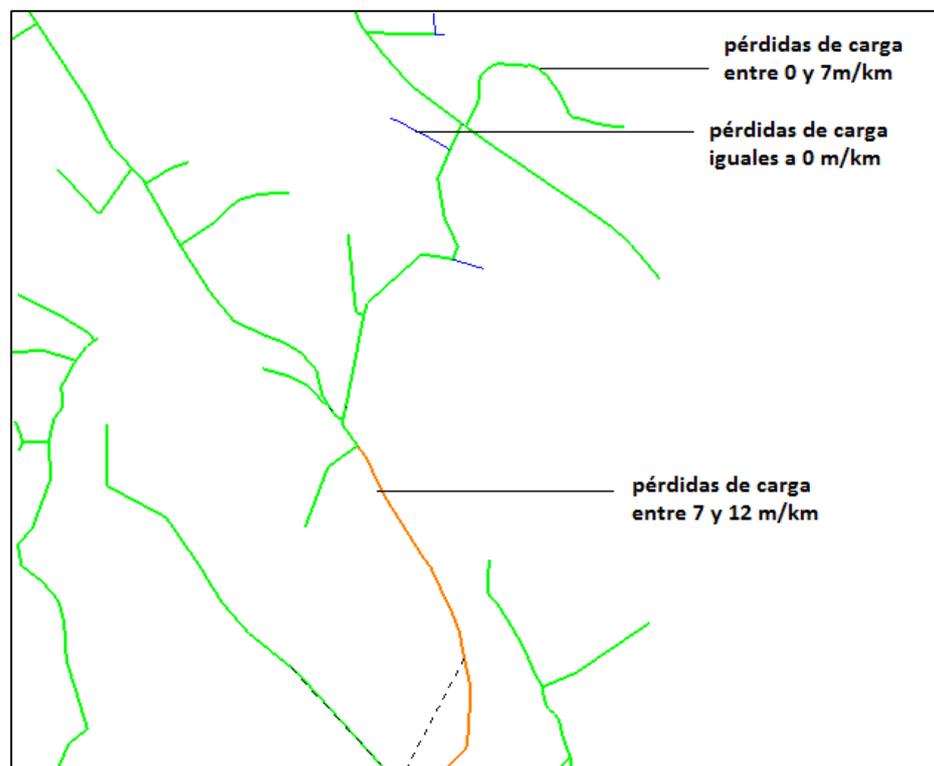


Figura 3.49: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención – Alternativa 2.

Escenario 2030

(Fuente: Autor)

De manera particular, en el sector de Cumbe, las presiones se mantuvieron en rangos aceptables (valores aproximados a los 50 m.c.a.) y las pérdidas de carga unitaria no sobrepasaron los 7 m/km (Evaluado en Escenario 2030).

En resumen, se decidió absorber las sub zonas C30 (áreas de aporte 01, 02, 03, 04), C34, C40, y C41 abastecidas por el Tanque de Almacenamiento de El Calvario hacia la red de Zhizhio, influyendo directamente en la red su distribución en las sub zonas Z6 (áreas de aporte 01, 02, 03, 04, 05), Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 y Z13.

