



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna- 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA:

Bar. Lazo Nieto, Brenda Mirella

<https://orcid.org/0000-0002-0725-9934>

ASESOR:

Dr.Ing. Luis Alberto Vargas Chacaltana

<https://orcid.org/0000-0001-6094-6357>

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres, Luis Antonio Lazo Cáceres con todo mi amor quiero dedicarle mi trabajo de investigación, por su incansable amor y apoyo incondicional en cada momento de mi vida, aunque ahora no estés físicamente a mi lado, padre amado sé que estarás orgulloso de mi, un beso hasta el cielo y Brenda María Cristina Nieto Becerra mujer guerrera y luchadora incansable, de lindo carácter y singular forma de ser, sin ti madrecita amada no sería posible terminar este trabajo de investigación.

A mis queridos hijos, que son el motor de mis triunfos y sostén de mis derrotas.

A mis hermanos por su incansable amor y apoyo incondicional y constante, porque nunca dudaron que alcanzaría mis metas profesionales y proyectos de vida.

Agradecimientos

A Dios por el camino recorrido, por lo aprendido y por la vida que nos ha dado para poderla compartir y vivirla. A mi asesor Dr.Ing. Luis Alberto Vargas Chacaltana que, a través de su conocimiento, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia su paciencia, experiencia y su motivación, ello ha sido fundamental para mi formación como investigadora.

Agradecer a las personas cercanas familiares y amigos que con un aliento apoyaron a este logro.

Agradecer a la Universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de ser parte de tan prestigiosa casa de estudios y lograr el gran anhelo de titularme como ingeniero civil.

Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad

Albert Einstein

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	13
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	32
3.2. Variables, operacionalización.....	32
3.3. Población, muestra y muestreo.....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5. Procedimientos.....	35
3.6. Aspectos éticos.....	37
IV. RESULTADOS.....	37
61	
V. DISCUSIÓN.....	81
VI. CONCLUSIONES.....	83
VI. RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS.....	87
Anexo N°1.....	91
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	91
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	92
Anexo N°2.....	93
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.....	93
ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	94
Anexo N°3.....	95
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	95
Anexo N°4.....	102
CUADRO DE ANTECEDENTES.....	102
ANEXO 4. CUADRO DE ANTECEDENTES.....	103
Anexo N°5.....	104
PROCEDIMIENTOS.....	104
Anexo N°6.....	167
TURNITIN.....	167
Anexo N°7.....	169
PANEL FOTOGRÁFICO.....	169
Anexo N°7.....	177
PLANOS.....	177
Anexo N°7.....	184
DOCUMENTOS VARIOS.....	184

Indice de tablas

TABLA 1 DOTACIÓN ÁMBITO RURAL	22
TABLA 2 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
TABLA 3 DISTANCIAS A LA ZONA DE LA INVESTIGACIÓN.	40
TABLA 4 POBLACIÓN BENEFICIARIA	43
TABLA 5 RESERVORIOS	53
TABLA 6. RESULTADOS DE NODOS EN EPANET	62
TABLA 7. RESULTADOS DE TUBERÍAS EN EPANET	63
TABLA 8. RESULTADOS DE NODOS EN WATERCAD	64
TABLA 9. RESULTADOS DE TUBERÍAS EN WATERCAD	66
TABLA 10. NIVEL DE COINCIDENCIA EN RESULTADOS DE VELOCIDAD.....	67
TABLA 11. NIVEL DE COINCIDENCIA EN RESULTADOS DE CAUDAL.	69
TABLA 12. NIVEL DE COINCIDENCIA EN LOS RESULTADOS DE PRESIÓN EN NODOS.....	70
TABLA 13. NIVEL DE COINCIDENCIA DE CAUDAL EN EL RESERVORIO	71
TABLA 14 TABLA DE TUBERÍAS EN WATERGEMS OPTIMIZADO	71
TABLA 15 TABLA DE NODOS WATERGEMS OPTIMIZADO	74
TABLA 16 TABLA DE NODOS EPANET OPTIMIZADO	75
TABLA 17 TABLA DE TUBERIAS EPANET OPTIMIZADO	76
TABLA 18 RESULTADO DEL MODELAMIENTO OPTIMIZADO CON EL SOFTWARE WATERGEMS	78
TABLA 19 COINCIDENCIA DE DIÁMETROS DE MODELAMIENTOS OPTIMIZADOS	79

Índice de figuras

FIGURA 1 DIÁMETRO DE TUBERÍA	23
FIGURA 2 CÁMARA ROMPE PRESIÓN PARA RED DE DISTRIBUCIÓN	24
FIGURA 3 CARGAS EXTERNAS Y REACCIONES SOBRE LA TUBERÍA	25
FIGURA 4. REDES DE DISTRIBUCIÓN	27
FIGURA 5 REDES ABIERTAS	27
FIGURA 6 REDES CERRADAS	28
FIGURA 7 ESQUEMA DE MACRO LOCALIZACIÓN	39
FIGURA 8 ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO (RUTA TACNA – ILABAYA)	40
FIGURA 9 PELIGROS GEOMORFOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS DE MASA	41
FIGURA 10 CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS SECTORES ALTO ILABAYA E ILABAYA	42
FIGURA 11. FOTO SATELITAL DE LA CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DEL DISTRITO DE ILABAYA	43
FIGURA 12 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	44
FIGURA 13 TRAZOS DE LOS PRINCIPALES SECTORES DEL DISTRITO DE ILABAYA I	47
FIGURA 14 PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN B (ILABAYA CAPITAL)	48
FIGURA 15 MICROLOCALIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ILABAYA	49
FIGURA 16.- LÍNEAS DE CONDUCCIÓN	52
FIGURA 17.- RESERVORIO N°2 – RECTANGULAR TIPO APOYADO	53
FIGURA 18.- RED DE DISTRIBUCIÓN DEL RESERVORIO A LA PRIMERA CASA.	54
FIGURA 19.- REDES DE DISTRIBUCIÓN – MODELAMIENTO WATERCAD	55
FIGURA 20 PARÁMETROS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO DE RED EXISTENTE	57
FIGURA 21. RESULTADOS DE TUBERIAS EN PROGRAMA WATERCAD.2R	58
FIGURA 22. RESULTADOS DE NODOS EN PROGRAMA WATERCAD 2R	59
FIGURA 23 MODELO PROPUESTO RED DE DISTRIBUCIÓN	60
FIGURA 24 UBICACIÓN DE CONEXIONES NUEVAS	61
FIGURA 25 CONEXIONES EN WATERCAD V8. -MODELO PROPUESTO	61
FIGURA 26. CONFIGURACIÓN DE UNIDADES EN WATERCAD	120
FIGURA 27. CONDICIONES DE DIBUJO EN WATERCAD	121

Resumen

El presente trabajo **“Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya - Tacna-2021”** realiza una propuesta de diseño de red de distribución de agua, que pueda cumplir con la real demanda existente, con un grado de confiabilidad aceptable, que sea eficiente, y con velocidades, económicos y enmarcados en la normativa. Asimismo se tendrá en cuenta las siguientes Normas Técnicas: OS-050, que regula las redes de distribución de agua para consumo humano; la Norma Técnica OS-100, sobre consideraciones de diseño de infraestructura básica sanitaria y Norma Técnica de diseño :Opciones tecnológicas para saneamiento en el ámbito rural aprobado con RM-192-2018-VIVIENDA, donde se encuentran las restricciones a las que serán sometidos los diseños respecto a velocidades máximas y mínimas y presiones mínimas en las tuberías entre otros.

La metodología planteada es de tipo aplicada, no experimental de nivel descriptivo y explicativo, basada en una primera etapa en el análisis mediante el uso de métodos de simulación hidráulica, en el distrito de Ilabaya ,determinando un conjunto de soluciones para lo que se verificará el comportamiento hidráulico, se utilizará Softwares convencionales y no convencionales tales como WaterCAD, para analizar el funcionamiento actual de la red existente del distrito de Ilabaya para luego diseñar una nueva red de distribución de agua optimizada con algoritmos genéticos (softwares WaterCAD /WaterGEMS y EPANET), para dar solución a la red de más de 40 años de antigüedad, con el objetivo es minimizar los costos de inversión necesarios para la implantación de un determinado sistema, partiendo de la situación topológica de la red, la demanda en cada nudo de consumo y unos requerimientos de presión mínima en los nudos considerando que la constante migración hace que con el transcurso del tiempo, la demanda aumente progresivamente, llegando a tal punto que la obra concebida no logre cumplir con su finalidad pública, y tenga que ser materia de un mantenimiento o en su defecto mejorada.

Los resultados obtenidos fueron que luego de realizar el análisis hidráulico, el diagnóstico e identificación de los elementos de la red de distribución existente del

distrito de Ilabaya, se aprecia que no se cumple con la presión mínima de $P=10$ mca, para lo que planteo un nuevo trazo y el cambio total de la tuberías, en el modelamiento optimizado con el software WaterGEMS, podemos obtener resultados más didácticos y mayor información, por otro lado, con el software Epanet podemos obtener un costo relativamente menor. Esto se debe a que el software Epanet, propone un diámetro menor es decir 1" y $\frac{3}{4}$ " por otro lado el software WaterGEMS 1 $\frac{1}{4}$ " y 1" en los tramos 1 (1), 5, 7, 28 y 37, por consiguiente, resultando en un costo menor. la presión mínima 10.57 mca y la presión máxima 32.16 mca, los cuales se encuentran dentro de las recomendaciones dadas para el diseño de redes de distribución de agua.

Para el modelamiento con ambos softwares se calculó las demandas en cada conexión domiciliaria doméstica y no domestica seguido a ello se calculó la demanda en cada nodo, y después de ingresar datos y realizar el modelamiento, esto a fin de evitar errores humanos en los cálculos que realizan ambos softwares.

