

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE
DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO
CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA
Y REGIÓN DE TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. Karol Fabiola Cotrado Chalco

Bach. Ing. Gonzalo Joel Gutierrez Salas

TACNA – PERÚ

2019

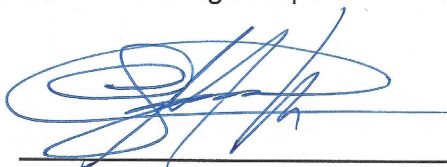
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE
DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO
CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA
Y REGIÓN DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 02 de julio del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



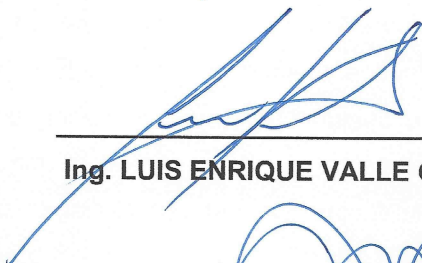
Mtro. GIANCARLO MACHACA FRÍAS

SECRETARIO:



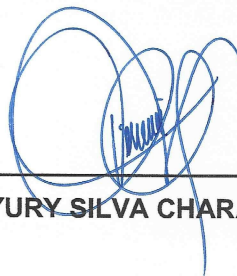
Ing. CÉSAR JULIO CRUZ ESPINOZA

VOCAL:



Ing. LUIS ENRIQUE VALLE CASTRO

ASESOR:



Ing. JIMMI YURY SILVA CHARAJA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Gonzalo Joel Gutierrez Salas identificado con DNI 45639570 y Karol Fabiola Cotrado Challco identificada con DNI 71324041, en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

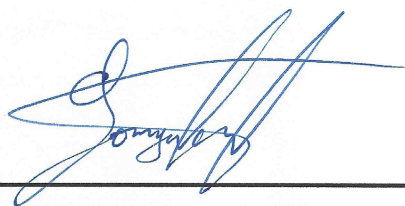
Declaramos bajo juramento que:

1. Ser autores de la tesis titulada:
"EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA"
La misma que presentamos para optar:
El título profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, julio del 2019.



Gonzalo Joel Gutierrez Salas.

DNI 45639570.



Karol Fabiola Cotrado Chalco.

DNI 71324041.

DEDICATORIA

Bach. Ing. Karol Fabiola Cotrado Chalco

Llena de regocijo, amor y con gran satisfacción dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega.

*A mi madre **Nelly**, por tu amor y esfuerzo constante para que yo pudiera lograr cada una de mis metas, por fomentar en mí ideales y principios morales, por tu confianza puesta en mí, quien con sus palabras de aliento no me dejaba decaer para que siguiera adelante, sea perseverante; eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, sin ti nada de esto hubiera sido posible.*

*A mi padre **Mauro**, por ser un hombre ejemplar, por esas agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus cafés era para mí como agua en el desierto, quien hizo de mí una persona seria, responsable y hacendosa, mi soporte emocional hasta los últimos instantes de su vida y mi bastón para el resto de la mía, aunque ahora seguramente está viendo éste gran paso de su hija desde el cielo.*

*A mi amado hijo **Arjhen Adriano**, tal vez en este momento no puedas leer, pero un día vas a aprender, y cuando seas capaz entonces sabrás lo que a tu corta edad me haces sentir, el lado dulce de la vida, eres el motivo de mi lucha constante, razón por la que este plan se ve consolidado. Contigo hasta el infinito mi amor. Como en todos mis logros y en los que vendrán estás y siempre estarás presente.*

*A mi hermana **Fiorella**, mi niña grande, sabes que tu carácter y el mío nunca han sido buenos compañeros, aun así, nos amamos irremediablemente, eres protagonista principal en el proceso y conclusión de este proyecto, tu apoyo incondicional y deseo de superación me han servido de alicientes y me han enseñado que sin voluntad no hay éxito.*

*Al más especial de todos, **Dios**,
porque hiciste realidad este sueño, por todo el amor con el que me rodeas y porque me tienes en tus manos. He aprendido que en este camino uno puede sentirse de mil maneras, pero nunca solo. Esta tesis es para ti.*

DEDICATORIA

Bach. Ing. Gonzalo Joel Gutierrez Salas

A **Dios**, quien está presente en todo momento de mi vida y el que me guía por el camino del bien.

A mis abuelitas **Valentina** y **Natividad** quienes, con su esfuerzo, el amor y sus consejos que me brindan para que yo salga adelante.

A mi abuelo **Sabino** que desde el cielo siempre me acompaña y en vida me dio el consejo de que me inclinara a estudiar la carrera de Ingeniería Civil.

A mis padres **Patricia** y **Freddy**, los dos grandes pilares sobre los cuales crece mi familia y que nunca me perdieron la fe en que yo pudiera alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos menores **Imanol** y **Alonso** por ser mis compañeros de juegos, peleas y sueños, y a la vez poder darles el ejemplo de que todo sueño se puede alcanzar en la vida hasta por más imposible sea el caso.

A la persona de nombre **MRCA**, por ser mi fuente de inspiración que a pesar de todos los problemas que se presenta, ella hace todo para yo pueda salir adelante con sus buenos consejos y haga que yo no caiga en la desesperación y en la soberbia.

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos en primer lugar con Dios Nuestro Señor Creador; por proporcionarnos lo que necesitamos en la tesis para salir siempre adelante bajo toda adversidad que se nos ha presentado en el transcurso para el desarrollo de la tesis. Él nunca nos falla, él nunca abandona.

Agradecer a nuestras familias, que han sacrificado muchas cosas para lograr que estemos en este preciso momento donde estamos. Por habernos brindado todo lo que necesitamos y ofrecernos toda la dedicación que se requiere para lograr nuestras metas siempre va de la mano con todo su apoyo. Nada de esto hubiera sido posible sin su ayuda. Lo logramos juntos.

Agradecemos a nuestro Asesor de Tesis Ing. Jimmi Yury Silva Charaja por compartir con nosotros sus conocimientos, asesoramiento, tiempo y paciencia. Todo con la finalidad de culminar nuestro proyecto de tesis.

Finalmente, agradecemos a todos los Docentes de la Escuela de Ingeniería Civil que pasaron por nuestras vidas para dejarnos algo tan valioso ypreciado como es el conocimiento; algo tan indispensable en nuestra formación como profesionales. Este no es más que el inicio de nuestra carrera como Ing. Civiles. Gracias a todos.

Los autores

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA DEL JURADO.....	i
PÁGINA DE DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	ii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
INDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1. Descripción del Problema.....	7
1.2. Formulación del problema	8
1.2.1. Interrogante General	8
1.2.2. Interrogantes Específicas	9
1.3. Justificación e Importancia.....	9
1.4. Objetivos	10
1.4.1. Objetivo General.....	10
1.4.2. Objetivos Específicos	10
1.5. Hipótesis.....	10
1.5.1. Hipótesis General.....	10
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes del Estudio	13
2.2. Bases Teóricas.....	17
2.2.1. Abastecimiento de aguas	17
2.2.1.1. Vida económica de la obra	18
2.2.1.2. Población o número de habitantes por servir.....	19
2.2.1.3. Dotación de agua que se deberá suministrar.....	22
2.2.2. Redes de Distribución.....	23
2.2.2.1. Proyecto para un sistema de distribución	23
2.2.2.2. Tipos de proyectos de redes.....	26
2.2.2.3. Esquemas básicos	26
2.2.2.4. División de una red de distribución	28
2.2.2.5. Formas de distribución	28
2.2.3. Componentes de una red de distribución	29
2.2.3.1. Tubería.....	29
2.2.3.2. Piezas especiales.....	32
2.2.3.3. Válvulas.....	32
2.2.3.4. Hidrantes.....	36
2.2.3.5. Cámara rompe presión (CRP)	37
2.2.3.6. Reservorios o tanques.....	38

2.2.4.	Análisis Hidráulico	39
2.2.4.1.	Ecuaciones de pérdida de energía por fricción	39
2.2.4.2.	Ecuación de Darcy – Weisbach	39
2.2.4.3.	Ecuación de Manning	40
2.2.4.4.	Ecuación de Hazen Williams	41
2.2.4.5.	Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams (C)	42
2.2.4.6.	Velocidades	44
2.2.4.7.	Presiones	44
2.2.5.	Software para el Cálculo Hidráulico	45
2.2.5.1.	Software WaterCAD V8i (SELECT series 6)	45
2.2.5.2.	Software Epanet 2.0 vE	47
2.2.6.	Normatividad	48
2.2.6.1.	OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano	48
2.2.6.2.	OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria	50
2.3.	Definición de términos	53
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		57
3.1.	Tipo y diseño de la investigación	58
3.1.1.	Tipo de Investigación	58
3.1.2.	Diseño de la Investigación	58
3.2.	Población y/o muestra de estudio	59
3.2.1.	Población	59
3.2.2.	Muestra de Estudio	59
3.3.	Operacionalización de variables	61
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	62
3.4.1.	Investigación Bibliográfica	62
3.4.2.	Levantamiento Topográfico	62
3.4.3.	Recolección de Datos	62
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	63
3.5.1.	Geo referencia	63
3.5.2.	Lotización	64
3.5.3.	Red de agua potable sectorizada	65
3.5.4.	Escenario N° 01	67
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		94
4.1.	Caudales en la Red de Distribución	95
4.2.	Presiones en la Red de Distribución	96
4.3.	Velocidades en la Red de Distribución	97
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		98

5.1. Comprobación de la hipótesis.....	99
5.1.1. Hipótesis Específica 1	99
5.1.2. Hipótesis Específica 2	100
5.1.3. Hipótesis Específica 3	101
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Número de pozos en la ciudad de Tacna”.....	13
Tabla 2 “Número de Reservorios en la localidad de Tacna”.....	15
Tabla 3 “Proporcionalidad de aumento de población e incremento de consumo” ...	22
Tabla 4 “Características técnicas de la tubería para agua fría”	30
Tabla 5 “Características técnicas de la tubería para desagüe”.....	30
Tabla 6 “Coeficiente de rugosidad de Manning”.....	40
Tabla 7 “Comparación de ecuaciones de fricción”	42
Tabla 8 “Coeficientes de Hazen – Williams”	43
Tabla 9 “Coeficientes de Hazen – Williams según AWWA”.....	44
Tabla 10 “Coeficientes de Hazen – Williams, OS.050 RNE”	49
Tabla 11 “Clase de tuberías PVC y máxima presión de trabajo”	49
Tabla 12 “Dotación por número de habitante”	51
Tabla 13 “Dotación por región”	51
Tabla 14 “Población y Muestra de Estudio”.....	60
Tabla 15 “Variables de estudio y operacionalización”	61
Tabla 16 “Ubicación del reservorio R11”	64
Tabla 17 “Caudales de la red de distribución del subsector 24”	95
Tabla 18 “Presiones máximas y mínimas en los nudos del subsector 24”	96
Tabla 19 “Velocidades máxima y mínima en las tuberías del subsector 24”	97
Tabla 20 “Alternativa de Solución 01 VS Alternativa de Solución 02”.....	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 “Reservorio R-11 (vol.=1250 m3), inicio del modelamiento hidráulico”	16
Ilustración 2 “Modelo de un sistema de abastecimiento de agua”	18
Ilustración 3 “Método Inter censal”	21
Ilustración 4 “Método Post-censal”	21
Ilustración 5 “Sistema Espina de pescado”	24
Ilustración 6 “Sistema Parrilla”	25
Ilustración 7 “Sistema de Circuito Cerrado”	25
Ilustración 8 “Sistema de Circuito Cerrado 02”	27
Ilustración 9 “Sistema de Distribución Abierta”	27
Ilustración 10 “Distribución de red primaria y red secundaria”	28
Ilustración 11 “Distribución por gravedad (recomendable)”	28
Ilustración 12 “Distribución mixta (no recomendable)”	29
Ilustración 13 “Tubo de PVC-U de drenaje de agua potable”	31
Ilustración 14 “Piezas especiales de hierro fundido con extremos bridados”	32
Ilustración 15 “Partes de una válvula de compuerta”	33
Ilustración 16 “Válvula de tipo mariposa”	34
Ilustración 17 “Válvula de tipo globo”	34
Ilustración 18 “Válvula de bola”	35
Ilustración 19 “Válvula de aire”	35
Ilustración 20 “Válvula de purga”	36
Ilustración 21 “Hidrante en vía pública”	36
Ilustración 22 “CRP – Tipo 6”	37
Ilustración 23 “Tanque elevado”	38
Ilustración 24 “Ventana principal del software WaterCAD V8i”	46
Ilustración 25 “Ventana principal del software Epanet 2.0 vE”	48
Ilustración 26 “Consumo – Clasificación”	51
Ilustración 27 “Imagen satelital de la zona de estudio”	60
Ilustración 28 “Plano de sectorización de áreas”	60
Ilustración 29 “Ubicación del reservorio R-11 en planos”	63
Ilustración 30 “Delimitación de la zona de estudio”	64
Ilustración 31 “Lotización”	65
Ilustración 32 “Red de agua potable sectorizada – Subsector 24 del DCGAL”	66
Ilustración 33 “Vista general del trazo de la red de tubería principal de agua potable.”	67

Ilustración 34 “Modelo de la red de distribución del sub sector operacional 24”	68
Ilustración 35 “Paso 1 para el modelamiento en WaterCAD”	69
Ilustración 36 “Paso 2 para el modelamiento en WaterCAD”	70
Ilustración 37 “Paso 3 para el modelamiento en WaterCAD”	71
Ilustración 38 “Paso 4 para el modelamiento en WaterCAD”	72
Ilustración 39 “Paso 5 para el modelamiento en WaterCAD”	73
Ilustración 40 “Paso 6 para el modelamiento en WaterCAD”	74
Ilustración 41 “Paso 7 para el modelamiento en WaterCAD”	75
Ilustración 42 “Paso 8 para el modelamiento en WaterCAD”	76
Ilustración 43 “Paso 9 para el modelamiento en WaterCAD”	77
Ilustración 44 “Paso 10 para el modelamiento en WaterCAD”	77
Ilustración 45 “Paso 11 para el modelamiento en WaterCAD”	78
Ilustración 46 “Paso 12 para el modelamiento en WaterCAD”	78
Ilustración 47 “Paso 13 para el modelamiento en WaterCAD”	79
Ilustración 48 “Paso 14 para el modelamiento en WaterCAD”	79
Ilustración 49 “Paso 15 para el modelamiento en WaterCAD”	80
Ilustración 50 “Paso 16 para el modelamiento en WaterCAD”	80
Ilustración 51 “Paso 17 para el modelamiento en WaterCAD”	81
Ilustración 52 “Paso 18 para el modelamiento en WaterCAD”	82
Ilustración 53 “Paso 19 para el modelamiento en WaterCAD”	83
Ilustración 54 “Paso 20 para el modelamiento en WaterCAD”	83
Ilustración 55 “Paso 21 para el modelamiento en WaterCAD”	84
Ilustración 56 “Paso 22 para el modelamiento en WaterCAD”	85
Ilustración 57 “Paso 23 para el modelamiento en WaterCAD”	85
Ilustración 58 “Paso 24 para el modelamiento en WaterCAD”	86
Ilustración 59 “Paso 25 para el modelamiento en WaterCAD”	86
Ilustración 60 “Paso 26 para el modelamiento en WaterCAD”	87
Ilustración 61 “Paso 27 para el modelamiento en WaterCAD”	87
Ilustración 62 “Paso 28 para el modelamiento en WaterCAD”	88
Ilustración 63 “Paso 29 para el modelamiento en WaterCAD”	88
Ilustración 64 “Paso 30 para el modelamiento en WaterCAD”	89
Ilustración 65 “Paso 31 para el modelamiento en WaterCAD”	90
Ilustración 66 “Paso 32 para el modelamiento en WaterCAD”	90
Ilustración 67 “Paso 33 para el modelamiento en WaterCAD”	91
Ilustración 68 “Paso 34 para el modelamiento en WaterCAD”	92

Ilustración 69 “Paso 35 para el modelamiento en WaterCAD”	93
Ilustración 70 “Caudal y cota del reservorio R-11”	95
Ilustración 71 “Presiones en la Red de Distribución Real”	96
Ilustración 72 “Número de tuberías P-01 y P-38”	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 “Cálculo de periodo de diseño”	19
Ecuación 2 “Método Racional”	20
Ecuación 3 “Método Aritmético”	20
Ecuación 4 “Población Inter censal”	20
Ecuación 5 “Población Post-censal”	21
Ecuación 6 “Método de Interés Simple”	22
Ecuación 7 “Pérdida de energía por Fricción - Darcy – Weisbach”	39
Ecuación 8 “Factor de Fricción”	40
Ecuación 9 “Pérdida de energía por Fricción – Manning”	40
Ecuación 10 “Ecuación de Hazen Williams (a)”	41
Ecuación 11 “Ecuación de Hazen Williams (b)”	41
Ecuación 12 “Pérdida de energía por Fricción - Hazen Williams”	41
Ecuación 13 “Ecuación de la Velocidad”	44
Ecuación 14 “Principio de Conservación de Energía”	44
Ecuación 15 “Consumo Promedio Diario Anual”	52
Ecuación 16 “Consumo máximo diario y horario”	52
Ecuación 17 “Coeficiente de Variación Horaria”	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Matriz de Consistencia	108
ANEXO 2 Hoja de cálculo del conteo de la población	110
ANEXO 3 Coeficiente “K”	114
ANEXO 4 Gráficas de la información de caudales disponibles del reservorio R-11	116
ANEXO 5 Hoja de cálculo para la determinación del Caudal Máximo Horario	120
ANEXO 6 Modelamiento 02 Software WaterCAD – Alternativa de Solución 01 ...	123
ANEXO 7 Modelamiento 03 Software WaterCAD - Alternativa de Solución 02	127
ANEXO 8 Epanet: Resultados del Modelamiento 01, 02 y 03.....	131
ANEXO 9 Datos del Levantamiento Topográfico	144
ANEXO 10 Presupuesto de las alternativas de solución 01 y 02	151
ANEXO 11 Panel Fotográfico	162
ANEXO 12 Encuestas.....	172
ANEXO 13 Planos	276

RESUMEN

En la presente tesis se propuso evaluar la red existente de agua potable del subsector de distribución 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna, en base a los datos obtenidos en campo y del expediente técnico de la obra en esa zona y por supuesto, apoyándonos de la normativa peruana de Obras de Saneamiento del RNE. Con los datos obtenidos tanto en campo como en gabinete se desarrolló el modelamiento de las redes principales y se empezó a comparar los caudales, las presiones y las velocidades de la red primaria de ese sector con datos reales obtenidos de la EPS, ya que, por los años de servicio, la red de distribución no tendría los mismos resultados con los del modelamiento.

Palabras Claves: Redes de distribución, presión, caudal, velocidad, diseño óptimo, modelamiento hidráulico.

ABSTRACT

In this thesis, it was proposed to evaluate the existing potable water grid of the distribution subsector 24 in the Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa district of the city of Tacna, based on the data obtained in the field and the technical file of the work in that area and Of course, supported by the Peruvian regulation of Sanitation Works of the National Building Regulations. With the data obtained both in the field and in the cabinet, the modeling of the main networks was developed and the flows, pressures and velocities of the primary network of that sector were compared with real data obtained from the EPS since, for the years of service, the distribution network would not have the same results with modeling. Next, we will detail the present work by chapters:

Keywords: Distribution networks, pressure, flow, velocity, optimal design, hydraulic modeling.

INTRODUCCIÓN

“Trabaja duro en silencio, que el éxito sea tu ruido”

—*Frank Ocean*

El agua es un componente vital para la existencia, en ello resuena el interés de transportar este líquido a cada individuo de forma eficaz y segura. En el inicio de la civilización, las comunidades se establecían en lares en torno a ríos y lagunas que servían de refugio para poder abastecerse de agua. Más tarde, los avances técnicos le permitieron al hombre captar, transportar y almacenar agua, así como extraerla del subsuelo.

A medida que el tiempo transcurría las necesidades fueron cambiando; como tal, el concepto “abastecimiento de agua”, que hoy en día, nos lleva a plantear un plan estratégico para proveer a zonas tanto urbanas como rurales de un volumen suficiente de agua, con calidad requerida y a una presión adecuada.

Datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) revelan la precariedad del abastecimiento del agua en el país. Se estima que 7 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable segura y muchos de quienes nominalmente la tienen, sufren recortes y mala calidad de suministro.

Hoy en día, la población tacneña, abastece sus hogares con aguas provenientes de las represas de la zona altoandina, a su vez pudiendo captar aguas superficiales provenientes de los ríos Uchusuma y Caplina y de aguas subterráneas provenientes de las lluvias y pozos perforados situados en los diferentes puntos de la Ciudad Heroica. El agua recibida de las fuentes superficiales, es purificada mediante dos plantas de tratamiento: Calana y Alto Lima que tienen una capacidad de tratamiento de 400 y 110 l/s respectivamente, para luego almacenarla en los 11 reservorios de la ciudad y finalmente distribuir el recurso en los distintos sectores.

El conjunto de instalaciones que se encargan de distribuir el agua a los usuarios, bajo condiciones que satisfagan sus necesidades, son las llamadas redes de distribución.

Indudablemente los caudales asociados a las demandas (consumos), las condiciones de presión, y calidad del suministro varían en el espacio y en el tiempo, además factores como el deterioro de la red durante su servicio (corrosión,

incrustación, fatiga por esfuerzos, etc.), originan que la capacidad de transporte hidráulico disminuya. A todo esto, se ve ligado el incremento demográfico y la industrialización que influyen en la dinámica de crecimiento de la red de abastecimiento de agua potable.

Debido al aumento dramático de la población en nuestro país y la expansión urbana en la ciudad de Tacna, los distintos servicios y recursos de que se dispone tienen que ser administrados de manera eficiente. La optimización adquiere un papel fundamental, ya que la disponibilidad del vital líquido disminuye cada vez más, por ende, su obtención se dificulta y encarece notablemente.

El diseño óptimo de redes de distribución posee aspectos relevantes de comportamiento hidráulico (presiones, velocidades máximas, rentabilidad, calidad del agua, disponibilidad de tuberías, distribución de la demanda y la fiabilidad de la red), cada uno de estos factores tiene trascendencia en las etapas de planeación, diseño y operación del sistema.

Es por esto que, la presente investigación pretende evaluar y mejorar el diseño de la red existente de agua potable del subsector de distribución 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna, e implantar soluciones técnicas necesarias a tiempo y a fin de que la demanda quede satisfecha.

El compromiso de atender las demandas de la sociedad deberá garantizar un servicio mínimo en términos de presión y calidad en todo momento, bajo parámetros y condiciones reales de operación; lo que implica estudiar los probables escenarios que puedan acontecer.

La industria ingenieril ha venido incluyendo numerosos paquetes informáticos los cuales han simplificado aquellos complejos y tediosos cálculos de antaño. Con la finalidad de amortiguar dificultades hay varias compañías especializadas para el cálculo de redes de distribución. En nuestro trabajo investigación hemos usado dos programas, el WATERCAD V8i de la compañía Bentley Systems y el Epanet desarrollado por la agencia de Protección Ambiental.

Mediante dichos programas podrán abordarse simulaciones del comportamiento hidráulico de la red de tuberías, considerando valores establecidos en la norma y valores tomados en campo, ambos en distintos escenarios, de manera que el diseño pueda tornarse óptimo y lo más cercano a la realidad.

Con el fin de facilitar la comprensión de manera clara y concisa, es que la presente investigación se ha estructurado en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I. Se abordan cuestiones teóricas que sustentan el planteamiento del problema. Se hace un breve repaso de las características de la problemática y los acontecimientos en el entorno social. Se estructura formalmente la idea delimitando el campo de investigación, explicando la importancia y propósitos del estudio de Tesis.

En el Capítulo II. Se introduce un marco referencial que comprende un compendio de una serie de elementos conceptuales que servirán de base a la indagación; los antecedentes del estudio, estructuración de bases teóricas y definición de términos claves en el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo III. Se define el tipo y diseño de la investigación, población y/o muestra de estudio, la operacionalización de variables y se aplican técnicas e instrumentos para la recolección de datos. Se procesan y analizan los datos correspondientes. Contiene la memoria de cálculo de los caudales y población de diseño y también los criterios para una propuesta de zonificación de la red de agua.

En el Capítulo IV. El desarrollo de la tesis tomará relevancia, se presenta el Modelamiento Hidráulico de la Red de distribución de Agua Potable buscando contrastar los resultados obtenidos a partir de simulaciones en diferentes escenarios con 02 softwares WaterCAD Vi8 y el Epanet 2.0. Se complementan tablas y gráficos para un mayor entendimiento.

En el Capítulo V. Referido a la discusión de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, dando respaldo a la hipótesis planteada inicialmente.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas de los resultados finales, referencias bibliográficas y anexos que han sido de utilidad para la realización de la Tesis.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En el Perú, las características que rodean la dotación, distribución y abastecimiento del agua plantean desafíos enormes. No obstante, las presencias de ciertas deficiencias condicionan las necesidades de la población nacional, poniendo en manifiesto a las regiones asentadas en la costa peruana.

Cabe mencionar a la ciudad de Tacna, que constituye la cabecera del desierto de Atacama, uno de los más áridos del planeta, por tal la escasez de agua y/o déficit hídrico se interpone como la mayor traba para su desarrollo sostenible, en donde la oferta de agua no compensa la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Por ende, se han visto afectados distintas localidades de dicha región.

Para el diseño de la red de agua potable es necesario tener definido la fuente de abastecimiento y la ubicación del reservorio y/o tanque de almacenamiento. Reunidos los requisitos se procederá al diseño de la red de distribución; lo contrario significaría un proyecto de escritorio sin mayor valor, ya que todo proyecto de la red debe ser realista y no artificial.

La importancia radica en asegurar a la población el suministro eficiente y servicio continuo de agua en cantidad y presión adecuadas atendiendo a la condición más desfavorable durante todo el período de diseño.

El subsector de distribución 24 de agua potable, perteneciente al distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna administrado por la Empresa Prestadora de Servicios (EPS-Tacna S.A.), ha registrado inconvenientes.

La red del subsector 24 presenta una serie de dificultades relacionados con la presión de servicio, ya que hay tramos en los que el suministro llega a los usuarios con presiones inferiores a la mínima en ciertas horas críticas a lo largo del día.

Cabe mencionar la presencia de accesorios que puedan estar dañados o puedan no estar trabajando eficientemente, afectando la velocidad, el caudal y la presión en la red.

Dichos problemas se dan debido a la antigüedad y deterioro de las tuberías (siendo éstas de policloruro de vinilo – PVC) que hace que éstas no

tengan la misma efectividad. La falta de mantenimiento y mejoramiento de la sectorización de la red, junto al crecimiento de la población se identifican también como factores que limitan el funcionamiento de la red de la parte de baja del distrito DCGAL.

Los pobladores del DCGAL encuentran inconformidad con las tarifas que pagan identificando aspectos como: velocidades moderadas en las tuberías, baja continuidad y cobertura de servicios.

Por tanto, la existencia de aspectos deficientes mencionados anteriormente, hace que la red de distribución no trabaje de manera adecuada por consiguiente la ausencia de un servicio eficaz de abastecimiento de agua.

Con el fin de mejorar la calidad del servicio en dicho subsector, se generó una propuesta centrada en la optimización de la red de agua potable. Para ello, se ha desarrollado distintos escenarios de simulación hidráulica mediante dos softwares: WaterCAD y Epanet, se planteó estos dos programas para comparar resultados donde se podrán definir las características que posee el servicio en cuanto a presión, caudal transportado y velocidad de flujo.

De esta manera, se procederá a hacer un cambio, reforzamiento y/o implementación de las tuberías de agua potable, permitiendo que la red trabaje en las mejores condiciones, esperando que la propuesta sea de gran utilidad para la prestación del servicio en el Subsector Operacional 24 de la ciudad de Tacna.

1.2. Formulación del problema

Las consideraciones expuestas nos llevan a plantear la siguiente interrogante:

1.2.1. Interrogante General

- ¿La utilización del modelamiento de redes de agua potable permite la evaluación y mejoramiento de las redes principales del subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna?

1.2.2. Interrogantes Específicas

- ¿La utilización del modelamiento de redes de agua potable permite determinar los caudales en los tramos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna?
- ¿La utilización del modelamiento de redes de agua potable permite determinar las presiones en los nudos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna?
- ¿La utilización del modelamiento de redes de agua potable permite determinar las velocidades en los tramos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna?

1.3. Justificación e Importancia

- Con este trabajo de investigación se pretende optimizar y/o implementar las redes principales de agua potable existentes en el Subsector Operacional 24 del distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.
- Por ende, mejorar el servicio a la población ubicada en ese subsector y obtener condiciones favorables en las tuberías realizando un modelamiento de las mismas a través de un software.
- Dichos programas procesarán la información real y actual recopilada en campo, pudiendo dar como resultado los inconvenientes presentes en las redes de agua potable.
- Se busca contrastar dichos resultados con alternativas que se ajusten a la realidad de la región de Tacna específicamente a la parte baja de la misma denominada en este caso como Subsector Operacional 24.
- Por lo tanto, ésta investigación aporta información nueva, con valores que se pueden interpretar como propios de la localidad, los cuales podrán ser considerados posteriormente para el desarrollo de diversos estudios y expedientes técnicos de infraestructura sanitaria de la ciudad de Tacna.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar y mejorar el diseño de la red de distribución existente en el Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna mediante el modelamiento de redes principales de agua potable.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los caudales en la red de distribución principal del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna, usando modelamiento de redes.
- Evaluar las presiones en la red de distribución principal del Subsector Operacional 24 en el distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna, usando modelamiento de redes.
- Evaluar las velocidades en los tramos de la red de distribución principal del Subsector Operacional 24 en el distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna, usando modelamiento de redes.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Como hipótesis general se ha definido de la siguiente manera:

El modelamiento de redes permite la evaluación y mejoramiento de las redes principales de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna

1.5.2. Hipótesis Específicas

Como hipótesis específica, se han considerado las siguientes:

- Hipótesis Específica 1

El modelamiento de redes de distribución primarias permite la determinación de los caudales en los tramos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna.

- Hipótesis Específica 2

El modelamiento de redes de distribución primarias permite la determinación de las presiones en los tramos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna.

- Hipótesis Específica 3

El modelamiento de redes de distribución primarias permite la determinación de las velocidades en los tramos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

EPS TACNA S.A., Sistema de tratamiento de agua potable y aguas residuales (2012);

1. Plantas de tratamiento de Agua Potable

a) Planta de tratamiento de Calana

Proyectada para tratar un máximo de 400 l/s. Está acondicionada para el tratamiento y remoción de arsénico de las aguas del canal Uchusuma.

b) Planta Alto Lima

El gasto de operación de esta planta es de 110 l/s.

c) Planta Pachía

Tiene una capacidad de tratamiento de 8 l/s y es alimentado netamente por las aguas provenientes del canal Caplina.

2. Aguas subterráneas

a) Pozos El Ayro

Fueron implementados en los años 90, como una medida de seguridad y de emergencia.

Tabla 1 “Número de pozos en la ciudad de Tacna”

POZO N°	CAUDAL (l/s)
PA-1	60
PA-2	s/d
PA-3	s/d
PA-4	70
PA-6	130
PA-9	80
PA-10	80
PA-12	120
PA-13	100
PA-14	90

Fuente: “Gerencia de Operaciones EPS Tacna S.A.”

b) Pozos Sobraya

Actualmente se pueden encontrar los pozos Sobraya 01, 02, 03 y Parque Perú, de los cuales solo está operativo el pozo Sobraya 02.

c) Pozos Viñani

Se implementó un sistema de bombeo conformado por el pozo PV1 y PV2 este último paralizado el 09/11/2011, con un caudal de 61 y 92 l/s respectivamente, durante el año 2012 estuvieron operativos ambos pozos, en el pozo PV1 se implementó la cisterna de rebombeo EB1 hacia la cisterna de rebombeo EB2, donde se encuentra 02 reservorios el R-11 y R-13, así mismo existe una cisterna que bombea y conduce las aguas hacia el reservorio R-9.

3. Sistema de tratamiento de aguas residuales**a) Planta Copare****i. Ubicación de la planta**

Ubicada en el DCGAL, exactamente en la parte superior del Aeropuerto Cnel. FAP "CARLOS CIRIANI SANTA ROSA" y en el sector de abastecimiento N° 07, lugar que se conoce como Nueva Tacna; en la actualidad, por el avance de la expansión urbana, se encuentra rodeada de viviendas.

ii. Funcionamiento

La planta de Aguas Residuales de Cono Sur, inicia su funcionamiento desde el año 1975, como planta piloto mediante convenio AID-527-11-199000 PERÚ - ESTADOS UNIDOS.

b) Planta de Magollo

Ubicada entre los kilómetros 13 y 14, en la zona límite de Magollo y La Yarada, contigua a la carretera Boca del Río, el agua servida es conducida mediante la tubería troncal de un diámetro de 36" a lo largo de la carretera.

En su primera etapa se construyeron dos pares (primarios y secundarios) con una capacidad de 20 l/s cada una, en la segunda etapa dos pares más, y actualmente cada par está diseñado para tratar 35 l/s.

4. Unidades de almacenamiento

La Ciudad de Heroica cuenta con 15 reservorios dispuestos en diferentes sectores para asegurar el abastecimiento de agua, de los cuales 04 unidades son destinadas exclusivamente para el distrito de Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, el Reservorio R-09, R-11, R-13 y R-15.

Tabla 2 “Número de Reservorios en la localidad de Tacna”

RESERVORIOS		CARACTERÍSTICAS		
IDENTIF.	NOMBRE	VOLUMEN M3	SECCIÓN	ESTADO
R-01	Calana	2000	Circular	Bueno
R-02	Pocollay	1500	Circular	Bueno
R-03	Sobraya	1000	Rectangular	Bueno
R-04	Alto Lima	4000	Rectangular	Regular
R-05	Para Chico	600	Circular	Bueno
R-06	Cono Norte	800	Circular	Bueno
R-07	Alto Lima	3500	Rectangular	Regular
R-08	Alto Lima	3500	Rectangular	Regular
R-09	Tarapacá	4000	Circular	Bueno
R-10	Cono Norte	2250	Circular	Bueno
R-11	Cono Sur	1250	Circular	Bueno
R-12	Ciudad Perdida	2250	Circular	Bueno
R-13	EB2	450	Circular	Bueno
R-14	11 Asociaciones	2250	Circular	Bueno
R-15	Viñani	2250	Circular	Bueno

Fuente: “Gerencia de Operaciones EPS Tacna S.A.”

EPS TACNA S.A. R-11, Características del reservorio (2018);**1. Horas de servicio**

El Subsector 24, cuenta con 16 horas aproximadamente de servicio de agua potable, entre las 3 am. hasta las 7 pm. según datos proporcionados por la Empresa Prestadora de Servicios - EPS Tacna S.A.

2. Población

El distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa cuenta con una población de 110 mil 417 habitantes (según Wikipedia, 2017), de los cuales 20 mil 546 habitantes aproximadamente son los que conforman el Subsector 24 en una superficie de 428.0214 hectáreas.

3. Tipo de material

Los materiales que se utilizaron en la implementación del sistema de distribución de la red de agua potable, cumplen con los estándares de calidad y resistencia, según informa la Empresa Prestadora de Servicios EPS Tacna S.A. las tuberías y sus accesorios son en su totalidad de PVC, de diámetros que van de 6", 10" y 12" y se encuentran indicadas en los planos que están en los anexos.

4. Caudal de ingreso

Según lecturas del macromedidor (EUROMAG) ubicado en la Entrada en el reservorio R-11 de la Empresa Prestadora de Servicios – EPS Tacna S.A. el caudal real de ingreso para esta zona es de un promedio de 90 l/s.



Ilustración 1 “Reservorio R-11 (vol.=1250 m3), inicio del modelamiento hidráulico”

Fuente: “Propia”

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Abastecimiento de aguas

Las aguas pueden clasificarse como atmosféricas, terrestres, superficiales y subterráneas, y éstas últimas en freáticas y profundas. Las atmosféricas pueden ser sólidas, líquidas y vaporizadas.

Para abastecer estas aguas a un sector de la población se requiere de instalaciones que permitan captar, purificar, almacenar y finalmente distribuir el agua en las poblaciones.

La distribución del agua para consumo humano debe ser buena para la digestión y grata al paladar, para ello nos referimos al agua potable, se deriva de la voz latina potabilis, que significa, que se puede beber.

El agua potable debe ser límpida, incolora, sin partículas en suspensión, sin olor alguno, fresca, y bien aireada. Para lograr que el agua sea apta para el consumo humano debe pasar por ciertas etapas desde obras hidráulicas hasta un análisis físico químico.

REGAL (2012), en su libro "Abastecimiento de agua y alcantarillado" menciona las partes que se compone el sistema de abastecimiento de agua:

- **Obras de captación o de toma de las aguas:**
Son aquellas ejecutadas en las fuentes de aprovisionamiento: ríos, manantiales, etc. y que tienen por objeto proporcionar una dotación suficiente y continuada.
- **Tuberías o canales de conducción:**
Construidas para llevar el agua:
 - Reservoirio de almacenamiento o de regulación del suministro.
 - Plantas de tratamiento o de purificación de las aguas.
- **Redes de distribución**
Están destinadas a entregar el agua al consumidor.

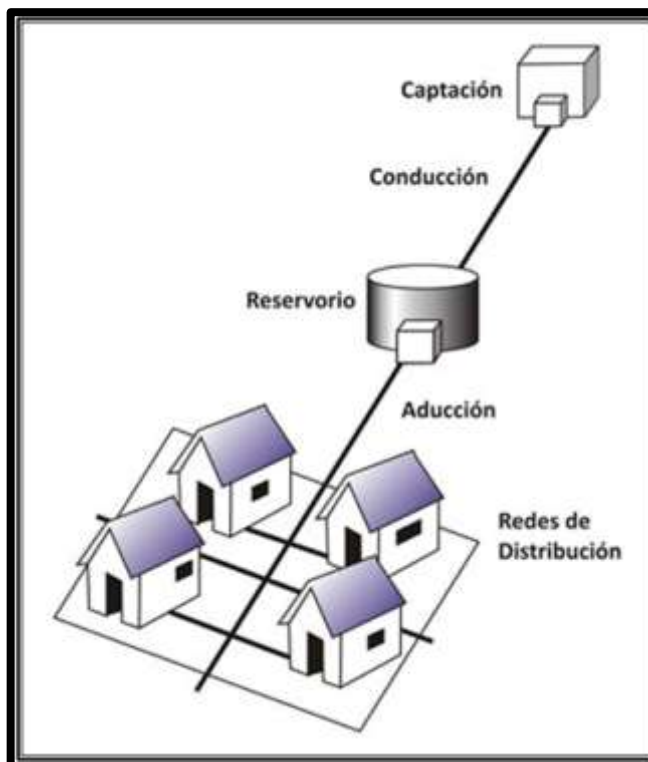


Ilustración 2 “Modelo de un sistema de abastecimiento de agua”

Fuente: “Guía de orientación en saneamiento básico - [http:// bvsde.paho.org/](http://bvsde.paho.org/)”

REGAL (2012), manifiesta para elaborar un proyecto de abastecimiento de agua a una población debemos de tener información previa del lugar, que nos puedan facilitar el problema por resolver. Son 3 datos importantes:

2.2.1.1. Vida económica de la obra

Significa la presunción del número de años durante los cuales los trabajos prestarán servicios antes de que sea necesario abandonarlos o amplificarlos.

Cuando se trata de pequeñas instalaciones generalmente se acepta como periodo de utilización, el que corresponde al de amortización del capital por invertirse, reducido a un cierto número de años lo suficiente para dar tiempo a que se realicen nuevas gestiones para llevar a cabo las ampliaciones necesarias sin que la obra llegue a su máximo de capacidad. Este periodo de tiempo es por lo general 25 a 30 años, que es más o menos la época en que una población duplica el número de sus habitantes, y también un periodo prudencial de duración del sistema. El costo de la instalación debe ser, abonado por la generación presente al ejecutar el trabajo.