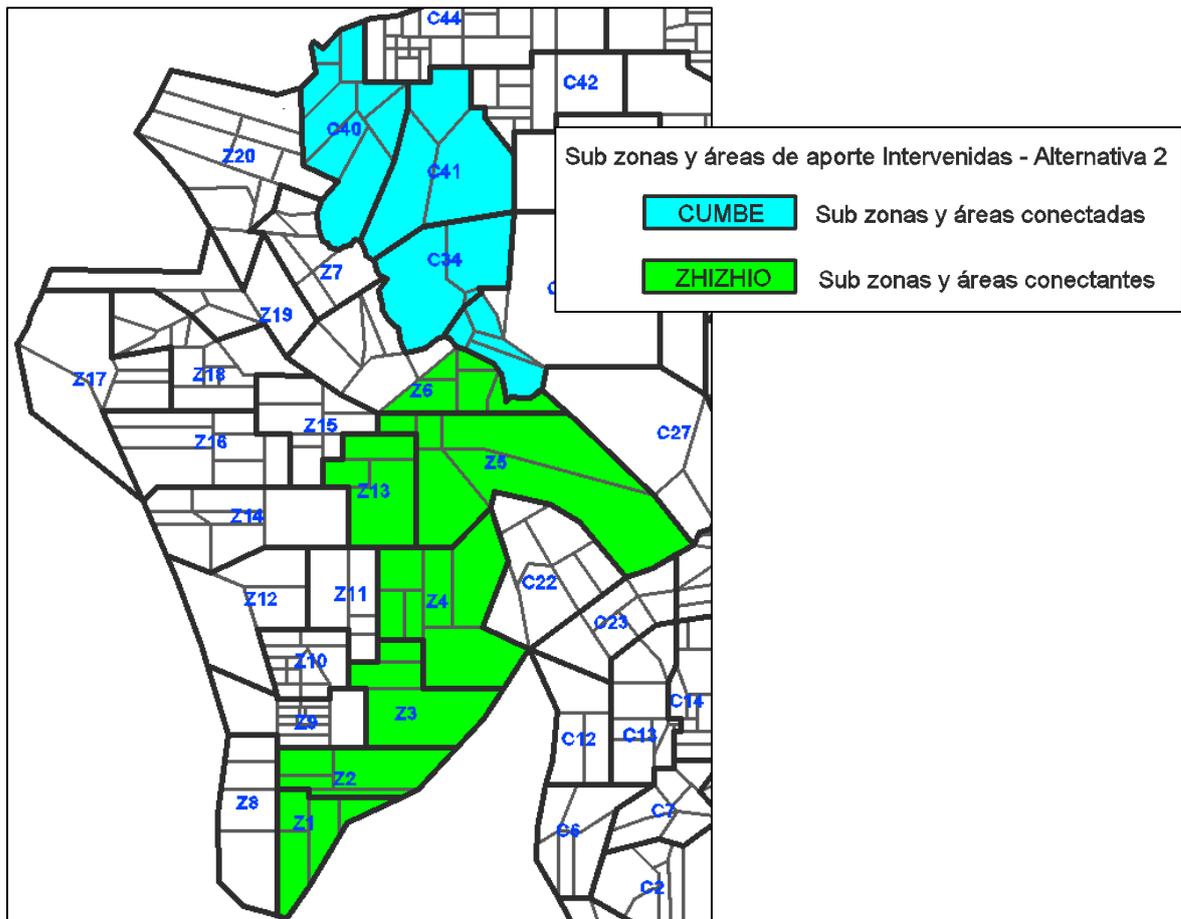


Figura 3.50: Sub zonas y Áreas de aporte Intervenidas – Alternativa 2

(Fuente: Autor)

Resoluciones tomadas para la alternativa seleccionada:

- Colocación de una tubería de unión de PVC de 63 mm entre los nodos CU_N_1059 y ZH_N_1060 y de una longitud de 111.58 m (U_TN_04).
- Se llevó a cabo el cambio de tuberías por diámetros de 90 mm PVC de las tuberías: ZH_T_4108, ZH_T_4129, ZH_T_4130, ZH_T_4131.
- Adicionalmente se reemplazó la tubería ZH_T_4083 de 32mm por una de 63 mm PVC.

- Se retiró la válvula reductora de presión CU_REG_6001, conjuntamente con las tuberías de 63 mm PVC CU_T_4433 y CU_T_4063.
- Se adicionó la válvula reductora de presión ZH_VAUX_05, configurada a una presión de salida de cero (0 m.c.a)

Valoración de Alternativa 2: De acuerdo a las resoluciones plantadas y conforme a lo detallado en la Figura 3.50 se ha absorbido un total de 2.624 Km² del sector de Cumbe hacia la Planta de Tratamiento del sector de Zhizhio.

Se consiguieron los siguientes resultados de caudal, presiones y pérdidas unitarias de carga:

Tabla 3.46: Evaluación de Caudales – Alternativa 2

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	1.48	1.75	2.7

Los valores máximos colocados corresponden a la salida de la Planta de Tratamiento del Sector de Zhizhio (ZH_T_4001).

Tabla 3.47: Evaluación de Presiones – Alternativa 2

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	22.40	22.00	21.60
Máximo	59.10	58.70	58.20

Los valores presentados han sido tomados de los nodos ZH_N_ 1023 (máximo) y ZH_N_ 1058 (mínimo). En este caso sus valores son un poco más bajos, con respecto a los de la Alternativa 1, pero se mantienen en un rango óptimo.

Tabla 3.48: Evaluación de Pérdidas de carga – Alternativa 2

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	1.60	2.18	2.82

Los valores máximos colocados corresponden a la salida de la Planta de Tratamiento del Sector de Zhizhio (ZH_T_4001).

Por tanto, en las zonas modificadas, los valores de presión en promedio se redujeron 125 m.c.a. Por otra parte la zonas de Cumbe, tuvieron un incremento de presión de 20 m.c.a, siendo la más alta 59 m.c.a (CU_N_1023) que se consideraría aceptable, acompañado de caudales y pérdidas de carga bajas.