Palabras Claves :Análisis hidráulico,red de distribución de agua, ,diseño optimizado,algoritmos genéticos.

Abstract

The present work "Hydraulic analysis and optimized design of the water distribution network through hydraulic modeling and simulation Ilabaya -Tacna-2021" makes a proposal for the design of the water distribution network, which can meet the real existing demand, with a Acceptable degree of reliability, that is efficient, and with speeds, economic and framed in the regulations. Likewise, the following Technical Standards will be taken into account: OS-050, which regulates water distribution networks for human consumption; Technical Standard OS-100, on design considerations of basic sanitary infrastructure and Technical Design Standard: Technological options for sanitation in rural areas approved with RM-192-2018-HOUSING, where the restrictions to which the designs regarding maximum and minimum speeds and minimum pressures in the pipes among others.

The proposed methodology is of an applied, non-experimental descriptive and explanatory level, based on a first stage in the analysis through the use of hydraulic simulation methods, in the district of Ilabaya, determining a set of solutions for which the hydraulic behavior, conventional and unconventional softwares such as WaterCAD will be used to analyze the current operation of the existing network of the Ilabaya district and then design a new water distribution network optimized with genetic algorithms (Softwares WaterCAD / WaterGEMS, EPANET), to provide a solution to the network that is more than 40 years old, with the aim of minimizing the investment costs necessary for the implementation of a certain system, starting from the topological situation of the network, the demand at each consumption node and some minimum pressure requirements in the nodes considering that the constant migration causes that over time mpo, the demand increases progressively, reaching the point that the work conceived does not achieve its public purpose, and has to be subject to maintenance or, failing that, improved.

The results obtained were that after carrying out the hydraulic analysis, diagnosis and identification of the elements of the existing distribution network of the Ilabaya district, it is appreciated that the minimum pressure of $P = 10$ mca is not met, for which I propose a new line and the total change of the pipes, in the optimized modeling with the WaterGEMS software, we can obtain more didactic results and

more information, on the other hand, with the Epanet software we can obtain a relatively lower cost. This is due to the fact that the Epanet software proposes a smaller diameter, that is, 1 "and $\frac{3}{4}$ ", on the other hand, the WatrerGEMS software 1 $\frac{1}{4}$ "and 1" in sections 1 (1), 5, 7, 28 and 37, therefore , resulting in a lower cost. the minimum pressure 10.57 mwc and the maximum pressure 32.16 mwc, which are within the recommendations given for the design of water distribution networks.

For the modeling with both softwares, the demands in each domestic and non-domestic domiciliary connection were calculated, followed by the demand in each node, and after entering data and performing the modeling, this in order to avoid human errors in the calculations that perform both softwares.

Keywords: Hydraulic analysis, water distribution network, optimized design, genetic algorithms.

I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento del agua, es una carencia en varios países a nivel mundial, puesto que dentro de su análisis intervienen diversos factores, como el incremento población proporcionalmente es la demanda, cada vez más de este recurso para el consumo de las personas, tal es así, que ha sido considerado en el numeral 6.4 *“De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua”* (Organización de las Naciones Unidas, 2015), del sexto (ODS); Agua limpia y saneamiento, al 2030.

Es en este contexto, donde los sistemas de abastecimiento de agua nacen como una solución a la problemática de abastecimiento, buscando reducir las brechas que existen en diversas localidades, sin embargo, una red de abastecimiento de agua es un requerimiento complejo englobando las necesidades de servicio, optimizando costos de inversión, de operación, volúmenes, demandas de consumo y expansión de las zonas de suministro. (Nicklow et al, 2010)

En Perú durante los últimos años se han incentivado políticas públicas para reducir la cantidad de ciudadanos que carecen de este recursos hídrico en sus hogares, tal es así que a diciembre de 2020, un 90,3 % de la población tuvo acceso al agua proveniente de la red pública, quedando por coberturar la cantidad de 3,2 millones de habitantes en el territorio peruano (INEI,2020); lastimosamente en diversas regiones se puede notar problemas por insatisfacción respecto a la mala calidad de este servicio, aniegos debido a la antigüedad de las instalaciones, el mismo que ha sido de mayor notoriedad en la emergencia a causa de la COVID-19, donde el uso del agua conjuntamente con el jabón, vienen siendo los aliados para hacer frente a esta pandemia (Oxfam, 2020).

El Distrito de Ilabaya, en la Región de Tacna, no es ajena de esta problemática, si bien cuenta con una infraestructura de red de agua, tasa de crecimiento, a la antigüedad de las instalaciones, asimismo, la mala práctica y el deficiente uso del

recurso hídrico por parte de la población, deficientes diseños hidráulicos enmarcados en la normativa de agua potable lo antes mencionado demuestra claramente la necesidad de diseñar una red de agua rural optimizada en el Distrito de Ilabaya, que permita un grado de confiabilidad aceptable, que sean eficientes con velocidades y presiones enmarcados en la normativa y a su vez económicos, para posteriormente tomar las alternativas de solución, buscando brindar un servicio de agua, en calidad, cantidad y oportunidad, preservando las fuentes de agua y promoviendo el uso racional y sostenible (SUNASS, 2018).

Esta investigación es denominada como: “Análisis hidráulico y diseño optimizado de redes de distribución rural de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021”. De manera que se ha desarrollado como **problema general**: ¿Cuál es el análisis hidráulico y el diseño optimizado de red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna 2021? y los **problemas específicos son**; **Problema específico 1** ¿Cuál es el Análisis hidráulico de los elementos de la red de distribución existente obtenido mediante modelación y simulación hidráulica en Ilabaya – Tacna, 2021?; **Problema específico 2** ¿Cuál es el diseño hidráulico calibrado obtenido con el método del gradiente de la red de distribución de agua proyectada mediante modelación y simulación hidráulica - Ilabaya – Tacna, 2021?; **Problema específico 3** y Cuál será el diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica en Ilabaya -Tacna -2021?

Justificación de la Investigación:

Justificación metodológica: Al conocer el real estado situacional del diseño de la red existente, se plantea un diseño bajo el criterio de optimización en el distrito de Ilabaya, mediante el modelamiento y la simulación hidráulica en Ilabaya-Tacna 2021, con la finalidad de obtener la máxima confiabilidad resiliente y el mínimo costo, de tal forma que se pueda plantear una alternativa de mejora de la utilización del recurso hídrico en esta zona, beneficiando de forma directa a la población, asimismo se ayudará en los temas de conservación y sostenibilidad del recurso hídrico escaso y de forma consciente.

Justificación técnica : En esta investigación es la de realizar una recomendación de diseño de red de distribución de agua, que pueda cumplir con la real demanda existente, con un grado de confiabilidad aceptable, que sean eficientes con velocidades enmarcados en la normativa y a su vez económicos basada en una primera etapa en el análisis de la red existente mediante métodos computacionales de simulación hidráulica en Ilabaya ,determinando un conjunto de soluciones, puesto que la constante migración hace que, con el transcurso del tiempo, la demanda aumente progresivamente, llegando a tal punto que la obra concebida no logre cumplir con su finalidad publica, y tenga que ser materia de un mantenimiento o en su defecto mejorada.

Justificación social: El poder coberturar al 100% del distrito de Ilabaya con el recurso hídrico mediante un sistema de distribución de redes de agua optimizada, generaría un impacto positivo en la población, como se ha mencionado líneas arriba, más aún ahora que debido a la COVID-19 es un aliado valioso para mitigar la programación de esta enfermedad, la solución del problema de cobertura ineficiente es de vital importancia para brindar el bienestar y calidad del servicio a la población.

Justificación económica: El adecuado análisis y la eficiente elección de una alternativa que maximice el servicio de agua en el distrito de Ilabaya, ayudaría a reducir gastos adicionales al municipio, de igual forma permitiría que ese dinero destinado a coberturar las zonas en las cuales aún no cuentan con recurso hídrico permitiría generar mayor cantidad de obras que mitiguen el resto de problemas públicos generando valor público en su accionar.

Con respecto a las **Hipótesis** de la investigación realizada, se establece que la **Hipótesis general** consiste en que a través del modelamiento y la simulación hidráulica (softwares) se permitirá analizar la red de distribución existente y diseñar un modelo optimizado de la red de distribución proyectada Ilabaya en Ilabaya-Tacna 2021.**Hipótesis específicas:** El análisis hidráulico permitirá la Verificación y funcionamiento de la red de distribución de agua existente de más de 40 años en Ilabaya-Tacna 2021. El diseño calibrado de la red de distribución de agua proyectada mediante modelamiento y simulación hidráulica permitirá cumplir con las demandas requeridas en Ilabaya-Tacna 2021. El diseño optimizado de la red

de distribución de agua proyectado permitirá que sea de utilidad para la gestión exitosa del servicio encontrar relaciones entre diseño óptimo y parámetros de diseño en Ilabaya-Tacna 2021.