En el caso de que se trate de poblaciones importantes con cuyas obras exigen capitales más apreciables, se adopta una población límite fijada de acuerdo con el criterio que se tenga su posible crecimiento y se establece, en consecuencia, el año en que se producirá este límite, y de acuerdo con el periodo de tiempo necesario para alcanzar esta evolución se proyectará la construcción de la obra por etapas, y la emisión de los recursos necesarios de modo que el costo de la obra que se proyecte por un futuro lejano no recaiga directamente sobre la población actual que no utiliza.

2.2.1.2. Población o número de habitantes por servir

VIERENDEL (2009) Manifiesta que la predicción de crecimiento de población deberá estar perfectamente justificada de acuerdo a las características de la ciudad, sus factores socioeconómicos y su tendencia de desarrollo.

a) Periodo de diseño

Periodo recomendable de las etapas constructivas:

- Para poblaciones de 2000 habitantes hasta 20000 habitantes se considerará de 15 años.
- Para poblaciones de 20000 habitantes a más habitantes se considerará de 10 años.

Ecuación 1 “Cálculo de periodo de diseño”

$$X_0 = \frac{2.6 (1 - d)^{1.12}}{i}$$

Donde:

X₀: Periodo de diseño económico óptimo (años)

d : Factor de escala

i : Costo de oportunidad del capital

b) Métodos de estimación

1. Método Racional

Se hace un estudio socio-económico del lugar, se toma en cuenta el crecimiento vegetativo que es en función de los nacimientos, definiciones, inmigraciones, emigraciones y población flotante.

Ecuación 2 “Método Racional”

$$P = (N + I) - (D + E) + P_f$$

Donde:

N = Nacimientos
 D = Definiciones
 I = Inmigraciones
 E = Emigraciones
 Pf = Población flotante
 P = Población

2. Método Aritmético

Este método se emplea cuando la población se encuentra en franco crecimiento.

Ecuación 3 “Método Aritmético”

$$P = P_0 + r(t - t_0)$$

Donde:

P = Población a calcular
 P₀ = Población Inicial
 r = Razón de crecimiento
 t = Tiempo futuro
 t₀ = Tiempo Inicial

- **Población Inter censal**

Ecuación 4 “Población Inter censal”

$$r = \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i}$$

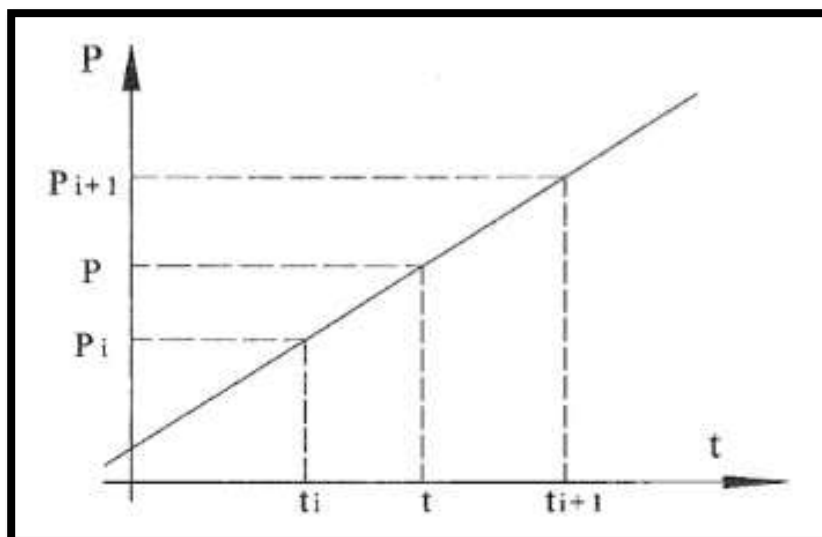


Ilustración 3 "Método Inter censal"

Fuente: "Abastecimiento de agua y alcantarillado, Vierendel (2009)"

- **Población Post-censal**

Ecuación 5 "Población Post-censal"

$$r = \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i}$$

$$P = P_f + r(t - t_f)$$

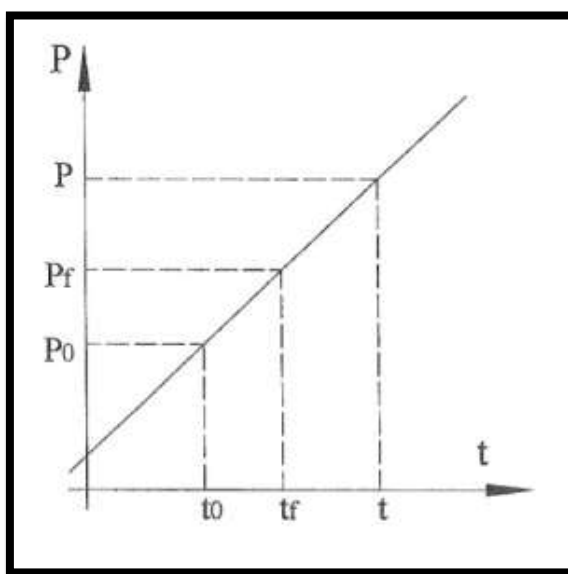


Ilustración 4 "Método Post-censal"

Fuente: "Abastecimiento de agua y alcantarillado, Vierendel (2009)"

3. Método de Interés simple

Ecuación 6 “Método de Interés Simple”

$$P = P_t[1 + r(t - t_0)]$$

$$r = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i(t_{i+1} - t_i)}$$

Donde:

- P = Población a calcular
- P_0 = Población Inicial
- r = Razón de crecimiento
- t = Tiempo futuro
- t_0 = Tiempo Inicial

2.2.1.3. Dotación de agua que se deberá suministrar

(REGAL, 2012) La cantidad depende de varios factores, entre los principales son: número total de pobladores, sus costumbres, carácter (social, comercial o industrial de la población), clima, etc.

Se acepta que la cantidad de agua por suministrar, es tanto mayor cuanto más numerosa es la población. Entre una y otra se establece la siguiente proporcionalidad.

Tabla 3 “Proporcionalidad de aumento de población e incremento de consumo”

AUMENTO DE POBLACIÓN	INCREMENTO DE CONSUMO
20 %	2 %
40 %	4 %
60 %	6 %
80 %	8 %
100 %	9 %

Fuente: “Abastecimiento de agua y alcantarillado, A. REGAL (2009).”

En EE.UU., el consumo de las pequeñas ciudades es de unos 220 lt; en las de mayor población, 380 lt; y, por último, en las muy pobladas, de 460 lt; todos consumos por habitantes y por día.

En cuanto al clima, no es necesario insistir para aceptar que la temperatura ambiente, por ejemplo, influye en el consumo, y así la

experiencia muestra que, para una misma población, el consumo es mayor en verano que en invierno.

Para estudiar analíticamente el consumo, se divide en las siguientes partidas:

- Consumo doméstico
- Consumo individual
- Consumo público
- Pérdidas tolerables
- Desperdicios
- Grifos contra incendios

2.2.2. Redes de Distribución

(VIERENDEL, 2009) Menciona que es el conjunto de tuberías que iniciando del reservorio de distribución y siguiendo su desarrollo por las calles de la ciudad sirven para trasladar el agua potable al consumidor. Forman parte de la red de distribución accesorios como: tuberías, piezas especiales, válvulas, cajas de válvula, cámara rompe presión, hidrantes, reservorios reguladores ubicados en diversas zonas etc.

2.2.2.1. Proyecto para un sistema de distribución

(VIERENDEL, 2009)

A. Elección para el almacenamiento y distribución

1. Reservorio único.
2. Reservorio principal y reservorios reguladores zonales.
3. Ubicación de los reservorios (al comienzo y al final de la red).
4. Procedimiento de distribución en función con el trazado (circuito abierto o circuito cerrado).

B. Determinación de las presiones

Se asume una presión mínima de 15 mca (metros columna de agua) y una máxima de 50 mca. En ciudades pequeñas puede tomarse una presión mínima de 10 mca.

C. Colocación de válvulas

Se colocan válvulas de cierre, purga, aire, hidrantes, etc.

D. Consideraciones para determinar la capacidad del reservorio y diámetros del sistema

1. Estimación de la población futura de acuerdo al periodo de diseño considerado.
2. División de la ciudad en zonas o distritos de agua cuando la extensión de la población lo requiera.
3. Densidad de la población de la zona.
4. Ubicación de los edificios importantes que pueden significar consumos especiales.
5. Dotación de agua per cápita.
6. Calcular el Caudal Máximo Diario y el Caudal Máximo Horario.
7. Diagrama de masa y periodos de almacenamiento.
8. Demanda contra incendio.
9. Planos topográficos para el trabajo y verificación de cotas.
10. Consideración de zonas de futura expansión.

E. Consideraciones generales sobre el trazado de la red

1. Sistema de Circuito Abierto

a) Espina de pescado

Se basa en una tubería principal que corre por la calle principal de la población; el cual va disminuyendo de diámetro a medida que avanza y que alimenta tuberías laterales que se desprenden de él.

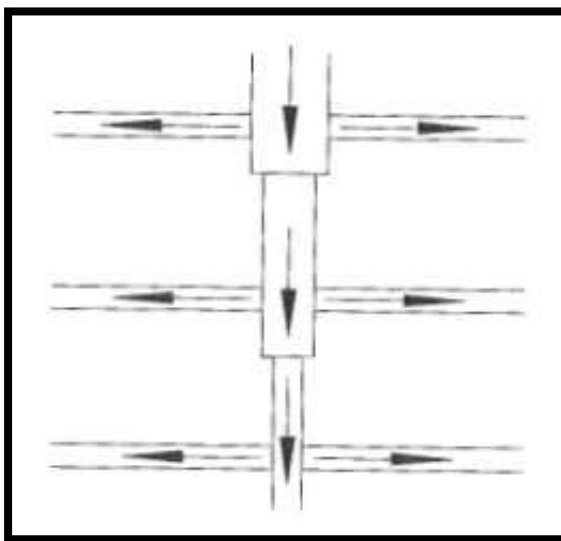


Ilustración 5 “Sistema Espina de pescado”

Fuente: “Abastecimiento de agua y alcantarillado, Vierendel (2009)”

b) Parrilla

Tienen tuberías de mayor diámetro en el sentido longitudinal y transversal de trecho en trecho que alimentan a una red de menores diámetros.

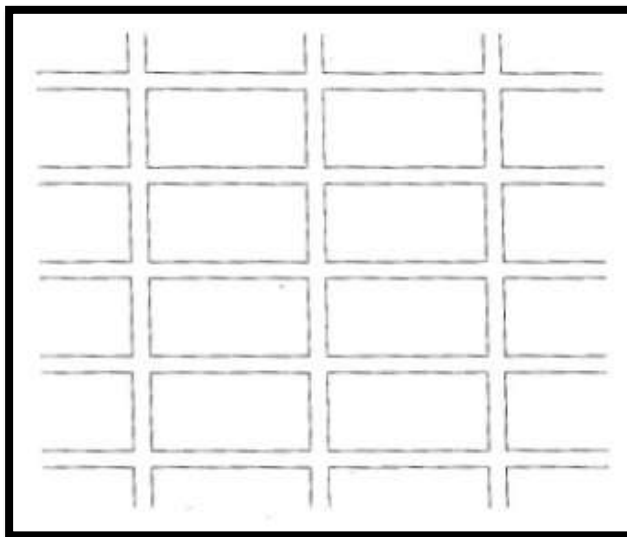


Ilustración 6 “Sistema Parrilla”

Fuente: “Abastecimiento de agua y alcantarillado, Vierendel (2009)”

2. Sistema de Circuito Cerrado

Consta de un sistema de tuberías principales que abarcan a un grupo de manzanas de las cuales parten conductos de menor diámetro, unidas en sus extremos al eje.

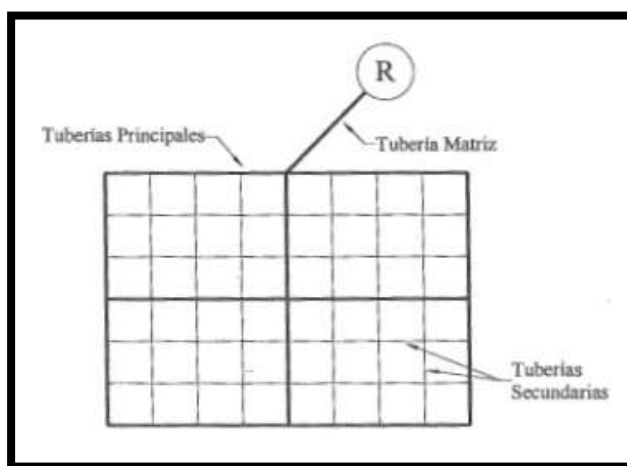


Ilustración 7 “Sistema de Circuito Cerrado”

Fuente: “Abastecimiento de agua y alcantarillado, Vierendel (2009)”

F. Designación de las tuberías

1. Tubería matriz
2. Tubería principal
3. Tuberías secundarias

G. Circuitos de un sistema cerrado

1. Circuito primario
2. Circuito secundario
3. Circuito relleno

H. Dispositivos reductores de presión

1. Válvula reductora de presión.
2. Red de cajas de rompe presión.

2.2.2.2. Tipos de proyectos de redes

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) La mayor parte de las obras que se hacen en las redes de distribución de las ciudades son para mejorar o para ampliar las redes que ya existen. Se requieren 2 tipos de proyectos: **de rehabilitación y nuevos**.

2.2.2.3. Esquemas básicos

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) Los esquemas básicos o configuraciones se refieren a la forma en la que se enlazan o trazan los tubos de la red de distribución. Se tienen tres configuraciones de la red: **Cerrada, Abierta y Combinada**.

Cuando una red es **Cerrada** (o tienen forma de malla), su tubería forma al menos un circuito. La ventaja de diseñar redes cerradas es que, en caso de falla, el agua puede tomar trayectorias alternas para abastecer una zona de la red. Una desventaja de las mismas es que no es fácil localizar las fugas.

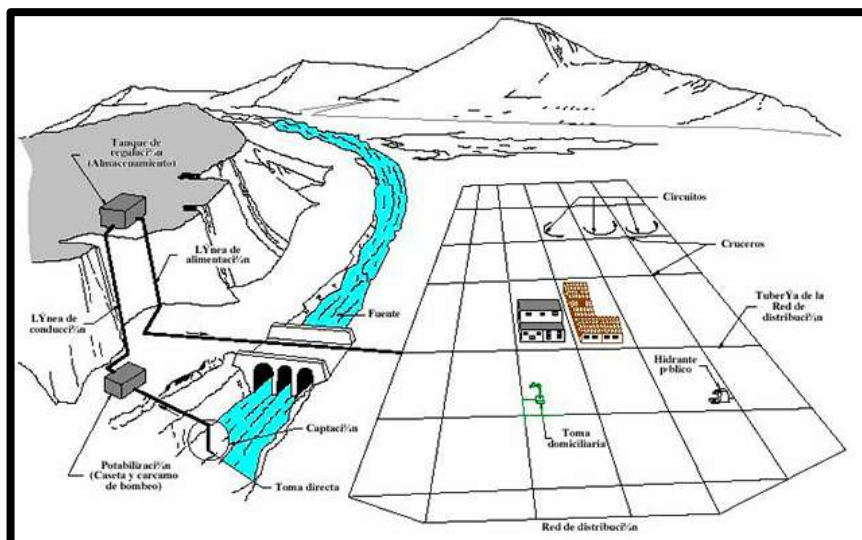


Ilustración 8 “Sistema de Circuito Cerrado 02”

Fuente: “Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua – Gobierno de México (2015)”

La red Abierta se compone de tubos que se ramifican sin formar circuitos (forma de árbol).

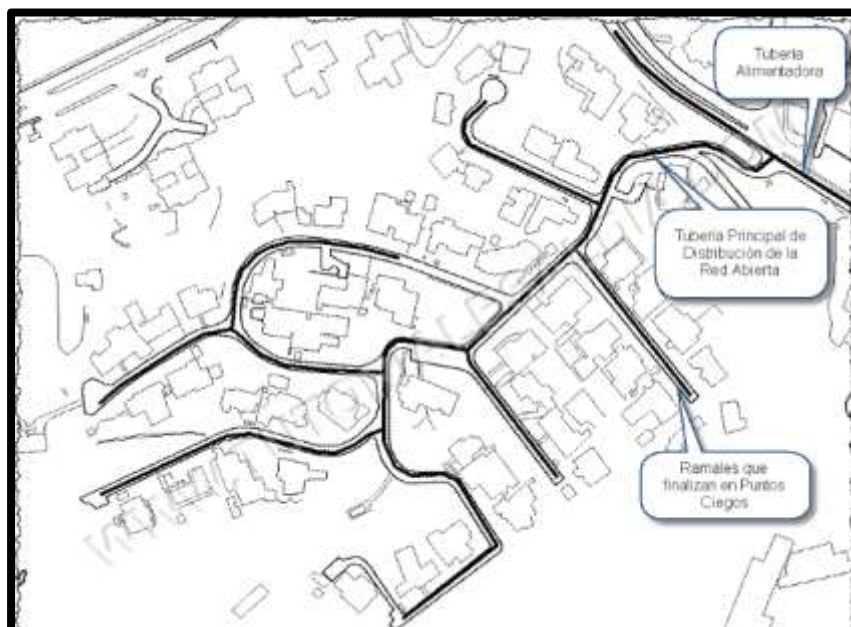


Ilustración 9 “Sistema de Distribución Abierta”

Fuente: “Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua – Gobierno de México (2015)”

En algunos casos es necesario emplear ramificaciones en redes cerradas, es decir, se presentan ambas configuraciones; se tiene entonces, una **red Combinada**.

2.2.2.4. División de una red de distribución

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) Una red de distribución se divide en 02 partes para determinar su funcionamiento hidráulico: **la red primaria**, la cual rige el funcionamiento de la red, **y la secundaria** o “de relleno”.

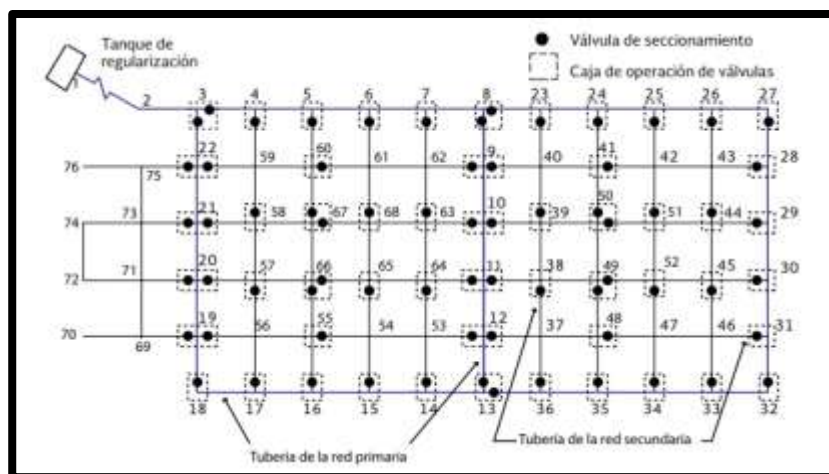


Ilustración 10 “Distribución de red primaria y red secundaria”

Fuente: “Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua – Gobierno de México (2015)”

2.2.2.5. Formas de distribución

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) El agua se distribuye a los usuarios en función de las condiciones locales de varias maneras: por Gravedad, por Bombeo y Distribución Mixta.

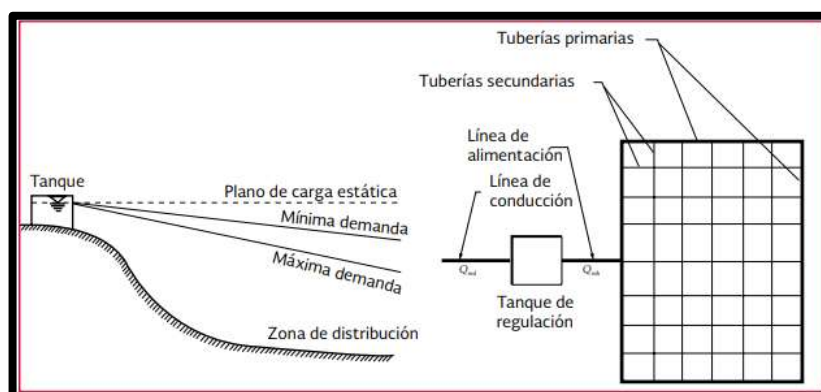


Ilustración 11 “Distribución por gravedad (recomendable)”

Fuente: “Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua – Gobierno de México (2015)”

En la Distribución Mixta, parte del consumo de la red se suministra por bombeo con excedencias a un tanque, del cual a su vez se abastece el resto de la red por gravedad (Ilustración 12).

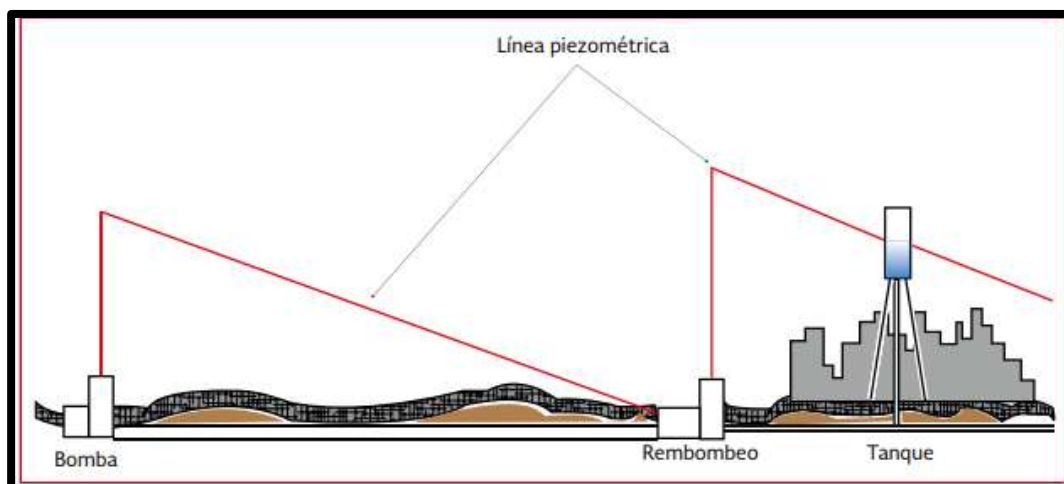


Ilustración 12 “Distribución mixta (no recomendable)”

Fuente: “Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua – Gobierno de México (2015)”

2.2.3. Componentes de una red de distribución

2.2.3.1. Tubería

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) En la elección del material del tipo de conducto intervienen características como: resistencia mecánica, durabilidad, resistencia de corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de conexión y reparación, y, especialmente, la conservación de la calidad del agua.

A. Tubería de plástico

Los tubos de PVC (serie métrica) se fabrican de acuerdo con la Norma Peruana vigente (NTP 399.002:2015 y NTP 399.003:2015), la cual considera el sistema de unión (un solo tipo) y el grado de calidad (también único) y lo denomina espiga-campana; por su resistencia a la presión de trabajo, clasifica los tubos en cuatro clases.

**Tabla 4 “Características técnicas de la tubería para agua fría”
NTP 399.002:2015**

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal	Real	Total	Útil	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso
(Pulg)	(mm)	(metros)	(metros)	(mm)	(kg/tubo)	(mm)	(kg/tubo)	(mm)	(kg x tubo)	(mm)	(kg x tubo)
1/2"	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.841	1.8	0.841
3/4"	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.082	1.8	1.082
1	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.365	2.3	1.717
1 1/4"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.758	2	1.943	2.9	2.755
1 1/2"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.02	2.3	2.554	3.3	3.584
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.544	2.2	3.088	2.9	4.021	4.2	5.692
2 1/2"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.111	2.6	4.444	3.5	5.905	5.1	8.407
3	88.5	5.00	4.93	2.2	4.608	3.2	6.625	4.2	8.593	6.2	12.385
4	114.0	5.00	4.9	2.8	7.562	4.1	10.944	5.4	14.244	8	20.597
6	168.0	5.00	4.86	4.1	16.326	6.1	23.995	8	31.099	11.7	44.432
8	219.0	5.00	4.82	5.3	27.519	7.9	40.521	10.4	52.713	15.3	75.73
10	273.0	5.00	4.77	6.7	43.353	9.9	63.29	13	82.13	19	117.269
12	323.0	5.00	4.73	7.9	60.487	11.7	75.585	15.4	98.105	22.5	164.301

Fuente: “<http://www.pavco.com.pe/wp-content/uploads/2016/05/AGUA-FRIA.pdf> (2016)”

**Tabla 5 “Características técnicas de la tubería para desagüe”
NTP 399.003 / NTE 009**

Diámetro Exterior		Longitud		Clase liviana		Clase pesada	
Nominal	Real	Total	Útil	Espesor	Peso	Espesor	Peso
(Pulg)	(mm)	(metros)	(metros)	(mm)	(kg x tubo)	(mm)	(kg x tubo)
1 1/2	41.0	3.00	2.97	1.3	0.768	-	-
2	54.0	3.00	2.96	1.3	1.019	1.7	1.324
3	80.0	3.00	2.94	1.4	1.635	2.0	2.322
4	105.0	3.00	2.92	1.7	2.611	2.6	3.96
6	168.0	5.00	4.87	2.8	11.453	4.1	16.639
8	219.0	5.00	4.83	3.5	18.676	5.3	28.045
10	273.0	5.00	4.79	4.4	29.263	6.7	44.178
12	323.0	5.00	4.75	4.8	35.086	-	-

Fuente: “<http://www.pavco.com.pe/wp-content/uploads/2016/05/AGUA-FRIA.pdf> (2016)”

1. Ventajas de los tubos PVC

- Hermeticidad
- Pared interior lisa
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia química

- Ligereza
- Flexibilidad
- Resistencia a la tensión
- Facilidad de instalación
- No altera la calidad del agua

2. Desventajas de los tubos PVC

- Susceptibilidad a daños durante su manejo. Su resistencia puede ser afectada por raspaduras, la caída de rocas durante la excavación o relleno de la zanja.
- A temperaturas menores a 0 °C, el PVC reduce su resistencia al impacto.
- A temperaturas mayores a 25 °C, se debe reducir la presión de trabajo.
- La exposición prolongada a los rayos solares reduce su resistencia mecánica



Ilustración 13 “Tubo de PVC-U de drenaje de agua potable”

Fuente: “Wikipedia (2018)”

B. Otros tipos de tubería

- Tubería de fibrocemento
- Tubería de hierro fundido
- Tubería de concreto
- Tubería de acero

2.2.3.2. Piezas especiales

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) Se les llama piezas especiales a todos aquellos accesorios de la tubería que permiten formar cambios de dirección, ramificaciones e intersecciones, así como conexiones incluso entre tubería de diferente material y diámetros.

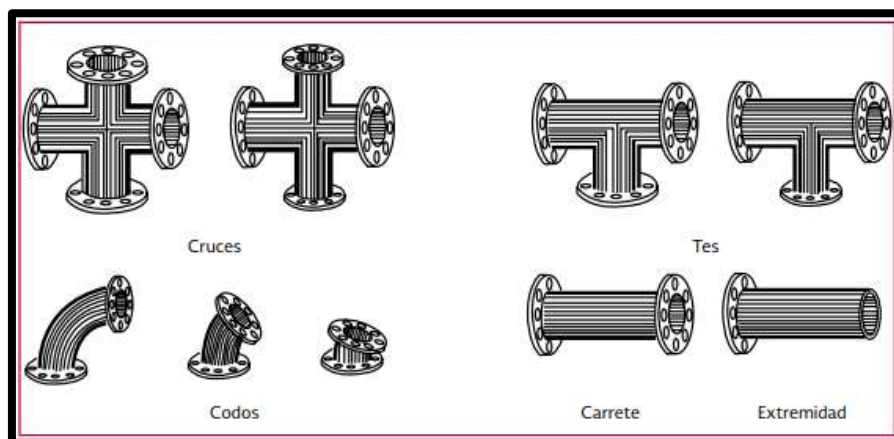


Ilustración 14 “Piezas especiales de hierro fundido con extremos bridados”

Fuente: “Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua – Gobierno de México (2015)”

2.2.3.3. Válvulas

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) Las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión.

Las válvulas se dividen en dos clases según su función: 1) Aislamiento o seccionamiento y 2) Control.

(VIERENDEL. 2009) Nos menciona la colocación de válvulas:

- Debe considerarse que, al cierre de válvulas, para la reparación de un tramo no debe exceder más de 200 metros lineales de tubería.
- Cada tramo debe separarse a lo más mediante el cierre de 4 válvulas.
- Las válvulas deben ubicarse cerca de las instalaciones de las calles.
- Ubicarse válvulas en las tuberías secundarias justamente en la derivación de las principales.
- Las válvulas mayores de 12" deben ir en casetas especiales accesibles mediante bocas de inspección.
- En la tubería de 12" a más debe instalarse válvulas de purga en los puntos bajos y de aire en los puntos altos.
- Las válvulas no deben aislarse a más de 500 metros de tubería.

Las válvulas más utilizadas en redes de distribución se pueden identificar las siguiente:

A. Válvula de compuerta

(EcuRed, 2018) Esta válvula está destinada propiamente para ser operada cuando se requiera un cierre o apertura total.



Ilustración 15 “Partes de una válvula de compuerta”

Fuente: “<http://www.geocities.ws/MadisonAvenue/6883/trabajos/1valvulas/valvulas98.htm>”

B. Válvula de tipo mariposa

(EcuRed, 2018) Este dispositivo mecánico puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos mediante una pieza movable llamada mariposa.



Ilustración 16 “Válvula de tipo mariposa”

Fuente: “<https://blogs.uab.cat/actualidad30/construccion/valvulas-de-saneamiento-caracteristicas-de-las-valvulas-de-mariposa-y-de-compuerta/>”

C. Válvula de tipo globo

Es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde del control de caudal hasta el control abierto o cerrado.



Ilustración 17 “Válvula de tipo globo”

Fuente: “http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_globo_de_globo.html/”

D. Válvula de bola o de esfera

Es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.



Ilustración 18 “Válvula de bola”

Fuente: “https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_bola”

E. Válvula de aire

Las válvulas de aire o ventosas se utilizan en acueductos, impulsiones y redes de agua y saneamiento, su presencia es indispensable por distintas razones. El agua siempre contiene aire disuelto, este aire se va manifestar en forma de burbujas cuando se produce un aumento de temperatura y/o una disminución de la presión.



Ilustración 19 “Válvula de aire”

Fuente: “https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_aire”

F. Válvula de purga

Las válvulas de purga o de descarga se ubican en los puntos bajos de las líneas, para eliminar el agua cuando se hace la desinfección de la red de distribución y para permitir la evacuación del agua siempre que sea necesario.

Los sedimentos hacinados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la disminución del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.



Ilustración 20 “Válvula de purga”

Fuente: “https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_purga”

2.2.3.4. Hidrantes

(VIERENDEL, 2009) Los hidrantes son conexiones especiales de la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes: públicos y contra incendio.



Ilustración 21 “Hidrante en vía pública”

Fuente: “<http://huachonoticiastudiario.blogspot.pe/2017/08/31082017-huacho-y-los-hidrantes-hay-o.html>”

2.2.3.5. Cámara rompe presión (CRP)

(<https://es.slideshare.net/Evargs1992/cmaras-rompe-pesin>) Son estructuras pequeñas, su función principal es de reducir la presión hidrostática a cero.

Tipos de Cámara Rompe Presión

A. CRP Tipo 6

Es empleada en la Línea de Conducción cuya función es únicamente de reducir la presión de la tubería.

B. CRP Tipo 7

Sirve para utilizar en la red de distribución, además de reducir la presión regula el abastecimiento mediante el accionamiento de la válvula flotadora

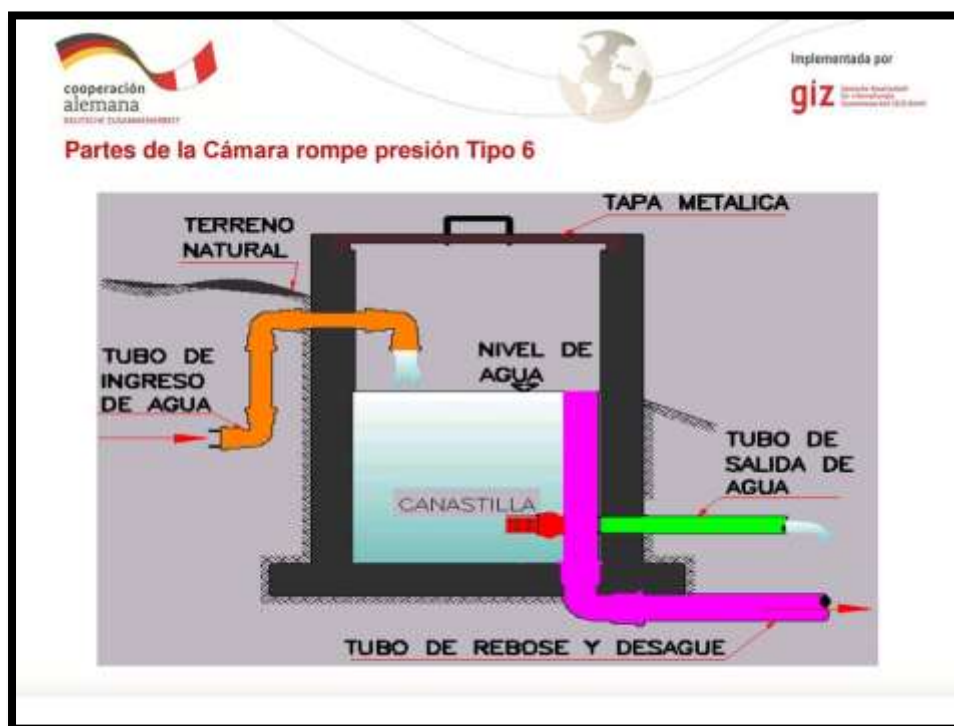


Ilustración 22 “CRP – Tipo 6”

Fuente: “Diseño de redes de distribución de agua potable, 2015”

2.2.3.6. Reservorios o tanques

(DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, 2015) Los reservorios son utilizados en los sistemas de distribución de agua para asegurar la cantidad y la presión del agua disponible en la red. Según su construcción, pueden ser superficiales o elevados.

La selección del tipo de tanque depende del material disponible en la región de las condiciones topográficas y de la disponibilidad de terreno y tenemos las siguientes: ***tanques enterrados, tanques semienterrados, tanques superficiales y tanques elevados.***



Ilustración 23 “Tanque elevado”

Fuente: “<http://www.industriaspuente.com/index.php?IDDT=19>”

2.2.4. Análisis Hidráulico

(VIERENDEL, 2009) Consideraciones para el cálculo

- Esquema del circuito primario.
- Área abastecida por cada tubería.
- Determinación del gasto máximo por tramo.
- Ubicación de los puntos de salida.
- Cálculo o estimación tentativa de los diámetros.
- Determinación de las pérdidas de carga.
- Determinación de las presiones de acuerdo a las pérdidas de carga halladas y las cotas topográficas.

2.2.4.1. Ecuaciones de pérdida de energía por fricción

(SALDARRIAGA, 1998) Gobiernan el flujo uniforme en tuberías. Estas ecuaciones se conocen con el nombre de ecuaciones de fricción, ya que por lo general relacionan la energía que se pierde en el proceso del movimiento del fluido a causa de la fricción entre la pared del ducto y el fluido.

2.2.4.2. Ecuación de Darcy – Weisbach

(SALDARRIAGA, 1998) Cuando se trata de conductos cerrados, el único tipo de energía que puede perderse por razón del movimiento del fluido es la energía de presión, ya que la energía cinética debe permanecer constante si el área es constante, y la energía potencial sólo depende de la posición. La pérdida de energía por fricción es:

Ecuación 7 “Pérdida de energía por Fricción - Darcy – Weisbach”

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

H_f: Energía por unidad de peso perdida por fricción

f: Factor de fricción de Darcy

L: Longitud del tramo de la tubería

D: Diámetro de la tubería

V: Velocidad media

El factor de fricción está en función de manera compleja, respecto al número de Reynolds y de la rugosidad relativa:

Ecuación 8 “Factor de Fricción”

$$f = F\left(Re \times \frac{K_s}{d}\right)$$

2.2.4.3. Ecuación de Manning

(WIKIPEDIA, 2018) La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889.

Ecuación 9 “Pérdida de energía por Fricción – Manning”

$$H_f = C_f \times L \times n^2 \times V^2 / (2R)^{1.33}$$

Donde:

- C_f : 1.49 para unidades inglesas, y 1.00 para unidades métricas.
- V : Velocidad (fps o m/s)
- R : Radio hidráulico = área/ perímetro mojado (ft o m)
- H_f : Pérdida de carga (ft o m)
- L : Longitud de la tubería (ft o m)
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad responde al tipo de material de la tubería, como se puede apreciar en la tabla N° 4:

Tabla 6 “Coeficiente de rugosidad de Manning”

MATERIAL	n
PVC	0.009
Cemento de granulometría fría	0.010
Acero	0.011
Hierro Fundido	0.015

Fuente: ICG – Modelación y diseño de sistemas de distribución de agua

Se puede apreciar además un factor R ; que responde al nombre de radio hidráulico. Este valor es el resultado del área de la tubería respecto a su perímetro mojado, lo cual indica que es una fórmula aplicable no necesariamente a tubería de sección llena. Es

por eso que la ecuación de Manning es usada mayormente en alcantarillado.

2.2.4.4. Ecuación de Hazen Williams

(ADRIEN, 2004) Establecida por Allen Hazen y Gardner Williams en 1905, es una fórmula empírica ampliamente utilizada para calcular la fricción en tuberías, para el agua que fluye bajo condiciones turbulentas. Cede a resultados comparables a los de la fórmula de Darcy-Weisbach en altos números de Reynolds. Expresa el flujo Q en una tubería en función de su diámetro D, pendiente So, y un coeficiente de fricción C entre 100 y 150 dependiendo del material y edad de la tubería:

Ecuación 10 “Ecuación de Hazen Williams (a)”

$$Q = a \times C \times D^{2.63} \times S^{0.54} \dots (a)$$

Donde:

a: 0.432 para sistema ingles de unidades (ft³/s y ft) o 0.278 para el sistema internacional de unidades (m³/s y m)

Fórmulas equivalentes para la pérdida de carga (Hf) de Hazen – Williams, y velocidad promedio (V) son:

Ecuación 11 “Ecuación de Hazen Williams (b)”

$$V = b \times C \times R^{2.63} \times S^{0.54} \dots (b)$$

Donde:

b: 1.318 para sistema ingles de unidades o 0.849 para el sistema internacional de unidades.

R: Radio hidráulico

Ecuación 12 “Pérdida de energía por Fricción - Hazen Williams”

$$Hf = c \times L \times V^{1.85} / (S^{1.85} \times D^{1.165}) \dots (c)$$

Donde:

c: 3.02 para sistema ingles de unidades o 6.79 para el sistema internacional de unidades.

L: Longitud de tubería

La ecuación (c) será empleada en la investigación utilizando el factor c de 6.79 (Coeficiente empírico del S.I.) para V : m/s y D : m.

(MOTT, 2006) La fórmula de Hazen-Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos. Su uso se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2.0 pulg (50.8 mm) y menores de 6.0 pies (1828.8 mm). La velocidad del flujo no debe exceder los 10.0 pies/s (3.048 m/seg). Asimismo, está elaborada para temperaturas ordinarias de entre 5°C – 25°C). Su empleo con temperaturas mucho más bajas o altas ocasionaría cierto error.

La elección de la ecuación de Hazen – Williams responde a la tabla N° 7:

Tabla 7 “Comparación de ecuaciones de fricción”

DARCY - WEISBACH	MANNING	HAZEN - WILLIAMS
Todos los fluidos	Agua solamente	Agua solamente
Difícil obtener factor "f"	Fácil obtener factor "n"	Fácil obtener factor "C"
Para todos los regímenes	Flujo turbulento	Flujo laminar
Uso poco común	Usada exclusivamente para alcantarillado sanitario	De uso común

Fuente: “ICG – Modelación y diseño de sistemas de distribución de agua”

2.2.4.5. Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams (C)

(ADRIEN, 2004) Un coeficiente que expresa la Influencia del material y la edad de una tubería, en la velocidad de flujo en el tubo. Utilizado en la fórmula Hazen-Williams, este coeficiente varía entre valores de 100 a 150.