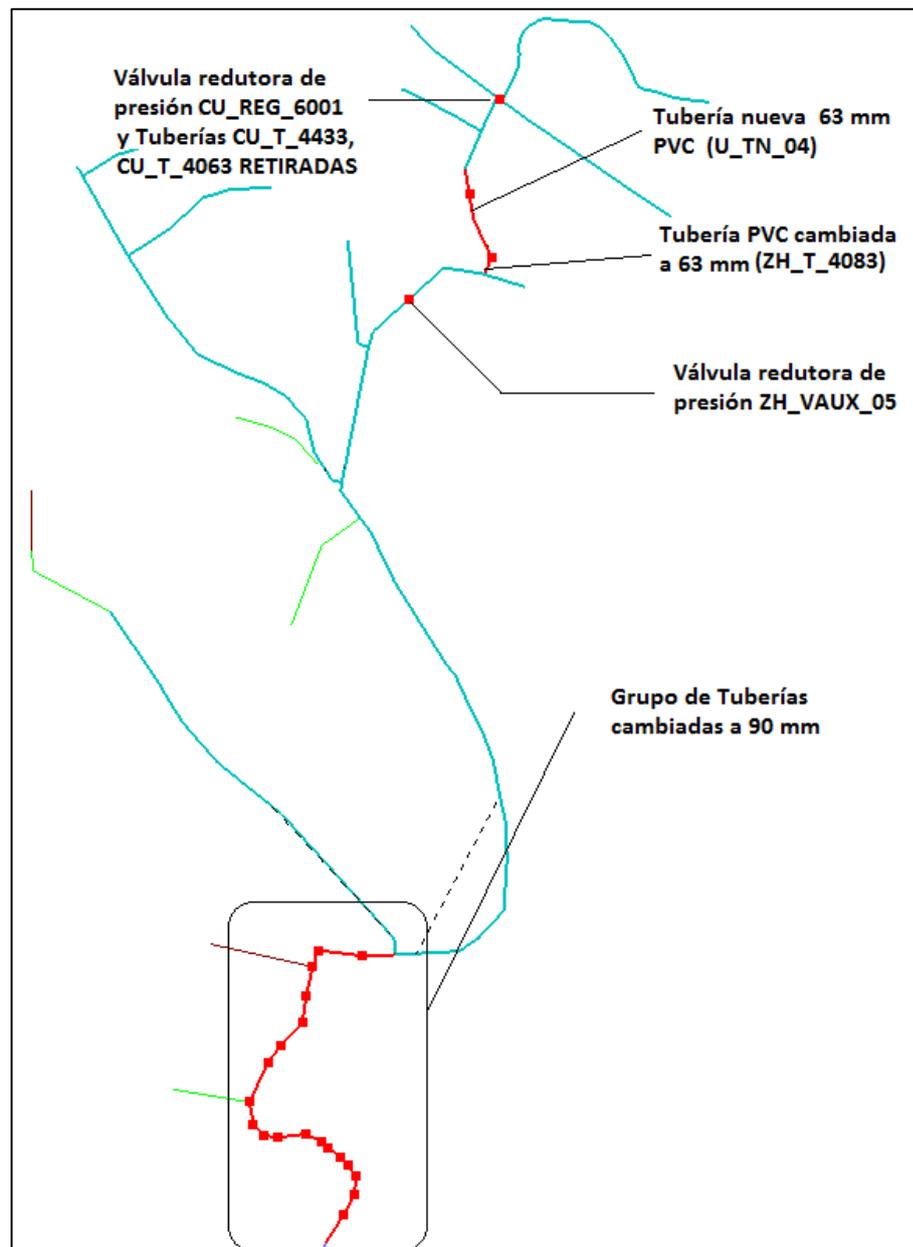


Figura 3.51: Esquema en detalle de resoluciones tomadas – Alternativa 2

(Fuente: Autor)

3.4.3. Alternativa 3

Sectores Intervenido: Zhizhio – Cumbe

Sub zonas interconectadas: 9 (7 de Zhizhio y 2 de Cumbe)

Objetivo de la Interconexión:

Reducir presiones en el tramo “Zhizhio Alto” y la zona norte (Sub zona C42) del sector de Cumbe, disminuir el caudal aportado por parte del Tanque de Almacenamiento Monserrat, y enlazar sus áreas de aporte a las zonas abastecidas hacia la Planta de Tratamiento de agua potable del sector de Zhizhio.

Análisis de Alternativa 3:

En esta última interconexión de los sectores de Zhizhio y Cumbe, se constató, luego de la unión entre sectores, la existencia de presiones sumamente altas en el tramo Zhizhio Alto y otras muy bajas en la sub zona C41, donde los valores eran menores a los 3 m.c.a. (CU_N_1058. Escenario 2030) y los más altos cercanos a los 143 m.c.a (ZH_N_1057. Escenario 2030), pero también se verificó la existencia de pérdidas de carga unitarias bajas (coloración verde y azul).