La investigación tiene como **Objetivo general** realizar el análisis hidráulico de la red existente y diseñar un modelo hidráulico optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna 2021. En consecuencia es necesario abordar los siguientes **Objetivos específicos**: **OE1**: analizar, diagnosticar e Identificar los elementos de la red de distribución de agua potable existente y su funcionamiento en la actualidad en Ilabaya-Tacna 2021. **OE 2**: Establecer la mejor alternativa de diseño calibrado que cumpla con las restricciones mediante modelación y simulación hidráulica la red de agua de proyectada en Ilabaya Tacna 2021. **OE 3**: Generar una propuesta de optimización para la red, para garantizar la mejora del servicio mediante modelación y simulación hidráulica que cumplan con el Reglamento Técnico al menor costo y de confiabilidad en Ilabaya Tacna 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto de investigación se tomó en consideración una serie de trabajos previos que servirán para posteriores discusiones los cuales son antecedentes internacionales, nacionales, en inglés y artículos:

Como antecedente internacional se tiene a Florián (2017) cuya investigación tuvo como objetivo plantear una mejor manera, para el diseño de red de distribución de agua potable de un municipio en Madrid, Cundinamarca, Colombia con la finalidad de obtener un adecuado servicio, mediante el uso de simuladores digitales, en ese sentido contó con una Metodología de trabajo aplicada mediante el uso del programa EPANET, el cual permitió generar un modelamiento digital calibrado, seguidamente se inició el proceso de optimización de las redes para superar los inconvenientes descritos en la problemática, en relación a los resultados se tiene en referencia a la red de distribución, el municipio de Madrid, presente presiones iguales o mayores a las presiones mínimas en los nudos evaluados, cumpliendo de esta forma los objetivos del proyecto, mitigando las necesidades de la ciudadanía madrileña, finalmente concluyó que el diseño de la red de distribución para el agua

potable en el municipio madrileño mejoró los índices de abastecimiento correspondiente al agua potable y la presión del servicio de agua para la ciudadanía, en tal sentido satisfaciendo las necesidades públicas sobre este servicio.

En un estudio referente al desarrollo de modelamiento hidráulica de red de distribución, Bravo (2017) tuvo como **objetivo** evaluar el estado situacional que presenta la red de distribución agua potable de la parroquia el Retiro; con la finalidad de brindar soluciones convenientes, en ese sentido en relación a la **metodología**, se tiene que se empleó un diseño de investigación correspondiente al método cualitativo y cuantitativo, en relación a los **resultados** se obtuvo un cuadro de tuberías, en la que se pudo observar los caudales y sus velocidades de flujo que recorren en una hora de mayor demanda, realizando el modelamiento con el programa EPANET, por último se **concluyó** que de la verificación en el sitio materia de análisis, la presión no cumple las normas establecidas dándonos una presión de 3.84 m.c.a y una velocidad de 0.03 m/seg. cambiado el diámetro de la tubería se verificó que la presión de agua al Sitio Guarumal 1 aumento debido al diámetro colocado dando una solución al problema.

Gamboa y Rico (2020), desarrollaron una investigación que tuvo como **objetivo** evaluar el modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable de la zona denominada Funza Cundinamarca, considerando la carencia del mismo y los beneficios trae para el acueducto, respecto a la **metodología**, fue aplicada, y consistió en el desarrollo de una propuesta de rehabilitación del sistema de abastecimiento, que pretendió mejorar el servicio al usuario, en relación al **resultado** se obtenido que este sistema cumple la carga necesaria para que el agua logre llegar hacia los reservorios, considerando los nodos dependientes de la carga debido a que están a una determinada altura estática, por último se **concluyó** que en base a las virtuosidades de WaterGems, se ha logrado comparando con otros sistemas de cálculo: destaca la distribución de la demanda, el estudio de post-cálculo respecto al análisis de los datos hidráulicos, el funcionamiento del índice de resiliencia y el coeficiente de uniformidad, los cuales se comportaron en el rango de operación aceptable para pequeños sistemas de abastecimiento..

Como antecedentes **nacionales** tenemos a De la Cruz (2020), con su tesis de titulación denominada: “Watergems frente al diseño convencional de redes de agua para la ciudad de Querecotillo” realizada en la Universidad de Piura, cuyo **objetivo** fue comparar la metodología de diseño usada en la gran mayoría de proyectos de distribución de agua potable con el procedimiento de diseño optimizado característico de WaterGEMS para el diseño de una red existente. Respecto a la **metodología** esta investigación es de tipo aplicada, en ella se recopiló la información necesaria del área piloto, de igual forma describió el proceso de elaboración y cálculo de requisitos, seguidamente mediante la utilización de programas como WaterGEMS y WaterCAD se simuló y verificó que cumpla con los requisitos considerando que hay requisitos de presión y velocidad, en relación a esto se tiene como **resultado** que se obtuvo presiones del diseño optimizado de WaterGEMS, estos son mayores. En ambas metodologías se obtienen velocidades muy pequeñas. Las presiones de la red elaborada bajo la metodología habitual para un evento de incendio y una posible rotura de tubería están por debajo del límite permitido y por último **se concluyó** que, aunque el método comúnmente utilizado es más barato que WaterGEMS, la presión logra alcanzar cerca del límite permitido y funciona mal en caso de incendio o ruptura. Incluso en caso de incendio, la presión mostrada por WaterGEMS puede superar los requisitos mínimos.

Asimismo, Vera (2018), en su tesis de titulación denominada: “Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales convencionales en el Distrito de Chupaca” realizado en la Universidad Nacional del Centro del Perú del Departamento de Huancayo, cuyo **objetivo** fue evaluar la velocidad de flujo y la presión de carga en conexiones, de la red de distribución de agua potable en el Distrito de Chupaca. Respecto a la **metodología**, esta investigación fue aplicada, la cual se desarrolló mediante el uso de tres softwares diferentes e independientes entre, estos fueron el WaterCAD, Epanet y WatDIS, en relación a los **resultados** se tiene que los 3 métodos sirven para el análisis del comportamiento hidráulico, demuestran que la red de distribución de agua potable de Chupaca presenta tuberías y nudos que no satisfacen la normativa y por ende tiene mal funcionamiento como sistema integrado, y por último **se concluyó** que la variación porcentual promedio

comparativa en resultados de cálculos es de 3.92% en relación de WaterCAD y Epanet, y de 0.53% entre WaterCAD y Watdis.

Torres (2019) en su tesis de titulación denominada: “Comportamiento hidráulico de flujos y mejoramiento en redes de distribución de agua potable, distrito San Marcos Región Ancash” desarrollado en la Universidad Cesar Vallejo en el departamento de Lima, cuyo **objetivo** fue analizar el comportamiento hidráulico de flujos para el mejoramiento de las redes de distribución de agua potable en el distrito de San Marcos provincia Huari Región Ancash, 2019, con una **metodología** de investigación aplicada, analizó dos panoramas, de los cuales busca evaluar qué sector no estaba recibiendo la adecuada distribución del agua y también se analizar los datos optimizados de la red proyectada, en relación a los **resultados** se obtuvieron velocidades, caudales y presiones, donde los parámetros cumplen con la norma OS.050 del reglamento nacional de edificaciones, por último, se **concluyó** la red no cumple con los parámetros, siendo el sector 1 el más afectado, estas velocidades existentes tienen un C.V promedio de los 3 sectores de +/- 0.947. Por ende, se modificaron los diámetros en las redes de distribución para un mejor funcionamiento hidráulico que permita a los flujos recorrer con una velocidad que cumpla con los parámetros establecidos, en este caso las velocidades de la red proyectada varían desde (0m/s – 2.06m/s), hay tuberías que se les conectó tapones en donde el flujo es estático y el caudal también, ciertas tuberías se ubican en las redes abiertas, donde los resultados de velocidad son menores a 0.6m/s que se dan en esos tramos de la tubería, ya que está finalizando su flujo ahí, justificando así la velocidad mínima de 0 m/s pero con una llegada de presión adecuada, estas velocidades de la red proyectada tiene un C.V promedio de los 3 sectores de +/- 0.95, el promedio de los C.V de la red existente es de 1.58, mientras que el promedio de los C.V de la red proyectada es de 0.797.

Huayara y Layme (2018) en su tesis de titulación denominada: “Comparación de atributos del softwar´s python con watercad – sewerCAD, en el diseño de suministro de agua potable en el centro poblado de Silva -Acoria – Huancavelica” cuyo **objetivo** consistió en comparar los atributos del softwar´s python con watercad – sewerCAD, en el diseño de suministros de agua potable en el centro poblado de Silva – Acoria – Huancavelica, con una **metodología** de investigación aplicada,

generaron los siguientes **resultados**, está en el rango según norma y **concluyó**, que el programa watercad hace el análisis de redes de agua, el programa sewercad realiza netamente un análisis hidrológico, no diseña, solo se puede hacer análisis dinámico, Watercad si diseña, solo puede hacer análisis estático.

Como **antecedentes en idioma extranjero** se tiene **Anisha, Kumar, Ashok y Suvarna (2016)** Titulada “**Analysis and Design of Water Distribution Network Using EPANET for Chirala Municipality in Prakasam District of Andhra Pradesh**” con el **objetivo** de analizar y desarrollar una red de distribución de agua potable usando el software EPANET. Respecto a la **metodología** esta fue aplicada, y se desarrolló en base a la obtención de datos de la población censada y proyectada para las consideraciones del diseño. Como **resultado** del análisis se evidenció que la red no es adecuada para cubrir las demandas en un futuro, y finalmente se tiene como **conclusión**, que es necesario la construcción de un nuevo depósito, el cual unido con la red en las zonas propuestas logre abastecer con la demanda determinada.

.**Como antecedentes artículos científicos** se tiene la investigación desarrollada por Martínez, Iglesias, Fuertes y López (2007) que tiene como título: “Análisis hidráulico de la red de desechos en bucle en condiciones de flujo máximo, análisis hidráulico de redes malladas de abastecimiento en condiciones de máxima demanda” cuya **objetivo** fue analizar el comportamiento de la red ante situaciones externas, con una **Metodología** de trabajo aplicada mediante el modelamiento de una red de abastecimiento de agua en función a sus características, en relación a los **resultados** se tiene se hizo que la demanda fuera un valor medio del caudal, empleando datos verdaderos para obtener situaciones de ficción, finalmente **concluyó** obteniendo un modelo de cargas de asignación en metodologías detalladas.