(HAZEN & WILLIAMS, 1910) Estos coeficientes fueron establecidos por Adrien Hazen y Gardner Williams en el año de 1908, publicados finalmente en el año de 1910, en el cual explican algunos coeficientes empíricos de los siguientes elementos:

Tabla 8 “Coeficientes de Hazen – Williams”

MATERIAL	C	
	RANGOS	
Tubería de hierro fundido	130	60
Tubería de acero remachado	110	85
Tubería de madera	120	
Tubería de asbesto cemento	140	
Tubería de hierro forjado	140	60
Tubería de hierro galvanizado	140	40
Tubería de latón	135	
Tubería de plomo	135	
Tubería de vidrio	140	
Acueductos	125	
Alcantarillas	110	100

Fuente: “Hydraulic tables of gagings and friction of water flowing in pipes-1909”

Hidráulica del PVC: Como podemos apreciar, el material PVC (Polivinilo de cloruro), empleado en la mayoría de redes de tuberías de agua potable y alcantarillado no se encuentra en dicha investigación, dado que su uso data de años posteriores a los experimentos realizados por Hazen – Williams. Sin embargo, el AWWA (American Water Works Association) estableció el factor “C” de este material en base a diversas investigaciones.

(AWWA, 2002) Los coeficientes de flujo para la tubería de PVC se han obtenido a través de la investigación y el análisis de varios investigadores, incluyendo Neale, Price, Jeppsonm y Bishop, la investigación ha establecido que el coeficiente de flujo C de Hazen-Williams puede variar en el valor de 155 a 165, Tubo de pvc. Por lo tanto, un coeficiente de flujo de C = 150 se utiliza generalmente como un valor conservador para el diseño de sistemas de tuberías de PVC.

Tabla 9 “Coeficientes de Hazen – Williams según AWWA”

MATERIAL	FACTOR "C"
PVC	150
HIERRO (NUEVO)	130
HIERRO (20 AÑOS ANTIGÜEDAD)	100

Fuente: "AWWA"

2.2.4.6. Velocidades

(ADRIEN, 2004) La velocidad de flujo o la relación de la distancia recorrida al tiempo de Recorrido, generalmente es expresado en pies por segundo (pies/seg) o metros por segundo (m/ s). Por conveniencia, una velocidad de flujo medio V en cualquier sección transversal se define como la relación de la descarga Q respecto a su área de sección transversal A .

Ecuación 13 “Ecuación de la Velocidad”

$$V = \frac{Q}{A}$$

(AGÜERO, 1997) Recomienda valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s.

2.2.4.7. Presiones

(SALDARRIAGA, 1998) Las presiones en sistemas de distribución de agua potable varían de 15 a 30 mca (metros columna de agua) (150 a 300 kPa) en sectores residenciales con edificios de incluso cuatro pisos de altura, y hasta 40 a 50 mca (400 a 500 kPa) en sectores comerciales e industriales.

La sumatoria de las cargas de presión con la elevación nos da el gradiente hidráulico o también llamado la línea piezométrica (HGL). Este valor lo podemos encontrar en el principio de conservación de energía establecido por Bernoulli.

Ecuación 14 “Principio de Conservación de Energía”

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + \sum H_p = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum H_L$$

Donde:

Z: Elevación

$\frac{P_1}{\gamma}$: Carga de presión/ Energía de flujo

$\frac{V_2^2}{2g}$: Carga de velocidad/ Energía cinemática

$\sum H_p$: Carga de velocidad/ Energía cinemática

$\sum HL$: $\sum H_f$ (Fricción) + $\sum H_m$ (pérdidas menores)

HGL, representa la carga estática la cuál sumada a la carga de velocidad o energía cinemática, se obtiene la línea de energía (EGL) o carga total en el sistema.

2.2.5. Software para el Cálculo Hidráulico

La elección de un programa de cómputo para el diseño de redes de distribución depende del tamaño y la complejidad de la red a diseñar y del impacto que pueda tener en el costo total del proyecto.

A continuación, mencionaremos algunas recomendaciones para la elección de un programa de cálculo hidráulico:

- Existen programas gratuitos de software hidráulico, algunos de ellos son compatibles a programas más robustos, con los cuales se puede iniciar el diseño y después migrar a un programa más completo. Pues, la mayoría de los programas modernos parten de un modelo gratuito.
- Cuando se adquiera un software se deberá considerar también el costo por la asesoría o capacitación por parte de la empresa distribuidora del programa.
- Elegir un programa compatible con otros softwares de su tipo.

2.2.5.1. Software WaterCAD V8i (SELECT series 6)

(SALDARRIAGA, 1998) WaterCAD es un programa bastante poderoso y fácil de usar que permite hacer tanto el análisis como el diseño de redes de distribución de agua potable.

(<https://www.bentley.com/es/solutions/industries/water-and-wastewater>, 2018) WaterCAD nos brinda las siguientes funciones:

- Diseña y analiza sistemas de distribución de agua.

- Planifica sistemas de alcantarillado urbano.
- Diseña sistemas de recogida de aguas residuales.
- Modela el desempeño de la red.
- Crea planes para las redes de agua, drenaje y aguas pluviales.
- Ejecuta proyectos urbanos de gestión de aguas pluviales.
- Controla y evalúa el estado y el rendimiento de los activos.
- Responde adecuadamente a los cortes y otras emergencias.
- Diseña, construye y opera instalaciones de tratamiento.

(<https://www.youtube.com/watch?v=e6PNI-oYfBY&t=1367s>)

WaterCAD es un software de ingeniería con el cual se puede modelar fluidos. La aplicación más importante está en su uso para modelar sistemas de distribución de agua.

Los tipos de redes de distribución de agua se puede modelar:

- Redes Abiertas
- Redes Cerradas
- Redes Mixtas

WaterCAD realiza la modelación de redes con:

- Ecuación de Darcy-Weisbach
- Ecuación de Manning
- Ecuación de Hazen Williams

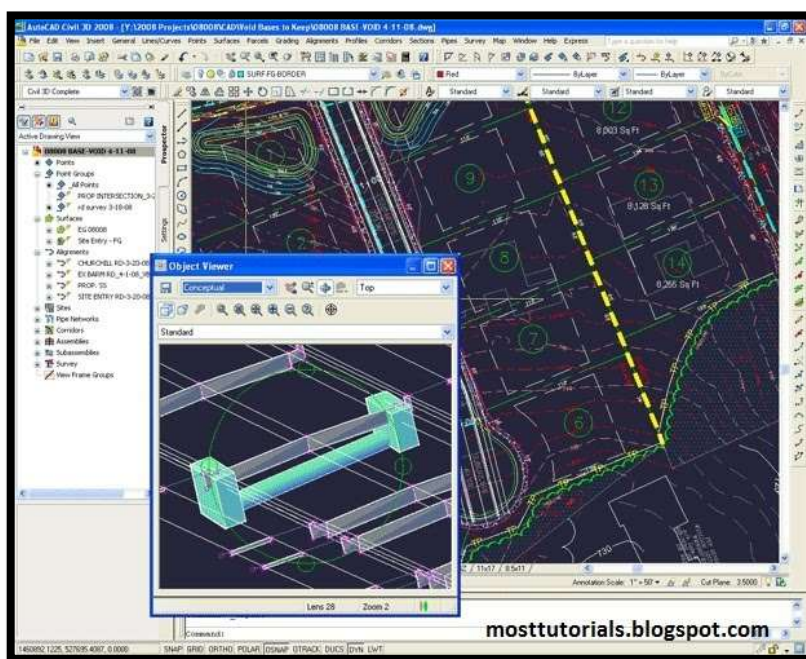


Ilustración 24 “Ventana principal del software WaterCAD V8i”

Fuente: “Wikipedia”

2.2.5.2. Software Epanet 2.0 vE

(SOFTWARE EPANET 2.0) Para la realización del modelo de calidad del agua es necesario disponer de un modelo hidráulico preciso y completo. EPANET es un motor de análisis hidráulico actual que incluye las siguientes características:

- No existe límite en el tamaño de la red que se desea analizar
- Calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o Chezy-Manning
- Incluye pérdidas menores en conexiones tales como codos, acoplamientos, etc.
- Modeliza bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como a velocidades de giro variables
- Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones
- Modeliza diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal, etc.
- Permite el almacenamiento de agua en tanques que presenten cualquier geometría (por ejemplo, que la sección del tanque sea variable con la altura del mismo).
- Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los Nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.
- Modeliza consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores (rociadores, aspersores).

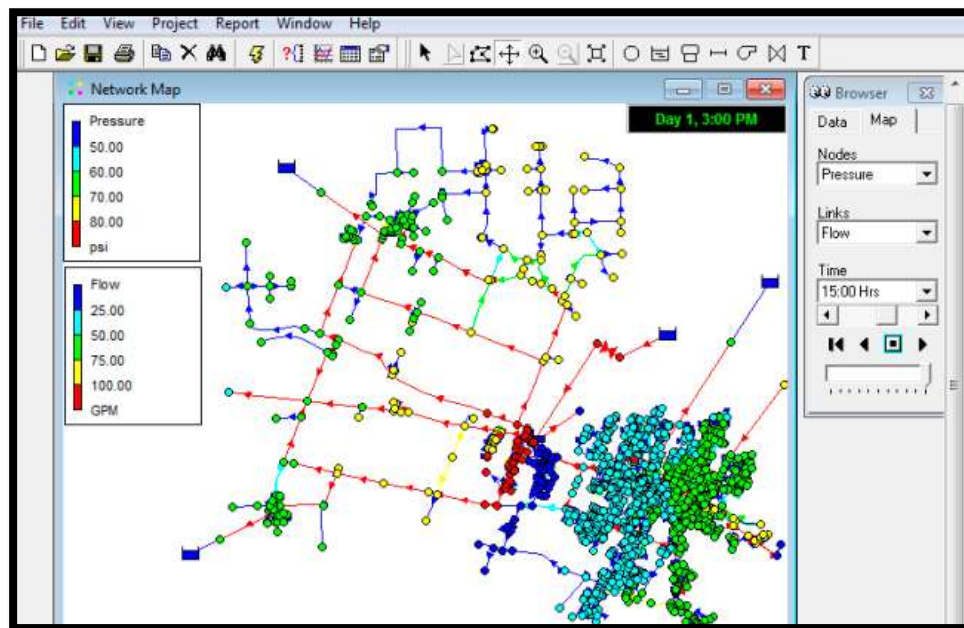


Ilustración 25 “Ventana principal del software Epanet 2.0 vE”

Fuente: “Wikipedia”

2.2.6. Normatividad

2.2.6.1. OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano (RNE – NORMATIVA PERUANA)

En la norma OS.050 fija las condiciones exigibles en la elaboración de los proyectos hidráulicos y también nos menciona que los proyectos deben ser para localidades mayores a 2000 habitantes.

Levantamiento topográfico: El cual busca obtener información como planos de lotización con curvas de nivel cada metro, perfiles longitudinales de los trazos de las tuberías a diseñar y empalmes con redes de agua existente, y secciones transversales de todas las calles.

Suelos: Se realizará el reconocimiento general del terreno y el estudio de evaluación de sus características.

Población: Se definirá la población y la densidad poblacional para el periodo de diseño adoptado.

Caudal de diseño: La red de distribución se diseñará con el Caudal Máximo Horario, previo a datos obtenidos en campo y cálculos matemáticos.

Análisis hidráulico: En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, se utilizarán los coeficientes de fricción que se establecen en la tabla N° 10.

Tabla 10 “Coeficientes de Hazen – Williams, OS.050 RNE”

TIPO DE TUBERÍA	“C”
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
Policloruro de vinilo (PVC)	150

Fuente: “Reglamento Nacional de Edificaciones”

Clases de tuberías: (AGÜERO, 1997) Los tipos de conductos a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que acontezcan en la línea representada por la línea de carga estática.

Tabla 11 “Clase de tuberías PVC y máxima presión de trabajo”

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE PRUEBA (mca)	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (mca)
5	50	35
7	75	50
10	100	70
15	150	100

Fuente: “Agua Potable para Poblaciones Rurales. Sistemas de Abastecimiento por gravedad sin tratamiento”

Diámetro mínimo: En redes de distribución la tubería principal será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial.

Velocidad: La velocidad máxima será de 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s, mayor a esa velocidad la tubería PVC ya no soportaría por el fenómeno de abrasión (transporte del fluido más sediento).

La norma no lo indica, pero en la velocidad mínima que recomiendan es de 0.6 m/s.

Presiones: La presión estática no será mayor de 50 mca en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 mca.

2.2.6.2. OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria

(RNE – NORMATIVA PERUANA)

Período de diseño: El período de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los períodos óptimos para cada componente de los sistemas.

Población: El crecimiento poblacional deberá estar acorde con el plan desarrollo urbano y los programas de desarrollo regional. Tratándose de nuevas habilitaciones para viviendas deberá considerarse por lo menos una densidad de 6 habitantes por vivienda.

Dotación de Agua: Se considerará para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/d, en clima frío y de 220 l/hab/d en clima templado y cálido.

Variaciones de Consumo: El promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada.

De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1,3
- Máximo anual de la demanda horaria: 1,8 a 2,5

(COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2010) Las condiciones climatológicas e hidrológicas, las costumbres locales y la actividad de los habitantes tienen una influencia directa en la cantidad de agua consumida.

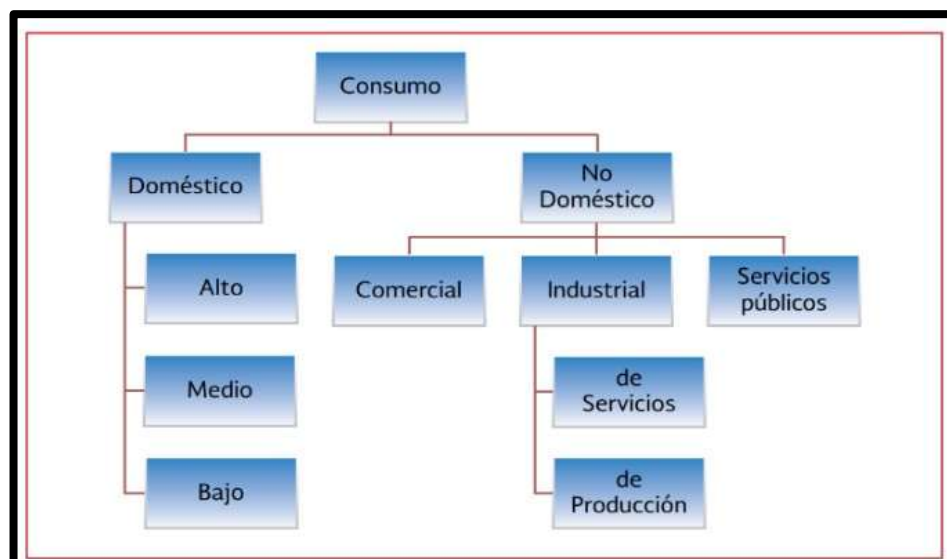


Ilustración 26 “Consumo – Clasificación”

Fuente: “Comisión Nacional del Agua, 2010”

- **Consumo doméstico**

Se refiere al agua usada en las viviendas.

- **Consumo no doméstico**

Es el que se utiliza en industrias, comercios y servicios por personas que no habitan en ellas. Para la estimación consumo unitario de este tipo de usuario.

Tabla 12 “Dotación por número de habitante”

Población (Habitantes)	Dotación (Litro/hab/día)
500	60
500-1000	60-80
1000-2000	80-100

Fuente: Ministerio de Salud

Tabla 13 “Dotación por región”

Región	Dotación (Litro/hab/día)
Selva	70
Sierra	60
Costa	50

Fuente: Ministerio de Salud

- **Consumo promedio diario anual (Qm)**

Ecuación 15 “Consumo Promedio Diario Anual”

$$Q_m = \frac{P_f \times d}{86400 \text{ s/día}}$$

Donde:

Qm: Consumo promedio diario anual

Pf: Población futura (Hab)

d: Dotación (L/Hab/Día)

- **Consumo máximo diario y horario (Qmd y Qmh)**

(AGÜERO, 1997) Los coeficientes recomendados y más utilizados son del 130% (K1) para el consumo máximo diario (Qmd) y del 150% (K2), para el consumo máximo horario (Qmh).

Ecuación 16 “Consumo máximo diario y horario”

$$Q_{md} = K_1 Q_m$$

$$Q_{mh} = K_2 Q_m$$

Ecuación 17 “Coeficiente de Variación Horaria”

$$K_2 = \frac{V_{max}}{V_{prom}}$$

Donde:

Vmax: Volumen máximo de consumo horario

Vprom: Volumen promedio de consumo horario

2.3. Definición de términos

1. **Abrasión:** Se denomina abrasión (del lat. *abradere*, "raer") a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material (Wikipedia, 2018).
2. **Acuífero:** Es el suelo que tiene la capacidad para permitir el flujo de una manera apreciable. También se puede definir como formaciones que contienen y transmiten agua del subsuelo (Vierendel, 2009).
3. **Bomba Hidráulica:** Es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
4. **Calibración:** Es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar), (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
5. **Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
6. **Caja Portamedidor:** Es la cámara en donde se ubicará e instalará el medidor (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
7. **Circuito primario:** Es el formado por tuberías principales de mayor diámetro de la red (de 800 a 1000 mts. de separación) (Vierendel, 2009).
8. **Circuito secundario:** Se enlaza al circuito primario por tuberías de diámetro intermedio separadas de 400 a 600 mts. (Vierendel, 2009).
9. **Circuito relleno:** Constituyen el sistema propiamente dicho de distribución del cual salen las conexiones domiciliarias con un diámetro mínimo de 3" que en casos extremos podría ser de 2" de diámetro (Vierendel, 2009).
10. **Coefficiente de Rugosidad:** Es un parámetro que determina el grado de resistencia, que ofrecen las paredes y fondo del canal al flujo del fluido (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
11. **Coefficiente de Variación Horario:** Es la relación entre el consumo máximo horario y el consumo promedio diario anual (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
12. **Coefficiente de Variación Diario:** Es la relación entre el consumo máximo diario y el consumo promedio diario anual (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).

13. **Consumo:** Cantidad de agua la cual es utilizada y varía de acuerdo a la realidad de cada población (Wikipedia, 2018).
14. **Conexión Domiciliaria de Agua Potable:** Conjunto de elementos sanitarios incorporados al sistema con la finalidad de abastecer de agua a cada lote (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
15. **Conexión predial simple:** Aquella que sirve a un solo usuario (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
16. **Conexión predial múltiple:** Es aquella que sirve a varios usuarios (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
17. **Elementos de control:** Dispositivos que permiten controlar el flujo de agua (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
18. **Flujo Laminar:** Es el tipo de flujo en el cual la viscosidad es suficientemente alta para impedir la aparición de los intercambios moleculares y mezcla entre capas del flujo que caracterizan la turbulencia (Saldarriaga, 1998).
19. **Flujo turbulento:** Es el tipo de flujo en el que los intercambios moleculares y la mezcla entre capas del flujo son de tal magnitud que atenúan los efectos viscosos (Saldarriaga, 1998).
20. **Golpe de ariete:** Es el aumento de presión la presión de agua que se produce dentro de la tubería (Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable, 2012).
21. **Gradiente Hidráulico:** Magnitud vectorial determinada por el incremento de potencial del agua por unidad de distancia (Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable, 2012).
22. **Hidrante:** Grifo contra incendio (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
23. **Línea de alimentación:** Estarán constituidas por las tuberías por las tuberías que van de la fuente, del reservorio o de la planta de tratamiento a la zona de servicio (Vierendel, 2009).
24. **Medidor:** Elemento que registra el volumen de agua que pasa a través de él (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
25. **Número de Reynolds:** Valor adimensional que determina si el movimiento del flujo es laminar, en transición o turbulento (Schaum, 2009).

26. **Obras de conducción:** Se denomina obras de conducción, a las estructuras que transportan el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento o a un reservorio (Vierendel, 2009).
27. **Pérdida de Carga:** La pérdida de carga en una tubería o canal es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
28. **Pérdidas Comerciales:** Volúmenes de agua consumidas por los usuarios, pero que no son registrados por la empresa y por lo tanto no son facturas (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
29. **Pérdidas Físicas:** Corresponden a los volúmenes de agua que se pierden como consecuencia en la falla de la infraestructura física instalada: Fisuras, roturas y filtraciones (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
30. **Presión:** Es la fuerza que ejerce un líquido sobre un objeto, o en otro líquido en dirección perpendicular a ésta (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
31. **Ramal distribuidor:** Es la red que es alimentada por una tubería principal, se ubica en la vereda de los lotes y abastece a una o más viviendas (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
32. **Red de agua Potable Sectorizada:** Es la división de la red de distribución de agua potable en sectores hidrométricos (distritos) definidos a partir de la red primaria que pueden aislarse hidráulicamente del resto de la red con movimientos de válvulas de seccionamiento (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
33. **Redes de distribución:** Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
34. **Sobredimensionamiento:** Ocurre cuando el diseño de una red es de mayor tamaño a lo que debería tener (Chuquiviguel y Rodríguez, 2017).
35. **Tuberías de servicio:** Son las tuberías que están conectadas a los troncales y dan servicio local a los predios, conformando la malla del sistema de distribución. El diámetro mínimo de la tubería de servicio será de 3" (Vierendel, 2009).

36. **Tubería matriz:** Es la que arranca de un reservorio principal para alimentar un circuito primario (Vierendel, 2009).
37. **Tubería principal:** Forma los circuitos que alimentan a las manzanas o distritos, también son los que alimentan a los reservorios reguladores. (Vierendel, 2009).
38. **Tubería principal:** Es la tubería que forma un circuito de abastecimiento de agua cerrado y/o abierto y que puede o no abastecer a un ramal distribuidor (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009).
39. **Tuberías secundarias:** Forman los circuitos básicos que conforman el relleno (tuberías de servicio) (Vierendel, 2009).
40. **Tuberías troncales:** Conforman la red principal de distribución debiendo en lo posible formar circuitos cerrados. Deberán instalarse a distancias de 400 a 600 metros entre ellos (Vierendel, 2009).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es de carácter **explicativa**, ya que se utiliza para explicar el comportamiento de una variable (variable dependiente) en función de una a más variables independientes. Este tipo de estudio permite explicar, comprender e interpretar el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones. Con este tipo de investigación se busca encontrar las causas del problema. Requiere hipótesis y aplicación de prueba estadística.

En nuestra investigación queremos evaluar una red existente de agua potable a través de un modelamiento en el software y verificar si los caudales, las presiones y las velocidades de las tuberías de dicha red tienen los mismos valores con los que se tienen en campo, para así analizarlos y evaluar el por qué los cambios o no de la red de distribución.

3.1.2. Diseño de la Investigación

Por la forma en que se recolectaron datos el modelamiento de esta investigación es de carácter documental y diseño de campo, ya que la obtención de información proviene de la normativa del RNE, de datos del software y conjuntamente con datos de campo como el levantamiento topográfico y la contabilidad aproximada del número de habitantes de ese sector. Agregándole a todo esto, verificar en campo los caudales, presiones y velocidades de las tuberías con datos obtenidos de la EPS Tacna.

La finalidad de la investigación es lograr contemplar una medida del impacto que tiene el software en el campo de la Ingeniería Civil para así dar un diagnóstico con los datos reales de campo y posteriormente evaluar y darle alternativas de solución a la red de distribución de agua potable.

3.2. Población y/o muestra de estudio

3.2.1. Población

El subsector de distribución 24 comprende las siguientes asociaciones:

1. Conjunto Habitacional Alfonso Ugarte II
2. Programa de Vivienda Alfonso Ugarte III
3. Asociación de Vivienda Las Américas
4. A.H. Programa Municipal de Vivienda La Molina
5. Asociación de Vivienda El Terminal
6. Asociación de Vivienda INADE
7. Asociación de Vivienda Villa Los Próceres
8. Asociación de Vivienda 28 de Agosto Segunda Etapa
9. Asentamiento Humano Programa Municipal de Vivienda Villa Héroes del Cenepa
10. Asentamiento Humano Pampas de Viñani Las Buganvillas
11. Asentamiento Humano Pampas de Viñani Junta Vecinal La Concordia, y
12. Asentamiento Humano Asociación de Vivienda Vista Alegre.

3.2.2. Muestra de Estudio

Teniendo en consideración que la población de Tacna tiene un estimado de 329 mil 332 habitantes (INEI, 2017 - <http://sur.pe/index.php/2018/06/25/censo-2017-poblacion-de-tacna-es-de-329-mil-332-habitantes/>), se tomó un universo de 100 viviendas encuestadas ubicados en diferentes zonas dentro del área de estudio, obteniendo un promedio de 2.85 hab./viv., a este resultado se multiplicó por el número total de lotes del subsector, y es allí que conseguimos el resultado de una población estimada de 20 mil 546 habitantes aprox. donde equivale en porcentaje el 6.24% del total de habitantes de la ciudad de Tacna provincia, sin embargo, como se mencionó anteriormente esta zona corresponde a zona de vivienda en donde prevalece el consumo doméstico por tanto se puede considerar como una zona representativa de la ciudad de Tacna, en donde prevalece el consumo doméstico.

Tabla 14 “Población y Muestra de Estudio”

	Habitantes	Porcentaje %
Tacna	329332	100.00
Subsector 24	20546.39	6.24

Fuente: “INEI - Propia”



Ilustración 27 “Imagen satelital de la zona de estudio”

Fuente: “Google Earth”

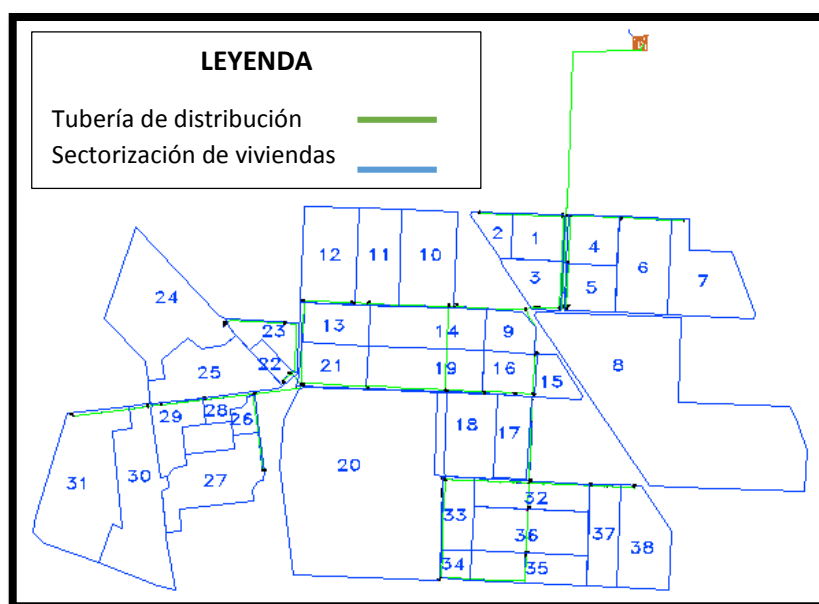


Ilustración 28 “Plano de sectorización de áreas”

Fuente: “Fuente Propia”

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 15 “Variables de estudio y operacionalización”

OPERACIONES CON VARIABLES			
“EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN TACNA”			
TÍTULO:			
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Modelamiento de redes principales	Fidelidad en los resultados a la hora de realizar las respectivas evaluaciones para los diversos sistemas de red de distribución de agua potable.		<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación y mejoramiento de las redes de distribución
Caudales en la red de distribución	Son las cantidades de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.	Desempeño del software WaterCAD V8i	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal en las redes • Dotación de agua • Clima • Número de habitantes
Presiones en la red de distribución	Son las fuerzas que ejerce un líquido sobre una tubería o en otro líquido en dirección perpendicular a ésta.		<ul style="list-style-type: none"> • Presiones en las redes • Clase de la tubería • Dotación de agua • Clima • Número de habitantes
Velocidades en la red de distribución	Son el movimiento del líquido dentro de una tubería, y donde su velocidad máxima por norma es de 3 m/s.		<ul style="list-style-type: none"> • Velocidades en las redes • Velocidades máximas admisibles

Fuente: “Elaboración propia”

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Medición de presiones, velocidades y caudales mediante software WaterCAD Vi8 y el Epanet 2.0.

3.4.1. Investigación Bibliográfica

Se recopiló información y documentación necesaria para ser procesada y llevada a cabo a una evaluación y si es conveniente para el mejoramiento de las redes de distribución de agua potable del Subsector 24 del distrito CGAL.

3.4.2. Levantamiento Topográfico

Para empezar el levantamiento topográfico se procedió hacer un reconocimiento de campo. Previamente trazada la ruta, nos dirigimos a la zona en estudio, visitamos el recinto donde se encontraba el reservorio R-11, con la finalidad de recabar información adicional, datos y antecedentes necesarios para poder definir procedimientos.

En la primera fase de nuestro estudio se examinó cuidadosamente la superficie, teniendo en cuenta las características, alteraciones e intervención del hombre en el terreno. Utilizamos un aparato electro-óptico "Estación Total" cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, actúa con gran precisión. Consiste en tomar la cantidad de puntos que se requiera sobre la superficie del terreno. Entonces, pudimos calcular a tiempo real distancias, elevaciones y desniveles de distintos puntos, que, con posterioridad se verán reflejados en la elaboración de planos a detalle.

3.4.3. Recolección de Datos

Se solicitó información complementaria a la EPS Tacna S.A, quienes disponen de equipos y registros históricos de consumos de la zona indicada, dicha información se encuentra en equipos registradores de caudal instalados en campo, más precisamente en la línea de aducción de $\varnothing 10$ " del reservorio R11 que abastece a la zona en estudio.

Además, se encuestaron 100 viviendas de forma significativa para representar el total de la población del Subsector 24 haciendo cálculos

estadísticos. Para ello se preparó material físico (encuestas), con preguntas puntuales las cuales pusieron a flote información clave acerca de la densidad poblacional.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Con la información proporcionada por la Empresa Prestadora de Servicios, se procedió a verificar los datos.

3.5.1. Geo referencia

Procedimos a verificar las coordenadas, se contrastó la información proporcionada por la Empresa Prestadora de Servicios (E.P.S Tacna): plano de lotización y redes de distribución de agua existentes (sistema WGS 84); con información topográfica tomada en campo; con la finalidad de tener datos los más cercanos a la realidad y con mayor precisión para el posterior procesamiento.



Ilustración 29 “Ubicación del reservorio R-11 en planos”

Fuente: EPS Tacna S.A.

Tabla 16 “Ubicación del reservorio R11”

Fuente de Agua			Ubicación de la captación				
			Geográfica				
			Coordenadas UTM (WGS 84)				
Tipo	Nombre de la fuente hídrica	Datum	Zona	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)	
Apoyado	Reservorio	R-11	WGS84	19S	368274	8005058	541.667

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 14 se puede apreciar la referencia geográfica del Reservorio 11 en el sistema WGS84, por lo que damos por comprobada la validez de dicha información y por ende factible el uso de la misma.

3.5.2. Lotización

Se hizo un recorrido a la zona en estudio, verificando que los planos brindados por la EPS, respecto a la lotización, se encuentren lo más actualizado posible.

Fue necesario llevar a cabo un muestreo de la población en el subsector, esto con el fin de tener definido el número de usuarios a considerar dentro de la investigación.



Ilustración 30 “Delimitación de la zona de estudio”

Fuente: Google Earth



Ilustración 31 “Lotización”

Fuente: EPS - Tacna (Software: AutoCAD)

Revisada la información correspondiente a la lotización de dicho subsector, se procedió a solicitar la información de consumo para utilizarla en el análisis comparativo entre modelo hidráulico bajo distintos parámetros.

3.5.3. Red de agua potable sectorizada

Para contrastar los planos de la red de distribución de agua potable brindada por la EPS:

- Se verificó el trazo de la red existente plasmada en el plano, haciendo un reconocimiento en campo, con la finalidad de conocer la ruta de la tubería, cámaras rompe presión, etc. De tal modo poder contar con un estudio real del comportamiento del recurso hídrico.
- Se realizó una visita al recinto donde se ubica el R11 (que abastece a la red de toda la parte baja del Cono Sur incluido las piletas de las Asociación Pampas de Viñani, a fin de ver su funcionamiento. Y con la ayuda de un operador procedimos a inspeccionar observando unas casetas de válvula y tuberías de ingreso y salida de 250 mm.

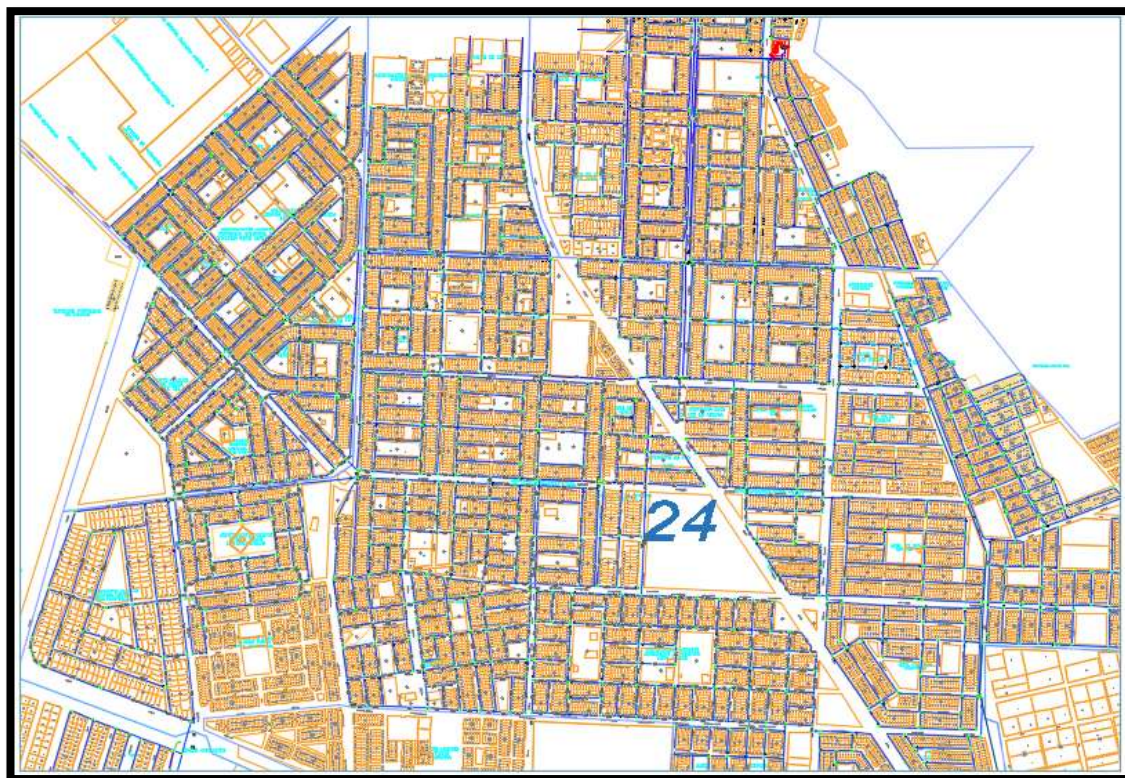


Ilustración 32 “Red de agua potable sectorizada – Subsector 24 del DCGAL”

Fuente: EPS Tacna – Software AutoCAD

3.5.4. Escenario N° 01

Análisis Hidráulico de la Red de Distribución de Agua del Subsector 24 del distrito Crnel. Gregorio Albarracín Lanchipa

Realizar el cálculo hidráulico de la red de distribución existente aplicando el programa de cómputo WaterCAD. Ver la Ilustración 35.

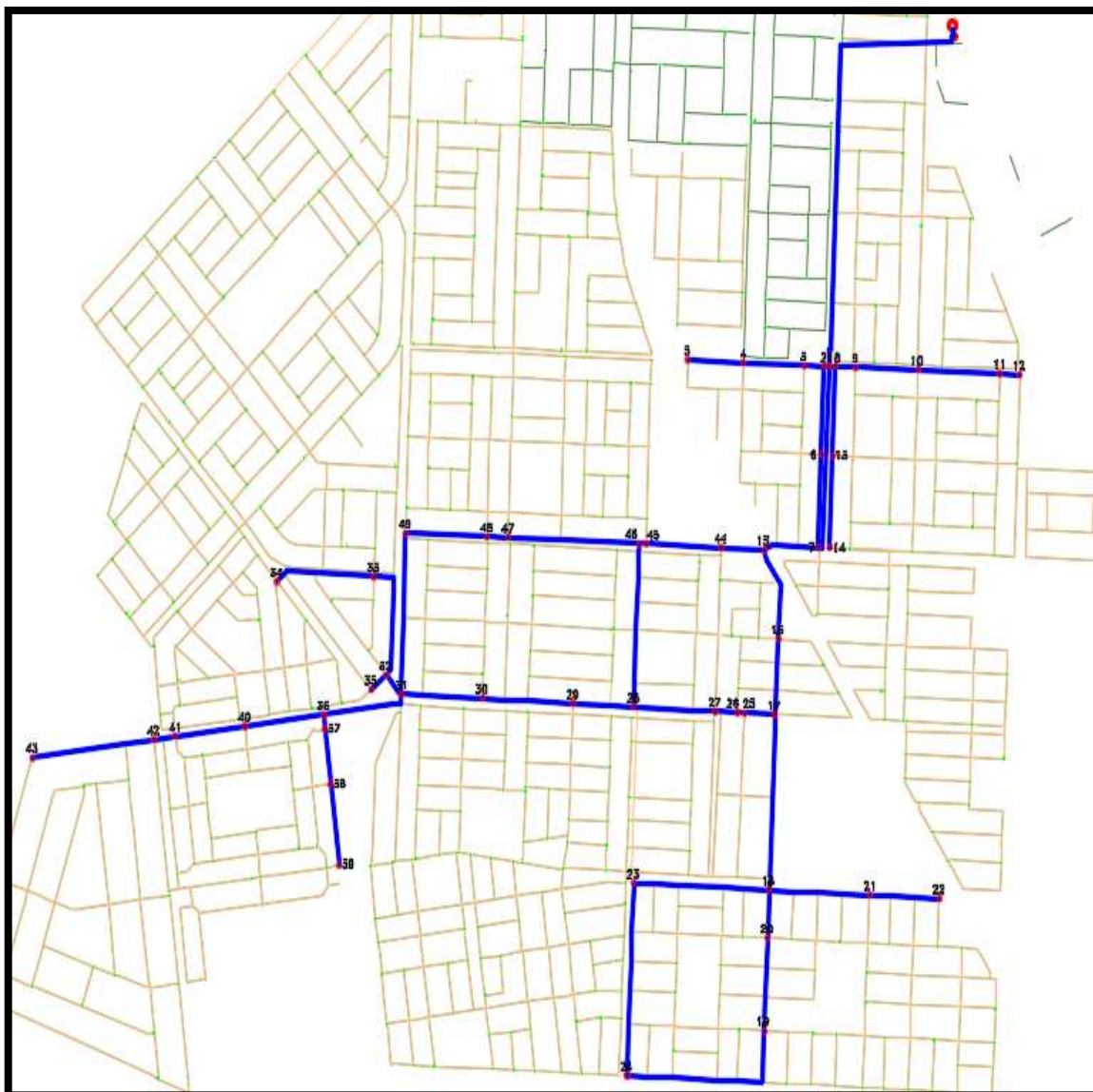


Ilustración 33 “Vista general del trazo de la red de tubería principal de agua potable.”