Una vez más es necesario mencionar, que en el resto de escenarios (2010 y 2020), los resultados obtenidos fueron más favorables a lo argumentado (caudales mejor distribuidos, menores pérdidas unitarias de carga y mayores presiones en los nodos).

En caso de requerir mayor información revisar el Anexo 11.



Figura 3.52: Pérdidas unitarias en las zonas de Intervención – Alternativa 3

(Fuente: Autor)

En un principio se decidió unir las sub zonas Z7 y Z6 hacia la sub zona C42, pero los problemas de presión persistían aún con valores altos (nodos con presiones de 83 m.c.a.), por lo que se llevó a cabo la conexión absorbiendo las áreas de aporte completas de las sub zona C40 y C41, y llegando hacia las sub zonas Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6 y Z7, donde los cambios en presión y caudal son notorios (los nodos ahora llevan una presión de máximo 50 m.c.a y los caudales varían hasta 0.4 l/s).

Esta interconexión no fue posible, sin antes hacer la colocación de accesorios de distribución que se detallan en el punto posterior.

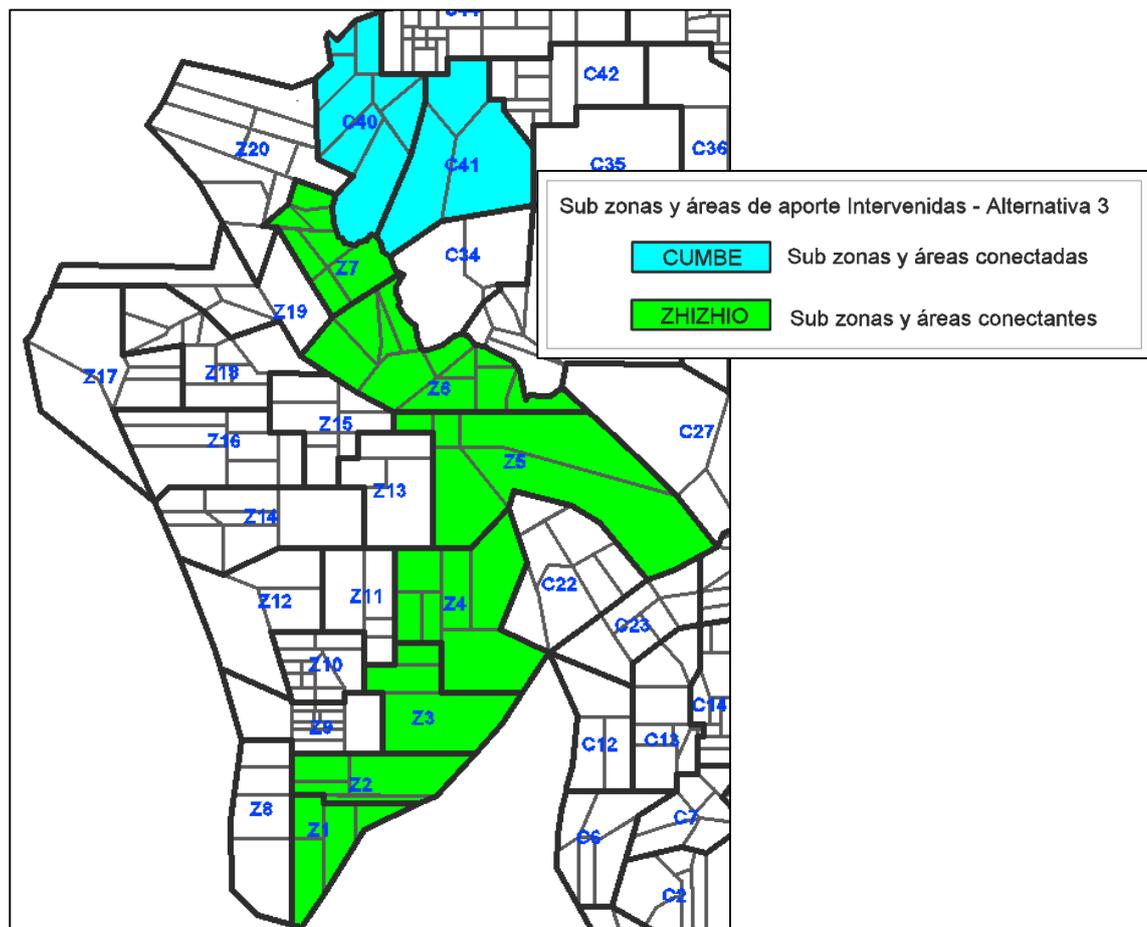


Figura 3.53: Sub zonas y Áreas de aporte Intervenidas – Alternativa 3

(Fuente: Autor)

Resoluciones tomadas para la alternativa seleccionada:

- Unión, mediante tubería de PVC de diámetro 63 mm, entre nodos ZH_N_1050 y CU_N_1235, una distancia de 879.14 m.
- Instalación de 2 Tapones nuevos en la tubería CU_T_4502 (CU_N_1378 y CU_N_1379) y colocación de una válvula de control (CU_VAUX_06) en

estado CERRADO, para el impedimento del flujo hacia el resto de la red del sector de Cumbe.