Asimismo, se tiene la investigación desarrollada por Forero (2017) que tiene como título: “Análisis hidrológico de la cuenca del río Calandaima y modelamiento hidráulico para el sistema de suministro de agua para la vereda San Antonio en Apulo Cundinamarca”, cuyo **objetivo** evaluar la cuenca del río de Calandaima, que se encuentra ubicado en Cundinamarca, cuya finalidad es analizar la viabilidad hidrológica del río Calandaima, con una **Metodología** de trabajo aplicada

empleando un software especializado para analizar los datos de la cuenta, presentándolos de manera gráfica para una fácil evaluación y presentación de resultados finales, en relación a los **resultados** se realizó un modelamiento hidráulico con el software “Pire Flow Expert”, donde se utilizó el sistema de bombeo y diámetro de tuberías, con el fin de alcanzar la altura y presión para llegar a los dos tanques de suministro elevados, para la población rural de San Antonio, finalmente **concluyó** indicando que es necesario la adquisición de un sistema de bombeo para alcanzar los caudales previstos y mitigar las pérdidas por filtración de la tubería, del sistema de suministro material de la presente investigación.

Por último, se tiene la investigación desarrollada por Pino, Quevedo, Alfaro, Avendaño y Mejía (2018) que tiene como título: “Aplicación de los algoritmos genéticos multiobjetivo SPEA & MAGMO en el diseño óptimo de la red distribución de agua potable sector Viñani, Tacna, Perú”, cuyo **objetivo** fue demostrar la efectividad de los algoritmos genéticos multiobjetivo SEA & MAGNO, para el diseño de red de distribución de agua, con una **Metodología** de trabajo aplicada mediante el proceso de optimización para buscar una red de mínimo costo y máxima confiabilidad, en relación a los **resultados** se observó un índice de resiliencia de hasta 0,42, asimismo los resultados máximos fueron de 0,95 para la confiabilidad, finalmente **concluyó** que los resultados indicaron que la red con MAGNO tiene un mejor desempeño la red optimizada con SEA.

Bases teóricas

Análisis Hidráulico

“La distribución de redes se realizan considerando un circuito cerrado en forma de mallas, su dimensionamiento se realiza en base a cálculos hidráulicos que puedan asegurar el caudal y presión en la red de distribución. En este sentido es preciso mencionar que puede ser empleado el método de Hardy Cross o alguno equivalente, asimismo para el cálculo hidráulico de tuberías, se utilizarán fórmulas racionales”. (*Manual de Edificaciones Norma Técnica Peruana OS.050, p. 2*).

Consideraciones del diseño

Período de Diseño

“Es el periodo de diseño que define como aquel tiempo mediante el cual el sistema viene a ser eficiente, dicho de otra manera 100 por 100, sea por la capacidad en la conducción, así como al gasto necesario, o finalmente por la resistencia física de instalaciones” *Arocha Simón (1977, pp. 13)*.

En ese contexto, “hablar de periodo de diseño se refiere al intervalo mediante el cual, el sistema será suficiente para satisfacer las necesidades actuales y las venideras, tales como el caudal, así como presiones suficientes, sin la necesidad de aumentos en la ejecución de obras, sin embargo, en la etapa inicial de ejecución se tiene que prever el servicio de las áreas actuales que ya se encuentran consolidadas”. Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2012).

Determinación del Período de Diseño

Se define en base a la observación de los siguientes factores, en primera instancia la vida útil de las estructuras y de los equipos, seguidamente las variaciones del poder adquisitivo que tiene la moneda, a continuación, el índice de crecimiento población de la localidad, luego viene la tasa de interés realizar la construcción, por último, el funcionamiento de las obras durante los primeros años, si esta no trabaja a su máxima capacidad, así como la facilidad de ampliación. (Burbano G., 1993)

Estudios de Población

Cálculo de la Población Futura

Los proyectos de abastecimiento de agua, son para beneficio de una población, con base a las estadísticas oficiales se determina la población actual y con esa base se proyecta en el horizonte del proyecto.

Cálculo de la Población Futura

Para determinar el índice de crecimiento (r) se puede aplicar los siguientes métodos:

- Método Aritmético o Lineal

Método Aritmético o Lineal; Para calcular (r) a través de este método se empleará la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\frac{p_f}{p_i} - 1}{t}$$

Donde:

r = Taza de Crecimiento

t = Período de Tiempo

Pi= Población Inicial

Pf= Población Final

Consumo Promedio Diario Anual

Resultado de una estimación del consumo per cápita para una población futura expresado en litros por segundo (lt/seg), el cual se determina con la siguiente relación.

$$Q_p = \frac{P_f \times \text{Dot}}{86400 \text{ seg/día}}$$

Dónde:

Qp = Consumo Promedio

Pf = Población Futura

Dot = Dotación

VARIACIÓN DIARIA

Esta se refiere a las condiciones climatológicas que tiene la población, en tal sentido se calcula en los días de una semana que se consumen en su máximo y mínimo, teniendo el calor de consumos máximos.

Consumo Máximo Diario (Qmd)

Es el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los días del año.

$$Q_{md} = k_1 * Q_p$$

Según el RNE el máximo anual de la demanda diaria es 1.3, asumiremos este valor de $K1 = 1.30$.

variación horaria

según el modo de vida, así como a las magnitudes de la ciudadanía, de igual forma al consumo de agua, que varía hora por hora, por último, a las costumbres y acciones que desarrolla la población, donde se tienen los máximos consumos al medio día y al atardecer.

Consumo Máximo Horario (Q_{mh})

Hora de máximo consumo las 24 horas del día.

$$Q_{md} = k2 * Q_p$$

Según el RNE el coeficiente varía entre 1.8 y 2.5. asumiremos $K2 = 1.8$,

El cálculo del Caudal Máximo diario.

Se define como la hora de máximo consumo las 24 horas del día.

$$Q_{md} = k2 * Q_p$$

Según el RNE el coeficiente varía entre 1.8 y 2.5.

Para nuestro Proyecto asumiremos **$K2 = 1.8$** , considerando que el periodo de diseño es sobre los 20 años. El cálculo del **Caudal Máximo diario**. El caudal máximo diario se utiliza como el principal factor para el dimensionamiento de las componentes, la misma que se ubica en los reservorios, de la captación, de la producción y la conducción a las plantas de tratamiento y/o reservorios.

La guía también recomienda considerar como valor al coeficiente de variación horaria de 1.8, el cual es utilizado para el cálculo del Caudal máximo horario.

Dotación

Según RM-192-2018-VIVIENDA: Opciones Tecnológicas de Saneamiento para el Ámbito Rural, indica:

Tabla 1 Dotación ámbito rural

DOTACION AMBITO RURAL			
CRITERIO	COSTA	SIERRA	SELVA
LETRINA SIN ARRASTRE HIDRAULICO	50-60	40-50	60-70
LETRINA CON ARRASTRE HIDRAULICO	90	80	100

Velocidad en el Conducto

Las velocidades de circulación del agua que se encuentra por el interior de la tubería se desarrollan en base a los límites que esta posee, asimismo a la economía de la velocidad de circulación rápida que es rentable, finalmente por las razones técnicas debe limitarse al uso de valores máximos y mínimos, asimismo producir fenómenos de golpes de ariete que son de gran importancia e incluso, la aparición de ruidos y de gran erosión interna.

Velocidades admisibles

Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

La velocidad mínima no debe ser menor de 0,60 m/s. En ningún caso puede ser inferior a 0,30 m/s. La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s.

La verificación de la velocidad máxima en las redes se realiza para protegerlos contra la abrasión y depende del material de los que están contruidos.

Según RM. 198/2018 VIVIENDA Norma técnica de Diseño Ámbito rural (pg. 131).la velocidad máxima admisible de 3m/s, por lo que las pendientes estarán limitadas superiormente por dicha restricción. En casos especiales se podrán justificar velocidades mayores.

El caudal considerado para la verificación de la velocidad máxima es el caudal máximo horario del horizonte de investigación (año 2041), al que se le aplican los coeficientes de modulación de la demanda, incorporando así el máximo horario que se daría el día de mayor consumo de agua.

Zonas de Presión

Presiones de servicio.

Para la red de distribución se deberá cumplir lo siguiente:

La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a. y la presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a.. (RM. 198/2018 Vivienda).

Diámetro

El diámetro de la red debe ser aquél que satisfaga las condiciones que garanticen las presiones mínimas. (RM. 198/2018 Vivienda).

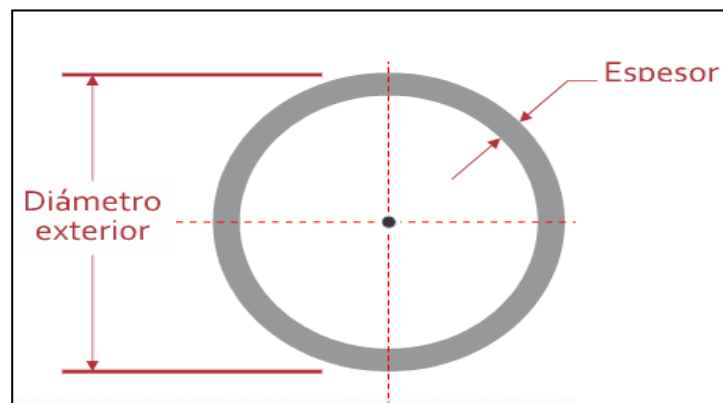


Figura 1 Diámetro de tubería

Válvula de control

- La estructura que alberga será de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Los accesorios serán de bronce y PVC.

Válvulas Rompe presión

En caso exista un fuerte desnivel entre el reservorio y algunos sectores, pueden generarse presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería. Es por ello que se sugiere la instalación de cámaras rompe presión (CRP) cada 50 m de desnivel.