Fuente: EPS Tacna – Software AutoCAD

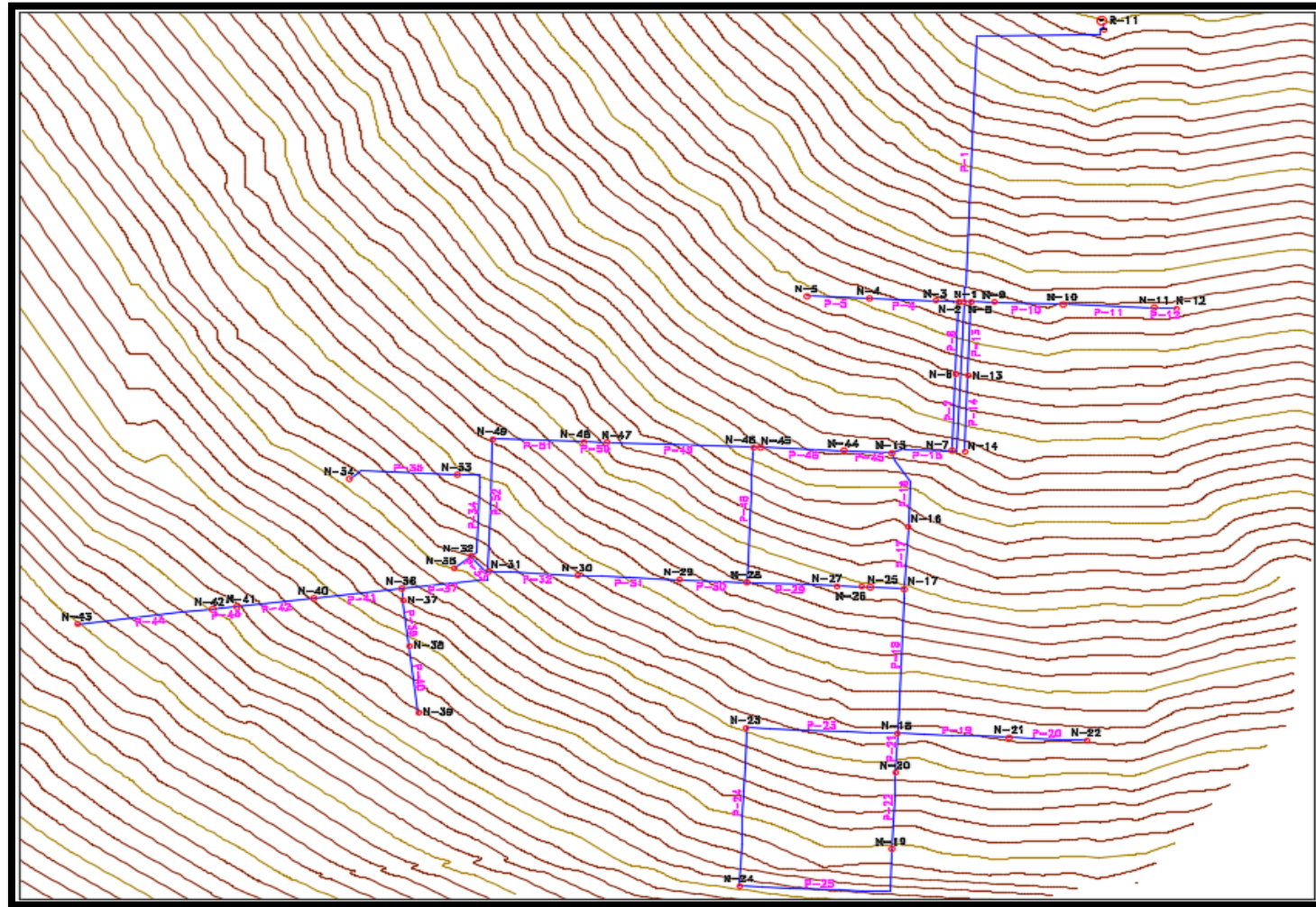


Ilustración 34 “Modelo de la red de distribución del sub sector operacional 24”

El modelo de la red de distribución existente está compuesta por un Reservoirio (Reservoir R-11), tuberías a presión (Pipe P-1, P-2, P-3, ..., P46) y uniones a presión (Junction N-1, N-2, N-3, ..., N39).

Creación y Configuración de un Nuevo Proyecto

Para comenzar el modelamiento, se ingresa al programa mediante el icono de acceso directo. Una vez abierta la ventana de bienvenida damos click sobre la opción *Create New Project*, como se observa en la ilustración N° 37.

Previo a iniciar el proyecto, se realiza una configuración básica.

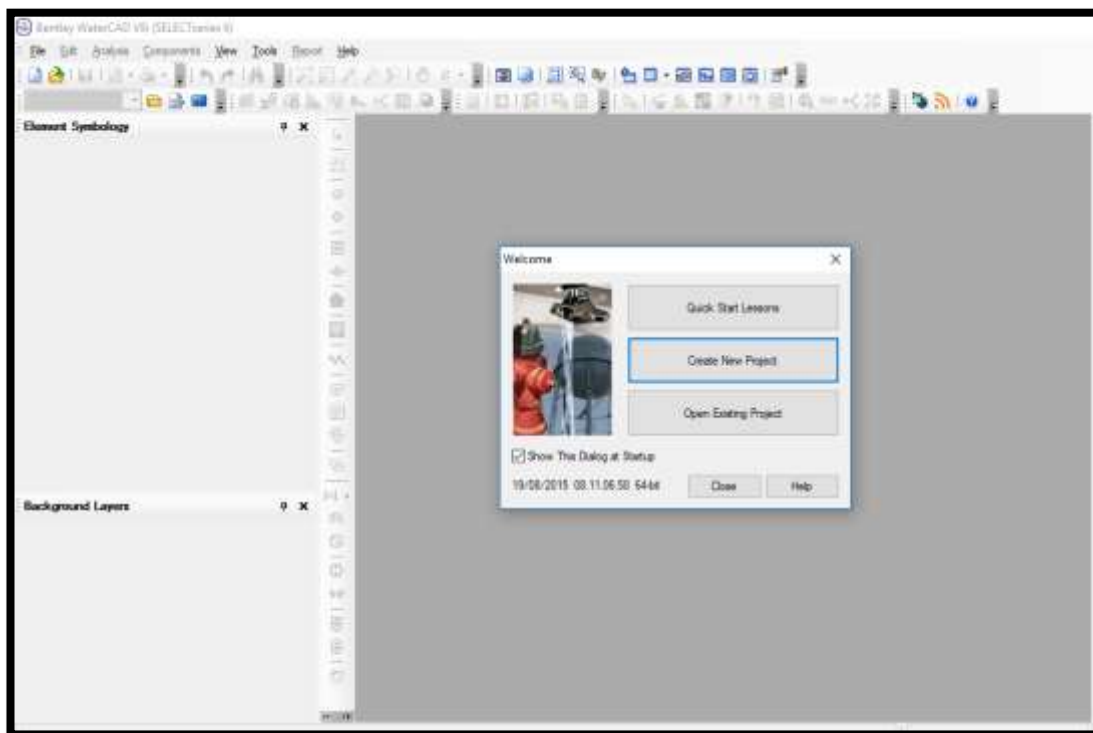


Ilustración 35 “Paso 1 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

1. Nombre del Proyecto

Se selecciona la pestaña File, se despliegan opciones y elegimos Project Properties se aprecia en la Ilustración 38.

Se visualiza la ventana de propiedades del proyecto, dentro se muestran campos que deben ser llenados, como el Título del Proyecto, Ingeniero responsable, Compañía, Fecha de creación del proyecto y el campo de Notas (éste último si fuese necesario). Toda esta información es meramente informativa.

- Título del Proyecto: **EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DCGAL, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA**
- Ingeniero responsable: **GUTIERREZ, GONZALO – COTRADO, KAROL**
- Compañía: **UPT**
- Fecha: **25/10/2018**

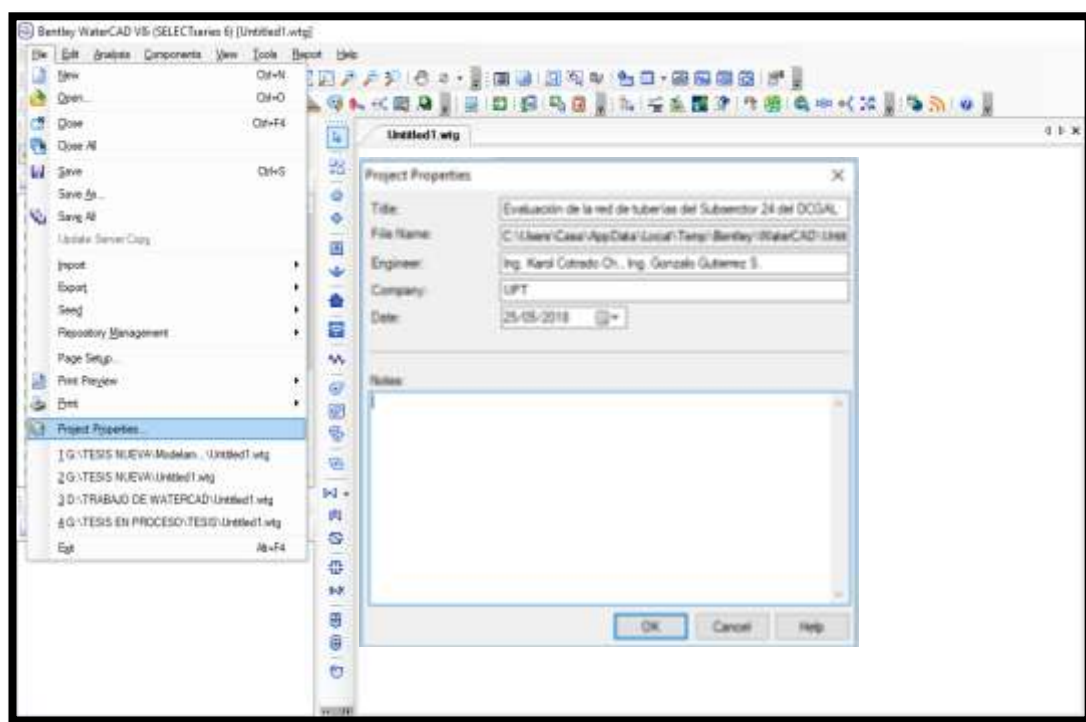


Ilustración 36 “Paso 2 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

2. Configuración de Unidades

Por defecto, el software trabaja con las unidades en el sistema inglés.

Modificamos las unidades, seleccionamos la opción Tools y dentro de ella el ítem Options (ver Ilustración 39). Entonces se despliega una ventana donde aparece la pestaña Units, la cual presenta dos opciones:

- La primera opción: Reset Defaults, elegir SI (System International),
- La segunda opción: Default Unit System for New Project, seleccionar SI.

En ambos casos se establecerá System Internacional (SI); luego, hacer click en OK.

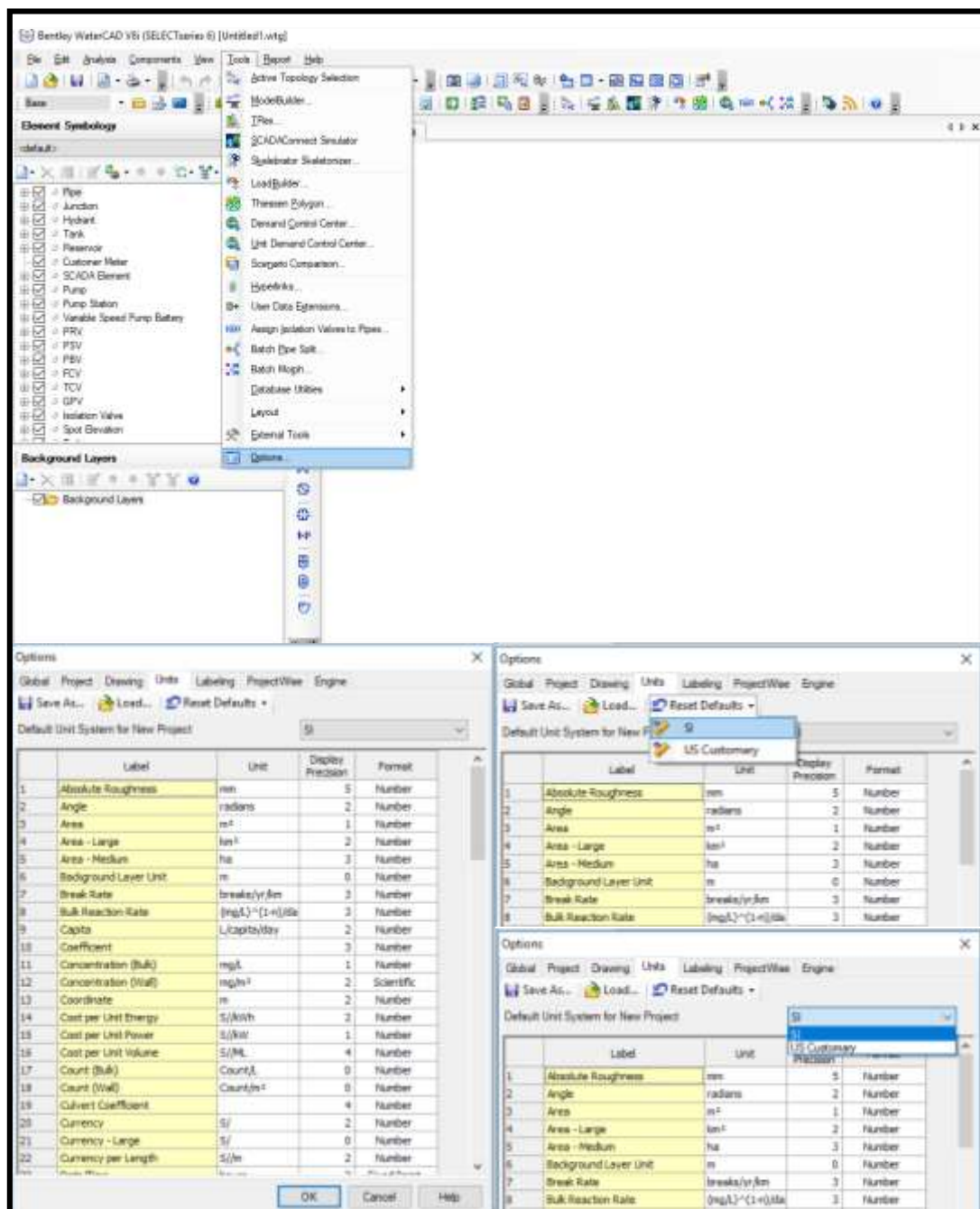


Ilustración 37 “Paso 3 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

3. Opciones de Dibujo

Ahora en el menú Tools elegimos Options, en ella se observa la pestaña Drawing, en donde se distinguen tres campos referentes al dibujo de la red (ver en Ilustración 40).

En el campo de la escala se tiene dos formas para trabajar el modelo hidráulico: A escala o de manera esquemática.

Si se trabaja de manera escalada, una línea (tubería) de 100 metros en el modelo, medirá esos 100 metros definidos en la realidad. Por otro lado, en forma esquemática, la longitud en el modelo no es real y se deberá digitar para cada tramo. En nuestro caso se seleccionará Schematic en la sección Drawing Scale

En el campo Annotation Multipliers denota tamaño de texto.

Introdujimos 5 en Symbol Size Multiplier y 10 en Text Height Multiplier, por cuestiones de proporción.

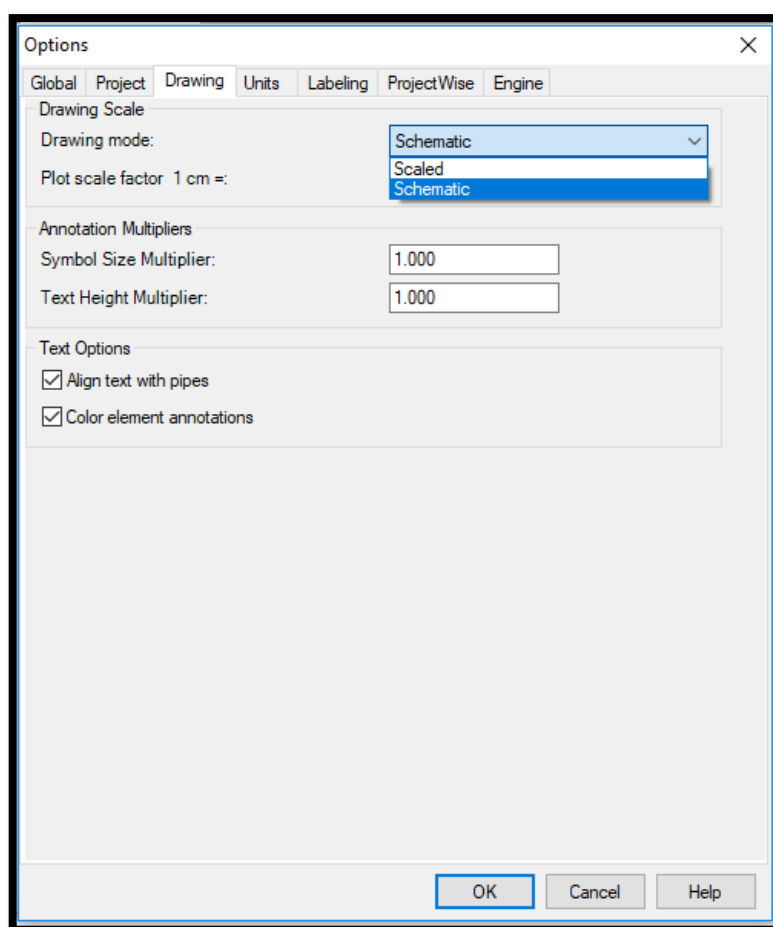


Ilustración 38 “Paso 4 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

4. Definir la ecuación de pérdida de carga y fluido a modelar

Mediante el menú Analysis se selecciona el ítem Calculation Options (ver Ilustración 41). Dentro de esta ventana aparecen dos apartados; Transient Solver y Steady State/EPS Solver que a su vez contienen opciones de cálculo base.

Hacemos doble click en la carpeta denominada Steady State/EPS Solver, para finalmente establecer parámetros de pérdida de carga y fluido.

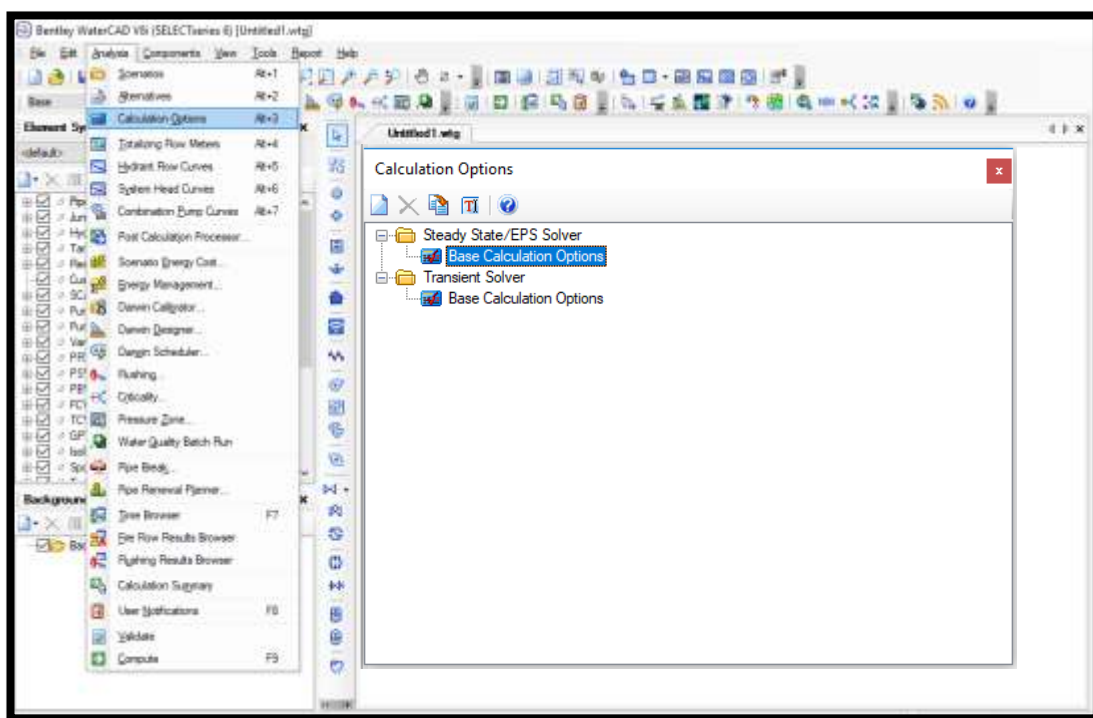


Ilustración 39 “Paso 5 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Nos encontramos a la ventana de propiedades (ver Ilustración 42) y dentro de ésta, los siguientes campos:

- Friction Method, es aquí donde se debe indicar la ecuación de pérdida de carga. El programa presenta tres ecuaciones: Ecuación de Darcy-Weisbach, ecuación de Hazen-Williams y ecuación de Manning.
- Para el diseño de la red de agua potable se utilizaremos la ecuación de Hazen-Williams.
- Time Analysis Type, verificar que le tipo de análisis seleccionado es en Estado Estático (Steady State).
- Liquid Label, hace referencia al tipo de fluido a modelar. Por defecto el programa considera Water at 20C (68F).

Cabe señalar que:

- ❖ WaterCAD, puede modelar tuberías a presión con diferentes fluidos a diversas temperaturas.
- ❖ Para balancear hidráulicamente la red, utiliza el Método de Gradiente, que es iterativo.

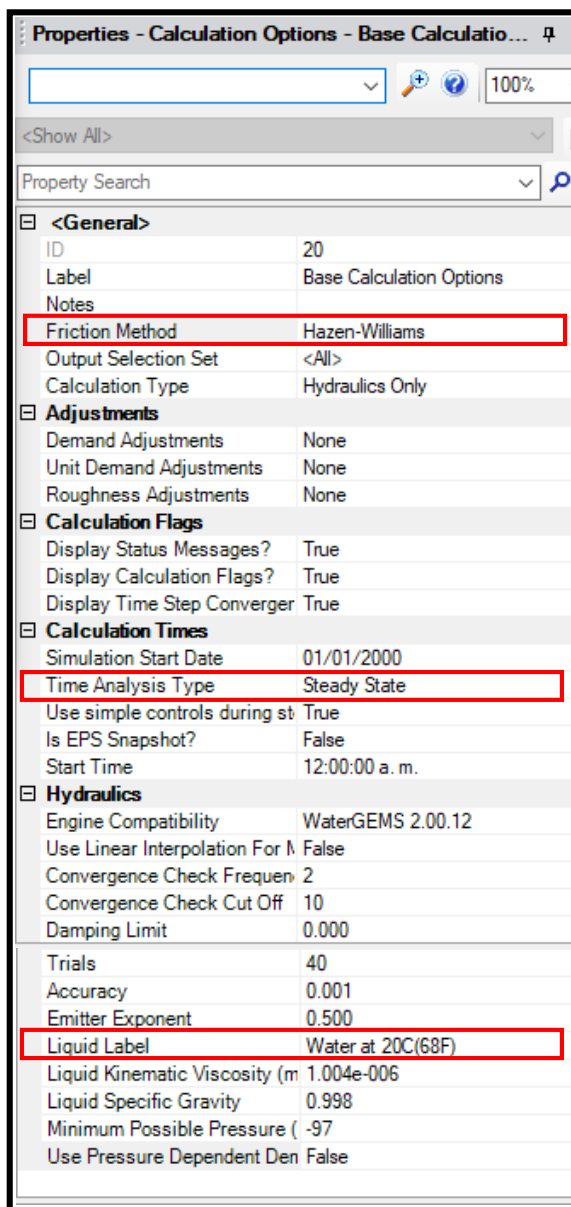


Ilustración 40 “Paso 6 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

5. Definir prototipos para el modelado.

WaterCAD propone valores a cada uno de los prototipos en el modelo hidráulico. El definir los componentes de la red (tuberías, cámaras, reservorios, etc), permitirá seleccionar anticipadamente el material y el diámetro de las tuberías.

Para ello, se deberá ir al menú View seleccionar la opción Prototypes, entonces se despliega un listado de elementos que pueden ser definidos posteriormente y que conformarán la red modelo (ver Ilustración 43). Dar click en la opción New, para crear un prototipo nuevo (Pipe Prototype-1).

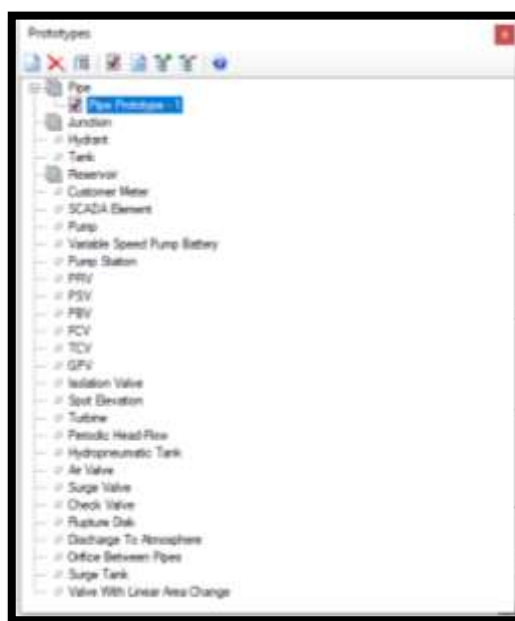
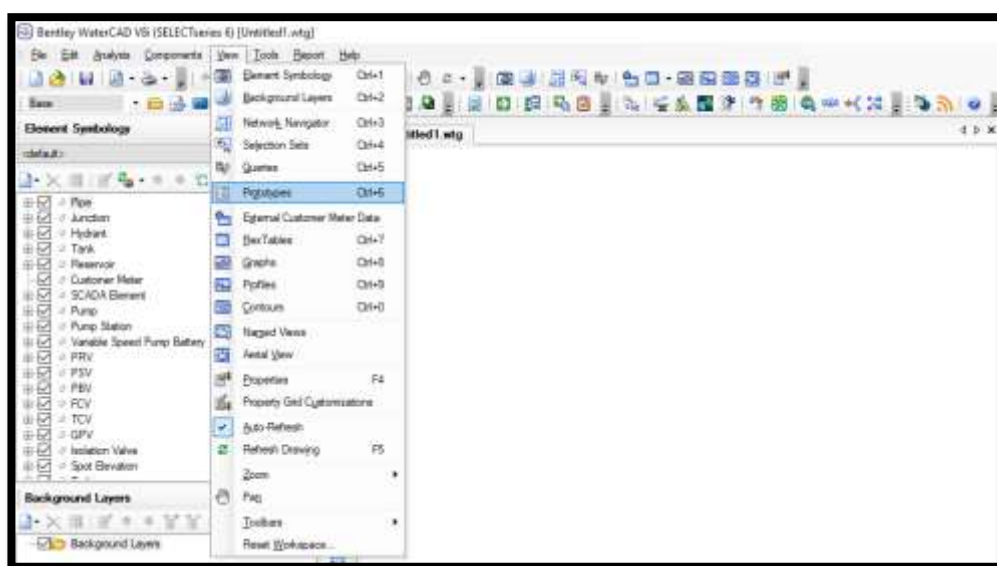


Ilustración 41 “Paso 7 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En la ventana de propiedades se deberá configurar. Acceder a las propiedades de la tubería, que por defecto asigna:

- Diámetro: 152.4 mm (6 pulgadas)
- Material: Ductile Iron
- Hazen-Williams: 130 (C=130)

Estos valores podrán ser modificados por cada tubería, en nuestro caso adoptando los siguientes valores:

- Desde 4 pulgadas hasta 12 pulgadas de diámetro
- Material: PVC
- Hazen-Williams de 140 (C=140)

(Ver Ilustración 44)

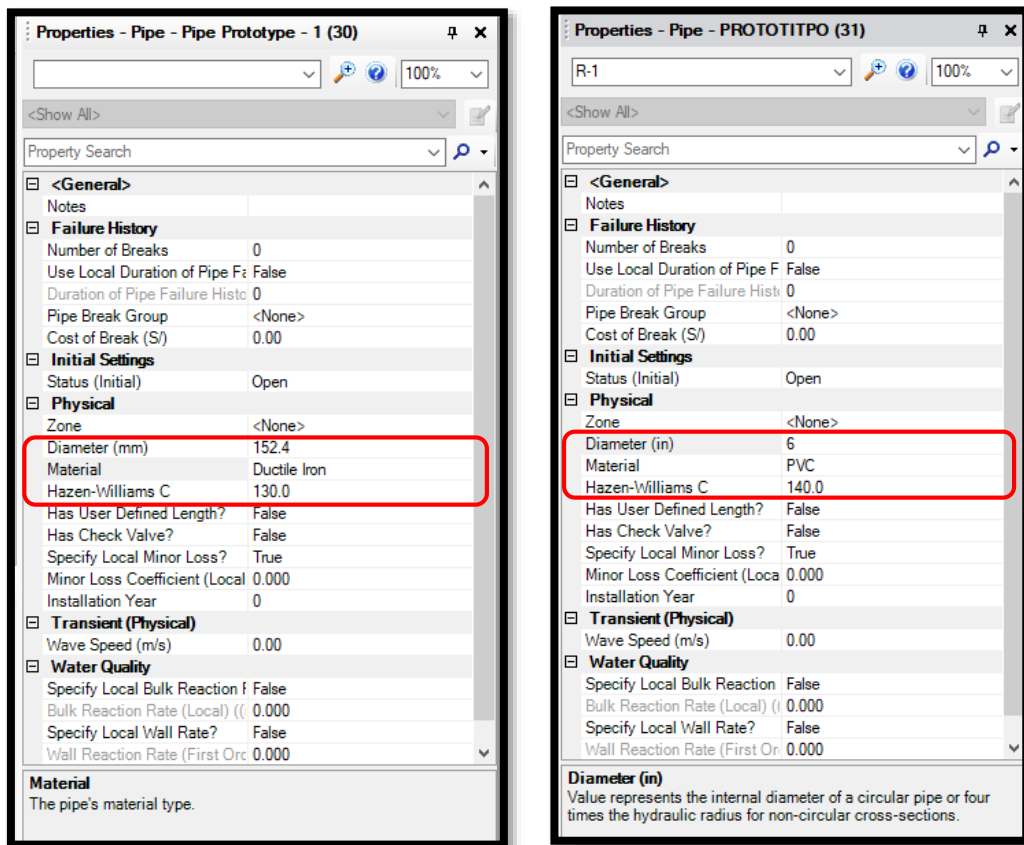


Ilustración 42 “Paso 8 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Planimetría

Importar la planimetría de la zona es estudio, de la siguiente manera:

En el menú desplegable *View*, elegimos la opción *Background Layers*.

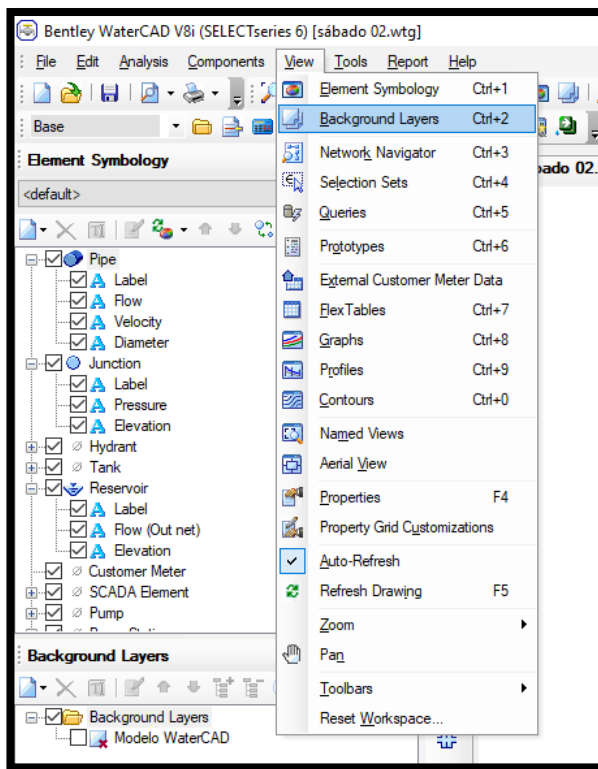


Ilustración 43 “Paso 9 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En la ventana de diálogo *Background Layers*.

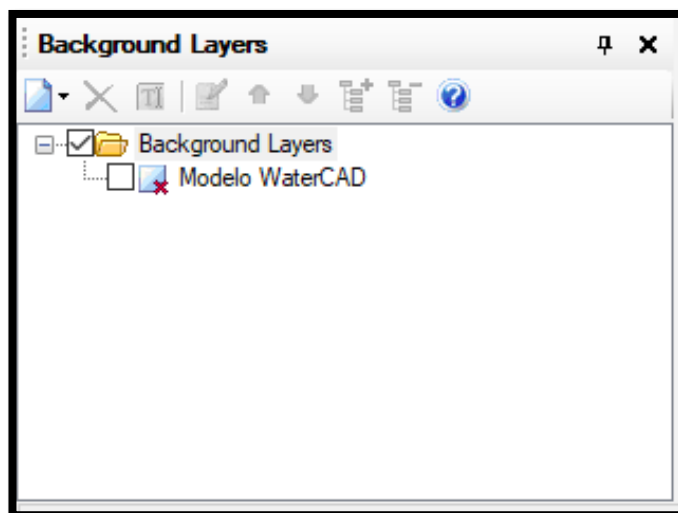


Ilustración 44 “Paso 10 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Seleccionamos el botón de la izquierda, *New File*.

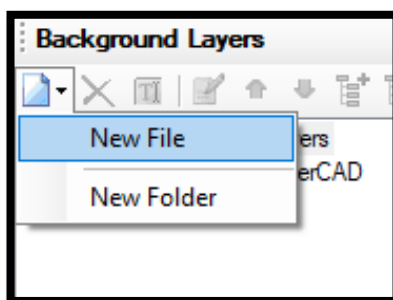


Ilustración 45 “Paso 11 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En el directorio, ubicar y abrir el archivo “*Modelo Watercad.dxf*”

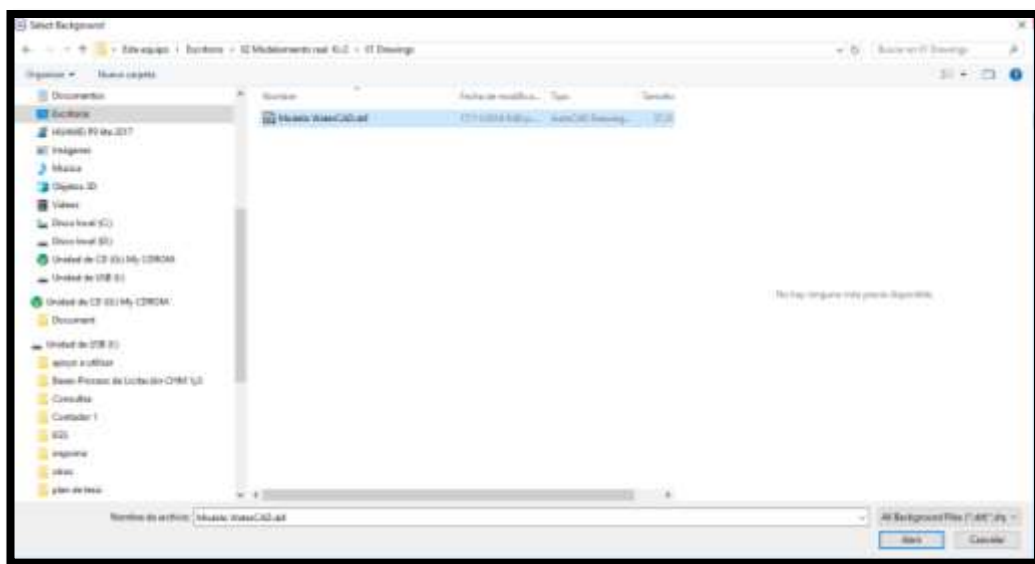


Ilustración 46 “Paso 12 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En software WaterCAD, inserta planimetrías de la zona en diversos formatos: DXF, SHP BMP, JPEG, JPE, TIFF, etc.

Aparecerá un cuadro de diálogo, configurar como se indica y dar clic en OK.

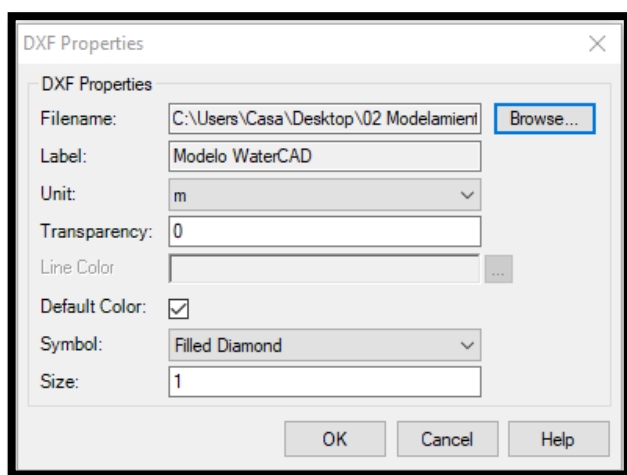


Ilustración 47 “Paso 13 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Presionar el botón zoom extents de la barra de herramientas superior para obtener una vista amplia del modelo.

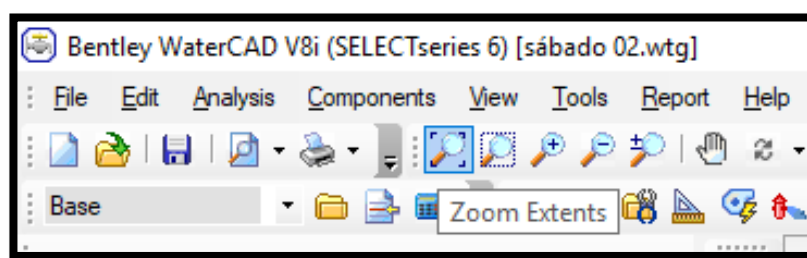


Ilustración 48 “Paso 14 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Con la finalidad de tener como capa de fondo tanto el archivo de sectorización como el de la topografía del terreno.

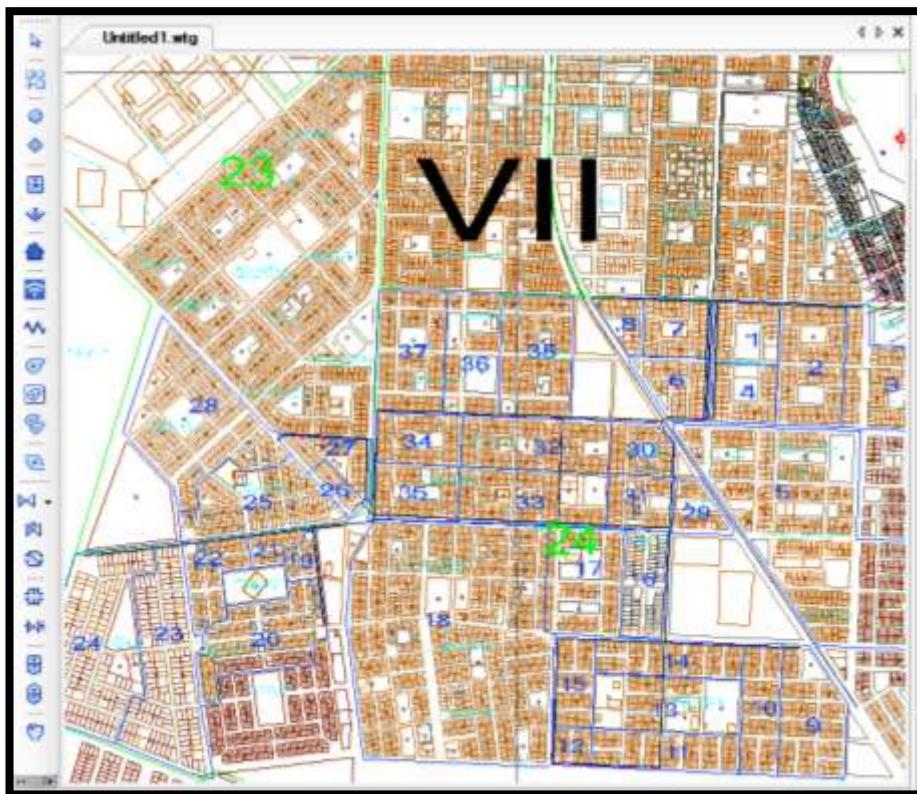


Ilustración 49 “Paso 15 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

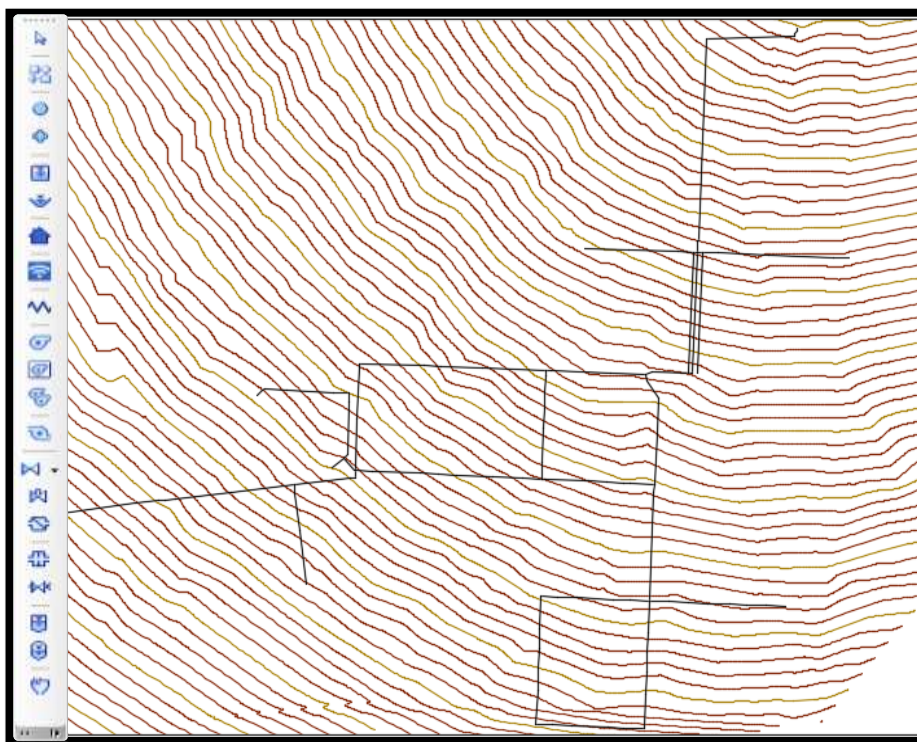





Ilustración 50 “Paso 16 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Ubicación de elementos y trazado de la Red de Distribución de Agua Potable

Seguido de importar la planimetría, se inicia ubicando cada uno de los elementos de la red de distribución y el trazado de las tuberías, para ello hacemos uso de los prototipos. Para colocar el reservorio, se selecciona la herramienta de dibujo  y sobre la ventana del modelo se da click, de la misma forma se elige para luego empalmar la tubería P-1 (Pipe)  seguido del ícono  del nudo J-1 (Junction), también instalamos cámaras rompe presión PRV-1 (Pressure Reducing Valve).