- Inclusión de 2 válvulas reductoras de presión (ZH_VAUX_07 y ZH_VAUX_08). Una en la tubería ZH_T_4090, configurada a una presión de salida de 10.m.c.a y la otra en la tubería de interconexión (U_TN_05) estableciendo una presión de salida de 0 m.c.a.
- Se llevó a cabo el cambio de tuberías por diámetros de 90 mm PVC, debido a las excesivas pérdidas de carga presentadas. Las tuberías implicadas en este cambio son: ZH_T_4108 y ZH_T_4130.

Valoración de Alternativa 3: De acuerdo a las resoluciones presentadas y conforme a la Figura 3.53 se ha absorbido un total de 1.733 Km² del sector de Cumbe hacia la Planta de Tratamiento del sector de Zhizhio.

Se consiguieron los siguientes resultados de caudal, presiones y pérdidas unitarias de carga:

Tabla 3.49: Evaluación de Caudales – Alternativa 3

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	1.82	2.14	2.44

Los valores máximos colocados corresponden, una vez más, a la salida de la Planta de Tratamiento del Sector de Zhizhio (ZH_T_4001).

Tabla 3.50: Evaluación de Presiones – Alternativa 3

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	6.80	6.80	6.80
Máximo	43.50	43.50	43.50

Los valores presentados han sido corresponden nuevamente a los nodos ZH_N_ 1023 (máximo) y ZH_N_ 1058 (mínimo). Ahora el valor con un cierto inconveniente es el nodo ZH_N_ 1058, con una presión baja pero justa, pero a la vez no deja de ser, con los demás nodos interconectados, los valores son los ideales, para un transporte del flujo.

Tabla 3.51: Evaluación de Pérdidas de carga – Alternativa 3

Valor	Escenario		
	2010	2020	2030
Mínimo	0.00	0.00	0.00
Máximo	1.36	1.83	2.34

Los valores máximos colocados corresponden a la salida de la Planta de Tratamiento del Sector de Zhizhio (ZH_T_4001).

En consecuencia, la zona de Zhizhio Alto, presenta valores de presión que en promedio se redujeron 60 m.c.a. Por otra parte la zonas de Cumbe, tuvieron un incremento de presión de 7 m.c.a, siendo la más alta 43 m.c.a (CU_N_1023) que se consideraría como aceptable.