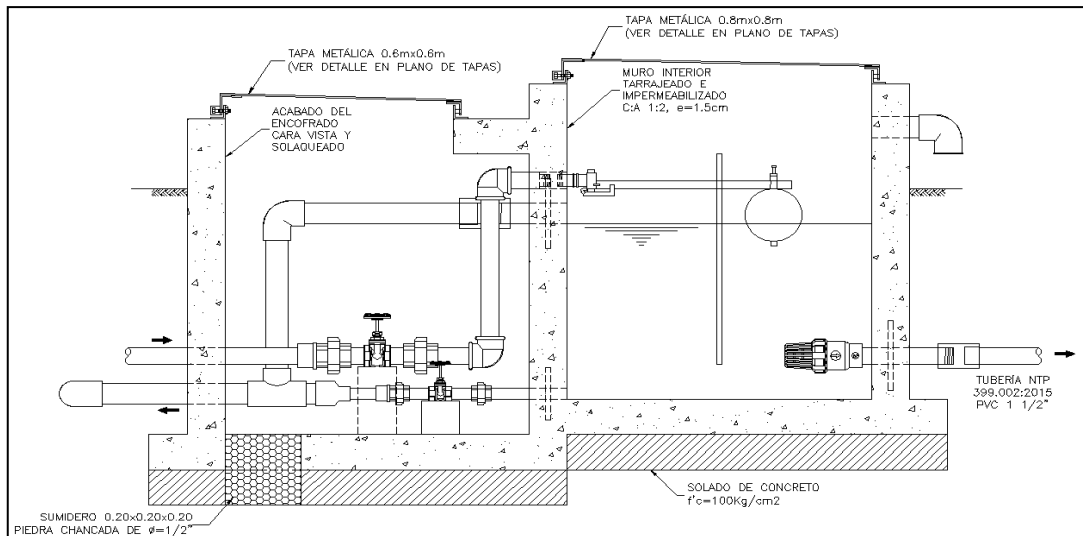


Figura 2 Cámara Rompe Presión para red de distribución

Fuente RM N°192-2018/VIVIENDA

Coefficiente de Rugosidad

El coeficiente de rugosidad es un parámetro que sirve para calcular las pérdidas de carga producidas por la circulación del agua por las redes. Este coeficiente se introduce en el programa WaterCAD con el propósito de realizar un cálculo lo más preciso posible de la red de saneamiento.

Habitualmente a las tuberías de PVC se les asocia un coeficiente de Manning de 0.010 – 0.011, se ha considerado un valor de 0.010.

Comportamiento estructural de la tubería seleccionado

Cuando un tubo se encuentra instalado bajo tierra, queda sometido a un régimen de cargas que afectan su comportamiento mecánico de acuerdo a las propiedades físicas del mismo, las dimensiones de la zanja, el tipo de suelo y el método de instalación de la tubería.

Una tubería flexible es aquella que permite deformaciones de más de 3% sin que la tubería se rompa o se fisure; a su vez, para deformaciones diametrales verticales de hasta el 20%, no se generaría mayores problemas sobre la capacidad hidráulica de la tubería, debido a que significaría una variación de un 4% en el área de flujo del tubo.

Normas ASTM y UNIBELL, recomiendan valores de deflexión máximos de 7,5% del diámetro del tubo.

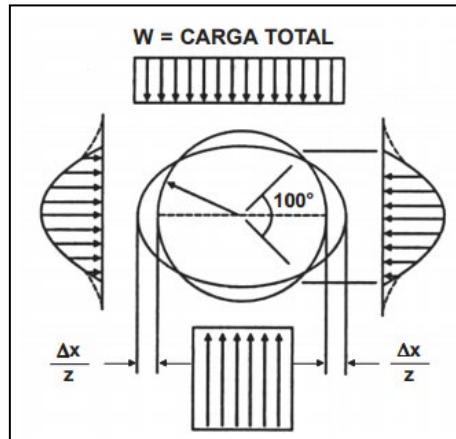


Figura 3 Cargas externas y reacciones sobre la tubería

Fuente: Catalogo Técnico de Saneamiento (Nicoll Perú S.A.)

La capacidad de deformarse o de admitir un patrón de deformaciones dada una carga o sollicitación externa, se denomina rigidez de la tubería, la cual está representada. Por otro lado, el cálculo de las deflexiones transversales (Δy) para las tuberías flexibles se basa en la teoría de Marston y Spangler que, mediante la ecuación de Iowa Modificada, puede determinarse el valor porcentual de deformación con respecto al diámetro exterior (D):

$$\frac{\% \Delta y}{D} = \frac{(K/D) (D_L W_C + W_L) 100}{0.149 P_S + 0.061 E'}$$

Donde:

- Δy = Deflexión producida, en cm
- D = Diámetro exterior del tubo, en cm
- D_L = Factor de deflexión a largo plazo = 1.5
- K = Constante de encamado = 0.10
- W_c = Carga muerta, kgf/cm
- W_L = Carga viva, kgf/cm
- E' = Módulo de reacción del suelo, kgf/cm²

PS = Rigidez de la tubería, kgf/cm²

La carga muerta y la acción sobre la tubería puede obtenerse mediante la ecuación del prisma:

$$P_c = P * H * D$$

Donde:

- P_c = Carga muerta (Kg/m)
- P = Peso específico del material de Relleno (kg/m³)
- H = profundidad sobre la clave del Tubo.
- D = Diámetro exterior del tubo (m)

La carga viva, debido a que sigue un patrón de acción distinto (varía de acuerdo al tráfico, profundidad de instalación y características del tubo), puede estimarse mediante la teoría de Boussinesq recomendada por el AWWA:

$$d. \quad W_L = C_L P_c (1 + I_r)$$

W_L = Es la carga viva producida sobre el tubo, en kg/ml.

C_L = Es el coeficiente de carga viva que se obtiene de la tabla N, en donde H es la profundidad de instalación a la clave de la tubería, medida en pies)

Verificación de Altura máxima de lámina de agua

El caudal considerado para la verificación de la velocidad máxima es del caudal máximo horario del horizonte de proyecto (año 2041).

Redes de distribución

Permite llevar el agua tratada hasta cada vivienda a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias.

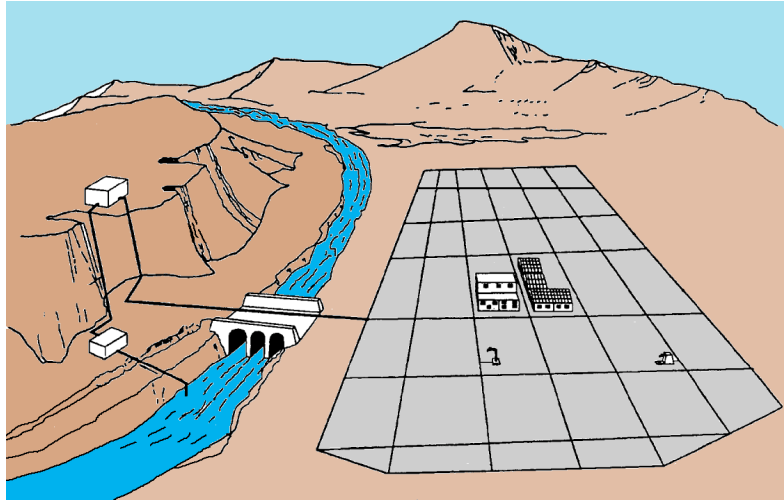


Figura 4. Redes de distribución

Redes Abiertas

Se caracterizan por no tener ningún "circuito cerrado" en el sistema. En la figura 6 se muestra un esquema de este tipo de red, el cual une cuatro tanques de almacenamiento del sistema de acueducto de una ciudad hipotética. (Saldarriaga V. Juan G, 1988).

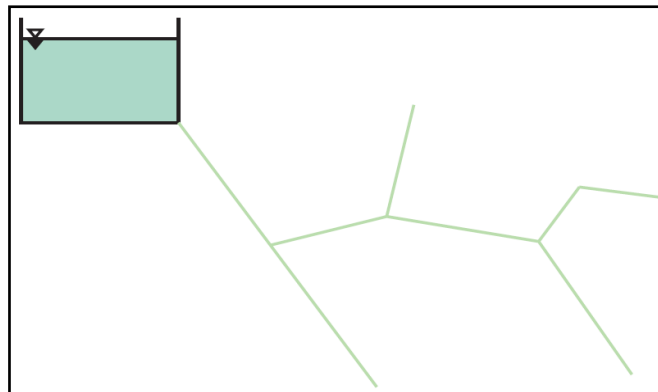


Figura 5 REDES ABIERTAS

Redes cerradas

Su característica primordial es tener algún tipo de circuito cerrado (loop, en inglés) en el sistema. El dimensionamiento de redes cerradas debe estar controlado por dos condiciones:

- El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.

- La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino es siempre la misma (RM. 198/2018/VIVIENDA).

En la figura 7 se muestra un esquema de este tipo de red

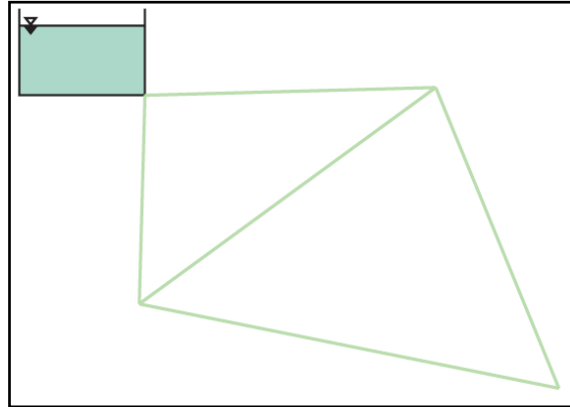


Figura 6 REDES CERRADAS

Tipo ramificado

Tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal; para sistemas de menos de 30 conexiones domiciliarias.