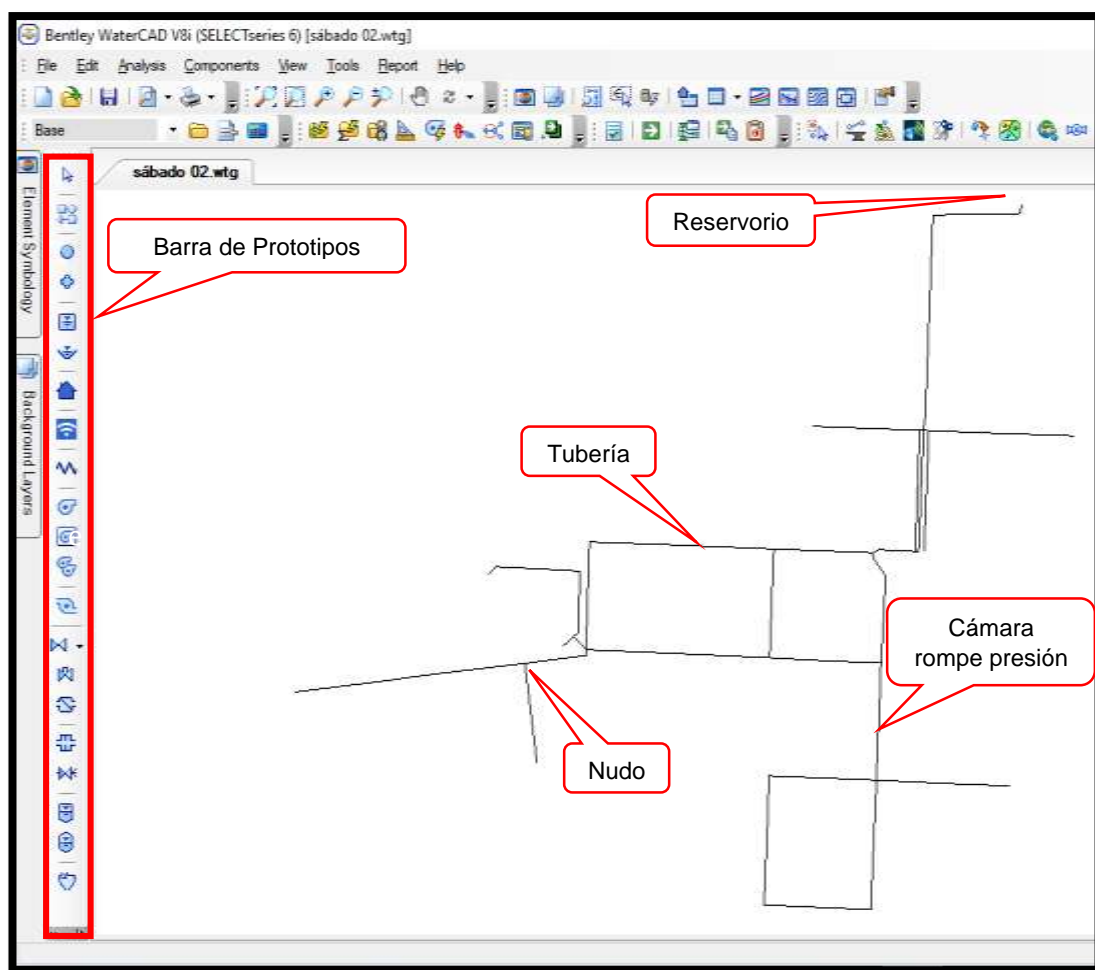


Ilustración 51 “Paso 17 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

 Ingreso de Datos – Entering Data

A) Ingresando datos a través de ventanas de diálogo

Después de generar el reservorio y su empalme a la red modelo, se deben crear las propiedades adecuadas tanto al reservorio como a la tubería de empalme.

En el caso del reservorio, hacer doble click sobre el R-1 (ó haciendo click derecho y seleccionando Properties), aparecerá una ventana, en donde: La propiedad que se debe modificar es la elevación.

Dentro de la ventana se ubica el campo denominado *Elevation*, en la cual se colocará la elevación que corresponde, de acuerdo a la información procesada del levantamiento topográfico realizado en campo.

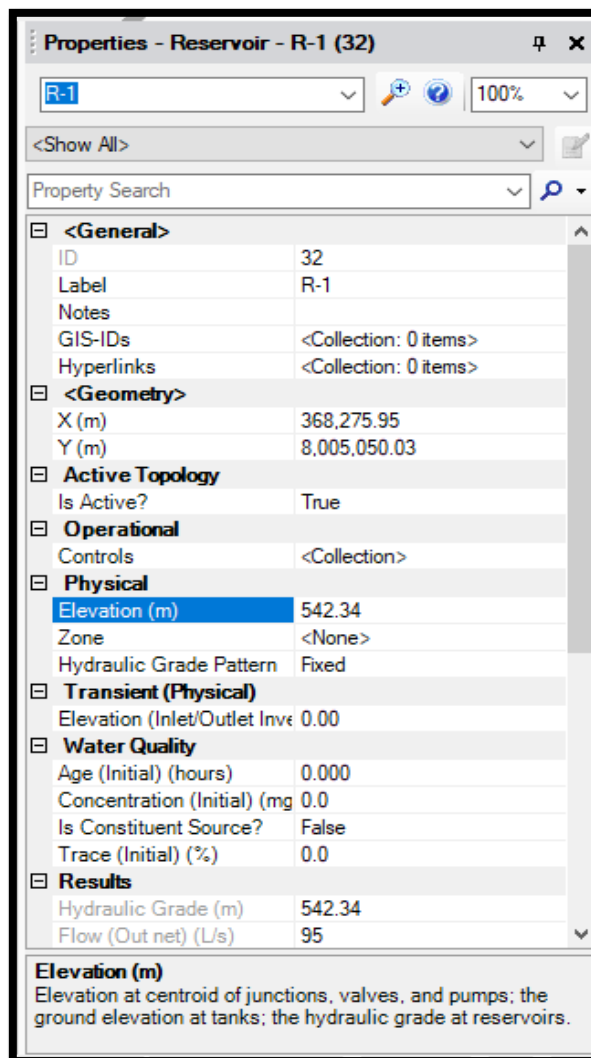


Ilustración 52 “Paso 18 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Cota terreno R-1 = **540.34 m**

Por lo tanto, la elevación del reservorio será de **542.34 m**.

B) Ingresando Datos a través de Tablas Flexibles – FlexTables

Ingresaremos los datos de las tuberías y de los nudos, haciendo uso de tablas.

1. En el caso de la tubería, la propiedad que se debe modificar es la longitud (el diámetro y el material fueron definidos al inicio del modelado).

Para ello, debemos hacer click en el botón *View – Flex Tables* ó *Ctrl+7*, para mostrar las tablas dinámicas. Luego seleccionar Pipe Table.

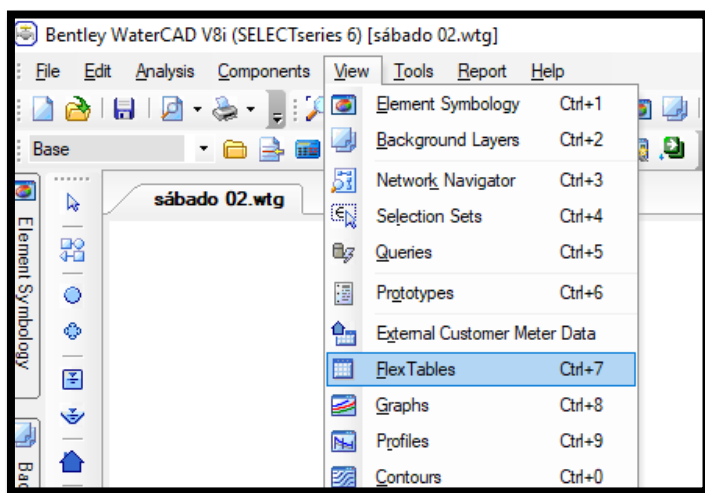


Ilustración 53 “Paso 19 para el modelamiento en WaterCAD”


Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i



Ilustración 54 “Paso 20 para el modelamiento en WaterCAD”

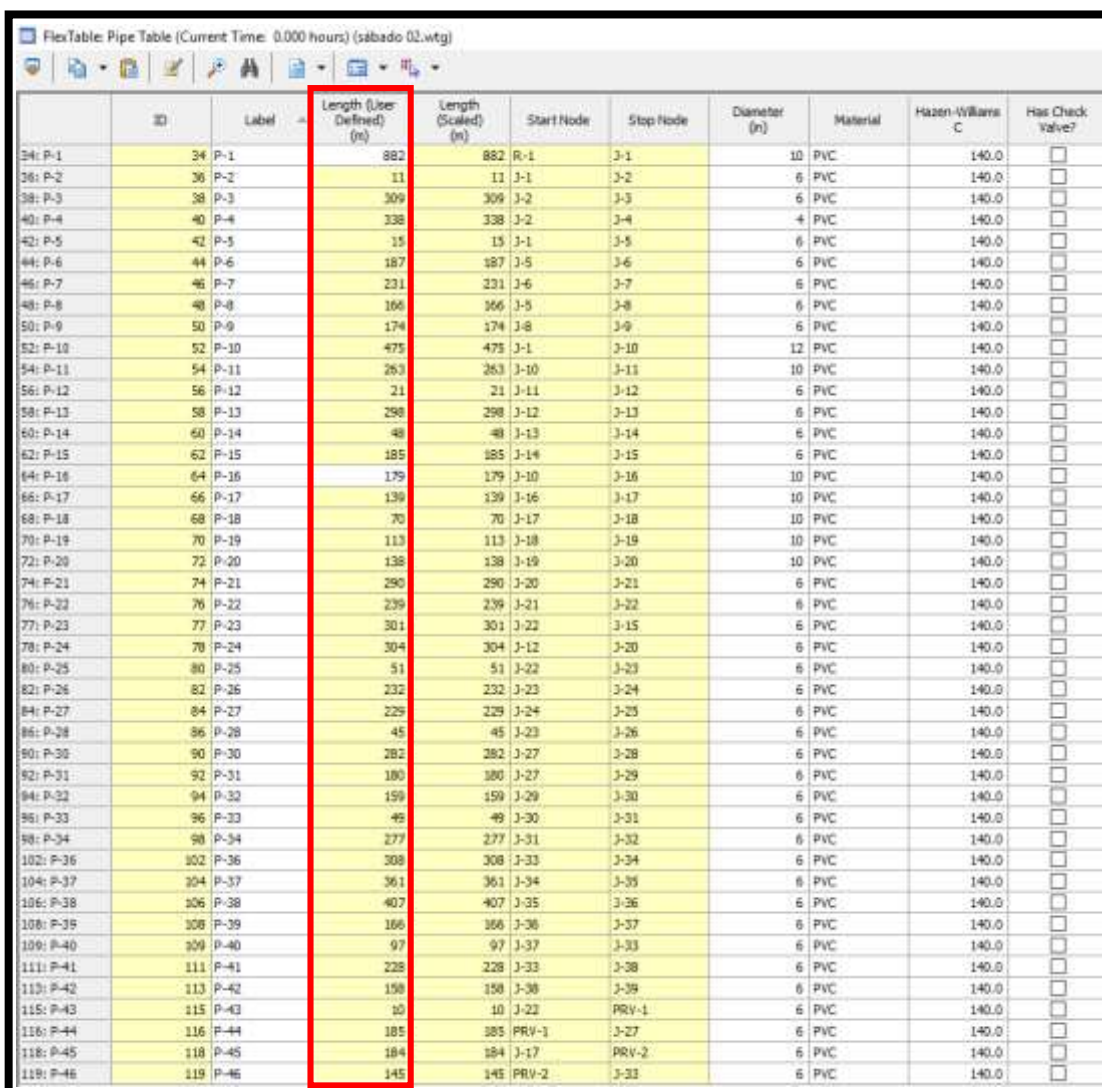
Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Nota:

Primero deberán configurará la tabla, de tal forma que contenga las columnas mostradas y en el mismo orden. Hacer click en edit . Podemos añadir o remover columnas del lado derecho al izquierdo y viceversa.

Para ordenar en forma ascendente la columna Label, hacer click derecho sobre dicha columna y seleccionar Sort (Ordenar) y luego ascendente.

Procedemos a definir la longitud de cada una de las tuberías, en este caso se colocará la longitud en forma manual. (Dentro de la ventana propiedades se colocará True como respuesta a la opción User Defined Length).



ID	Label	Length (User Defined) (m)	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?
24: P-1	P-1	882	882	R-1	J-1	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
26: P-2	P-2	11	11	J-1	J-2	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
38: P-3	P-3	309	309	J-2	J-3	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
40: P-4	P-4	338	338	J-2	J-4	4	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
42: P-5	P-5	15	15	J-1	J-5	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
44: P-6	P-6	187	187	J-5	J-6	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
46: P-7	P-7	231	231	J-6	J-7	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
48: P-8	P-8	166	166	J-5	J-8	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
50: P-9	P-9	174	174	J-8	J-9	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
52: P-10	P-10	475	475	J-1	J-10	12	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
54: P-11	P-11	263	263	J-10	J-11	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
56: P-12	P-12	21	21	J-11	J-12	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
58: P-13	P-13	298	298	J-12	J-13	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
60: P-14	P-14	48	48	J-13	J-14	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
62: P-15	P-15	185	185	J-14	J-15	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
64: P-16	P-16	179	179	J-10	J-16	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
66: P-17	P-17	139	139	J-16	J-17	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
68: P-18	P-18	70	70	J-17	J-18	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
70: P-19	P-19	113	113	J-18	J-19	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
72: P-20	P-20	138	138	J-19	J-20	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
74: P-21	P-21	290	290	J-20	J-21	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
76: P-22	P-22	239	239	J-21	J-22	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
77: P-23	P-23	301	301	J-22	J-15	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
78: P-24	P-24	304	304	J-12	J-20	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
80: P-25	P-25	51	51	J-22	J-23	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
82: P-26	P-26	232	232	J-23	J-24	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
84: P-27	P-27	229	229	J-24	J-25	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
86: P-28	P-28	45	45	J-23	J-26	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
90: P-30	P-30	282	282	J-27	J-28	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
92: P-31	P-31	180	180	J-27	J-29	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
94: P-32	P-32	159	159	J-29	J-30	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
96: P-33	P-33	49	49	J-30	J-31	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
98: P-34	P-34	277	277	J-31	J-32	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
102: P-36	P-36	308	308	J-33	J-34	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
104: P-37	P-37	361	361	J-34	J-35	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
106: P-38	P-38	407	407	J-35	J-36	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
108: P-39	P-39	166	166	J-36	J-37	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
109: P-40	P-40	97	97	J-37	J-33	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
111: P-41	P-41	228	228	J-33	J-38	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
113: P-42	P-42	158	158	J-38	J-39	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
115: P-43	P-43	10	10	J-22	PRV-1	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
116: P-44	P-44	185	185	PRV-1	J-27	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
118: P-45	P-45	184	184	J-17	PRV-2	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>
119: P-46	P-46	145	145	PRV-2	J-33	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>

Ilustración 55 “Paso 21 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

2. Para el caso de las Uniones a presión seleccionar la Tabla de Reporte de Uniones a Presión – Junction Table. Hacer click en el botón *View – Flex*

Tables ó Ctrl+7, para mostrar las tablas dinámicas. Luego seleccionar Junction Table.

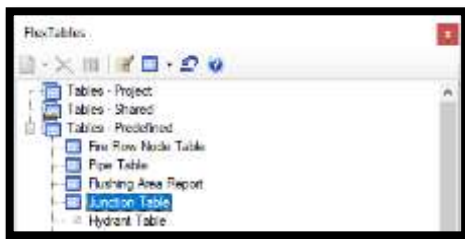


Ilustración 56 “Paso 22 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i


Ingresar la elevación (Elevation) de cada unión.

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33: J-1	33 J-1	522.67	<None>	<Collection:	0	532.21	10
35: J-2	35 J-2	522.55	<None>	<Collection:	1	532.21	10
37: J-3	37 J-3	521.71	<None>	<Collection:	1	532.21	10
39: J-4	39 J-4	515.00	<None>	<Collection:	1	532.09	17
41: J-5	41 J-5	522.66	<None>	<Collection:	1	532.11	9
43: J-6	43 J-6	524.80	<None>	<Collection:	3	531.97	7
45: J-7	45 J-7	525.26	<None>	<Collection:	3	531.92	7
47: J-8	47 J-8	520.07	<None>	<Collection:	1	531.59	12
49: J-9	49 J-9	514.93	<None>	<Collection:	12	531.11	16
51: J-10	51 J-10	514.02	<None>	<Collection:	1	530.85	17
53: J-11	53 J-11	512.55	<None>	<Collection:	3	530.46	18
55: J-12	55 J-12	512.35	<None>	<Collection:	3	530.15	18
57: J-13	57 J-13	508.83	<None>	<Collection:	3	528.04	19
59: J-14	59 J-14	507.40	<None>	<Collection:	3	527.79	20
61: J-15	61 J-15	504.46	<None>	<Collection:	2	527.16	23
63: J-16	63 J-16	508.86	<None>	<Collection:	1	530.44	22
65: J-17	65 J-17	506.57	<None>	<Collection:	1	530.13	24
67: J-18	67 J-18	506.96	<None>	<Collection:	1	530.07	23
69: J-19	69 J-19	506.84	<None>	<Collection:	2	529.99	23
71: J-20	71 J-20	505.47	<None>	<Collection:	2	529.90	24
73: J-21	73 J-21	502.01	<None>	<Collection:	13	526.96	25
75: J-22	75 J-22	497.24	<None>	<Collection:	2	526.41	29
79: J-23	79 J-23	498.10	<None>	<Collection:	0	526.33	28
81: J-24	81 J-24	501.73	<None>	<Collection:	1	526.19	24
83: J-25	83 J-25	496.42	<None>	<Collection:	4	526.10	30
85: J-26	85 J-26	496.54	<None>	<Collection:	3	526.33	30
87: J-27	87 J-27	493.37	<None>	<Collection:	1	503.78	10
89: J-28	89 J-28	488.88	<None>	<Collection:	4	503.66	15
91: J-29	91 J-29	490.54	<None>	<Collection:	1	503.62	13
93: J-30	93 J-30	488.84	<None>	<Collection:	2	503.51	15
95: J-31	95 J-31	487.57	<None>	<Collection:	1	503.49	16
97: J-32	97 J-32	480.91	<None>	<Collection:	2	503.45	22
99: J-33	99 J-33	497.98	<None>	<Collection:	2	509.58	12
101: J-34	101 J-34	495.60	<None>	<Collection:	2	509.53	14
103: J-35	103 J-35	487.13	<None>	<Collection:	1	509.52	22
105: J-36	105 J-36	491.75	<None>	<Collection:	2	509.52	18
107: J-37	107 J-37	495.65	<None>	<Collection:	2	509.55	14
110: J-38	110 J-38	497.59	<None>	<Collection:	2	509.43	12
112: J-39	112 J-39	499.40	<None>	<Collection:	3	509.39	10

Ilustración 57 “Paso 23 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Asignación de la Demanda

Debemos introducir las demandas de cada uno de los nodos correspondientes en el modelo. Para ello, hacemos click en *Tools* -  *Demand Control Center* (Centro de Control de Demandas).

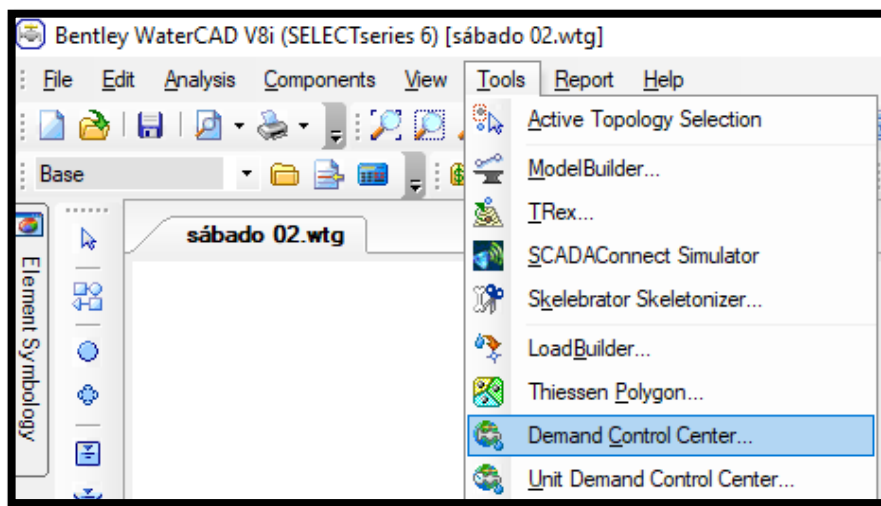


Ilustración 58 “Paso 24 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En el mensaje dar click en Yes (Si).

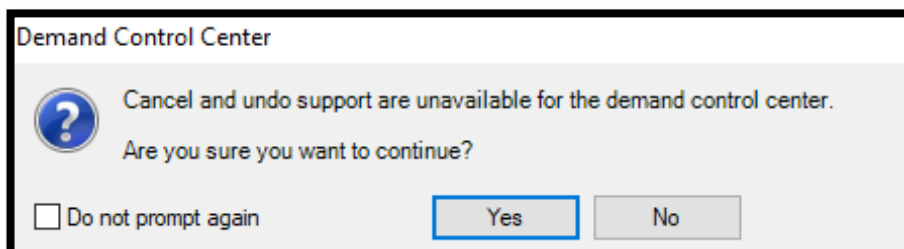


Ilustración 59 “Paso 25 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Luego, en la ventana de *Demand Control Center* (Centro de Control de Demandas), dar click en el primer botón y seleccionar *Initialize Demands for All Elements*.

Tal herramienta nos lleva a una ventana con el mismo nombre, dentro de ésta podemos introducir de forma manual los gastos (máximo consumo) previamente calculados en una hoja Excel.

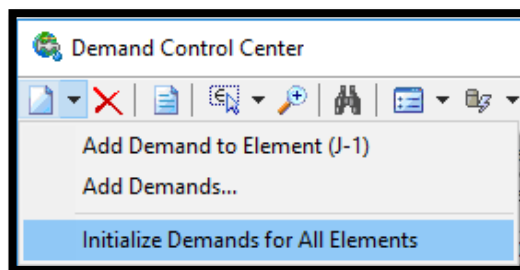


Ilustración 60 “Paso 26 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

	ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
1	33	J-1	0.00	Fixed	<None>
2	35	J-2	1.42	Fixed	<None>
3	37	J-3	0.69	Fixed	<None>
4	39	J-4	1.30	Fixed	<None>
5	41	J-5	1.01	Fixed	<None>
6	43	J-6	2.90	Fixed	<None>
7	45	J-7	2.81	Fixed	<None>
8	47	J-8	0.69	Fixed	<None>
9	49	J-9	11.53	Fixed	<None>
10	51	J-10	1.46	Fixed	<None>
11	53	J-11	3.31	Fixed	<None>
12	55	J-12	3.22	Fixed	<None>
13	57	J-13	2.96	Fixed	<None>
14	59	J-14	3.27	Fixed	<None>
15	61	J-15	2.08	Fixed	<None>
16	63	J-16	0.80	Fixed	<None>
17	65	J-17	1.50	Fixed	<None>
18	67	J-18	1.29	Fixed	<None>
19	69	J-19	2.33	Fixed	<None>
20	71	J-20	2.36	Fixed	<None>
21	73	J-21	12.85	Fixed	<None>
22	75	J-22	1.84	Fixed	<None>
23	79	J-23	0.43	Fixed	<None>
24	81	J-24	1.17	Fixed	<None>
25	83	J-25	3.99	Fixed	<None>
26	85	J-26	2.73	Fixed	<None>
27	87	J-27	0.57	Fixed	<None>
28	89	J-28	4.20	Fixed	<None>
29	91	J-29	0.72	Fixed	<None>
30	93	J-30	1.91	Fixed	<None>
31	95	J-31	1.40	Fixed	<None>

Ilustración 61 “Paso 27 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

 Proceder al Cálculo. Run – Correr el Programa

1. Se valida el proyecto. El software de WaterCAD evalúa si hasta el momento se han cometido errores en el modelado de la red. Para lo cual se debe seleccionar la opción Analysis y dentro de ella elegir la opción *Validate*.

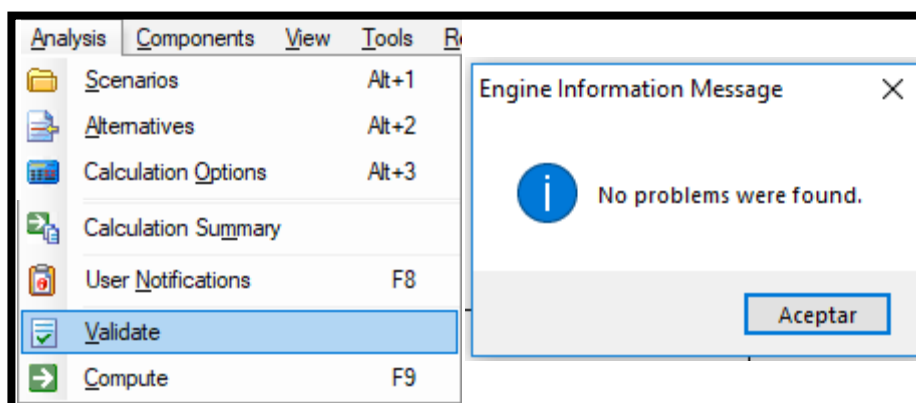



Ilustración 62 “Paso 28 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

2. Hacer click en el ícono . Debiendo obtener la ventana Calculation Summary. En la cual el programa señala que la red se ha balanceado después de 04 iteraciones (*Trials*) con un error de cierre $\Delta Q=0.0003367$.

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)	Flow Stored (L/s)
All Time Steps(1)	True	4	0.0003367	95	95	0
0.00	True	4	0.0003367	95	95	0

Information Status Messages Trials Intra-Trial Status Messages Run Statistics

Time Step Element ID Message

Ilustración 63 “Paso 29 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

El WaterCAD le asigna a cada tubería un símbolo de flecha indicando la dirección del flujo del fluido. (Ver Ilustración 66)

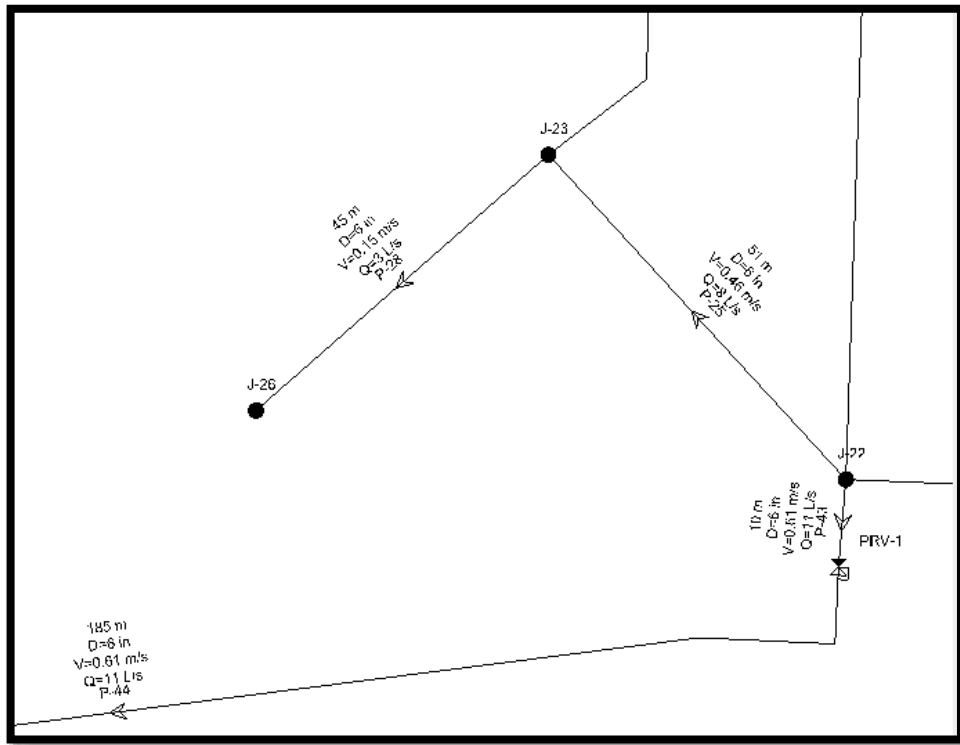


Ilustración 64 "Paso 30 para el modelamiento en WaterCAD"

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Visualización y verificación de resultados

Realizado el análisis hidráulico, existen diversas formas de visualizar y verificar los resultados en el programa WaterCAD V8i.

- Tablas dinámicas Pipe Table
- Tablas dinámicas Junction Table

Hacer click en la pestaña *Report – Element Tables* (Ver Ilustración 67).

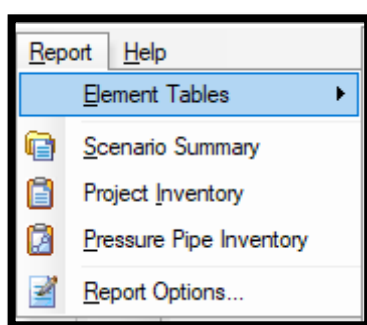


Ilustración 65 “Paso 31 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Se debe revisar las presiones que se presentan en cada nodo. Para ello se selecciona la opción *Report* y dentro de ella se selecciona la opción denominada *Element Tables*, la cual permite ingresar a una lista desplegable en la que se selecciona *Junction*. (Ver Ilustración 68).

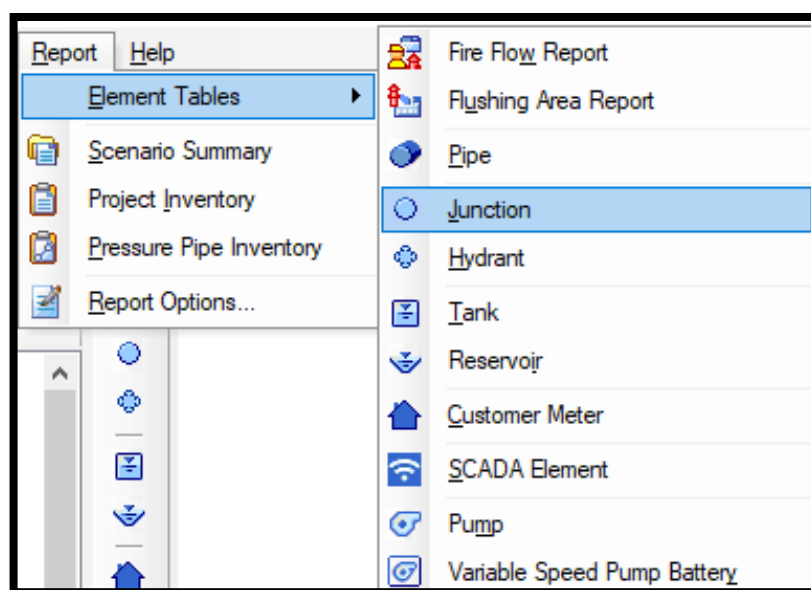


Ilustración 66 “Paso 32 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En dicha lista aparece la tabla de las propiedades de los nodos donde se ubica la columna denominada *Pressure* y se verifican las presiones. (Ver Ilustración 69).

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33: J-1	33 J-1	522.67	<None>	<Collection:>	0	532.21	10
35: J-2	35 J-2	522.55	<None>	<Collection:>	1	532.21	10
37: J-3	37 J-3	521.71	<None>	<Collection:>	1	532.20	10
39: J-4	39 J-4	515.00	<None>	<Collection:>	1	532.09	17
41: J-5	41 J-5	522.66	<None>	<Collection:>	1	532.10	9
43: J-6	43 J-6	524.80	<None>	<Collection:>	3	531.96	7
45: J-7	45 J-7	525.26	<None>	<Collection:>	3	531.92	7
47: J-8	47 J-8	520.07	<None>	<Collection:>	1	531.59	11
49: J-9	49 J-9	514.93	<None>	<Collection:>	12	531.11	16
51: J-10	51 J-10	514.02	<None>	<Collection:>	1	530.84	17
53: J-11	53 J-11	512.55	<None>	<Collection:>	3	530.45	18
55: J-12	55 J-12	512.35	<None>	<Collection:>	3	530.14	18
57: J-13	57 J-13	508.83	<None>	<Collection:>	3	528.03	19
59: J-14	59 J-14	507.40	<None>	<Collection:>	3	527.78	20
61: J-15	61 J-15	504.46	<None>	<Collection:>	2	527.15	23
63: J-16	63 J-16	508.86	<None>	<Collection:>	1	530.44	22
65: J-17	65 J-17	506.57	<None>	<Collection:>	1	530.13	24
67: J-18	67 J-18	506.96	<None>	<Collection:>	1	530.07	23
69: J-19	69 J-19	506.84	<None>	<Collection:>	2	529.98	23
71: J-20	71 J-20	505.47	<None>	<Collection:>	2	529.90	24
73: J-21	73 J-21	502.01	<None>	<Collection:>	13	526.95	25
75: J-22	75 J-22	497.24	<None>	<Collection:>	2	526.41	29
79: J-23	79 J-23	498.10	<None>	<Collection:>	0	526.33	28
81: J-24	81 J-24	501.73	<None>	<Collection:>	1	526.18	24
83: J-25	83 J-25	496.42	<None>	<Collection:>	4	526.10	30
85: J-26	85 J-26	496.54	<None>	<Collection:>	3	526.32	30
87: J-27	87 J-27	493.37	<None>	<Collection:>	1	503.78	10
89: J-28	89 J-28	488.88	<None>	<Collection:>	4	503.66	15
91: J-29	91 J-29	490.54	<None>	<Collection:>	1	503.62	13
93: J-30	93 J-30	488.84	<None>	<Collection:>	2	503.51	15
95: J-31	95 J-31	487.57	<None>	<Collection:>	1	503.49	16
97: J-32	97 J-32	480.91	<None>	<Collection:>	2	503.45	22
99: J-33	99 J-33	497.98	<None>	<Collection:>	2	509.58	12
101: J-34	101 J-34	495.60	<None>	<Collection:>	2	509.53	14
103: J-35	103 J-35	487.13	<None>	<Collection:>	1	509.52	22
105: J-36	105 J-36	491.75	<None>	<Collection:>	2	509.52	18
107: J-37	107 J-37	495.65	<None>	<Collection:>	2	509.55	14
110: J-38	110 J-38	497.59	<None>	<Collection:>	2	509.43	12
112: J-39	112 J-39	499.40	<None>	<Collection:>	3	509.39	10

Ilustración 67 “Paso 33 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En este escenario, en el cual las tuberías poseen un diámetro que oscila de entre 4” – 12”, se observaron problemas en los nodos J-5, J-6, J-7, específicamente en la cabecera de la red, las presiones no satisfacen al sistema (Los valores están fuera de los parámetros de la norma). Por otro lado, tenemos presiones al límite.

Será necesario verificar las velocidades que se presentan en el sistema. Para ello, se deben seguir los mismos pasos mencionados para verificar las presiones cambiando la elección de la última opción por el elemento *Pipe*. (Ver Ilustración 70).

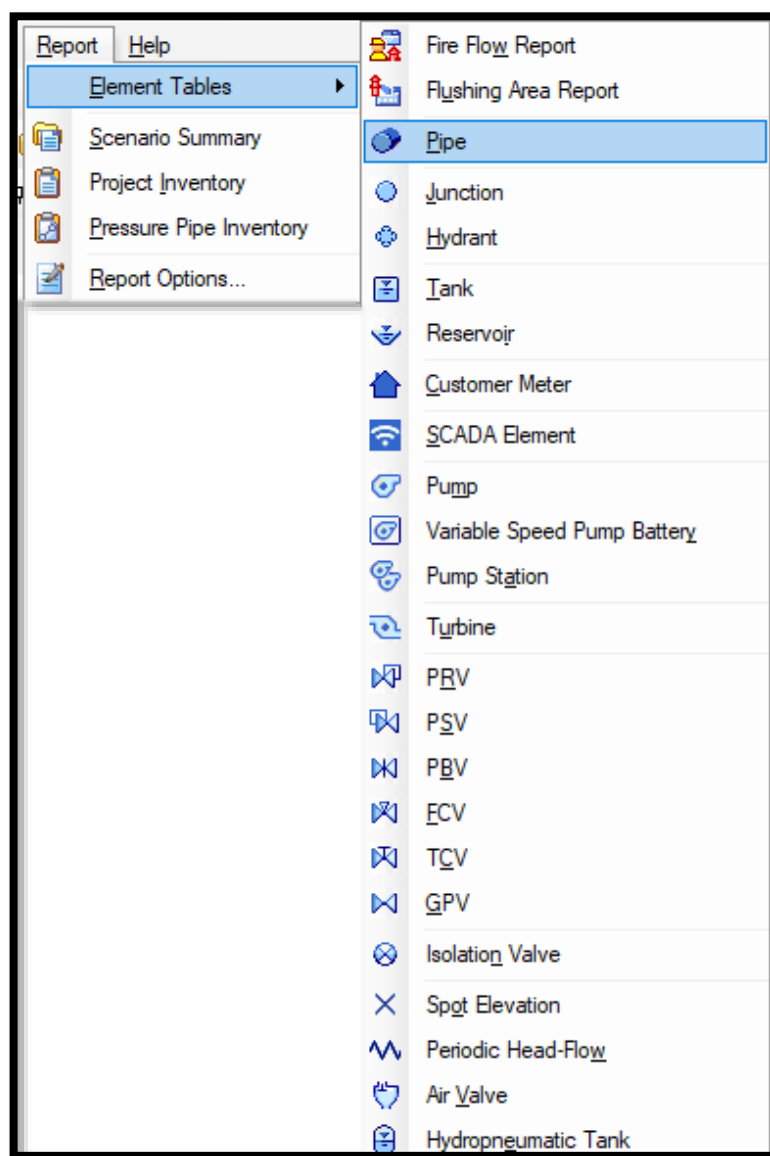


Ilustración 68 “Paso 34 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

En la tabla de las propiedades de las tuberías se ubica la columna denominada *Velocity*, indica la velocidad que posee el fluido en las tuberías de la red de agua potable. (Ver Ilustración 71).