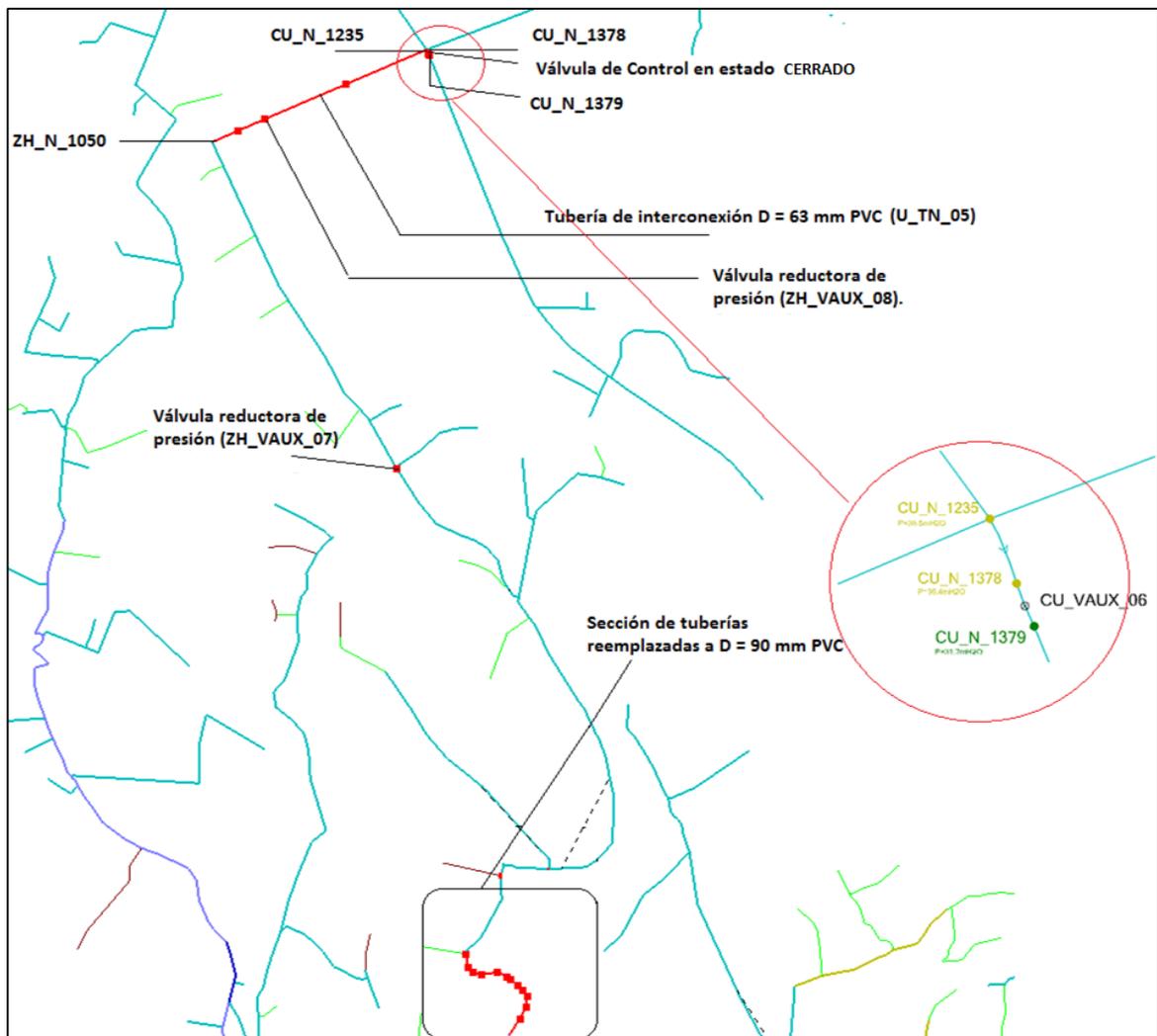


Figura 3.54: Esquema en detalle de resoluciones tomadas – Alternativa 3

(Fuente: Autor)

CAPÍTULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO

Para una valoración final de un modelo hidráulico, se debe considerar un presupuesto determinado, recalcando principalmente un resultado económico y ajustado a los requerimientos planteados en el diseño previo, para una ejecución ordenada y secuencial. Este capítulo desarrollará el estudio económico de los sectores de Zhizhio y Cumbe, basándose en las alternativas seleccionadas en el Capítulo 3, incluyendo el análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas.

4.1. Presupuesto

Contemplará una tabla por alternativa donde se estipulará cuáles son los costos en los que se incurrirá, haciendo una subdivisión por categorías, las que son: Red de distribución, Accesorios de distribución y Válvulas.

- Presupuesto referencial de la Alternativa 1

Tabla 4.1: Cuadro Resumen - Presupuesto Alternativa 1

PROYECTO: Modelación hidráulica de los sistemas de agua potable rurales de los sectores de Zhizhio y Cumbe y evaluación de su posible interconexión	
CONSULTOR: Sánchez Domínguez Miguel	FECHA: Agosto 2015
Presupuesto Referencial– Alternativa 1	
Zhizhio	
Red de Distribución	\$3,849.03
Accesorios de Distribución	\$29.68
Válvulas	\$1,574.55
Total Zhizhio	\$5,453.26
Cumbe	
Red de Distribución	\$16,275.92
Accesorios de Distribución	\$35.58
Válvulas	\$0.00
Total Cumbe	\$16,311.50
SUBTOTAL	\$21,764.76
IVA (12%)	\$2,611.77
TOTAL	\$24,376.53

Consultar el presupuesto completo de la Alternativa 1 en el Anexo 13: Tabla 25.

- Presupuesto referencial de la Alternativa 2

Tabla 4.2: Cuadro Resumen - Presupuesto Alternativa 2

PROYECTO: Modelación hidráulica de los sistemas de agua potable rurales de los sectores de Zhizhio y Cumbe y evaluación de su posible interconexión	
CONSULTOR: Sánchez Domínguez Miguel	FECHA: Agosto 2015
Presupuesto Referencial– Alternativa 2	
Zhizhio	
Red de Distribución	\$19,857.26
Accesorios de Distribución	\$503.63
Válvulas	\$3,159.10
Total Zhizhio	\$23,519.99
Cumbe	
Red de Distribución	\$1,719.41
Accesorios de Distribución	\$10.92
Válvulas	\$0.00
Total Cumbe	\$1,730.33
SUBTOTAL	\$25,250.32
IVA (12%)	\$3,030.04
TOTAL	\$28,280.36

Consultar el presupuesto debidamente detallado de la Alternativa 2 en el Anexo 13:

Tabla 26.