Tipo mallado

Tuberías interconectadas formando circuitos cerrados o mallas. Cada tubería que reúna dos nudos debe tener la posibilidad de ser seccionada y desaguada independientemente, de forma que se pueda proceder a realizar una reparación en ella sin afectar al resto de la malla. Para ello se debe disponer a la salida de los dos nudos válvulas de corte. (RM 198/2018 VIVIENDA Norma técnica de Diseño Ámbito rural Pg. 132)

Algoritmos del análisis: “método para resolver las ecuaciones de continuidad y de pérdidas por Todini y Pilati (1987), que caracterizan el estado hidráulico de una red de abastecimiento en punto dado en el tiempo” (EPA 2006).

Análisis en régimen permanente: Aquí, el análisis hidráulico muestra el valor de presión en el nodo, el flujo por las diferentes tuberías (si hay un valor negativo es porque la dirección del flujo es opuesta a la dirección dibujada), la velocidad en la

tubería y la pérdida de cada parte de la unidad a evaluar. Si hay una falla, el programa señalará el problema y el sistema no se está ejecutando, por lo que es importante organizarse al proporcionar datos al programa para que pueda analizar que tuvo éxito.

Análisis en periodo extendido: “Esto es para hacer la simulación más realista mediante la creación de una curva de modulación para que los requisitos de los nodos cambien periódicamente en diferentes intervalos de tiempo a lo largo del día.” (EPA 2006), para esto se necesita saber la duración en la red, el intervalo hidráulico y el intervalo patrón.

Calibración: La calibración consiste en establecer cuál es la rugosidad absoluta de la tubería en el estado en que está operando, sin importar cuánto tiempo lleva instalada. (Saldarriaga 2007).

Conexiones erradas: conexiones en el sistema ilegales que genera pérdidas de agua, estas pueden ser tanto técnicas como comerciales (MINISTERIO DE AMBIENTE 2009).

Metodología de calibración: “este busca encontrar los diámetros reales, la rugosidad absoluta y el coeficiente de pérdidas menores de cada tubería” (Saldarriaga 2007).

Método del gradiente: se basa en una formula matricial de conservación de la energía y la masa propuesto por Todini y Pilati, las ecuaciones de energía en la tubería individual se combinan con las ecuaciones de energía en cada nudo promoviendo las cargas y caudales en los nudos de la tubería (Araújo Gutiérrez 2011).

Modelo de simulación hidráulica: “calcula alturas en conexiones y caudales en líneas para un conjunto fijo de niveles de depósitos, niveles de tanques y demanda de agua a lo largo de una sucesión de instantes temporales” (EPA 2006).

Pérdidas de agua: agua no contabilizada, porcentaje del volumen de agua no facturada con relación al volumen entregado por las plantas.

Software de Modelamiento Hidráulico EPANET

En el momento que se plantea la tarea de tener que modelizar una red existente o trazar una nueva red para su dimensionado, la obtención de la topología de la misma puede ser una ardua tarea si se realiza desde EPANET directamente ya que valores como las cotas de los nudos de consumo, longitudes o diámetros deben introducirse de forma manual.

Con el uso de EPANET se puede resumir toda esta tarea en el simple trazo de las líneas sobre una ortofoto o imagen de referencia. El plugin permite introducir los nudos y las líneas que los unen al mismo tiempo. Las cotas de estos se pueden tomar directamente al introducir el nudo si sobre el panel de capas se ha incorporado un Modelo Digital del Terreno (DEM). Los nudos se añaden secuencialmente y van tomando un valor de identificador distinto que permitirá después su exportación como archivo de lectura de EPANET (.inp), todos ellos referenciados en el sistema de coordenadas deseado. <https://iwaponline.com/aqua/article/69/1/1/70433/EPANET-in-QGIS-framework-the-QEPANET-plugin>, <https://gitlab.com/albertodeluca/qepanet>, Interfaz de usuario SWMM-EPANET-2019^a-SWMM-EPANET_User_Interface. https://github.com/USEPA/SWMM-EPANET_User_Interface

Software de Modelamiento Hidráulico WATERCAD/WATERGEMS

WaterGEMS. Los representantes de Bentley (2019) definieron a WaterGEMS como un instrumento que sirve para para la toma de decisiones completa para la planificación, diseño y operación de sistemas de distribución de agua, asimismo ayuda a la toma de decisiones y medidas a medida que aumenta las poblaciones y demandas.

Las ventajas que tiene el programa son las siguientes:

- Analice tuberías
- Cree y administre modelos hidráulicos
- Diseñe redes de distribución de agua
- Desarrolle programas de lavado de tuberías

- Identifique la pérdida de agua
- Gestione el consumo energético

DARWIN CALIBRATOR: Calibración automática de modelos. Permite que el modelo refleje el comportamiento real.

- Nos permite calibrar nuestro modelo a partir de datos de campo
- Presiones en nodos
- Flujos en tuberías, bombas, válvulas
- Calibramos: Rugosidades, demandas, estados
 - Genera pruebas sucesivas que nos permite Rastrear las configuraciones y los resultados

DARWIN DESIGNER: Diseño optimizado de redes. Maximizar beneficios para costos mínimos.

Nos permite diseñar nuestro modelo desde el punto de vista

- Económica
- Hidráulica
- Multiobjetivo
- Nos permite realizar un diseño total
- Crea escenarios de diseño
- Permite realizar restricciones:
 - Parcial
 - Presión
 - Velocidad

Nos permite diseñar redes

- Nuevas
- Rehabilitación

SKELEBRATOR: Simplificación inteligente de Modelos Hidráulicos

Este módulo nos permite realizar una simplificación del esquema de nuestra red para mejorar la simulación (mismos resultados, pero en menos tiempo).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Para el presente estudio se utilizó el tipo de la **investigación aplicada**. Muntané J. (2010) indicó que la investigación aplicada, como también se conoce a la investigación empírica o práctica, tiene como característica ampliar los conocimientos de las variables de estudio permitiendo al investigador incrementar los conocimientos de investigaciones ya realizadas y de esta manera contribuir con la teoría y la práctica de las investigaciones.

El diseño de este estudio es **no experimental**, y se ciñe a lo establecido por Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014), quienes afirmaron que la investigación no experimental tiene características de no manipulación de las variables de estudio, además de la técnica principal de la observación de los elementos de investigación sin modificación de ninguna de las características del contexto natural en el que se presentan.

El presente estudio se considera de **nivel descriptivo y explicativo**, como sostiene Hernández M. (2000), una investigación de tipo descriptiva es cuando se especifican las características 64 y las condiciones de las variables de estudio consideradas en la investigación de acuerdo al espacio y al tiempo en un contexto real; y la investigación explicativa es la que da a conocer las causas y consecuencias del problema planteado para orientar y dirigir el proceso de investigación.

3.2. Variables, operacionalización

Las variables que constituyen el presente trabajo de investigación se presentan a continuación:

- Variable independiente: Análisis hidráulico
- Variable dependiente: Diseño optimizado

Operacionalización

Respecto a la matriz de operacionalización de variables, esta se encuentra en el anexo 2

3.3. Población, muestra y muestreo

La Población

Según Cortes y Iglesias (2004): Hablar de población o de universo de estudio, es mencionar a la totalidad de individuos que poseen particularidades similares, siendo este el objeto de estudio con el cual se iniciará la investigación (p. 68). Para el presenta trabajo de investigación la población la conforma **la red de distribución de agua de Ilabaya capital.**

La Muestra

De acuerdo con Hernández (2014) “las investigaciones deben de gozar de la transparencia en cuanto a la información, asimismo deben estar sujetas al rigor crítico y ser posibles de ser replicables, lo cual solo será factible si el investigador es claro con precisar la población y la muestra seleccionada para el estudio”.(p.204). conformada actualmente por 322 habitantes, distribuidas en 148 viviendas. Así mismo, se tomó en cuenta la tasa de crecimiento estimada de acuerdo a los censos de los años 2007 y 2017, obteniendo un valor de $r = 1.30\%$. Esta población es proyectada para un periodo de diseño de 20 años.

El Muestreo

Como lo establecen Pimienta y De la Orden (2012). “Las muestras no son representativas por el tipo de selección. Son informales o arbitrarias y se basan en supuestos generales sobre la distribución de las variables en la población” (p.265). Según Cortes y Iglesias (2004). “El investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo cual exige del investigador un conocimiento previo de la población” (p.99). En esta población el muestreo se consideró **no probabilístico.**

Tipo de Muestreo

Como lo determina el autor Hernández (2014). “Al no ser probabilística, no es posible calcular con precisión el error estándar, es decir, no podemos

calcular con qué nivel de confianza hacemos una estimación”. (p.190). El muestreo de esta investigación es de **tipo no intencional**. La constituyen **las 148 conexiones de la red de agua**.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

“El proceso de recolección de datos considera desarrollar un plan que oriente la adquisición de información relevante para cumplir los propósitos de la investigación” (Hernández et al. 2014, p.123).

Ahora bien, considerando lo antes citado, para el presente caso es el autor quien ha precisado el proceso de recolección de datos elegido, siendo este el método de **observación directa**, el cual permite mediante las visitas de campo realizado a la zona de estudio, determinar la problemática existente, obtener los datos necesarios, realizar el modelo pertinente y elegir las alternativas de solución que mejor se adecuen a esa realidad estudiada.

Instrumentos

Software de Modelamiento Hidráulico EPANET.

El presente software es una herramienta que permitirá realizar el modelamiento de la red de llabaya generando modelos de datos, integrar estos modelos con la capital. (Pimentel H., Marques S., Oliveira P. 2009).

Software de Modelamiento Hidráulico WATERCAD/WATERGEMS

Es una herramienta que nos permite realizar el modelamiento hidráulicos y la administración de información geoespacial. (Pimentel H., Marques S., Oliveira P. 2009).