FlexTable Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (sábado 02.wtg)

ID	Label	Length (User Defined) (m)	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (D)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (Q/A)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Has User Defined Length?
34: P-1	P-1	882	882	R-1	J-1	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	95	1.88	0.011	<input checked="" type="checkbox"/>
36: P-2	P-2	11	11	J-1	J-2	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3	0.15	0.000	<input type="checkbox"/>
38: P-3	P-3	309	309	J-2	J-3	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1	0.04	0.000	<input type="checkbox"/>
40: P-4	P-4	338	338	J-2	J-4	4	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1	0.26	0.000	<input type="checkbox"/>
42: P-5	P-5	15	15	J-1	J-5	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	19	1.04	0.007	<input type="checkbox"/>
44: P-6	P-6	187	187	J-5	J-6	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6	0.31	0.001	<input type="checkbox"/>
46: P-7	P-7	251	251	J-6	J-7	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3	0.15	0.000	<input type="checkbox"/>
48: P-8	P-8	166	166	J-5	J-8	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	12	0.67	0.003	<input type="checkbox"/>
50: P-9	P-9	174	174	J-8	J-9	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	12	0.63	0.003	<input type="checkbox"/>
52: P-10	P-10	475	475	J-1	J-10	12	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	73	1.00	0.003	<input type="checkbox"/>
54: P-11	P-11	263	263	J-10	J-11	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	32	0.62	0.001	<input type="checkbox"/>
56: P-12	P-12	21	21	J-11	J-12	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	28	1.55	0.015	<input type="checkbox"/>
58: P-13	P-13	298	298	J-12	J-13	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	19	1.05	0.007	<input type="checkbox"/>
60: P-14	P-14	48	48	J-13	J-14	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	16	0.89	0.005	<input type="checkbox"/>
62: P-15	P-15	185	185	J-14	J-15	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	13	0.71	0.003	<input type="checkbox"/>
64: P-16	P-16	179	179	J-10	J-16	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	40	0.78	0.002	<input checked="" type="checkbox"/>
66: P-17	P-17	139	139	J-16	J-17	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	39	0.77	0.002	<input type="checkbox"/>
68: P-18	P-18	70	70	J-17	J-18	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	23	0.46	0.001	<input type="checkbox"/>
70: P-19	P-19	113	113	J-18	J-19	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	22	0.43	0.001	<input type="checkbox"/>
72: P-20	P-20	138	138	J-19	J-20	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	20	0.39	0.001	<input type="checkbox"/>
74: P-21	P-21	290	290	J-20	J-21	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	23	1.27	0.010	<input type="checkbox"/>
76: P-22	P-22	239	239	J-21	J-22	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	10	0.57	0.002	<input type="checkbox"/>
77: P-23	P-23	301	301	J-22	J-15	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-11	0.99	0.002	<input type="checkbox"/>
78: P-24	P-24	304	304	J-12	J-20	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6	0.32	0.001	<input type="checkbox"/>
80: P-25	P-25	51	51	J-22	J-23	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	8	0.46	0.002	<input type="checkbox"/>
82: P-26	P-26	232	232	J-23	J-24	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	5	0.28	0.001	<input type="checkbox"/>
84: P-27	P-27	229	229	J-24	J-25	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	4	0.22	0.000	<input type="checkbox"/>
86: P-28	P-28	45	45	J-23	J-26	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3	0.15	0.000	<input type="checkbox"/>
90: P-30	P-30	282	282	J-27	J-28	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	4	0.23	0.000	<input type="checkbox"/>
92: P-31	P-31	180	180	J-27	J-29	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6	0.34	0.001	<input type="checkbox"/>
94: P-32	P-32	159	159	J-29	J-30	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6	0.30	0.001	<input type="checkbox"/>
96: P-33	P-33	49	49	J-30	J-31	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	4	0.20	0.000	<input type="checkbox"/>
98: P-34	P-34	277	277	J-31	J-32	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	7	0.12	0.000	<input type="checkbox"/>
102: P-36	P-36	308	308	J-33	J-34	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3	0.14	0.000	<input type="checkbox"/>
104: P-37	P-37	361	361	J-34	J-35	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1	0.05	0.000	<input type="checkbox"/>
106: P-38	P-38	407	407	J-35	J-36	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0	0.01	0.000	<input type="checkbox"/>
108: P-39	P-39	166	166	J-36	J-37	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-2	0.13	0.000	<input type="checkbox"/>
109: P-40	P-40	97	97	J-37	J-33	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-4	0.22	0.000	<input type="checkbox"/>
111: P-41	P-41	228	228	J-33	J-38	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	5	0.29	0.001	<input type="checkbox"/>
113: P-42	P-42	158	158	J-38	J-39	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3	0.16	0.000	<input type="checkbox"/>
115: P-43	P-43	10	10	J-22	PRV-1	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	11	0.61	0.003	<input type="checkbox"/>
116: P-44	P-44	185	185	PRV-1	J-27	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-11	0.61	0.003	<input type="checkbox"/>
118: P-45	P-45	184	184	J-17	PRV-2	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	14	0.77	0.004	<input type="checkbox"/>
119: P-46	P-46	145	145	PRV-2	J-33	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	14	0.77	0.004	<input type="checkbox"/>

64 of 64 elements displayed

SORTED

Ilustración 69 “Paso 35 para el modelamiento en WaterCAD”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Los resultados de la red de distribución existente en el Subsector Operacional 24 fueron obtenidos utilizando datos de campo, hoja de cálculo y los softwares WaterCAD y Epanet. Se realizó el modelamiento de las redes que permitirá al trabajo de investigación un análisis sobre la evaluación y las posibles alternativas de mejoramiento de las redes de agua potable. A continuación, mencionaremos los resultados del modelamiento de la siguiente manera:

4.1. CAUDALES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

4.2. PRESIONES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

4.3. VELOCIDADES EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

4.1. Caudales en la Red de Distribución

- El caudal del reservorio obtenido por el software WaterCAD y Epanet es de 95.11 l/s teniendo una cota de 542.34 msnm.
- Los caudales en las tuberías de la red de distribución tienen un promedio de 13.70 l/s.
- Cabe destacar que el Coeficiente de Hazzen Williams “C” para la evaluación de las redes de distribución es de 140, esto es, por el tiempo de funcionamiento de las tuberías.

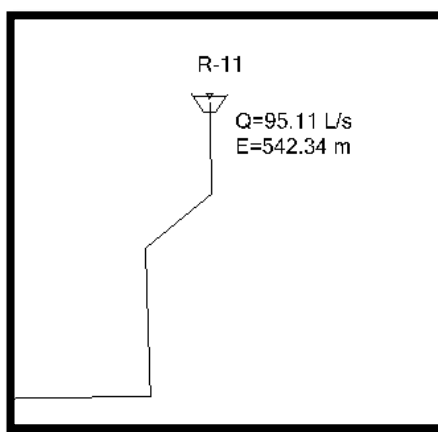


Ilustración 70 “Caudal y cota del reservorio R-11”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Tabla 17 “Caudales de la red de distribución del subsector 24”

DESCRIPCIÓN	CAUDAL l/s
R-11	95.11
Promedio	13.70

Fuente: “Propia”

4.2. Presiones en la Red de Distribución

- Las presiones en las redes del Subsector 24 en algunos nudos modelados en el software no cumplen con la normativa OS 050, “Red de distribución de agua para consumo humano”, tal es el caso de los nudos 5, 6 y 7, que lo podemos observar que es en la cabecera del modelamiento.
- En los nudos 25 y 26 la presión máxima de la red de distribución es de 30 mca.

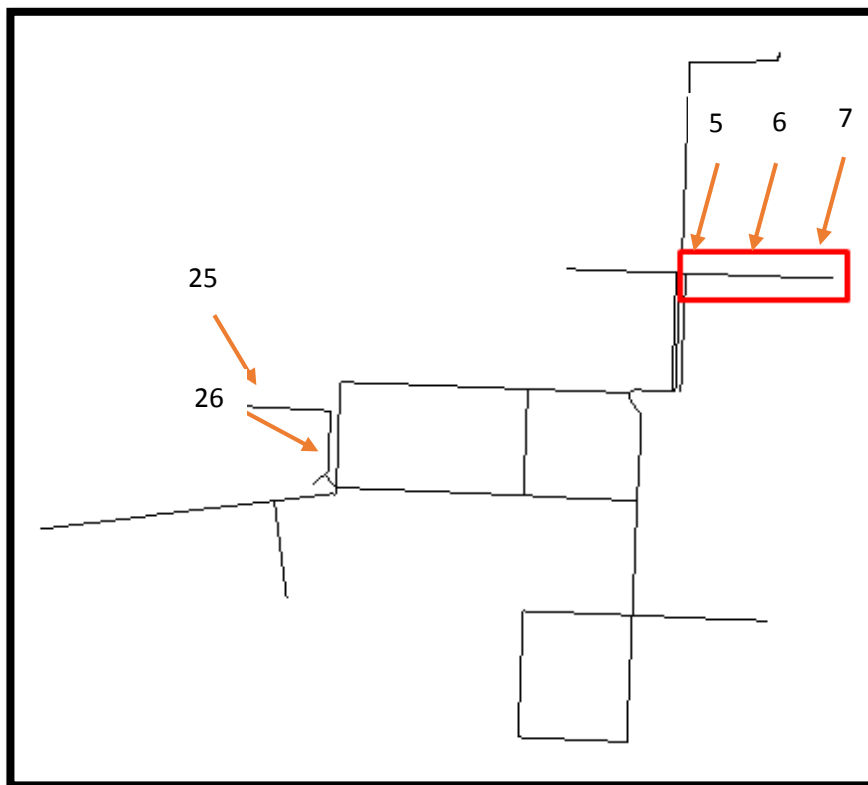


Ilustración 71 “Presiones en la Red de Distribución Real”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Tabla 18 “Presiones máximas y mínimas en los nudos del subsector 24”

NUDO	PRESIÓN MCA
J-5	9
J-6	7
J-7	7
J-25	30
J-26	30

Fuente: “Propia”

4.3. Velocidades en la Red de Distribución

- Las velocidades en la red de agua potable del Subsector de distribución oscilan entre 0.01 a 1.88 m/s.
- El promedio de las velocidades en las tuberías es de 0.51 m/s.

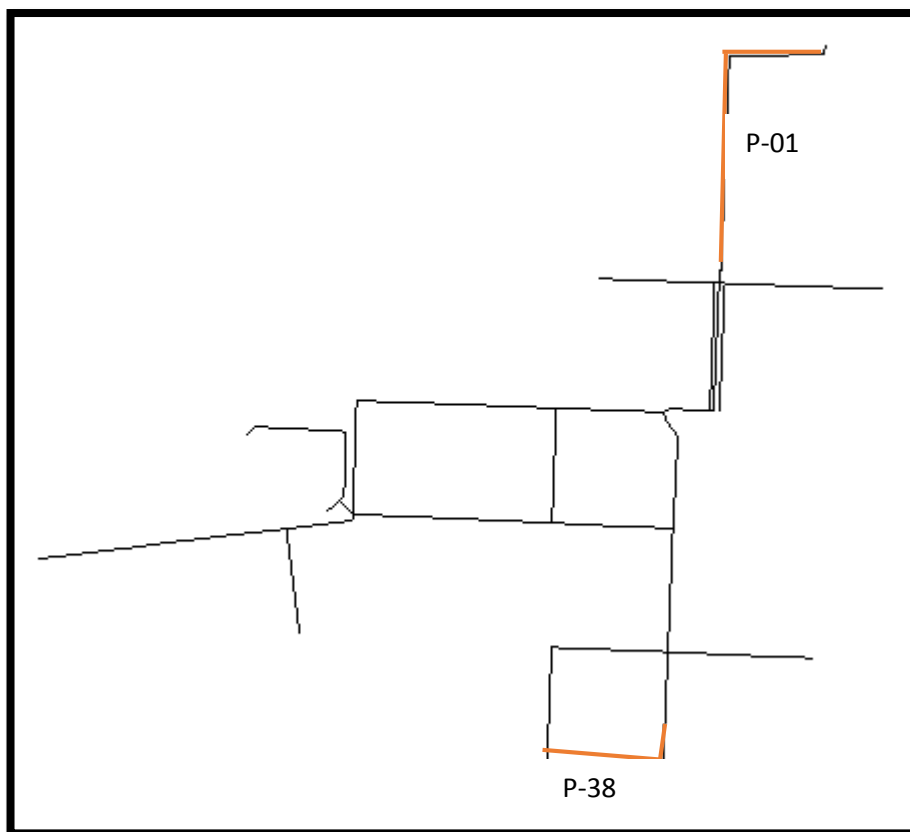


Ilustración 72 “Número de tuberías P-01 y P-38”

Fuente: Software Bentley WaterCAD V8i

Tabla 19 “Velocidades máxima y mínima en las tuberías del subsector 24”

TUBERÍA	VELOCIDAD m/s
1	1.88
38	0.01

Fuente: “Propia.”

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Comprobación de la hipótesis

Dentro de la hipótesis general era saber si con los softwares WaterCAD y Epanet podíamos evaluar y mejorar las redes de distribución del Subsector Operacional 24, y efectivamente sí se pudo calcular, analizar y evaluar las redes de distribución donde se pudo notar deficiencias en algunos sectores de las redes.

Es por ello, que a continuación sustentaremos profundamente a detalle la investigación en las hipótesis específicas:

5.1.1. Hipótesis Específica 1

Se planteó lo siguiente: *“El modelamiento de redes de distribución primarias permite la determinación de los caudales en los tramos de la red de distribución del subsector operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna”.*

Efectivamente se determinaron los caudales mediante datos de campo, que no es más que la densidad poblacional del Subsector 24 por la dotación diaria que es 200 l/s con sus respectivos diámetros en las tuberías (evaluamos a esa dotación según lo que indica en la normativa que en verano se considera un gasto de 220 l/s. y en invierno, 180 l/s. y entonces, calculando un promedio se trabajó con 200 l/s).

Con esos datos pudimos obtener el Caudal Medio Anual utilizando su fórmula.

$$\frac{Q_m = P_{ob} * D_{ot}}{86400}$$

Ilustración 75: “Fórmula de Caudal Medio Anual”

Fuente: “Redes de Distribución”

Luego de hallar el Caudal Medio Anual procedimos hallar el Caudal Máximo Horario con un $k=2$ (este coeficiente está explicado en el Anexo 3), esto es, para evaluar las redes en su momento más crítico de mayor demanda horaria.

Introducimos los datos de los caudales de cada nudo en cada software (WaterCAD y Epanet) y obtuvimos en ambos programas como

resultado un gasto en el reservorio R-11 de 95.11 l/s, esto nos refleja que el caudal hecho en campo es similar al caudal obtenido por los Macromedidores de la EPS Tacna S.A. (los Macromedidores son equipos que miden el caudal del agua en las tuberías), el cual indica que en dicho reservorio cuenta con un gasto promedio de 90 l/s. ya que hay mediciones desde 80 l/s. hasta picos de 110 l/s., por lo que observamos que el modelamiento hecho en los softwares tienen resultados coherentes y ajustados a la realidad.

5.1.2. Hipótesis Específica 2

Se planteó lo siguiente: *“El modelamiento de redes de distribución primarias permite la determinación de las presiones en los tramos de la red de distribución del Subsector Operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna”.*

Para hallar las presiones se utilizaron las cotas y Qmh (Caudal máximo horario) de cada nudo, así como el diámetro de las tuberías que son datos de campo y un previo cálculo en una hoja Excel para luego ser introducidos los valores a los dos programas tanto al WaterCAD y al Epanet.

Con el modelamiento hidráulico realizado en los softwares se pudieron hallar las presiones, donde se destaca que en los nudos 5, 6 y 7 no llegan a la presión mínima de 10 mca como lo estipula en la OS 050, dichos nudos se encuentran en la cabecera de la red. Esta deficiencia en los nudos mencionados líneas atrás coincide con los datos de la EPS Tacna S.A., por lo que demuestra que el modelamiento hidráulico calculado se ajusta a la realidad.

También observamos que la presión máxima en la red de distribución del Subsector Operacional 24 llega a 30 mca en los nudos 25 y 26, estas presiones son coherentes porque están dentro de la norma OS 050 que te permite una presión máxima de 50 mca, pero que en el ámbito laboral sólo te permite una presión máxima de trabajo de 35 mca.

5.1.3. Hipótesis Específica 3

Se planteó lo siguiente: *“El modelamiento de redes de distribución primarias permite la determinación de las velocidades en los tramos de la red de distribución del subsector operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna”.*

Con el modelamiento hidráulico efectuado en el WaterCAD y en el Epanet efectivamente se pudo hallar las velocidades de las tuberías en cada tramo de la red distribución del Subsector Operacional 24.

Los resultados fueron en gran parte coherentes comparados con los datos de la EPS Tacna S.A, donde se obtuvo que la velocidad máxima de la red de agua potable es de 1.88 m/s. y está ubicado en la tubería número 01. La velocidad máxima de la red está dentro de lo que indica la norma OS 050 que exige que las velocidades en las tuberías no deben ser mayor a 3 m/s, mas no te indica las velocidades mínimas.

En el modelamiento la velocidad mínima ocurre en la tubería número 38 que se ubica en la parte baja de la red de distribución con una velocidad de 0.01 m/s, valor que se tuvo que evaluar, analizar y dar una explicación del por qué la velocidad en esa tubería es muy baja.

CONCLUSIONES

Respecto a la hipótesis general se pudo llegar a la conclusión que la red de distribución de agua potable ha sido evaluada por ambos softwares, el WaterCAD y el Epanet, teniendo la particularidad que ambos programas coinciden en los resultados del modelamiento hidráulico. Esto nos muestra que ambos softwares son eficientes para cálculos de redes de distribución, ya que presentan resultados muy semejantes a la información de la EPS Tacna S.A.C.

En el modelamiento hidráulico la red primaria tiene 39 nudos y 2 cámaras rompe presión distribuidos en toda la red de distribución y que es alimentado por un reservorio denominado R-11 con una capacidad de 1250 m³ y un gasto de 95.11 l/s.

La red de distribución que se ha evaluado es una red abierta que posee tuberías del tipo PVC, donde se procedió hacer los cálculos hidráulicos con un Coeficiente de Hazzen Williams "C" de 140, porque dichas redes se han ejecutado entre los años de 1995 al 2000. Cabe destacar que las tuberías PVC tienen un tiempo de vida de 40 a 50 años.

Las redes de distribución de agua potable han sido evaluadas en lo que respecta a los caudales, presiones y velocidades como tema de investigación específica que a continuación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Primera conclusión

El caudal del reservorio R-11 según los cálculos del modelamiento hidráulico en ambos programas es de 95.11 l/s, resultado que es coherente con los datos de la EPS Tacna S.A., pues se efectuó un trabajo de campo minucioso donde se hizo un buen levantamiento topográfico, posteriormente se efectuaron encuestas en algunos sectores de la población para tenerlos como muestra y así poder obtener la densidad poblacional, conjuntamente con esos datos procedimos a efectuar una hoja de cálculo para introducir los valores calculados a los softwares WaterCAD y Epanet.

Por tal motivo se pudo evaluar satisfactoriamente los caudales de la red de distribución principal del Subsector Operacional 24 aduciendo que el modelamiento en el software es importante para evaluar redes y también para diseñar nuevas redes de distribución de agua potable.

Segunda conclusión

En el modelamiento observamos que las presiones están ligadas directamente al diámetro de las tuberías, mientras más diámetro tenga la tubería más presión se generarán en los nudos.

Además, pudimos observar que la red en algunos nudos presentan deficiencias, ya que no cumplen con las presiones requeridas por la norma, específicamente nos referimos en la cabecera de la red primaria, en los nudos 05, 06 y 07, presentan presiones 9, 7 y 7 mca. respectivamente, la norma indica que las aguas en las tuberías deben tener una presión mínima de 10 mca.

La EPS Tacna S.A. quien maneja datos constantemente de ese sector manifiesta que tuvieron problemas de presiones en la misma zona, esto se debe a un tema de la topografía del lugar.

Por último, podemos manifestar que el modelamiento en los softwares arrojan resultados coherentes y pudiendo manifestar una vez más que el WaterCAD y el Epanet son una herramienta fundamental para evaluar redes de distribución de agua.

Tercera conclusión

Con respecto a las velocidades, el modelamiento hidráulico de la red de distribución, el WaterCAD y el Epanet también pudieron calcular las velocidades en las tuberías de las redes de distribución principal del Subsector Operacional 24 obteniendo resultados similares ajustados a la realidad y cumpliendo con la normativa OS 050.

El modelamiento hidráulico tiene velocidades que oscila entre 0.01m/s a 1.88 m/s. La norma OS 050 indica como velocidad máxima 3 m/s del agua en las tuberías y que podrían llegar a 5 m/s con una buena sustentación, mas no indica una velocidad mínima.

La velocidad mínima como hemos visto anteriormente es de 0.01 m/s, y se encuentra en la tubería número P-38 (parte baja de la red primaria), esto indica, que la velocidad es muy baja y por ende el agua no fluiría en la tubería normalmente produciendo una sedimentación y desclorificación y eso es un problema, es por ello, que en campo se logró ver una válvula de purga y otra válvula donde es alimentado por otra red para que el agua en la tubería llegue a tener más velocidad.

RECOMENDACIONES

Con base al tema de nuestra investigación se recomienda que para futuros trabajos de indagación y/o proyectos de obras de saneamiento de agua potable se trabaje con 02 softwares para el cálculo hidráulico con el fin de comparar, verificar y analizar resultados y así poder obtener soluciones más coherentes posibles.

En la presente tesis se recomienda utilizar el WaterCAD por ser un programa eficiente. Y con respecto al Epanet, no recomendamos utilizar este software para obras de saneamiento de gran envergadura, ya que tiene un interfaz básico.

Se recomienda también que para hacer un modelamiento hidráulico no es suficiente tener un buen software, sino que además debemos de poseer información necesaria de campo como datos estadísticos de macromedidores, un buen levantamiento topográfico, encuestas a la población del lugar de estudio, información bibliográfica, así como poseer expedientes técnicos para tener un mayor conocimiento y poder guiarnos de ellos, y por último, proceder a hacer cálculos previos en una hoja electrónica.

Para darle un mejoramiento más óptimo al Subsector Operacional 24 se estableció en los anexos 06, 07 y 08 del presente trabajo de investigación dos alternativas de solución denominándolas así: Alternativa de Solución 01 y Alternativa de Solución 02.

La Alternativa de Solución 01 que estamos proponiendo trata de cambiar la línea de aducción que parte del reservorio R11 hasta la red de distribución con una longitud de 881.67 metros lineales. Esta tubería en la actualidad tiene un diámetro de 10" y con los cálculos respectivos se recomienda cambiarlas por un diámetro de 12", con esto se solucionaría el tema de presiones en los nudos 05, 06 y 07 de la red primaria. La Alternativa de Solución 02, es la segunda propuesta que estamos sugiriendo ya que se plantea como la más viable en el aspecto técnico y económico, la cual trata de adicionar una red que inicie del reservorio R11 hasta el nudo 06 (observar en el PDE-03 de los anexos de planos) con una longitud de 690.06 metros lineales y con un diámetro de 6".

Tabla 20 "Alternativa de Solución 01 VS Alternativa de Solución 02"

	Longitud (ml)	Presupuesto a nivel de Costo Directo
Alternativa de Solución 01	881.67	s/. 292,728.85
Alternativa de Solución 02	690.06	s/. 225,721.60

Fuente: "Propia."

Primera Recomendación

Antes de introducir los Qmh (Caudales máximo horario) a los softwares WaterCAD y Epanet, se debe asegurar que los datos de campo sean los más veraces posibles. Nos referimos al hacer un buen levantamiento topográfico, elaboración de encuestas en las viviendas. Luego con esos datos debemos hacer cálculos en una hoja de Excel para luego finalmente introducirlos a los programas WaterCAD y Epanet, y éstos se encargarán de procesar los datos para obtener los cálculos hidráulicos que requerimos.

Por otra parte, se debe hacer una investigación previa de las características de la red de distribución, para ello tendríamos que recolectar información tanto en la población del lugar e información técnica en la EPS Tacna S.A.

Segunda Recomendación

Las presiones en los nudos 05, 06 y 07 son bajas y no cumplen con la normativa OS 050, por lo tanto, se recomienda que la tubería número 01 debe aumentar de diámetro, ya que, en la actualidad posee un diámetro de 10" y con la evaluación recomendamos cambiar a un diámetro de 12", esto es, para que los nudos cumplan con tener por lo menos más de 10 mca en la cabecera de la red de agua potable.

Otra alternativa de solución y la cual es la más viable que le podríamos dar al modelamiento es ramificar una tubería nueva de 6" que inicie del reservorio R-11 y que alimente los nudos de la cabecera, nos referimos a los nudos del 1 al 9, y el otro que alimente a partir del nudo 10.

Se recomienda también que las presiones en sectores de alta densidad poblacional, deba tener por lo menos 15 mca y la presión máxima deba ser de 35 mca (presión máxima de trabajo de la tubería).

Tercera Recomendación

Las velocidades en el modelamiento hidráulico realizadas en los softwares WaterCAD y Epanet son coherentes, porque cumplen con la normativa y además son semejantes a los datos obtenidos EPS Tacna S.A., pero también encontramos tuberías con velocidades muy bajas como por el ejemplo en la tubería 38, donde la velocidad es de 0.01 m/s, se recomienda entonces disminuir el diámetro de esa tubería que actualmente tiene 6" y bajar a 3", o tener una conexión adicional para aumentar la velocidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Vierendel, octubre 2009.

Abastecimiento de Agua, Simón Arocha Ravelo, Universidad Central de Venezuela, noviembre 1977.

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Volumen 04 y 12, Comisión Nacional del Agua del Gobierno de la República de México, agosto 2016.

Estimación de Coeficientes de Demanda de Sistemas de Agua Potable – Chile, Gerardo Ahumada Theoduloz, Jaime Hernández Rodríguez, octubre 2002.

Sistema de Tratamiento de Agua Potable Resumen, EPS TACNA S.A., 2012.

Coeficientes reales de variaciones de consumo de agua para obras de saneamiento en la región Tacna, Jimmi Yury Silva Charaja, 2018.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.050, Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano.

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.100, Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria.

ANEXO N°01: Matriz de Consistencia

ANEXO N°02: Hoja de cálculo del conteo de la población

ANEXO N°03: Coeficiente "K"

ANEXO N°04: Gráficas de la información de caudales disponibles del reservorio R-11

ANEXO N°05: Hoja de cálculo para la determinación del Caudal Máximo Horario

ANEXO N°06: Modelamiento 02 Software WaterCAD – Alternativa de Solución 01

ANEXO N°07: Modelamiento 03 Software WaterCAD – Alternativa de Solución 02

ANEXO N°08: Epanet – Resultados del Modelamiento 01, 02 y 03.

ANEXO N°09: Datos del Levantamiento Topográfico

ANEXO N°10: Presupuesto de las alternativas de solución 01 y 02

ANEXO N°11: Panel Fotográfico

ANEXO N°12: Encuestas

ANEXO N°13: Planos

ANEXO 1 Matriz de Consistencia

***ANEXO 2 Hoja de cálculo del
conteo de la población***

Hoja de cálculo del conteo de la población

- Los datos han sido obtenidos de los resultados de la encuesta.
- La encuesta ha tenido una muestra de 100 viviendas.
- El objetivo de esta hoja de cálculo es para saber el promedio que habitan las personas por vivienda.

Ítem	Nro. de viviendas habitadas por personas	Nro. de personas que habitan en la vivienda
1	1	0
2	2	0
3	1	1
4	2	1
5	3	1
6	4	1
7	5	1
8	6	1
9	7	1
10	8	1
11	9	1
12	10	1
13	11	1
14	12	1
15	1	2
16	2	2
17	3	2
18	4	2
19	5	2
20	6	2
21	7	2
22	8	2
23	9	2
24	10	2
25	11	2
26	12	2
27	13	2
28	14	2
29	15	2
30	16	2
31	17	2
32	18	2
33	19	2
34	20	2
35	21	2
36	22	2
37	23	2

38	1	3
39	2	3
40	3	3
41	4	3
42	5	3
43	6	3
44	7	3
45	8	3
46	9	3
47	10	3
48	11	3
49	12	3
50	13	3
51	14	3
52	15	3
53	16	3
54	17	3
55	18	3
56	19	3
57	20	3
58	21	3
59	22	3
60	23	3
61	24	3
62	25	3
63	26	3
64	27	3
65	28	3
66	29	3
67	30	3
68	31	3
69	32	3
70	33	3
71	34	3
72	35	3
73	1	4
74	2	4
75	3	4
76	4	4
77	5	4
78	6	4
79	7	4
80	8	4
81	9	4
82	10	4
83	11	4
84	12	4

85	13	4
86	14	4
87	15	4
88	16	4
89	17	4
90	18	4
91	19	4
92	20	4
93	21	4
94	1	5
95	2	5
96	3	5
97	4	5
98	5	5
99	1	6
100	1	7

Promedio de habitantes
por vivienda

2.85

ANEXO 3 Coeficiente “K”

Coeficiente “K”

Para el cálculo de los caudales máximos se ha empleado los siguientes coeficientes basados en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria, donde en el ítem 1.5 Variaciones de Consumo menciona que:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria: 1.8 a 2.5

Sin embargo, la normativa no precisa los coeficientes para el caudal máximo horario dejando una incógnita para la determinación de éste, al igual que en muchos casos en lo que respecta en el ámbito laboral para los proyectistas que utilizan este coeficiente a su criterio pudiéndose sobredimensionar algunas obras sin necesidad.

Se ha evidenciado que en muchos proyectos consideran el valor de K2 como 2.5 el máximo posible y 1.8 como el menor posible sin ningún sustento, al parecer se basan del presupuesto disponible, el cual no es buen criterio cuando se proyecta una obra de saneamiento

En algunos libros, los autores te recomiendan tales coeficientes para el K1 y K2, esto es, por lo que en sus investigaciones han podido determinar esta cifra con equipos que miden el caudal en las tuberías, pero en muchos casos no reflejan la realidad de nuestra investigación que se realizó en la ciudad de Tacna.

Es por ello, que para la obtención del K2 se basó de una investigación elaborada por el ingeniero Jimmi Yury Silva Charaja sustentada en su tesis **“Coeficientes reales de variaciones de consumo de agua para obras de saneamiento en la región Tacna”**, donde nos recomienda utilizar el K1=1.33 y K2=2.05, los cuales están fundamentados en información real de campo que se asemeja más a la realidad de la ciudad de Tacna.

Ya teniendo un mejor panorama sobre los coeficientes de variaciones de consumo, la presente investigación se optó por tomar el K1=1.3 y el K2=2.0, basándonos de toda fuente bibliográfica ajustada a la realidad de la ciudad de Tacna.

***ANEXO 4 Gráficas de la información
de caudales disponibles del
reservorio R-11***

***ANEXO 5 Hoja de cálculo para la
determinación del Caudal Máximo
Horario***

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO - MODELAMIENTO REAL

NUDO	ÁREA	ELEVACIÓN	LONGITUD	φ (PULG.)	VIVIENDAS	POBLACIÓN	DOTACIÓN L/HAB/DIA	CONSUMO	CONSUMO	CONSUMO
								MEDIO	MÁXIMO DIARIO	MÁXIMO HORARIO
								$Q_m = \frac{Pob * Dot}{86400}$	$Q_{md} = K1 * Q_m$	$Q_{mh} = K2 * Q_m$
R-1	-	542.34	-	-	-	-	-	-	-	-
J-1	-	522.67	881.551	10	-	-	-	-	-	-
J-2	1	522.55	14.340	6	108	307.38	200	0.712	0.925	1.42
J-3	2	521.71	187.540	6	52	148.00	200	0.343	0.445	0.69
J-4	3	515.00	231.300	6	99	281.77	200	0.652	0.848	1.30
J-5	4	522.66	167.010	6	77	219.15	200	0.507	0.659	1.01
J-6	6	524.80	173.180	6	220	626.15	200	1.449	1.884	2.90
J-7	7	525.26	10.950	6	213	606.23	200	1.403	1.824	2.81
J-8	5	520.07	182.130	6	52	148.00	200	0.343	0.445	0.69
J-9	8	514.93	127.530	6	875	2490.38	200	5.765	7.494	11.53
J-10	9	514.02	336.110	6	111	315.92	200	0.731	0.951	1.46
J-11	10	512.55	473.943	12	251	714.38	200	1.654	2.150	3.31
J-12	14	512.35	282.710	10	244	694.46	200	1.608	2.090	3.22
J-13	11	508.83	298.280	6	225	640.38	200	1.482	1.927	2.96
J-14	12	507.40	48.200	6	248	705.85	200	1.634	2.124	3.27
J-15	13	504.46	185.110	6	158	449.69	200	1.041	1.353	2.08
J-16	15	508.86	177.360	6	61	173.62	200	0.402	0.522	0.80
J-17	16	506.57	141.790	6	114	324.46	200	0.751	0.976	1.50
J-18	17	506.96	85.920	6	98	278.92	200	0.646	0.839	1.29

J-19	18	506.84	49.720	6	177	503.77	200	1.166	1.516	2.33
J-20	19	505.47	185.440	6	179	509.46	200	1.179	1.533	2.36
J-21	20	502.01	148.700	6	975	2775.00	200	6.424	8.351	12.85
J-22	21	497.24	138.050	6	140	398.46	200	0.922	1.199	1.84
J-23	22	498.10	390.580	6	33	93.92	200	0.217	0.283	0.43
J-24	23	501.73	49.750	6	89	253.31	200	0.586	0.762	1.17
J-25	24	496.42	232.601	6	303	862.38	200	1.996	2.595	3.99
J-26	25	496.54	226.762	6	207	589.15	200	1.364	1.773	2.73
J-27	26	493.37	43.480	6	43	122.38	200	0.283	0.368	0.57
J-28	27	488.88	194.570	6	319	907.92	200	2.102	2.732	4.20
J-29	28	490.54	284.060	6	55	156.54	200	0.362	0.471	0.72
J-30	29	488.84	179.960	6	145	412.69	200	0.955	1.242	1.91
J-31	30	487.57	159.600	6	106	301.69	200	0.698	0.908	1.40
J-32	31	480.91	48.470	6	170	483.85	200	1.120	1.456	2.24
J-33	32	497.98	277.840	6	172	489.54	200	1.133	1.473	2.27
J-34	33	495.60	328.030	6	132	375.69	200	0.870	1.131	1.74
J-35	34	487.13	307.380	6	52	148.00	200	0.343	0.445	0.69
J-36	35	491.75	359.580	6	188	535.08	200	1.239	1.610	2.48
J-37	36	495.65	403.860	6	121	344.38	200	0.797	1.036	1.59
J-38	37	497.59	173.530	6	184	523.69	200	1.212	1.576	2.42
J-39	38	499.40	228.470	6	223	634.69	200	1.469	1.910	2.94

Tabla 1: "Cuadro resultado - Σ Población Σ Qmh

DENSIDAD POBLACIONAL	CONSUMO MÁXIMO HORARIO
20546.38	95.12

Fuente: "Propia."

***ANEXO 6 Modelamiento 02 Software
WaterCAD – Alternativa de Solución 01***

MODELAMIENTO 02 – ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 01

Después de haber evaluado la red de distribución en el subsector operacional 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, se ha optado por mejorar la red de tuberías realizando la primera alternativa de solución a través del software WaterCAD.

El problema del subsector de distribución operacional 24 es la falta de presión en la cabecera de la red, especialmente en los nudos J-5, J-6 y J-7.

Con el segundo modelamiento se ha optado en cambiar la tubería P-01 (10") por una tubería de 12", para que la presión en los nudos de la cabecera cumpla con la normativa OS 050 "Redes de distribución de agua para consumo humano".

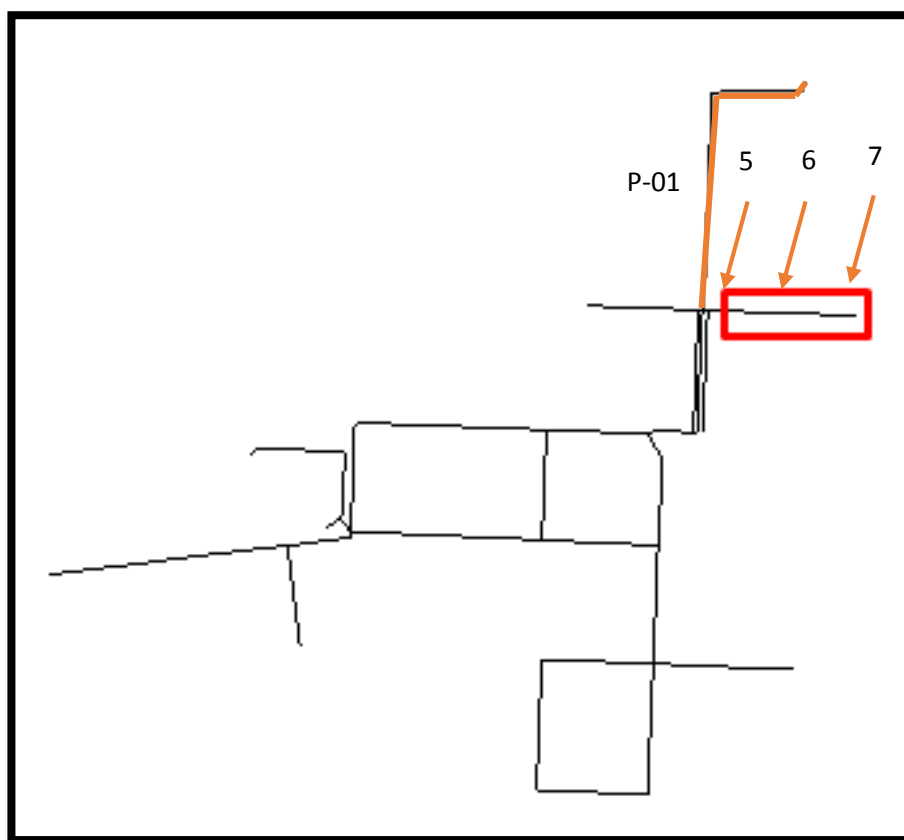


Ilustración 1: "Modelamiento 01"

Fuente: "Software Bentley WaterCAD V8i"

Después de la modificación del cambio de diámetro de la tubería P-01 a 12”, efectivamente las presiones subieron en los nudos observados, y ahora cumplen con la normativa OS 050.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
33: J-1	33	J-1	522.67	<None >	<Collection:	0.00	538.17	15
35: J-2	35	J-2	522.55	<None >	<Collection:	1.42	538.08	15
37: J-3	37	J-3	521.71	<None >	<Collection:	0.69	537.94	16
39: J-4	39	J-4	515.00	<None >	<Collection:	1.30	537.59	23
41: J-5	41	J-5	522.66	<None >	<Collection:	1.01	538.07	15
43: J-6	43	J-6	524.80	<None >	<Collection:	2.90	537.93	13
45: J-7	45	J-7	525.26	<None >	<Collection:	2.81	537.88	13
47: J-8	47	J-8	520.07	<None >	<Collection:	0.69	537.55	17
49: J-9	49	J-9	514.93	<None >	<Collection:	11.53	537.07	22
51: J-10	51	J-10	514.02	<None >	<Collection:	1.46	534.85	21
53: J-11	53	J-11	512.55	<None >	<Collection:	3.31	534.46	22
55: J-12	55	J-12	512.35	<None >	<Collection:	3.22	534.15	22
57: J-13	57	J-13	508.83	<None >	<Collection:	2.96	532.04	23
59: J-14	59	J-14	507.40	<None >	<Collection:	3.27	531.79	24
61: J-15	61	J-15	504.46	<None >	<Collection:	2.08	531.16	27
63: J-16	63	J-16	508.86	<None >	<Collection:	0.80	534.45	26
65: J-17	65	J-17	506.57	<None >	<Collection:	1.50	534.14	28
67: J-18	67	J-18	506.96	<None >	<Collection:	1.29	534.08	27
69: J-19	69	J-19	506.84	<None >	<Collection:	2.33	533.99	27
71: J-20	71	J-20	505.47	<None >	<Collection:	2.36	533.91	28
73: J-21	73	J-21	502.01	<None >	<Collection:	12.85	530.96	29
75: J-22	75	J-22	497.24	<None >	<Collection:	1.84	530.42	33
79: J-23	79	J-23	498.10	<None >	<Collection:	0.43	530.34	32
81: J-24	81	J-24	501.73	<None >	<Collection:	1.17	530.19	28
83: J-25	83	J-25	496.42	<None >	<Collection:	3.99	530.11	34
85: J-26	85	J-26	496.54	<None >	<Collection:	2.73	530.28	34
87: J-27	87	J-27	493.37	<None >	<Collection:	0.57	503.78	10
89: J-28	89	J-28	488.88	<None >	<Collection:	4.20	503.66	15
91: J-29	91	J-29	490.54	<None >	<Collection:	0.72	503.62	13
93: J-30	93	J-30	488.84	<None >	<Collection:	1.91	503.51	15
95: J-31	95	J-31	487.57	<None >	<Collection:	1.40	503.49	16
97: J-32	97	J-32	480.91	<None >	<Collection:	2.24	503.45	22
99: J-33	99	J-33	497.98	<None >	<Collection:	2.27	509.58	12
101: J-34	101	J-34	495.60	<None >	<Collection:	1.74	509.53	14
103: J-35	103	J-35	487.13	<None >	<Collection:	0.69	509.52	22
105: J-36	105	J-36	491.75	<None >	<Collection:	2.48	509.52	18
107: J-37	107	J-37	495.65	<None >	<Collection:	1.59	509.55	14
110: J-38	110	J-38	497.59	<None >	<Collection:	2.42	509.43	12
112: J-39	112	J-39	499.40	<None >	<Collection:	2.94	509.39	10

Ilustración 2: “Reportes de presiones – Modelamiento N° 02”

Fuente: “Software Bentley WaterCAD V8i”

Con el siguiente cuadro comparativo veremos específicamente los cambios y las mejoras del segundo modelamiento.