- Presupuesto referencial de la Alternativa 3

Tabla 4.3: Cuadro Resumen - Presupuesto Alternativa 3

PROYECTO: Modelación hidráulica de los sistemas de agua potable rurales de los sectores de Zhizhio y Cumbe y evaluación de su posible interconexión	
CONSULTOR: Sánchez Domínguez Miguel	FECHA: Agosto 2015
Presupuesto Referencial– Alternativa 3	
Zhizhio	
Red de Distribución	\$21,996.72
Accesorios de Distribución	\$357.99
Válvulas	\$6,318.19
Total Zhizhio	\$28,672.90
Cumbe	
Red de Distribución	\$0.00
Accesorios de Distribución	\$83.15
Válvulas	\$1,565.21
Total Cumbe	\$1,648.36
SUBTOTAL	\$30,321.26
IVA (12%)	\$3,638.55
TOTAL	\$33,959.81

Consultar el presupuesto debidamente detallado de la Alternativa 3 en el Anexo 13:

Tabla 27.

4.2. Análisis de precios unitarios

En el caso de los análisis de precios unitarios se detallará, los costos en los que se ha incurrido en el presupuesto, haciendo un hincapié directo hacia los equipos, mano de obra, materiales y transporte que se necesitaron para la ejecución adecuada de cada rubro.

Los rubros empleados, en todas las alternativas se describen brevemente en la siguiente lista:

Tabla 4.4: Listado de rubros empleados en las alternativas.

Código	Descripción	Unidad
530024	Rotura Pavimento Hormigón, espesor 20 cm. con rompe pavimentos	m2
502002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3
540056	Preparación fondo de zanja con material granular	m2
514004	Relleno compactado	m3
514006	Relleno compactado a mano	m3
513001	Cargada de material a mano	m3
513006	Transporte de material hasta 5Km	Tn
535065	Sum, Tubería PVC U/E 1,00 MPA - 63 mm	m
509002	Colocación Tubería PVC U/E D= 63 mm	m
535066	Sum, Tubería PVC U/E 1,00 MPA - 90 mm	m
509073	Colocación Tubería PVC U/E D= 90 mm	m
535681	Sum, Tapón HF D=63 mm	u
535697	Sum, Tee HF D=63 mm	m
535084	Sum, Tee HF D=90 x 63 mm	u
535216	Sum, Codo PVC U/E R/L D=63 mm 22.5 grad,	u
535218	Sum, Codo PVC U/E R/L D=63 mm 45 grad,	u
535168	Sum, Codo PVC U/E R/L D=63 mm 90 grad,	u
535636	Sum, Codo PVC U/E R/L D= 90 mm 22.5 grad,	u
535225	Sum, Codo PVC U/E R/L D= 90 mm 45 grad,	u
535196	Sum, Codo PVC U/E R/L D= 90 mm 90 grad,	u
535667	Sum, Reductor HF D=110 x 63 mm	u
535666	Sum, Cruz HF D=63 mm	u
510029	Colocación Acc. HF,HG,HD,AL sin anclajes, D= 63 mm	u
510030	Colocación Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D= 90 mm	u
510031	Colocación Acc HF,HG,HD,AL sin anclajes, D=110 mm	u
508001	Sum, Válvula HF D=63 mm	u
535803	Sum, Válvula Reductora de Presión d = 110 mm	u
501003	Replanto de Piedra, e=15 cm	m2
506003	Encofrado Recto	m2

Código	Descripción	Unidad
516001	Hormigón Simple 210 Kg/cm ²	m ³
540630	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg
535081	Sum,-Ins, Tapa Hierro Dúctil 720 x 700mm	u
510001	Colocación Válvulas HF y bronce, D= 63 mm sin anclajes	u
510003	Colocación Válvulas HF y bronce, D=110 mm sin anclajes	u
535098	Sum, Unión de Reparación PVC U/E D=63 mm	u
535104	Sum, Unión de Reparación PVC U/E D=110 mm	u
509002	Colocación Acc PVC U/E sin anclajes, D= 63 mm	u

Para una consulta de los rubros detallados, revisar el Anexo 12: Tablas de: 28 - 64.

4.3. Especificaciones técnicas

4.3.1. Generalidades

Aplicación:

Las siguientes especificaciones técnicas tendrán como función complementar los planos del proyecto (Anexo 3: Láminas 1, 2 y 3), sirviendo como una guía que permitirá la correcta ejecución de los diseños y permitiendo que la estructura a construirse opere adecuadamente a lo largo de su vida útil.