Confiabilidad

Según lo establece Hernández et al. (2014) “La confiabilidad de una herramienta para medir el grado de aplicación respectiva de un instrumento al mismo individuo u objeto produce resultados iguales”. (p.126)

De lo expresado el autor, se tiene que para el presente análisis hidráulico que tienen las red de distribución de agua es una investigación aplicada así como se definirá un diseño optimo teniendo en cuenta los datos y restricciones, confiable. No es aplicable la confiabilidad para este trabajo.

Validez

Según lo mencionado por Hernández et al. (2014) “contempla el grado en que el instrumento mide el nivel de la variable seleccionada” (p.25) .

Ahora bien, será validada, por 03 Ingenieros civiles con conocimientos en recursos hídricos que validen el procedimiento y resultados. Existe en cuanto a la validez desde una muy alta hasta la más baja teniendo sentido solo en su contexto como lo indica Mejía (2005): La validez hace referencia a los resultados que arroja la prueba, mas no a la validación de la prueba, no son resultados validos o no validos específicamente, si no que posee una progresión tal como escasa o mucha validez.

3.5. Procedimientos

Recopilación de datos

Se recopilará los datos actuales del distrito de Ilabaya, tales como la topografía, planos de la red actual, así como los caudales de salida, para determinar el diseño hidráulico, Censos de la población, así como el relevamiento de información obtenida de campo, seguidamente en el trabajo de gabinete se desarrollará el ordenamiento de información, para que luego a posterior se analiza la información obtenida y se tomen las decisiones pertinentes con la finalidad de modernizar y/o rehabilitar las redes, entre otros, decisiones que saldrán del análisis.

Cálculos y modelamientos con softwares

Análisis de la red de agua existente (verificación hidráulica) y la optimización de la red de agua proyectada se determinará que diámetro de tubería cumplirá con las velocidades y presiones requeridas bajo las restricciones según reglamento OS. 50 y OS.100.

1. Modelamiento Hidráulico EPANET de la red existente.

2. Modelamiento Hidráulico WATERCAD/WATERGEMS de la red proyectada.

Método de análisis de datos

Como lo menciona Hernández et al. (2014) “El proceso de recolectar datos tiene su razón de ser en generar una estrategia que me permita diseñar procedimientos que gocen del rigor académico necesario y que genere el interés a la muestra de estudio de aportar su percepción y/o conocimiento” (p. 198).

La data que se obtenga luego del proceso de recolección, será de vital importancia, ya que a posterior esta pasará a ser desarrollada durante el trabajo de gabinete, mediante la aplicación de softwares y herramientas, analizando a posterior los resultados obtenidos, con los cuales se plantearán las conclusiones del trabajo y las recomendaciones del caso.

Modelamiento con el software Watercad de la red existente

Se procede a la instalación del programa para luego identificar los elementos y parámetros de diseño, para luego determinar el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua.

Modelamiento con el software Watercad/Software de la red proyectada

Watercad/Watergems

Los parámetros de diseño para la nueva red proyectada se seleccionarán dentro de la mejor propuesta que cumpla con las restricciones de acuerdo a las normas vigentes, para luego determinar el nuevo diseño de red que trabajara de forma adecuada de acuerdo a las necesidades del distrito de Ilabaya.

Optimización de red proyectada con software WaterGems y EPANET

Se procede a optimizar el nuevo diseño obtenido que cumpliendo con los costos y la confiabilidad requerida llevando con calidad y al menor costo la distribución de agua en el distrito de Ilabaya.

3.6. Aspectos éticos

Sobre este aspecto Koepsell y Ruiz (2015) que “la base de la ética siempre está ligada a obtener un carácter equilibrado, en relación a las virtudes humanas de debe poseer una persona” (p.20).

Ahora bien, sobre esta premisa, la presente investigación cuenta con autenticidad, toda vez que la información obtenida y los resultados a los cuales se arribó fueron obtenidos por la tesis de forma idónea y con la

rigurosidad técnica pertinente para este tipo de investigaciones, asimismo fiabilidad y credibilidad, no existe dentro de esta investigación algún dato que no tenga un adecuado sustento técnico de su selección y utilización, presenta datos plasmados con las debidas autorizaciones, y no es copia de ningún otro trabajo existente previamente.

Finalmente precisar, que el presente trabajo de investigación ha sido desarrollado respetando los principios éticos de la investigación científica, las normas profesionales, y la pertinencia técnica para que las conclusiones a las que se arribó sean lo más cercano a la realidad de la zona de estudio, y puedan impactar positivamente en la solución de un problema público permitiendo a los funcionarios pertinentes la adecuada toma de decisiones.

IV. RESULTADOS

Ubicación geográfica del Trabajo de Investigación

La zona considerada para la intervención de la presente investigación: “Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021”

Tabla 2 Localización de la zona de estudio

Distrito	Ilabaya
Provincia	Jorge Basadre
Departamento	Tacna
Región	Tacna

El Distrito de Ilabaya se encuentra ubicado en la parte Nor-Oeste de la provincia Jorge Basadre en la Región de Tacna, tiene una extensión territorial de 1,111.39 Km², ocupando parte de costa alta (yunga) y la sierra de la provincia. Su capital, el pueblo de Ilabaya está asentado a 1,425 m.s.n.m y una distancia de 135.00 Km. respecto a la capital de la región, teniendo como límites:

- Norte : Departamento de Moquegua, distrito de Camilaca y Cairani.
- Nor-Este : Distrito de Huanuara.
- Sur : Distrito de Locumba y Sama (Tacna)
- Sur-Este : Distrito de Sama.
- Este : Distrito de Curibaya (Candarave)
- Oeste : Departamento de Moquegua

UBICACION GEOGRAFICA DE LA INVESTIGACIÓN

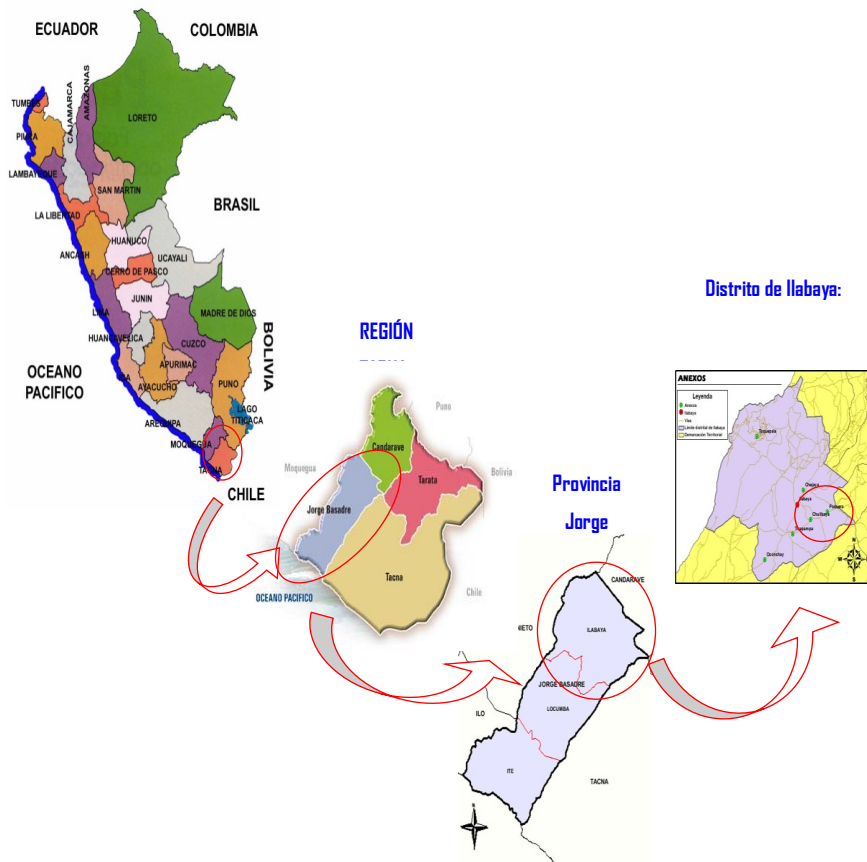


Figura 7 Esquema de macro localización

Accesibilidad

En el siguiente cuadro se expone el cuadro de distancias al ámbito del proyecto Cuadro N° 1: Distancias a la zona de la Investigación. La zona es accesible vía terrestre desde Arequipa por la carretera Panamericana Sur hasta Tacna, para lo que se inicia el camino por la Panamericana Sur hasta Camiara, luego se toma el desvío mediante una vía asfaltada a Ilabaya.

Tabla 3 Distancias a la zona de la Investigación.