Tabla 1: "Cuadro comparativo de presiones Modelamiento 01 vs Modelamiento 02"

NUDO	MODELAMIENTO 01	MODELAMIENTO 02
J-5	9 m H2O	15 m H2O
J-6	7 m H2O	13 m H2O
J-7	7 m H2O	13 m H2O

Fuente: "Propia."

En lo que respecta a las velocidades y caudales, no hubo ningún problema, todo está estipulado dentro de la normativa OS 050.

Tabla 2: "Cuadro comparativo de presiones Modelamiento 01 vs Modelamiento 02"

TUBERÍA	MODELAMIENTO 01	MODELAMIENTO 02
P-01	1.88 m/s	1.30 m/s

Fuente: "Propia."

La desventaja de esta alternativa de solución es que la tubería P-01 tiene menos de 20 años de antigüedad, y como sabemos, las tuberías PVC tienen una vida útil de 50 años y sería antieconómico cambiarlo y más aún que tiene una longitud de 882 metros. Si bien es una solución técnica al problema de la presión, mas no es económicamente factible.

***ANEXO 7 Modelamiento 03
Software WaterCAD - Alternativa de
Solución 02***

MODELAMIENTO 03 – ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 02

En este tercer modelamiento en el software WaterCAD se ha optado por plantear una segunda red alterna que inicia del reservorio R-11 con una tubería de 6" paralela a la tubería P-01 (10") hasta un cierto tramo, esta nueva tubería alimentará a los nudos J-02, J-03, J-04, J-05, J-06, J-07, J-08 y J-09.

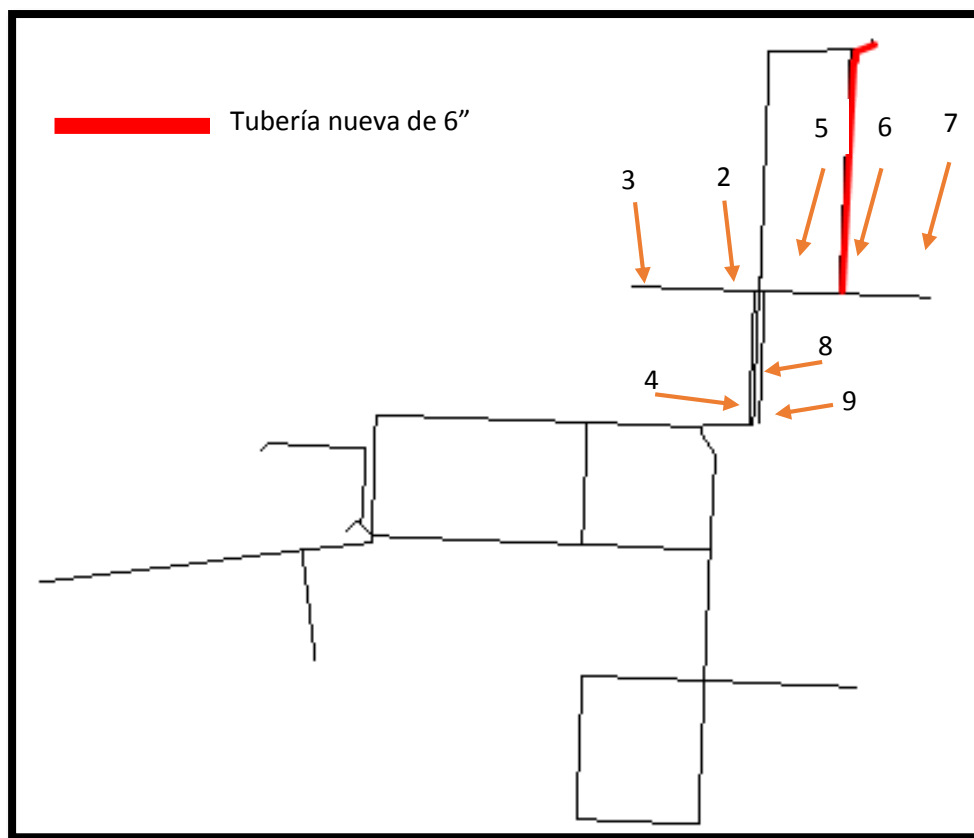


Ilustración 1: "Modelamiento 03"

Fuente: "Software Bentley WaterCAD V8i"

Una vez modelado la tubería nueva de 6" en el WaterCAD, las presiones en los nudos J-5, J-6 y J-7 han incrementado y cumplen con la normativa OS 050. Cabe mencionar que la tubería P-01 alimenta directo desde el nudo J-10 hacia adelante.

La tubería nueva de 6" es una propuesta de solución, su Coeficiente de Hazzen Williams "C" es igual 150, porque es una tubería de nueva y posee una longitud de 690.06 metros de longitud.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
32: J-1	32	J-1	524.80	<None>	<Collection:	2.90	536.59	12
34: J-2	34	J-2	525.26	<None>	<Collection:	2.81	536.55	11
36: J-3	36	J-3	522.66	<None>	<Collection:	1.01	535.57	13
38: J-4	38	J-4	520.07	<None>	<Collection:	0.69	535.05	15
40: J-5	40	J-5	514.93	<None>	<Collection:	11.53	534.58	20
42: J-6	42	J-6	522.55	<None>	<Collection:	1.42	535.56	13
44: J-7	44	J-7	521.71	<None>	<Collection:	0.69	535.56	14
46: J-8	46	J-8	515.00	<None>	<Collection:	1.30	535.44	20
48: J-9	48	J-9	522.67	<None>	<Collection:	0.00	536.12	13
50: J-10	50	J-10	514.02	<None>	<Collection:	1.46	534.77	21
52: J-11	52	J-11	512.55	<None>	<Collection:	3.31	534.37	22
54: J-12	54	J-12	512.35	<None>	<Collection:	3.22	534.08	22
56: J-13	56	J-13	508.83	<None>	<Collection:	2.96	531.96	23
58: J-14	58	J-14	507.40	<None>	<Collection:	3.27	531.71	24
60: J-15	60	J-15	504.46	<None>	<Collection:	2.08	531.08	27
62: J-16	62	J-16	508.86	<None>	<Collection:	0.80	534.36	25
64: J-17	64	J-17	506.57	<None>	<Collection:	1.50	534.05	27
66: J-18	66	J-18	506.96	<None>	<Collection:	1.29	533.99	27
68: J-19	68	J-19	506.84	<None>	<Collection:	2.33	533.91	27
70: J-20	70	J-20	505.47	<None>	<Collection:	2.36	533.82	28
72: J-21	72	J-21	502.01	<None>	<Collection:	12.85	530.88	29
74: J-22	74	J-22	497.24	<None>	<Collection:	1.84	530.33	33
78: J-23	78	J-23	498.10	<None>	<Collection:	0.43	530.25	32
80: J-24	80	J-24	501.73	<None>	<Collection:	1.17	530.11	28
82: J-25	82	J-25	496.42	<None>	<Collection:	3.99	530.02	34
84: J-26	84	J-26	496.54	<None>	<Collection:	2.73	530.24	34
86: J-27	86	J-27	493.37	<None>	<Collection:	0.57	504.79	11
88: J-28	88	J-28	488.88	<None>	<Collection:	4.20	504.67	16
90: J-29	90	J-29	490.54	<None>	<Collection:	0.72	504.63	14
92: J-30	92	J-30	488.84	<None>	<Collection:	1.91	504.51	16
94: J-31	94	J-31	487.57	<None>	<Collection:	1.40	504.50	17
96: J-32	96	J-32	480.91	<None>	<Collection:	2.24	504.46	24
98: J-33	98	J-33	497.98	<None>	<Collection:	2.27	510.58	13
100: J-34	100	J-34	495.60	<None>	<Collection:	1.74	510.53	15
102: J-35	102	J-35	487.13	<None>	<Collection:	0.69	510.52	23
104: J-36	104	J-36	491.75	<None>	<Collection:	2.48	510.52	19
106: J-37	106	J-37	495.65	<None>	<Collection:	1.59	510.55	15
109: J-38	109	J-38	497.59	<None>	<Collection:	2.42	510.43	13
111: J-39	111	J-39	499.40	<None>	<Collection:	2.94	510.39	11

Ilustración 2: “Reportes de presiones – Modelamiento N° 03”

Fuente: “Software Bentley WaterCAD V8i”

De la siguiente imagen del cuadro de reportes de los nudos del Modelamiento N° 03, observamos que las presiones cumplen con la normativa OS 050, “Red de distribución de agua para consumo humano”. Con este modelamiento hemos llegado a evaluar que la red de agua potable no tiene ningún problema en las presiones, caudales ni tampoco velocidades.

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
P-1	690.06	R-11	J-1	6	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	22.35	1.23
P-2	251.48	J-1	J-2	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.81	0.15
P-3	187.45	J-1	J-3	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	16.64	0.91
P-4	166.38	J-3	J-4	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	12.22	0.67
P-5	171.47	J-4	J-5	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	11.53	0.63
P-6	25.73	J-3	J-6	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3.41	0.19
P-7	309.08	J-6	J-7	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.69	0.04
P-8	337.67	J-6	J-8	4	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1.30	0.16
P-9	889.73	R-11	J-9	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	72.76	1.44
P-10	469.47	J-9	J-10	12	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	72.76	1.00
P-11	262.85	J-10	J-11	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	31.69	0.63
P-12	19.89	J-11	J-12	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	26.38	1.56
P-13	298.48	J-12	J-13	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	19.13	1.09
P-14	47.93	J-13	J-14	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	16.17	0.89
P-15	185.33	J-14	J-15	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	12.90	0.71
P-16	178.19	J-10	J-16	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	39.61	0.78
P-17	141.94	J-16	J-17	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	38.81	0.77
P-18	69.14	J-17	J-18	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	23.18	0.46
P-19	114.23	J-18	J-19	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	21.89	0.43
P-20	137.67	J-19	J-20	10	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	19.56	0.39
P-21	290.07	J-20	J-21	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	23.23	1.27
P-22	238.40	J-21	J-22	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	10.38	0.57
P-23	306.90	J-20	J-12	8	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-8.03	-0.33
P-24	302.86	J-15	J-22	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	10.82	0.59
P-25	51.75	J-22	J-23	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	8.32	0.46
P-26	251.19	J-23	J-24	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	9.16	0.28
P-27	227.80	J-24	J-25	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3.99	-0.22
P-28	44.24	J-23	J-26	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.73	0.15
P-29	283.68	J-27	J-28	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	4.20	0.23
P-30	180.37	J-27	J-29	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	6.27	-0.34
P-32	159.56	J-29	J-30	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	5.55	0.30
P-33	48.61	J-30	J-31	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3.64	0.20
P-34	277.42	J-31	J-32	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.24	0.12
P-36	307.51	J-33	J-34	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.57	0.14
P-37	360.23	J-34	J-35	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.83	0.05
P-38	404.66	J-35	J-36	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.14	0.01
P-39	166.70	J-36	J-37	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-2.34	-0.13
P-40	97.72	J-37	J-33	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-3.93	-0.23
P-41	238.54	J-33	J-38	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	5.36	0.29
P-42	158.14	J-38	J-39	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.94	0.16
P-43	9.89	J-32	PRV-1	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	11.04	0.61
P-44	183.83	PRV-1	J-27	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	11.04	0.61
P-45	181.40	J-17	PRV-2	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	14.13	0.77
P-46	145.49	PRV-2	J-33	6	PVC	140.0	<input type="checkbox"/>	0.000	14.13	0.77

Ilustración 3: “Reportes de velocidades y caudales de las tuberías – Modelamiento N° 03”

Fuente: “Software Bentley WaterCAD V8i”

Del Modelamiento N° 03 se tiene:

- Una presión mínima de 11 m H2O y una máxima de 34 m H2O.
- Una velocidad mínima de 0.01 m/s y una máxima de 1.23 m/s.
- El caudal que inicia la dispone la nueva tubería es de 22.35 l/s y alimenta los nudos J-2 al J-9.

Como propuesta de solución más efectiva tanto en la parte económica como en la parte técnica es el Modelamiento 03 – Alternativa de Solución 02, solucionaría el problema de las presiones en la cabecera de la red de distribución, y no habría que cambiar ninguna red principal, sino adicionar una red nueva como propuesta de solución más efectiva.

***ANEXO 8 Epanet: Resultados del
Modelamiento 01, 02 y 03***

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO N°01: NUDOS Y TUBERÍAS

MODELAMIENTO 01				
RESULTADOS EPANET - MODELAMIENTO REAL				
Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J-1	522.67	0.00	532.21	9.52
Conexión J-2	522.55	1.42	532.21	9.64
Conexión J-3	521.71	0.69	532.21	10.48
Conexión J-4	515.00	1.30	532.09	17.06
Conexión J-5	522.66	1.01	532.11	9.43
Conexión J-6	524.80	2.90	531.97	7.15
Conexión J-7	525.26	2.81	531.92	6.65
Conexión J-8	520.07	0.69	531.59	11.50
Conexión J-9	514.93	11.53	531.11	16.15
Conexión J-10	514.02	1.46	530.85	16.79
Conexión J-11	512.55	3.31	530.46	17.87
Conexión J-12	512.35	3.22	530.15	17.76
Conexión J-13	508.83	2.96	528.04	19.17
Conexión J-14	507.40	3.27	527.79	20.35
Conexión J-15	504.46	2.08	527.16	22.65
Conexión J-16	508.86	0.80	530.44	21.54
Conexión J-17	506.57	1.50	530.13	23.52
Conexión J-18	506.96	1.29	530.07	23.07
Conexión J-19	506.84	2.33	529.99	23.10
Conexión J-20	505.47	2.36	529.90	24.38
Conexión J-21	502.01	12.85	526.96	24.90
Conexión J-22	497.24	1.84	526.41	29.11
Conexión J-23	498.10	0.43	526.33	28.18
Conexión J-24	501.73	1.17	526.19	24.41
Conexión J-25	496.42	3.99	526.10	29.62
Conexión J-26	496.54	2.73	526.33	29.73
Conexión J-27	493.37	0.57	503.78	10.39
Conexión J-28	488.88	4.20	503.66	14.75
Conexión J-29	490.54	0.72	503.62	13.05
Conexión J-30	488.84	1.91	503.51	14.64
Conexión J-31	487.57	1.40	503.49	15.89
Conexión J-32	480.91	2.24	503.45	22.50
Conexión J-33	497.98	2.27	509.58	11.58
Conexión J-34	495.60	1.74	509.53	13.90
Conexión J-35	487.13	0.69	509.52	22.34
Conexión J-36	491.75	2.48	509.52	17.73
Conexión J-37	495.65	1.59	509.54	13.87

Conexión J-38	497.59	2.42	509.43	11.81
Conexión J-39	499.40	2.94	509.39	9.97
Conexión 114-A	497.24	0	526.39	29.09
Conexión 114-B	497.24	0	504.25	7
Conexión 117-A	502.15	0	529.39	27.18
Conexión 117-B	502.15	0	510.17	8
Embalse R-11	542.34	-95.11	542.34	0

MODELAMIENTO 01
RESULTADOS EPANET - MODELAMIENTO REAL

Tabla de Red - Tuberías

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
	m	mm		LPS	m/s	m/km		
Tubería P-1	881.67	254.00	140	95.11	1.88	11.48	0.016	Abierto
Tubería P-2	11.41	152.40	140	3.41	0.19	0.29	0.025	Abierto
Tubería P-3	309.08	152.40	140	0.69	0.04	0.02	0.031	Abierto
Tubería P-4	337.95	101.60	140	1.30	0.16	0.35	0.027	Abierto
Tubería P-5	15.22	152.40	140	18.94	1.04	6.96	0.019	Abierto
Tubería P-6	187.20	152.40	140	5.71	0.31	0.76	0.023	Abierto
Tubería P-7	230.80	152.40	140	2.81	0.15	0.20	0.026	Abierto
Tubería P-8	166.04	152.40	140	12.22	0.67	3.09	0.021	Abierto
Tubería P-9	173.87	152.40	140	11.53	0.63	2.78	0.021	Abierto
Tubería P-10	474.71	304.80	140	72.76	1.00	2.88	0.017	Abierto
Tubería P-11	262.83	254.00	140	31.57	0.62	1.49	0.019	Abierto
Tubería P-12	21.17	152.40	140	28.26	1.55	14.61	0.018	Abierto
Tubería P-13	297.64	152.40	140	19.13	1.05	7.09	0.019	Abierto
Tubería P-14	47.79	152.40	140	16.17	0.89	5.20	0.02	Abierto
Tubería P-15	184.90	152.40	140	12.90	0.71	3.42	0.02	Abierto
Tubería P-16	178.85	254.00	140	39.73	0.78	2.28	0.018	Abierto
Tubería P-17	139.37	254.00	140	38.93	0.77	2.20	0.019	Abierto
Tubería P-18	69.84	254.00	140	23.30	0.46	0.85	0.02	Abierto
Tubería P-19	112.78	254.00	140	22.01	0.43	0.76	0.02	Abierto
Tubería P-20	138.44	254.00	140	19.68	0.39	0.62	0.021	Abierto

Tubería P-21	289.95	152.40	140	23.23	1.27	10.16	0.019	Abierto
Tubería P-22	238.68	152.40	140	10.38	0.57	2.29	0.021	Abierto
Tubería P-23	301.33	152.40	140	-10.82	0.59	2.47	0.021	Abierto
Tubería P-24	304.18	152.40	140	5.91	0.32	0.80	0.023	Abierto
Tubería P-25	50.83	152.40	140	8.32	0.46	1.52	0.022	Abierto
Tubería P-26	232.05	152.40	140	5.16	0.28	0.63	0.023	Abierto
Tubería P-27	228.86	152.40	140	3.99	0.22	0.39	0.024	Abierto
Tubería P-28	44.85	152.40	140	2.73	0.15	0.19	0.026	Abierto
Tubería P-30	282.03	152.40	140	4.20	0.23	0.43	0.024	Abierto
Tubería P-31	179.77	152.40	140	6.27	0.34	0.90	0.023	Abierto
Tubería P-32	159.38	152.40	140	5.55	0.30	0.72	0.023	Abierto
Tubería P-33	48.81	152.40	140	3.64	0.20	0.33	0.025	Abierto
Tubería P-34	277.43	152.40	140	2.24	0.12	0.13	0.026	Abierto
Tubería P-36	308.42	152.40	140	2.57	0.14	0.17	0.026	Abierto
Tubería P-37	361.10	152.40	140	0.83	0.05	0.02	0.031	Abierto
Tubería P-38	406.58	152.40	140	0.14	0.01	0.00	0.04	Abierto
Tubería P-39	166.33	152.40	140	-2.34	0.13	0.15	0.026	Abierto
Tubería P-40	96.71	152.40	140	-3.93	0.22	0.38	0.024	Abierto
Tubería P-41	228.28	152.40	140	5.36	0.29	0.67	0.023	Abierto
Tubería P-42	157.89	152.40	140	2.94	0.16	0.22	0.025	Abierto
Tubería P-43	10.14	152.40	140	11.04	0.61	2.56	0.021	Abierto
Tubería P-44	184.63	152.40	140	11.04	0.61	2.56	0.021	Abierto
Tubería P-45	184.14	152.40	140	14.13	0.77	4.05	0.02	Abierto
Tubería P-46	144.89	152.40	140	14.13	0.77	4.05	0.02	Abierto
Válvula PRV-1	No Disponible	152.40	No Disponible	11.04	0.61	22.13	0	Activo
Válvula PRV-2	No Disponible	152.40	No Disponible	14.13	0.77	19.22	0	Activo

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO N°02: NUDOS Y TUBERÍAS

MODELAMIENTO 02
RESULTADOS EPANET - MODELAMIENTO ALTERNATIVA DE
SOLUCIÓN 01

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J-1	522.67	0.00	538.17	15.47
Conexión J-2	522.55	1.42	538.08	15.50
Conexión J-3	521.71	0.69	537.94	16.20
Conexión J-4	515.00	1.30	537.59	22.55
Conexión J-5	522.66	1.01	538.07	15.38
Conexión J-6	524.80	2.90	537.93	13.10
Conexión J-7	525.26	2.81	537.88	12.59
Conexión J-8	520.07	0.69	537.55	17.45
Conexión J-9	514.93	11.53	537.07	22.10
Conexión J-10	514.02	1.46	534.85	20.79
Conexión J-11	512.55	3.31	534.46	21.87
Conexión J-12	512.35	3.22	534.15	21.76
Conexión J-13	508.83	2.96	532.04	23.17
Conexión J-14	507.40	3.27	531.79	24.34
Conexión J-15	504.46	2.08	531.16	26.65
Conexión J-16	508.86	0.80	534.45	25.53
Conexión J-17	506.57	1.50	534.14	27.51
Conexión J-18	506.96	1.29	534.08	27.07
Conexión J-19	506.84	2.33	533.99	27.10
Conexión J-20	505.47	2.36	533.91	28.38
Conexión J-21	502.01	12.85	530.96	28.89
Conexión J-22	497.24	1.84	530.42	33.11
Conexión J-23	498.10	0.43	530.34	32.18
Conexión J-24	501.73	1.17	530.19	28.41
Conexión J-25	496.42	3.99	530.11	33.62
Conexión J-26	496.54	2.73	530.28	33.67
Conexión J-27	493.37	0.57	503.78	10.39
Conexión J-28	488.88	4.20	503.66	14.75
Conexión J-29	490.54	0.72	503.62	13.05
Conexión J-30	488.84	1.91	503.51	14.64
Conexión J-31	487.57	1.40	503.49	15.89
Conexión J-32	480.91	2.24	503.45	22.50
Conexión J-33	497.98	2.27	509.58	11.58
Conexión J-34	495.60	1.74	509.53	13.90
Conexión J-35	487.13	0.69	509.52	22.35
Conexión J-36	491.75	2.48	509.52	17.73

Conexión J-37	495.65	1.59	509.54	13.86
Conexión J-38	497.59	2.42	509.43	11.81
Conexión J-39	499.40	2.94	509.39	9.97
Conexión 114-A	497.24	0.00	530.39	33.08
Conexión 114-B	497.24	0.00	504.25	7.00
Conexión 117-A	502.15	0.00	533.39	31.18
Conexión 117-B	502.15	0.00	510.17	8.00
Embalse R-11	542.34	-95.11	542.34	0.00

MODELAMIENTO 02
RESULTADOS EPANET - MODELAMIENTO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 01

Tabla de Red - Tuberías

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
	m	mm		LPS	m/s	m/km		
Tubería P-1	881.67	304.80	140	95.11	1.30	4.73	0.017	Abierto
Tubería P-2	11.41	76.20	140	3.41	0.75	8.51	0.023	Abierto
Tubería P-3	309.08	76.20	140	0.69	0.15	0.44	0.029	Abierto
Tubería P-4	337.95	76.20	140	1.30	0.29	1.43	0.026	Abierto
Tubería P-5	15.22	152.40	140	18.94	1.04	6.96	0.019	Abierto
Tubería P-6	187.20	152.40	140	5.71	0.31	0.76	0.023	Abierto
Tubería P-7	230.80	152.40	140	2.81	0.15	0.20	0.026	Abierto
Tubería P-8	166.04	152.40	140	12.22	0.67	3.09	0.021	Abierto
Tubería P-9	173.87	152.40	140	11.53	0.63	2.78	0.021	Abierto
Tubería P-10	474.71	254.00	140	72.76	1.44	6.99	0.017	Abierto
Tubería P-11	262.83	254.00	140	31.57	0.62	1.49	0.019	Abierto
Tubería P-12	21.17	152.40	140	28.26	1.55	14.61	0.018	Abierto
Tubería P-13	297.64	152.40	140	19.13	1.05	7.09	0.019	Abierto
Tubería P-14	47.79	152.40	140	16.17	0.89	5.20	0.02	Abierto
Tubería P-15	184.90	152.40	140	12.90	0.71	3.42	0.02	Abierto
Tubería P-16	178.85	254.00	140	39.73	0.78	2.28	0.018	Abierto
Tubería P-17	139.37	254.00	140	38.93	0.77	2.20	0.019	Abierto
Tubería P-18	69.84	254.00	140	23.30	0.46	0.85	0.02	Abierto
Tubería P-19	112.78	254.00	140	22.01	0.43	0.76	0.02	Abierto
Tubería P-20	138.44	254.00	140	19.68	0.39	0.62	0.021	Abierto

Tubería P-21	289.95	152.40	140	23.23	1.27	10.16	0.019	Abierto
Tubería P-22	238.68	152.40	140	10.38	0.57	2.29	0.021	Abierto
Tubería P-23	301.33	152.40	140	-10.82	0.59	2.47	0.021	Abierto
Tubería P-24	304.18	152.40	140	5.91	0.32	0.80	0.023	Abierto
Tubería P-25	50.83	152.40	140	8.32	0.46	1.52	0.022	Abierto
Tubería P-26	232.05	152.40	140	5.16	0.28	0.63	0.023	Abierto
Tubería P-27	228.86	152.40	140	3.99	0.22	0.39	0.024	Abierto
Tubería P-28	44.85	101.60	140	2.73	0.34	1.39	0.024	Abierto
Tubería P-30	282.03	152.40	140	4.20	0.23	0.43	0.024	Abierto
Tubería P-31	179.77	152.40	140	6.27	0.34	0.90	0.023	Abierto
Tubería P-32	159.38	152.40	140	5.55	0.30	0.72	0.023	Abierto
Tubería P-33	48.81	152.40	140	3.64	0.20	0.33	0.025	Abierto
Tubería P-34	277.43	152.40	140	2.24	0.12	0.13	0.026	Abierto
Tubería P-36	308.42	152.40	140	2.53	0.14	0.17	0.026	Abierto
Tubería P-37	361.10	152.40	140	0.79	0.04	0.02	0.031	Abierto
Tubería P-38	406.58	76.20	140	0.10	0.02	0.01	0.023	Abierto
Tubería P-39	166.33	152.40	140	-2.38	0.13	0.15	0.026	Abierto
Tubería P-40	96.71	152.40	140	-3.97	0.22	0.38	0.024	Abierto
Tubería P-41	228.28	152.40	140	5.36	0.29	0.67	0.023	Abierto
Tubería P-42	157.89	152.40	140	2.94	0.16	0.22	0.025	Abierto
Tubería P-43	10.14	152.40	140	11.04	0.61	2.56	0.021	Abierto
Tubería P-44	184.63	152.40	140	11.04	0.61	2.56	0.021	Abierto
Tubería P-45	184.14	152.40	140	14.13	0.77	4.05	0.02	Abierto
Tubería P-46	144.89	152.40	140	14.13	0.77	4.05	0.02	Abierto
Válvula PRV-1	No Disponible	152.4	No Disponible	11.04	0.61	26.14	0	Activo
Válvula PRV-2	No Disponible	152.4	No Disponible	14.13	0.77	23.23	0	Activo

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO N°03: NUDOS Y TUBERÍAS

MODELAMIENTO 03
RESULTADOS EPANET - MODELAMIENTO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
02

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J-1	524.80	2.90	536.59	11.77
Conexión J-2	525.26	2.81	536.55	11.26
Conexión J-3	522.66	1.01	535.57	12.88
Conexión J-4	520.07	0.69	535.05	14.95
Conexión J-5	514.93	11.53	534.58	19.61
Conexión J-6	522.55	1.42	535.56	12.98
Conexión J-7	521.71	0.69	535.56	13.82
Conexión J-8	515.00	1.30	535.44	20.40
Conexión J-9	522.67	0.00	536.12	13.42
Conexión J-10	514.02	1.46	534.77	20.71
Conexión J-11	512.55	3.31	534.37	21.78
Conexión J-12	512.35	3.22	534.08	21.69
Conexión J-13	508.83	2.96	531.96	23.09
Conexión J-14	507.40	3.27	531.71	24.26
Conexión J-15	504.46	2.08	531.08	26.57
Conexión J-16	508.86	0.80	534.36	25.45
Conexión J-17	506.57	1.50	534.05	27.43
Conexión J-18	506.96	1.29	533.99	26.98
Conexión J-19	506.84	2.33	533.91	27.01
Conexión J-20	505.47	2.36	533.82	28.30
Conexión J-21	502.01	12.85	530.88	28.81
Conexión J-22	497.24	1.84	530.33	33.03
Conexión J-23	498.10	0.43	530.25	32.09
Conexión J-24	501.73	1.17	530.11	28.32
Conexión J-25	496.42	3.99	530.02	33.53
Conexión J-26	496.54	2.73	530.24	33.64
Conexión J-27	493.37	0.57	504.78	11.39
Conexión J-28	488.88	4.20	504.66	15.75
Conexión J-29	490.54	0.72	504.62	14.05
Conexión J-30	488.84	1.91	504.51	15.64
Conexión J-31	487.57	1.40	504.49	16.89
Conexión J-32	480.91	2.24	504.46	23.50
Conexión J-33	497.98	2.27	510.58	12.57
Conexión J-34	495.60	1.74	510.53	14.90
Conexión J-35	487.13	0.69	510.52	23.34
Conexión J-36	491.75	2.48	510.52	18.73

Conexión J-37	495.65	1.59	510.54	14.86
Conexión J-38	497.59	2.42	510.43	12.81
Conexión J-39	499.40	2.94	510.39	10.97
<hr/>				
Conexión 113-A	497.24	0.00	530.31	33.00
Conexión 113-B	497.24	0.00	505.26	8.00
Conexión 116-A	502.15	0.00	533.32	31.11
Conexión 116-B	502.15	0.00	511.17	9.00
<hr/>				
Embalse R-11	542.34	-95.11	542.34	0.00

MODELAMIENTO 03
RESULTADOS EPANET - MODELAMIENTO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 02

Tabla de Red - Tuberías

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
	m	mm		LPS	m/s	m/km		
Tubería P-1	690.06	152.40	150	22.35	1.23	8.33	0.017	Abierto
Tubería P-2	231.48	152.40	140	2.81	0.15	0.20	0.026	Abierto
Tubería P-3	187.45	152.40	140	16.64	0.91	5.48	0.02	Abierto
Tubería P-4	166.38	152.40	140	12.22	0.67	3.09	0.021	Abierto
Tubería P-5	171.47	152.40	140	11.53	0.63	2.78	0.021	Abierto
Tubería P-6	25.73	152.40	140	3.41	0.19	0.29	0.025	Abierto
Tubería P-7	309.08	152.40	140	0.69	0.04	0.02	0.031	Abierto
Tubería P-8	337.67	101.60	140	1.30	0.16	0.35	0.027	Abierto
Tubería P-9	889.73	254.00	140	72.76	1.44	6.99	0.017	Abierto
Tubería P-10	469.47	304.80	140	72.76	1.00	2.88	0.017	Abierto
Tubería P-11	262.85	254.00	140	31.69	0.63	1.50	0.019	Abierto
Tubería P-12	19.89	152.40	140	28.38	1.56	14.72	0.018	Abierto
Tubería P-13	298.48	152.40	140	19.13	1.05	7.09	0.019	Abierto
Tubería P-14	47.93	152.40	140	16.17	0.89	5.20	0.02	Abierto
Tubería P-15	185.33	152.40	140	12.90	0.71	3.42	0.02	Abierto
Tubería P-16	178.19	254.00	140	39.61	0.78	2.27	0.019	Abierto
Tubería P-17	141.94	254.00	140	38.81	0.77	2.18	0.019	Abierto
Tubería P-18	69.14	254.00	140	23.18	0.46	0.84	0.02	Abierto
Tubería P-19	114.23	254.00	140	21.89	0.43	0.76	0.02	Abierto
Tubería P-20	137.67	254.00	140	19.56	0.39	0.61	0.021	Abierto

Tubería P-21	290.07	152.40	140	23.23	1.27	10.16	0.019	Abierto
Tubería P-22	238.40	152.40	140	10.38	0.57	2.29	0.021	Abierto
Tubería P-23	306.50	152.40	140	-6.03	0.33	0.84	0.023	Abierto
Tubería P-24	302.86	152.40	140	10.82	0.59	2.47	0.021	Abierto
Tubería P-25	51.75	152.40	140	8.32	0.46	1.52	0.022	Abierto
Tubería P-26	231.19	152.40	140	5.16	0.28	0.63	0.023	Abierto
Tubería P-27	227.80	152.40	140	3.99	0.22	0.39	0.024	Abierto
Tubería P-28	44.24	152.40	140	2.73	0.15	0.19	0.026	Abierto
Tubería P-30	283.68	152.40	140	4.20	0.23	0.43	0.024	Abierto
Tubería P-31	180.37	152.40	140	6.27	0.34	0.90	0.023	Abierto
Tubería P-32	159.56	152.40	140	5.55	0.30	0.72	0.023	Abierto
Tubería P-33	48.61	152.40	140	3.64	0.20	0.33	0.025	Abierto
Tubería P-34	277.42	152.40	140	2.24	0.12	0.13	0.027	Abierto
Tubería P-36	307.51	152.40	140	2.57	0.14	0.17	0.026	Abierto
Tubería P-37	360.23	152.40	140	0.83	0.05	0.02	0.031	Abierto
Tubería P-38	404.66	152.40	140	0.14	0.01	0.00	0.036	Abierto
Tubería P-39	166.70	152.40	140	-2.34	0.13	0.14	0.026	Abierto
Tubería P-40	97.72	152.40	140	-3.93	0.22	0.38	0.024	Abierto
Tubería P-41	228.54	152.40	140	5.36	0.29	0.67	0.023	Abierto
Tubería P-42	158.14	152.40	140	2.94	0.16	0.22	0.025	Abierto
Tubería P-43	9.89	152.40	140	11.04	0.61	2.56	0.021	Abierto
Tubería P-44	183.83	152.40	140	11.04	0.61	2.56	0.021	Abierto
Tubería P-45	181.40	152.40	140	14.13	0.77	4.05	0.02	Abierto
Tubería P-46	145.49	152.40	140	14.13	0.77	4.05	0.02	Abierto
Válvula PRV-1	No Disponible	152.40	No Disponible	11.04	0.61	25.05	0	Activo
Válvula PRV-2	No Disponible	152.40	No Disponible	14.13	0.77	22.15	0	Activo

***ANEXO 9 Datos del Levantamiento
Topográfico***

PUNTOS TOPOGRÁFICOS – COORDENADAS UTM WGS 84

Punto	Este	Norte	Cota	Descripción
1	368092.852	8003435.423	489.769	PTO
2	367619.043	8003455.188	488.840	PTO
3	367717.271	8003484.240	489.627	ESTACION
4	367772.852	8003515.423	489.855	PTO
5	367852.852	8003515.423	490.099	PTO
6	367932.852	8003515.423	490.241	PTO
7	368025.528	8003465.180	490.273	ESTACION
8	368092.852	8003515.423	490.110	PTO
9	367692.852	8003595.423	490.407	PTO
10	367772.852	8003595.423	490.783	PTO
11	367852.852	8003595.423	490.686	PTO
12	367932.852	8003595.423	490.000	PTO
13	368012.852	8003595.423	490.000	PTO
14	367692.852	8003675.423	492.569	PTO
15	367772.852	8003675.423	492.669	PTO
16	367852.852	8003675.423	491.690	PTO
17	367932.852	8003675.423	492.364	PTO
18	368012.852	8003675.423	492.504	PTO
19	368492.852	8003675.423	494.298	PTO
20	368572.852	8003675.423	491.929	PTO
21	367692.852	8003755.423	496.758	PTO
22	367772.852	8003755.423	495.950	PTO
23	367852.852	8003755.423	494.848	PTO
24	367932.852	8003755.423	496.593	PTO
25	368012.852	8003755.423	500.056	PTO
26	368092.852	8003755.423	500.003	PTO
27	368332.852	8003755.423	499.677	PTO
28	368412.852	8003755.423	499.596	PTO
29	368492.852	8003755.423	496.302	PTO
30	367772.852	8003835.423	498.887	PTO
31	367852.852	8003835.423	498.267	PTO
32	367932.852	8003835.423	499.058	PTO
33	368012.852	8003835.423	500.247	ESTACION
34	368092.852	8003835.423	499.888	PTO
35	368172.852	8003835.423	499.433	PTO
36	368252.852	8003835.423	499.506	PTO
37	368332.852	8003835.423	499.472	PTO
38	368412.852	8003835.423	499.768	PTO
39	366972.852	8003915.423	490.547	PTO
40	367052.852	8003915.423	492.475	PTO
41	367132.852	8003915.423	493.487	PTO

42	368012.852	8003915.423	500.342	PTO
43	368092.852	8003915.423	500.160	PTO
44	368172.852	8003915.423	500.088	PTO
45	368252.852	8003915.423	500.515	PTO
46	366572.852	8003995.423	481.917	PTO
47	366652.852	8003995.423	484.565	PTO
48	366732.852	8003995.423	487.910	PTO
49	366812.852	8003995.423	490.011	PTO
50	366892.852	8003995.423	490.947	PTO
51	366972.852	8003995.423	493.390	PTO
52	367052.852	8003995.423	495.818	PTO
53	367132.852	8003995.423	498.247	PTO
54	368012.852	8003995.423	500.000	PTO
55	368092.852	8003995.423	501.629	PTO
56	368172.852	8003995.423	502.536	PTO
57	368252.852	8003995.423	502.898	PTO
58	366338.933	8004062.065	480.257	PTO
59	366492.852	8004075.423	483.278	PTO
60	366572.852	8004075.423	486.166	PTO
61	366652.852	8004075.423	488.601	ESTACION
62	366732.852	8004075.423	490.010	PTO
63	366812.852	8004075.423	490.097	PTO
64	366892.852	8004075.423	491.411	PTO
65	366972.852	8004075.423	495.545	PTO
66	367052.852	8004075.423	497.781	PTO
67	367132.852	8004075.423	499.836	PTO
68	367212.852	8004075.423	499.853	PTO
69	367532.852	8004075.423	500.671	PTO
70	367612.852	8004075.423	501.000	PTO
71	367692.852	8004075.423	500.873	PTO
72	367772.852	8004075.423	500.356	PTO
73	367852.852	8004075.423	502.827	PTO
74	367932.852	8004075.423	503.787	PTO
75	368012.852	8004075.423	503.304	PTO
76	368092.852	8004075.423	503.662	PTO
77	368172.852	8004075.423	504.982	PTO
78	368252.852	8004075.423	505.283	PTO
79	366652.852	8004155.423	490.132	PTO
80	366732.852	8004155.423	490.170	PTO
81	366812.852	8004155.423	490.068	PTO
82	366892.852	8004155.423	490.833	PTO
83	366972.852	8004155.423	497.780	PTO
84	367052.852	8004155.423	499.917	ESTACION
85	367132.852	8004155.423	499.716	PTO
86	367212.852	8004155.423	499.796	ESTACION