De esta manera se facilitará la construcción nuevos elementos adicionales a los a existentes del sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores de Zhizhio y Cumbe, ya que en el documento presente se encuentra la normativa general específica referente a: obras de carácter civil, normativa referente a los materiales a emplear, finalizando con las condiciones administrativas y legales a cumplir en el proyecto.

Se aclara que en casos en los que las especificaciones nombren a fabricantes, marcas y modelos de equipos, tuberías, accesorios, válvulas y diferentes componentes que se requieran en el proyecto, serán mencionados en fines ilustrativos para ayudar a la comprensión de los rubros.

4.3.2. Especificaciones Técnicas en Obras Civiles

Todas las especificaciones a seguir con de los procedimientos y normativas técnicas, así como su medición y forma de pago, pueden ser consultadas en el Anexo 13.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones:

- Del análisis y resultados de las modelaciones hidráulicas detalladas en el Capítulo 3, se formularon tres alternativas de interconexión entre los sectores de Zhizhio y Cumbe, que definen las áreas de aporte que pueden ser abastecidas por uno u otro sistema.
- Para llevar a cabo la construcción de los modelos digitales a partir de los cuales se asignaron las propiedades topológicas de los elementos se emplearon los programas informáticos AutoCAD Autodesk Civil 3D 2014, ArcGis 10.1 y WaterGEMS v8i SELECT SERIES 4, comprobándose las bondades de realizar la construcción de los modelos apoyado en dichos software.
- Se elaboraron los modelos hidráulicos de Cumbe y Zhizhio, por intervalos de 10 años hasta el año 2030, obteniéndose las presiones de servicio y verificando la capacidad de transporte de las tuberías de cada sistema. Los principales problemas encontrados fueron: las presiones y pérdidas unitarias altas en ambos sectores; en el primer caso por consecuencia de los grandes cambios de elevación entre nodos consecutivos por lo que se necesita una revisión del catastro por parte de ETAPA EP a fin de solucionar los inconvenientes. En el segundo caso, los resultados fueron consecuencia de tuberías con diámetros insuficientes, en comparación con los caudales transportados, por lo que debieron ser cambiados.
- Se verificó la posibilidad absorber 1.416 Km² de las áreas de servicio de Zhizhio hacia Cumbe correspondiente a las sub zonas Z19 y Z20, mediante una posible interconexión con 1280 m de tubería PVC 63 mm, y el uso de dos tapones de Hierro Fundido y una válvula de control.

- Para el caso de las áreas de servicio que pueden ser absorbidas del sector de Cumbe, que pudiesen incorporarse al sistema rural de Zhizhio, se consideraron dos posibles interconexiones que cumplen con este fin, de ellas se verificó y cuantificó la posibilidad de absorber aproximadamente 4 Km² (2.6 Km² de la alternativa 2, correspondiente a las sub zonas C34, C40 y C41, y 1.4 Km² de la alternativa 3, correspondiente a las sub zonas C40 y C41), empleando 990 m de tubería PVC 63 mm, 1500 m de tubería PVC 90 mm, dos tapones de Hierro Fundido y 3 Válvulas reductoras de presión.
- Finalmente en el Capítulo 4, se determinaron los costos de las alternativas analizadas, con valores inferiores a los \$ 34 000,00, lo que demuestra que su construcción es factible.

Recomendaciones:

De acuerdo a lo descrito en las conclusiones se recomienda:

- Se pudo observar en la elaboración de los modelos hidráulicos que existen zonas en ambos sistemas con problemas de presión o capacidad de redes los cuales deben ser evaluados o corregidos a largo plazo por ETAPA EP.
- Construir las interconexiones propuestas con el fin de dar mayor flexibilidad a los sistemas existentes y en caso de valorar otras propuestas de interconexión adicionales, seguir una metodología semejante a la realizada en el presente trabajo.
- Dado que se ha trabajado en sectores rurales, con cierto nivel de incertidumbre con respecto a diámetros y ubicación de accesorios, se recomienda una constante actualización de los catastros.

BIBLIOGRAFÍA

AROCHA. (1985). Abastecimientos de Agua. Teoría & Diseño. Caracas: Ediciones Vega s.r.l.

EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CUENCA. (2014). Información Cartográfica y Catastral. 2014.

EMPRESA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. (2008). Especificaciones Técnicas. Redes de Distribución del Sistema Machángara Sur. Cuenca.

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. (2012). Código Ecuatoriano para el Diseño de la construcción de obras sanitarias. Quito.