87	367372.852	8004155.423	500.049	PTO
88	367452.852	8004155.423	501.622	PTO
89	367532.852	8004155.423	503.365	PTO
90	367612.852	8004155.423	503.833	PTO
91	367692.852	8004155.423	504.509	ESTACION
92	367772.852	8004155.423	504.175	PTO
93	367852.852	8004155.423	505.363	PTO
94	367932.852	8004155.423	507.629	PTO
95	368012.852	8004155.423	507.513	PTO
96	368092.852	8004155.423	506.441	ESTACION
97	368172.852	8004155.423	507.293	PTO
98	368252.852	8004155.423	507.672	PTO
99	366892.852	8004235.423	494.537	PTO
100	366972.852	8004235.423	499.154	PTO
101	367052.852	8004235.423	499.825	PTO
102	367132.852	8004235.423	499.605	PTO
103	367212.852	8004235.423	499.893	PTO
104	367292.852	8004235.423	499.999	PTO
105	367372.852	8004235.423	502.418	PTO
106	367452.852	8004235.423	504.301	PTO
107	367532.852	8004235.423	505.560	PTO
108	367612.852	8004235.423	506.711	PTO
109	367692.852	8004235.423	507.761	PTO
110	367772.852	8004235.423	508.129	PTO
111	367852.852	8004235.423	508.820	PTO
112	367932.852	8004235.423	509.915	PTO
113	368012.852	8004235.423	510.044	PTO
114	368092.852	8004235.423	509.775	PTO
115	368172.852	8004235.423	509.698	PTO
116	368252.852	8004235.423	510.029	PTO
117	366972.852	8004315.423	499.958	PTO
118	367052.852	8004315.423	499.626	PTO
119	367132.852	8004315.423	499.852	PTO
120	367212.852	8004315.423	500.838	PTO
121	367292.852	8004315.423	502.745	PTO
122	367372.852	8004315.423	505.036	PTO
123	367452.852	8004315.423	506.913	PTO
124	367532.852	8004315.423	507.972	PTO
125	367612.852	8004315.423	509.499	PTO
126	367692.852	8004315.423	510.030	PTO
127	367772.852	8004315.423	510.062	PTO
128	367852.852	8004315.423	509.807	PTO
129	367932.852	8004315.423	509.903	PTO
130	368012.852	8004315.423	510.247	PTO
131	368092.852	8004315.423	510.733	PTO

132	368172.852	8004315.423	511.570	PTO
133	368252.852	8004315.423	512.584	PTO
134	368332.852	8004315.423	511.636	PTO
135	366953.581	8004424.770	499.958	PTO
136	367052.852	8004395.423	500.144	PTO
137	367132.852	8004395.423	501.192	PTO
138	367212.852	8004395.423	503.237	ESTACION
139	367292.852	8004395.423	505.081	PTO
140	367372.852	8004395.423	507.436	PTO
141	367452.852	8004395.423	509.567	PTO
142	367532.852	8004395.423	509.876	PTO
143	367612.852	8004395.423	509.933	PTO
144	367692.852	8004395.423	510.125	PTO
145	367772.852	8004395.423	510.350	PTO
146	367852.852	8004395.423	510.690	PTO
147	367932.852	8004395.423	510.266	PTO
148	368012.852	8004395.423	511.707	PTO
149	368092.852	8004395.423	513.675	PTO
150	368172.852	8004395.423	514.766	PTO
151	368252.852	8004395.423	514.940	PTO
152	367052.852	8004475.423	501.209	PTO
153	367132.852	8004475.423	503.225	PTO
154	367212.852	8004475.423	504.729	PTO
155	367292.852	8004475.423	506.696	PTO
156	367372.852	8004475.423	509.315	PTO
157	367452.852	8004475.423	510.484	PTO
158	367532.852	8004475.423	511.476	PTO
159	367612.852	8004475.423	512.075	PTO
160	367692.852	8004475.423	512.167	PTO
161	367772.852	8004475.423	512.571	ESTACION
162	367852.852	8004475.423	512.885	PTO
163	367932.852	8004475.423	516.872	PTO
164	368012.852	8004475.423	514.749	PTO
165	368092.852	8004475.423	516.402	PTO
166	368172.852	8004475.423	517.962	ESTACION
167	367132.852	8004555.423	505.077	PTO
168	367212.852	8004555.423	506.747	PTO
169	367292.852	8004555.423	508.322	PTO
170	367372.852	8004555.423	509.924	PTO
171	367452.852	8004555.423	511.502	PTO
172	367532.852	8004555.423	514.043	PTO
173	367612.852	8004555.423	514.778	PTO
174	367692.852	8004555.423	514.350	PTO
175	367772.852	8004555.423	514.792	PTO
176	367852.852	8004555.423	515.269	PTO

177	367932.852	8004555.423	518.583	PTO
178	368012.852	8004555.423	519.996	PTO
179	368092.852	8004555.423	519.984	PTO
180	368172.852	8004555.423	520.000	PTO
181	367212.852	8004635.423	508.945	PTO
182	367532.852	8004635.423	516.488	PTO
183	367612.852	8004635.423	517.482	PTO
184	367692.852	8004635.423	516.868	PTO
185	367772.852	8004635.423	517.014	PTO
186	367852.852	8004635.423	517.653	PTO
187	367932.852	8004635.423	519.927	PTO
188	368012.852	8004635.423	520.081	PTO
189	368092.852	8004635.423	519.932	PTO
190	368172.852	8004635.423	519.901	PTO
191	368252.852	8004635.423	520.726	PTO
192	368332.852	8004635.423	520.798	PTO
193	367692.852	8004715.423	519.535	PTO
194	367772.852	8004715.423	519.226	PTO
195	367852.852	8004715.423	519.984	PTO
196	367932.852	8004715.423	522.506	PTO
197	368012.852	8004715.423	523.251	PTO
198	368092.852	8004715.423	520.738	PTO
199	368172.852	8004715.423	520.870	PTO
200	368252.852	8004715.423	525.022	PTO
201	368332.852	8004715.423	524.224	PTO
202	368412.852	8004715.423	521.386	PTO
203	367852.852	8004795.423	523.201	PTO
204	367932.852	8004795.423	527.486	PTO
205	368012.852	8004795.423	527.256	PTO
206	368092.852	8004795.423	526.313	PTO
207	368172.852	8004795.423	530.002	ESTACION
208	368252.852	8004795.423	529.309	PTO
209	368332.852	8004795.423	526.926	PTO
210	368412.852	8004795.423	523.011	PTO
211	368492.852	8004795.423	519.256	PTO
212	368572.852	8004795.423	514.957	PTO
213	368652.852	8004795.423	510.661	PTO
214	367772.852	8004875.423	521.458	PTO
215	367852.852	8004875.423	525.030	PTO
216	367932.852	8004875.423	528.968	PTO
217	368012.852	8004875.423	529.966	PTO
218	368092.852	8004875.423	529.856	PTO
219	368172.852	8004875.423	530.068	PTO
220	368252.852	8004875.423	530.207	PTO
221	368332.852	8004875.423	527.749	PTO

222	368412.852	8004875.423	522.279	PTO
223	368012.852	8004955.423	529.813	PTO
224	368092.852	8004955.423	529.805	PTO
225	368172.852	8004955.423	530.121	PTO
226	368252.852	8004955.423	530.425	PTO
227	368332.852	8004955.423	529.436	PTO
228	368012.852	8005035.423	529.615	PTO
229	368092.852	8005035.423	529.826	PTO
230	368172.852	8005035.423	530.040	PTO
231	368252.852	8005035.423	530.394	PTO
232	368332.852	8005035.423	533.153	PTO
233	368172.852	8005115.423	529.963	PTO
234	368252.852	8005115.423	531.993	PTO
235	368332.852	8005115.423	537.558	PTO
236	368172.852	8005195.423	530.042	ESTACION
237	368252.852	8005195.423	533.816	PTO
238	368332.852	8005195.423	537.591	PTO
239	368172.852	8005275.423	531.534	PTO
240	368252.852	8005275.423	534.840	PTO
241	368332.852	8005275.423	538.633	PTO
242	368172.852	8005355.423	535.050	PTO
243	368230.063	8005381.015	537.342	ESTACION
244	368332.852	8005355.423	539.400	PTO
245	368494.167	8005428.741	547.289	PTO
246	368172.852	8005435.423	538.601	PTO
247	368252.852	8005435.423	539.863	PTO
248	368394.012	8005405.337	539.659	ESTACION
249	368412.852	8005435.423	539.902	V.

***ANEXO 10 Presupuesto de las
alternativas de solución 01 y 02***

METRADO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 01

Tema "EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA"

Tesistas KAROL FABIOLA COTRADO CHALLCO - GONZALO JOEL GUTIERREZ SALAS

Lugar CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA - TACNA - TACNA

Fecha ABRIL 2019

Ítem	Descripción	Nro. de veces	Medidas			Parcial	Total	Und
			Largo	Ancho	Altura			
01	MODELAMIENTO 02: Alternativa de Solución 01							
01.01	REDES DE AGUA POTABLE (881.67ml)							
01.01.01	TRABAJOS PROVISIONALES							
01.01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60X2.50 MTS	1.00				1.00	1.00	und
01.01.01.02	OFICINAS	1.00				12.00	12.00	m2
01.01.01.03	CASETA DE ALMACEN Y GUARDIANIA	1.00				48.00	48.00	m2
01.01.01.04	ALQUILER DE SS.HH. PARA PERSONAL OBRERO	3.00				3.00	3.00	mes
01.01.02	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE							
01.01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	30.00				30.00	30.00	und
01.01.02.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.04	SEÑALIZACION, CINTAS DE PRECAUCION Y DESVIO EN VIA	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.05	CAPACITACION SOBRE SALUD Y SEGURIDAD	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.06	RECURSOS DE RESPUESTA DE EMERGENCIA	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.07	AGUA DE MESA PARA CONSUMO HUMANO	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION EQUIPOS, FLETES							
01.01.03.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	1.00	1.00			1.00	1.00	glb
01.01.04	TRABAJOS PRELIMINARES							
01.01.04.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR						881.67	m2
	Red de Tubería Agua Potable							
	CALLE LAS CUCARDAS	1.00	276.31	1.00		276.31		
	AVENIDA ANTUNEZ DE MAYOLO HASTA CALLE LAS VIOLETAS	1.00	605.36	1.00		605.36		
01.01.04.02	ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						881.67	m2
	CALLE LAS CUCARDAS	1.00	276.31	1.00		276.31		

	AVENIDA ANTUNEZ DE MAYOLO HASTA CALLE LAS VIOLETAS	1.00	605.36	1.00		605.36		
01.01.05	FLETES							
01.01.05.01	FLETE AGREGADOS	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.06	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.01.06.01	EXCAVACION DE ZANJA T-NORMAL DN 12" DE 1.00 A 1.50 M PROF.						881.67	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	881.67			881.67		
01.01.06.02	REFINE Y PERFILADO DE ZANJA EN T-NORMAL DN 12" PARA TODA PROF.						881.67	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	881.67			881.67		
01.01.06.03	PREPARACION DE CAMA DE APOYO EN T-NORMAL DN 12" PARA TODA PROF.						881.67	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	881.67			881.67		
01.01.06.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA T-NORMAL DN 12" DE 1,00 A 1,50 M PROF.						881.67	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	881.67			881.67		
01.01.06.05	ELIMINACION DE DESMONTE Y MATERIAL EXCEDENTE						363.69	m3
	Cama de apoyo	1.25	881.67	0.60	0.15	99.19		
	Laterales Tubería	1.25	881.67	0.60	0.10	66.13		
	Sobre Cama	1.25	881.67	0.60	0.30	198.38		
01.01.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA (881.67ml.)							
01.01.07.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA P.V.C. UF 323 MM (12") C-7.5 ISO 4422						881.67	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	881.67			881.67		
01.01.08	VALVULAS Y ACCESORIOS							
01.01.08.01	EMPALME A RED DE AGUA POTABLE PVC - PVC, D=(12") A TUBERIA DE 12"	1.00	1.00			1.00	1.00	und
01.01.08.02	SUMINISTRO E INSTALACION VALVULA COMPUERTA HD DN 12" INCLUYE ANILLO	1.00	3.00			3.00	3.00	und
01.01.08.03	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 12" X 90°	1.00	4.00			4.00	4.00	und
01.01.08.04	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 12" X 135°	1.00	1.00			1.00	1.00	und
01.01.08.05	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 12" X 45°	1.00	1.00			1.00	1.00	und
01.01.09	CONTROL DE CALIDAD AGUA POTABLE							
01.01.09.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION TUBERIA PVC P/AGUA	1.00	1.00	881.67		881.67	881.67	m
01.01.09.02	PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO						2	und
	ENSAYO CADA 400M2	1.00	2			2		
01.01.09.03	PRUEBA DE COMPACTACION DENSIDAD DE CAMPO						20	und
	ENSAYO CADA 50M2	1.00	20			20		
01.01.10	PAVIMENTACIÓN							
01.01.10.01	SUB BASE GRANULAR E=0.15 MTS	1.00	881.67	1.00		881.67	881.67	m2
01.01.10.02	BASE GRANULAR E=0.15 MTS	1.00	881.67	1.00		881.67	881.67	m2
01.01.10.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	1.00	881.67	1.00		881.67	881.67	m2
01.01.10.04	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE 2"	1.00	881.67	1.00		881.67	881.67	m2

PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 01

Presupuesto	0103008	EVALUACION DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCION 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGION DE TACNA			
Cliente	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA			Costo al	30/04/2019
Lugar	TACNA - TACNA - POCOLLAY				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MODELAMIENTO 02: Alternativa de Solución 01				292,728.85
01.01	REDES DE AGUA POTABLE (881.67ml)				292,728.85
01.01.01	TRABAJOS PROVISIONALES				8,114.02
01.01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60X2.50 MTS	und	1.00	1,325.62	1,325.62
01.01.01.02	OFICINAS	m2	12.00	38.14	457.68
01.01.01.03	CASETA DE ALMACEN Y GUARDIANIA	m2	48.00	38.14	1,830.72
01.01.01.04	ALQUILER DE SS.HH. PARA PERSONAL OBRERO	mes	3.00	1,500.00	4,500.00
01.01.02	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE				40,083.24
01.01.02.01	ELABORACION,IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DELPLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	8,500.00	8,500.00
01.01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	30.00	318.00	9,540.00
01.01.02.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	4,359.40	4,359.40
01.01.02.04	SEÑALIZACION, CINTAS DE PRECAUCION Y DESVIO EN VIA	glb	1.00	4,083.84	4,083.84
01.01.02.05	CAPACITACION SOBRE SALUD Y SEGURIDAD	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.01.02.06	RECURSOS DE RESPUESTA DE EMERGENCIA	glb	1.00	5,600.00	5,600.00
01.01.02.07	AGUA DE MESA PARA CONSUMO HUMANO	glb	1.00	3,000.00	3,000.00
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION EQUIPOS, FLETES				4,000.00
01.01.03.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
01.01.04	TRABAJOS PRELIMINARES				19,052.88

01.01.04.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	881.67	2.35	2,071.92
01.01.04.02	ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m2	881.67	19.26	16,980.96
01.01.05	FLETES				22,500.00
01.01.05.01	FLETE AGREGADOS	glb	1.00	22,500.00	22,500.00
01.01.06	MOVIMIENTO DE TIERRAS				27,714.97
01.01.06.01	EXCAVACION DE ZANJA T-NORMAL DN 12" DE 1.00 A 1.50 M PROF.	m	881.67	7.90	6,965.19
01.01.06.02	REFINE Y PERFILADO DE ZANJA EN T-NORMAL DN 12" PARA TODA PROF.	m	881.67	3.75	3,306.26
01.01.06.03	PREPARACION DE CAMA DE APOYO EN T-NORMAL DN 12" PARA TODA PROF.	m	881.67	4.56	4,020.42
01.01.06.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA T-NORMAL DN 12" DE 1.00 A 1.50 M PROF.	m	881.67	12.63	11,135.49
01.01.06.05	ELIMINACION DE DESMONTE Y MATERIAL EXCEDENTE	m3	363.69	6.29	2,287.61
01.01.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA (881.67ml)				65,252.40
01.01.07.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA P.V.C. UF 323 MM (12") C-7.5 ISO 4422	m	881.67	74.01	65,252.40
01.01.08	VALVULAS Y ACCESORIOS				3,031.97
01.01.08.01	EMPALME A RED DE AGUA POTABLE PVC - PVC, D= (12") A TUBERIA DE 12"	und	1.00	654.69	654.69
01.01.08.02	SUMINISTRO E INSTALACION VALVULA COMPUERTA HD DN 12" INCLUYE ANILLO	und	3.00	734.44	2,203.32
01.01.08.03	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 12" X 90°	und	4.00	25.66	102.64
01.01.08.04	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 12" X 135°	und	1.00	35.66	35.66
01.01.08.05	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 12" X 45°	und	1.00	35.66	35.66
01.01.09	CONTROL DE CALIDAD AGUA POTABLE				3,747.41
01.01.09.01	PRUEBA Y DESINFECCION TUBERIA PVC P/AGUA	m	881.67	2.77	2,442.23
01.01.09.02	PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO	und	2.00	101.69	203.38

01.01.09.03	PRUEBA DE COMPACTACION DENSIDAD DE CAMPO	und	20.00	55.09	1,101.80
01.01.10	PAVIMENTACION				99,231.96
01.01.10.01	SUB BASE GRANULAR E=0.15 MTS	m2	881.67	17.92	15,799.53
01.01.10.02	BASE GRANULAR E=0.15 MTS	m2	881.67	24.57	21,662.63
01.01.10.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	881.67	11.37	10,024.59
01.01.10.04	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2"	m2	881.67	58.69	51,745.21
	COSTO DIRECTO				292,728.85
	GASTOS GENERALES (12.00%)				35,127.46
	COSTO PARCIAL				327,856.31
	GASTOS DE SUPERVISION Y LIQUIDACION (6.00%)				17,563.73
	ELABORACION DE EXPEDIENTE TECNICO				14,000.00
	TOTAL COSTO S/.				359,420.04

**SON : TRESCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS VEINTE Y 4/100
NUEVOS SOLES**

METRADO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 02

Tema "EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA"

Tesistas KAROL FABIOLA COTRADO CHALLCO
- GONZALO JOEL GUTIERREZ SALAS

Lugar CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN
LANCHIPA - TACNA - TACNA

Fecha ABRIL 2019

Ítem	Descripción	Nro. de veces	Medidas			Parcial	Total	Und
			Largo	Ancho	Altura			
01	MODELAMIENTO 03: Alternativa de Solución 02							
01.01	REDES DE AGUA POTABLE (690.06ml)							
01.01.01	TRABAJOS PROVISIONALES							
01.01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60X2.50 MTS	1.00				1.00	1.00	und
01.01.01.02	OFICINAS	1.00				12.00	12.00	m2
01.01.01.03	CASETA DE ALMACEN Y GUARDIANIA	1.00				48.00	48.00	m2
01.01.01.04	ALQUILER DE SS.HH. PARA PERSONAL OBRERO	3.00				3.00	3.00	mes
01.01.02	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE							
01.01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	30.00				30.00	30.00	und
01.01.02.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.04	SEÑALIZACION, CINTAS DE PRECAUCION Y DESVIO EN VIA	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.05	CAPACITACION SOBRE SALUD Y SEGURIDAD	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.06	RECURSOS DE RESPUESTA DE EMERGENCIA	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.02.07	AGUA DE MESA PARA CONSUMO HUMANO	1.00				1.00	1.00	glb
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION EQUIPOS, FLETES							
01.01.03.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	1.00	1.00			1.00	1.00	glb
01.01.04	TRABAJOS PRELIMINARES							
01.01.04.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR						690.06	m2
	Red de Tubería Agua Potable							
	AV. HUMBOLDT-CALLE BARTOLOMÉ DE LAS CASAS HASTA CALLE LAS VIOLETAS	1.00	690.06	1.00		690.06		
01.01.04.02	ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						690.06	m2
	AV. HUMBOLDT-CALLE BARTOLOMÉ DE LAS CASAS HASTA CALLE LAS VIOLETAS	1.00	690.06	1.00		690.06		
01.01.05	FLETES							

01.01.05.01	FLETE AGREGADOS	1.00				1.00	1.00	g/b
01.01.06	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.01.06.01	EXCAVACION DE ZANJA T-NORMAL DN 12" DE 1.00 A 1.50 M PROF.						690.06	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	690.06			690.06		
01.01.06.02	REFINE Y PERFILADO DE ZANJA EN T-NORMAL DN 12" PARA TODA PROF.						690.06	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	690.06			690.06		
01.01.06.03	PREPARACION DE CAMA DE APOYO EN T-NORMAL DN 12" PARA TODA PROF.						690.06	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	690.06			690.06		
01.01.06.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA T-NORMAL DN 12" DE 1,00 A 1,50 M PROF.						690.06	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	690.06			690.06		
01.01.06.05	ELIMINACION DE DESMONTE Y MATERIAL EXCEDENTE						284.65	m3
	Cama de apoyo	1.25	690.06	0.60	0.15	77.63		
	Laterales Tubería	1.25	690.06	0.60	0.10	51.75		
	Sobre Cama	1.25	690.06	0.60	0.30	155.26		
01.01.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA (690.06ml)							
01.01.07.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA P.V.C. UF 168 MM (6") C-7.5 ISO 4422						690.06	m
	Red de Tubería Agua Potable	1.00	690.06			690.06		
01.01.08	VALVULAS Y ACCESORIOS							
01.01.08.01	EMPALME A RED DE AGUA POTABLE PVC - PVC, D= (6") A TUBERIA DE 6"	1.00	1.00			1.00	1.00	und
01.01.08.02	SUMINISTRO E INSTALACION VALVULA COMPUERTA HD DN 12" INCLUYE ANILLO	1.00	3.00			3.00	3.00	und
01.01.08.03	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 6" X 90°	1.00	4.00			4.00	4.00	und
01.01.08.04	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 6" X 135°	1.00	1.00			1.00	1.00	und
01.01.08.05	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 6" X 45°	1.00	1.00			1.00	1.00	und
01.01.09	CONTROL DE CALIDAD AGUA POTABLE							
01.01.09.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION TUBERIA PVC P/AGUA	1.00	1.00	690.06		690.06	690.06	m
01.01.09.02	PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO						2	und
	ENSAYO CADA 400M2	1.00	2			2		
01.01.09.03	PRUEBA DE COMPACTACION DENSIDAD DE CAMPO						20	und
	ENSAYO CADA 50M2	1.00	20			20		
01.01.10	PAVIMENTACIÓN							
01.01.10.01	SUB BASE GRANULAR E=0.15 MTS	1.00	690.06	1.00		690.06	690.06	m2
01.01.10.02	BASE GRANULAR E=0.15 MTS	1.00	690.06	1.00		690.06	690.06	m2
01.01.10.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	1.00	690.06	1.00		690.06	690.06	m2
01.01.10.04	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA DE 2"	1.00	690.06	1.00		690.06	690.06	m2

PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 02

Presupuesto	0103009	EVALUACION DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCION 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGION DE TACNA			
Sub presupuesto	005	TESIS EVALUACION DE RED EXISTENTE			
Cliente	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	Costo al 01/05/2019			
Lugar	TACNA - TACNA - POCOLLAY				
Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MODELAMIENTO 03: Alternativa de Solución 02				225,721.60
01.01	REDES DE AGUA POTABLE (690.06ml)				225,721.60
01.01.01	TRABAJOS PROVISIONALES				8,114.02
01.01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60X2.50 MTS	und	1.00	1,325.62	1,325.62
01.01.01.02	OFICINAS	m2	12.00	38.14	457.68
01.01.01.03	CASETA DE ALMACEN Y GUARDIANIA	m2	48.00	38.14	1,830.72
01.01.01.04	ALQUILER DE SS.HH. PARA PERSONAL OBRERO	mes	3.00	1,500.00	4,500.00
01.01.02	SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE				40,083.24
01.01.02.01	ELABORACION,IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DELPLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	8,500.00	8,500.00
01.01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	30.00	318.00	9,540.00
01.01.02.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	4,359.40	4,359.40
01.01.02.04	SEÑALIZACION, CINTAS DE PRECAUCION Y DESVIO EN VIA	glb	1.00	4,083.84	4,083.84
01.01.02.05	CAPACITACION SOBRE SALUD Y SEGURIDAD	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.01.02.06	RECURSOS DE RESPUESTA DE EMERGENCIA	glb	1.00	5,600.00	5,600.00
01.01.02.07	AGUA DE MESA PARA CONSUMO HUMANO	glb	1.00	3,000.00	3,000.00

01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION EQUIPOS, FLETES				4,000.00
01.01.03.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	4,000.00	4,000.00
01.01.04	TRABAJOS PRELIMINARES				14,912.20
01.01.04.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	690.06	2.35	1,621.64
01.01.04.02	ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m2	690.06	19.26	13,290.56
01.01.05	FLETES				15,000.00
01.01.05.01	FLETE AGREGADOS	glb	1.00	15,000.00	15,000.00
01.01.06	MOVIMIENTO DE TIERRAS				21,691.78
01.01.06.01	EXCAVACION DE ZANJA T-NORMAL DN 6" DE 1.00 A 1.50 M PROF.	m	690.06	7.90	5,451.47
01.01.06.02	REFINE Y PERFILADO DE ZANJA EN T-NORMAL DN 6" PARA TODA PROF.	m	690.06	3.75	2,587.73
01.01.06.03	PREPARACION DE CAMA DE APOYO EN T-NORMAL DN 6" PARA TODA PROF.	m	690.06	4.56	3,146.67
01.01.06.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA T-NORMAL DN 6" DE 1.00 A 1.50 M PROF.	m	690.06	12.63	8,715.46
01.01.06.05	ELIMINACION DE DESMONTE Y MATERIAL EXCEDENTE	m3	284.65	6.29	1,790.45
01.01.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA (690.06ml)				38,056.81
01.01.07.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA P.V.C. UF 168 MM (6") C-7.5 ISO 4422	m	690.06	55.15	38,056.81
01.01.08	VALVULAS Y ACCESORIOS				2,980.65
01.01.08.01	EMPALME A RED DE AGUA POTABLE PVC - PVC, D= (6") A TUBERIA DE 6"	und	1.00	654.69	654.69
01.01.08.02	SUMINISTRO E INSTALACION VALVULA COMPUERTA HD DN 6" INCLUYE ANILLO	und	3.00	734.44	2,203.32
01.01.08.03	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 6" X 90°	und	2.00	25.66	51.32
01.01.08.04	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 6" X 135°	und	1.00	35.66	35.66

01.01.08.05	SUMINISTRO E INSTALACION CURVA UF 6" X 45°	und	1.00	35.66	35.66
01.01.09	CONTROL DE CALIDAD AGUA POTABLE				3,216.65
01.01.09.01	PRUEBA Y DESINFECCION TUBERIA PVC P/AGUA	m	690.06	2.77	1,911.47
01.01.09.02	PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO	und	2.00	101.69	203.38
01.01.09.03	PRUEBA DE COMPACTACION DENSIDAD DE CAMPO	und	20.00	55.09	1,101.80
01.01.10	PAVIMENTACION				77,666.25
01.01.10.01	SUB BASE GRANULAR E=0.15 MTS	m2	690.06	17.92	12,365.88
01.01.10.02	BASE GRANULAR E=0.15 MTS	m2	690.06	24.57	16,954.77
01.01.10.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	690.06	11.37	7,845.98
01.01.10.04	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA E=2"	m2	690.06	58.69	40,499.62
	COSTO DIRECTO				225,721.60
	GASTOS GENERALES (12.00%)				27,086.59
	COSTO PARCIAL				252,808.19
	GASTOS DE SUPERVISION Y LIQUIDACION (6.00%)				13,543.30
	ELABORACION DE EXPEDIENTE TECNICO				14,000.00
	TOTAL COSTO S/.				280,351.49

**SON : DOSCIENTOS OCHENTA MIL TRESCIENTOS CINCUENTIUNO Y 49/100
NUEVOS SOLES**

ANEXO 11 Panel Fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO



Ilustración 1: “Reservorio R-11 (vol.=1250 m3), es donde empieza el modelamiento de nuestro proyecto de investigación”
Fuente: “Propia”



Ilustración 2: “Reservorio R-13 (vol.=450 m3), se encuentra a un costado del reservorio R-11”
Fuente: “Propia”



Ilustración 3: “Empezamos a estacionar (estación N° 01) el equipo topográfico Leica TS06”

Fuente: “Propia”



Ilustración 4: “Con el apoyo del GPS Navegador nos orientamos la posición de la Estación Total, coordenadas UTM WGS 84”

Fuente: “Propia”



Ilustración 5: “Utilizamos el prisma con altura 1.60 m”
Fuente: “Propia”



Ilustración 6: “Utilizamos también los radios para tener una mejor comunicación a largas distancias”
Fuente: “Propia”

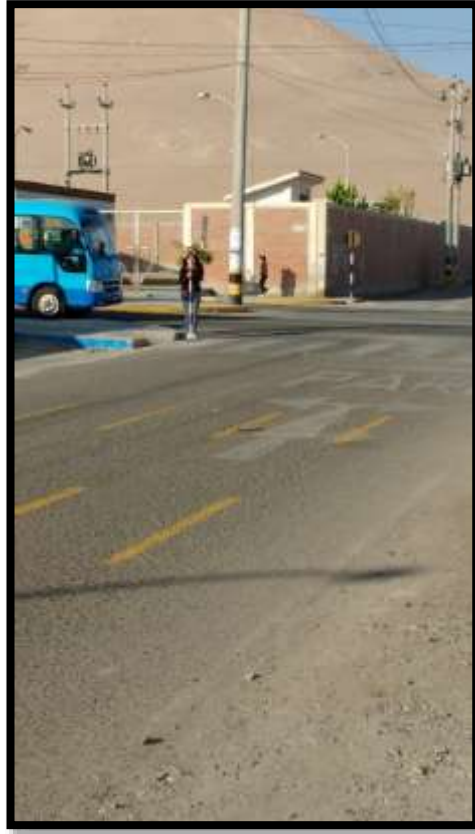


Ilustración 7: “En la imagen observamos que estamos comenzando con el levantamiento”
Fuente: “Propia”



Ilustración 8 “Estación N° 02”
Fuente: “Propia”



Ilustración 9: “Estación N° 02”
Fuente: “Propia”



Ilustración 10: “Av. Antúnez de Mayolo”
Fuente: “Propia”



Ilustración 11: “En la imagen observamos la 3ra Estación”
Fuente: “Propia”



Ilustración 12: “Levantamiento de la avenida Antúnez de Mayolo”
Fuente: “Propia”



Ilustración 13: “En la imagen siguiente observamos la Estación N°04”
Fuente: “Propia”



Ilustración 14: “En la fotografía observamos la toma de puntos topográficos desde la Estación Total”
Fuente: “Propia”

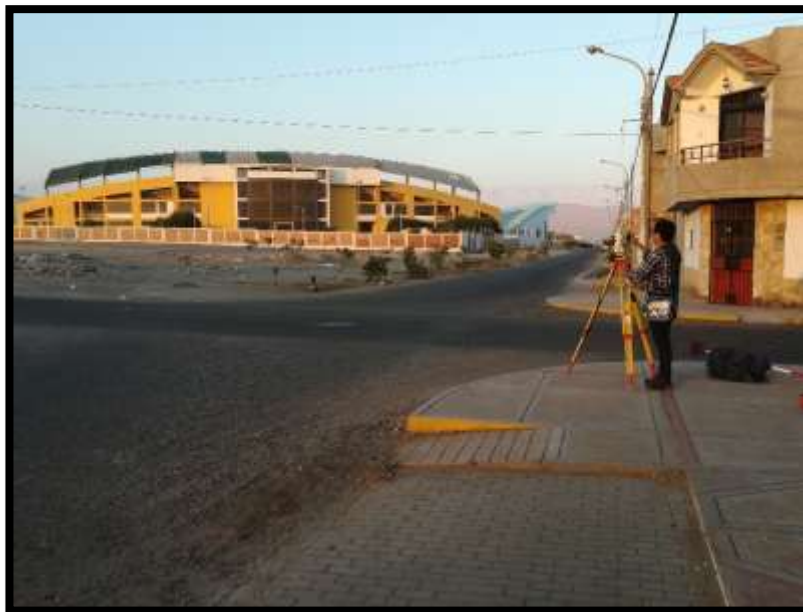


Ilustración 15: “En la imagen observamos otro sector de la zona de estudio (Avenida Perimetral – cerca por el estadio Joel Gutierrez”
Fuente: “Propia”



Ilustración 16: “Toma de puntos de la avenida Perimetral”
Fuente: “Propia”



Ilustración 17: “En la imagen toma de puntos con la Estación Total en la Avenida Perimetral 02”
Fuente: “Propia”

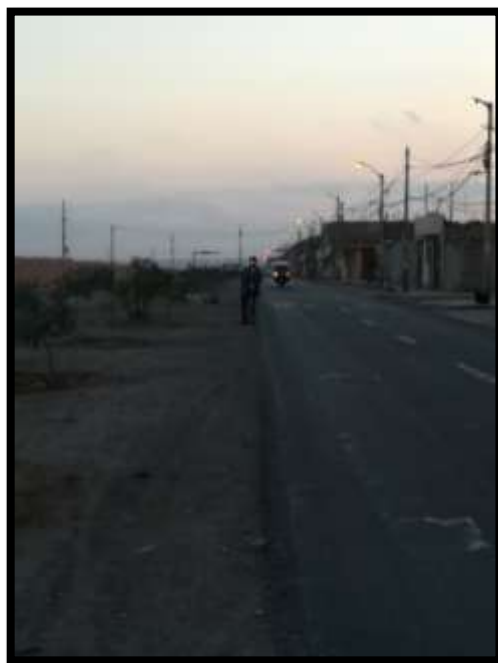


Ilustración 18: “Levantamiento de datos en la Avenida Perimetral 02”
Fuente: “Propia”

ANEXO 12 Encuestas

MODELO DE ENCUESTA

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL
SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL
GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN TACNA”**

CONSUMO DE AGUA EN EL HOGAR

POR FAVOR, CONTESTE ESTA ENCUESTA LO MÁS CERTERAMENTE
POSIBLE:

1. ¿Cuántas personas habitan en tu casa?
 - a. 2
 - b. 3
 - c. 4
 - d. Otro ()

2. ¿El servicio del agua es constante durante todo el día?
 - a. Sí
 - b. No Horas ()

3. ¿La presión del agua es buena, mala o regular?
 - a. Buena
 - b. Mala
 - c. Regular

4. ¿Usa usted algún sistema de ahorro de agua?
 - a. Sí
 - b. No

5. ¿Está conforme con el servicio que brinda la EPS TACNA?
 - a. Sí
 - b. No, ¿Por qué?

RESULTADOS DE LA ENCUESTA



TESIS DE GRADO

“EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN TACNA”

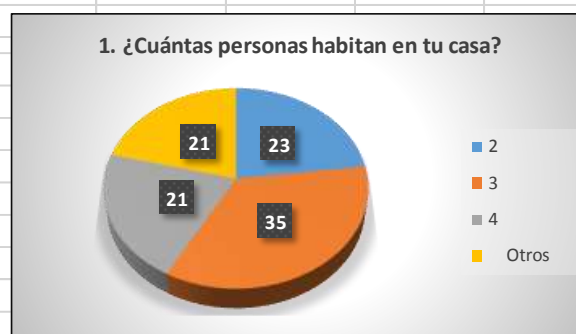
La presente encuesta fue realizada en los días 25 y 26 de agosto del año 2018 en el Subsector Operacional 24 ubicado en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna.

Se tomó una muestra de 100 viviendas, que han sido encuestadas en diferentes puntos de la zona de estudio del subsector mencionado anteriormente.

El objetivo de la encuesta es tener un diagnóstico sobre el abastecimiento de agua potable del subsector 24, para así poder obtener resultados estadísticos ajustados a la realidad de la zona, que nos servirán posteriormente para el cálculo y el modelamiento hidráulico de la red existente de agua potable.

1. ¿Cuántas personas habitan en tu casa?

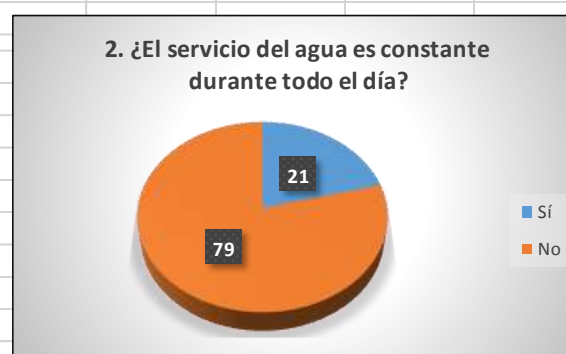
a.	2	23
b.	3	35
c.	4	21
d.	Otros ()	21
		100 viviendas
O	ninguna	2
t	1 persona	12
r	5 personas	5
o	6 personas	1
s	7 personas	1



En el Subsector Operacional 24 nos indica que en cada vivienda habitan 3 personas siendo el porcentaje mayor con un 35%, de ahí con segundo mayor porcentaje es el de 2 personas por vivienda con un 23%, de allí le continúa la alternativa "c" con un porcentaje de 21% y por último la alternativa "d" con un 21%.

2. ¿El servicio del agua es constante durante todo el día?

a.	Sí	21
b.	No Otros ()	79
		100 viviendas



Los pobladores encuestados nos manifestaron que el 21% tienen agua potable durante todo el día, mientras que un 79% aducen que no tienen agua durante todo el día y a su vez indican que el agua potable tiene un servicio de aproximadamente de 16 horas partiendo desde las 3 am. hasta las 7pm.

3. ¿La presión del agua es buena, mala o regular?

a.	Buena	24
b.	Mala	17
c.	Regular	59

100 viviendas

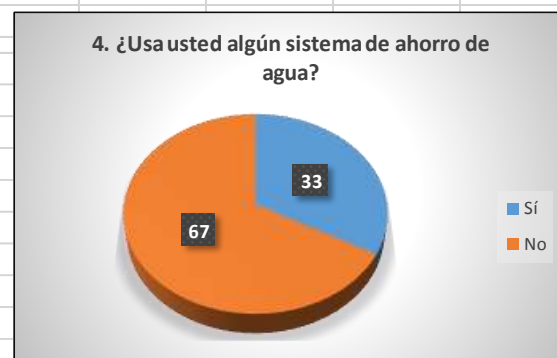


La presión del agua en la zona de estudio se observa que un 24% es buena, es mala con un 17% y regular con un 59%. Cabe destacar que la mayor demanda horaria en el subsector se dan entre las 7am. a 8 am. de los días hábiles, y por ende, la presión en esa hora es crítica en algunos sectores.

4. ¿Usa usted algún sistema de ahorro de agua?

a.	Sí	33
b.	No	67

100 viviendas

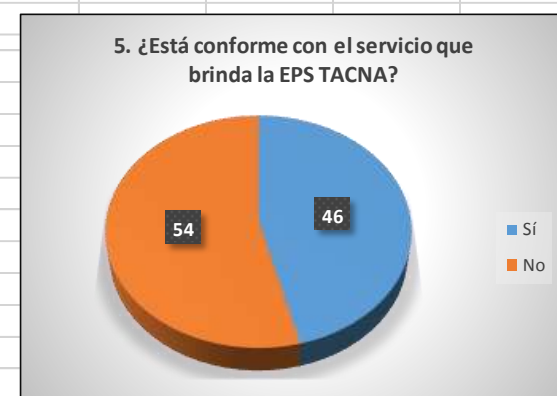


El 33% de la población del subsector afirma que en su viviendas tienen instalado sistemas de ahorro de agua, mientras que un 67% aducen que no tienen y es más desconocen si es que hay dichos sistemas.

5. ¿Está conforme con el servicio que brinda la EPS Tacna?

a.	Sí	46	
b.	No	¿Por qué?	54

100 viviendas



La población del Subsector Operacional 24 manifiesta que un 46% sí está conforme con el servicio de agua potable brindado por la EPS Tacna S.A. y un 54 % aducen que no está conforme con el servicio, por diferentes motivos como el cobro excesivo en sus tarifas, agua contaminada, presión insuficiente, entre otros.

ANEXO 13 Planos