DESTINO	KM.	Tipo de Vía	Tiempo de Recorrido
Tacna	Ilabaya	Asfaltada	1 h.30 min
Ilabaya	Mirave	Asfaltada	10 min
Ilabaya	Captación	Afirmada	45 min

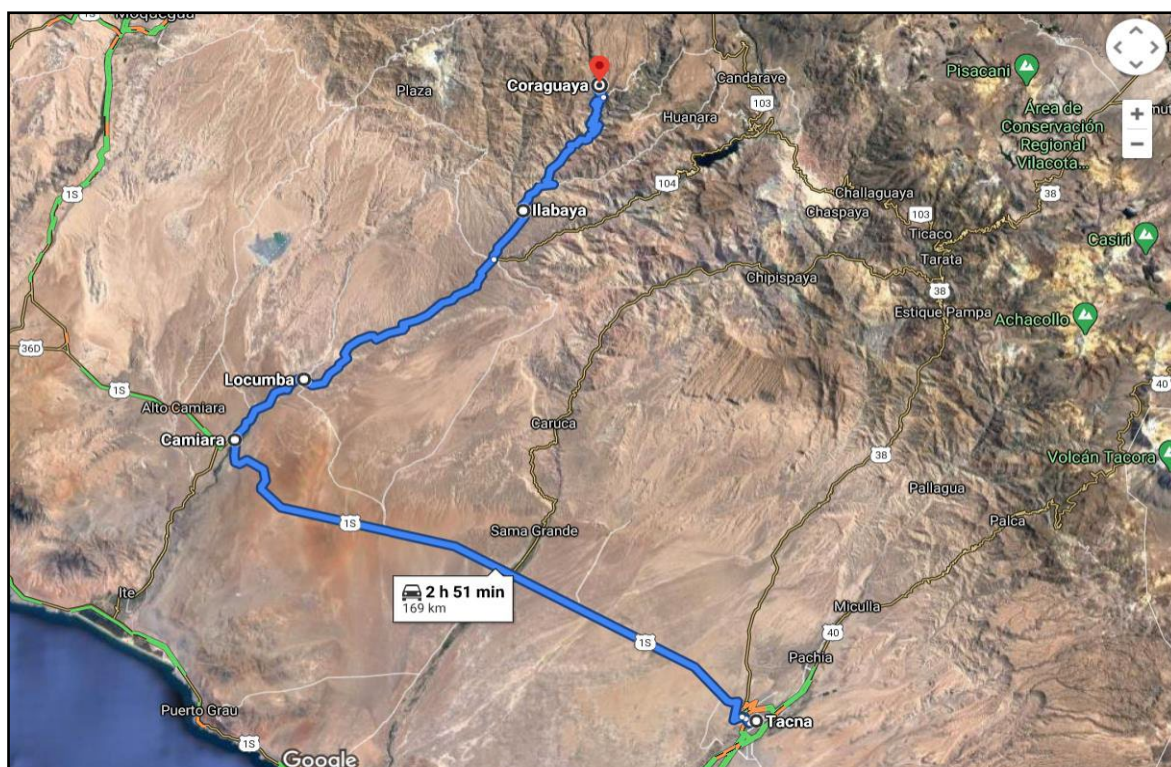


Figura 8 Accesibilidad a la zona de estudio (ruta Tacna – Ilabaya)

Fuente: Ingememet (instituto geológico, minero y metalúrgico).

Clima de Ilabaya capital

La capital de Ilabaya, es la zona con mayores bondades climatológicas, calor solar casi todo el año, con ligeras lloviznas en los meses de enero a marzo, la temperatura promedio anual está entre 19 y 20 °C. datos obtenidos de estación meteorología Locumba del SENAMHI.

Tipo de suelo

Suelo Ilabaya (Typic Torriorthents)

Se le encuentra ocupando los depósitos coluvio – aluviales que se ubican en las orillas del río Ilabaya, en el extremo Nor–Oeste del área (margen derecha e izquierda del río Ilabaya.). Los rangos de pendiente van de rangos de terrenos llanos a inclinados suavemente (1° - 5°), con un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$) en la base y zona media del acantilado, a pendiente muy fuerte (25° - 45°) en la parte alta del acantilado, para nuevamente cambiar a un terreno con suave pendiente correspondiente a la planicie aluvial.

Posee pendiente plana a ligeramente inclinada; relieve ligeramente ondulado; fuerte afectación salina; ligera pedregosidad superficial constituida por gravas y guijarros angulares, ligera erosión hídrica; y drenaje natural algo excesivo. Actualmente se presenta un estado de práctica de cultivos tradicionales (Alfalfa, Cebolla roja y maíz forrajero).

Figura 9 Peligros geomorfológicos por movimientos de masa



(vulnerabilidad de la red de distribución de agua)

En las zonas evaluadas, los derrumbes se desarrollan en su mayoría, en las laderas del valle del río Ilabaya; mientras que en Alto Ilabaya se aprecia una zona de flujos y en Ilabaya Capital se aprecian dos zonas de flujos; las avalanchas de detritos se

desarrollaron también en las laderas del valle del río Ilabaya. Las zonas afectadas por procesos de erosión de laderas en (cárcavas) se desarrollan generalmente en laderas de quebradas dispuestas transversalmente al valle del río Ilabaya.

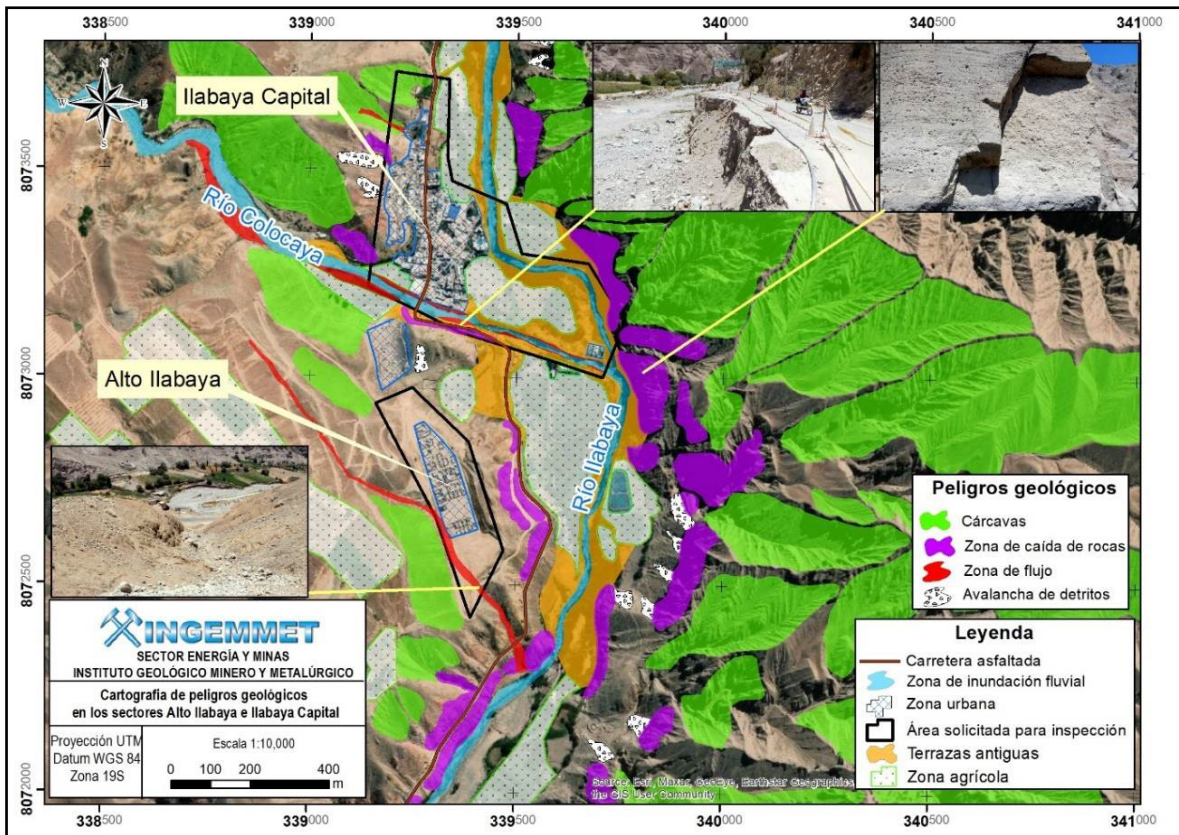


Figura 10 Cartografía de peligros geológicos en los sectores Alto Ilabaya e Ilabaya Capital

Población beneficiaria

Según los datos tomados del INEI en el último censo 2017 se tiene en Ilabaya capital, la población beneficiaria está compuesta actualmente por 301 habitantes.

Tabla 4 Población beneficiaria

DEPARTAMENTO DE TACNA									
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
230302	DISTRITO ILABAYA			5 695	3 606	2 089	3 058	2 904	154
0001	ILABAYA	Yunga marítima	1 387	301	139	162	164	158	6
0002	SANTA CRUZ	Puna	4 182	20	11	9	19	19	-
0003	TOQUEPALA	Quechua	3 074	3 560	2 542	1 018	1 913	1 850	63
0005	LUCUMANI	Yunga marítima	2 163	3	1	2	5	5	-
0006	TOCO GRANDE	Yunga marítima	2 095	47	22	25	25	24	1
0007	BOROGUEÑA	Quechua	2 798	280	137	143	167	152	15
0008	TOCO CHICO	Yunga marítima	1 901	2	1	1	2	2	-
0009	CHULULUNI	Yunga marítima	1 852	59	29	30	29	29	-
0010	CARUMBRAJA	Yunga marítima	1 867	6	5	1	5	5	-
0011	MACHAGMARCA	Yunga marítima	1 713	-	-	-	1	1	-
0012	MINAITITA	Yunga marítima	1 688	3	2	1	1	1	-
0013	CHEJAYA	Yunga marítima	1 525	49	29	20	22	22	-
0014	EL COLPAR	Yunga marítima	1 463	-	-	-	4	4	-
0015	SOLABAYA	Yunga marítima	1 430	19	11	8	10	10	-

caracterización de los componentes físicos e infraestructura del sistema de distribución de agua en Ilabaya

Captación

Debido a las condiciones fluviales del río y al acarreo de sedimentos y bolonería, esto debido a su pendiente superior a 5% que contribuyen a la descarga en régimen supercrítico, la captación proyectada es el tipo tirolesa, ubicada en las coordenadas 348098.397 y 8883337.647 y, con una cota de inicio de 2257.972, msnm, el mismo que consiste en:

La captación es de tipo caucasiana: de 10 m de ancho, que consiste en una rejilla fina de fondo de sección rectangular de 5/8 con un ángulo de inclinación de 10° realizada en el cuerpo del barraje que cierra el río, localizadas paralelamente al flujo.

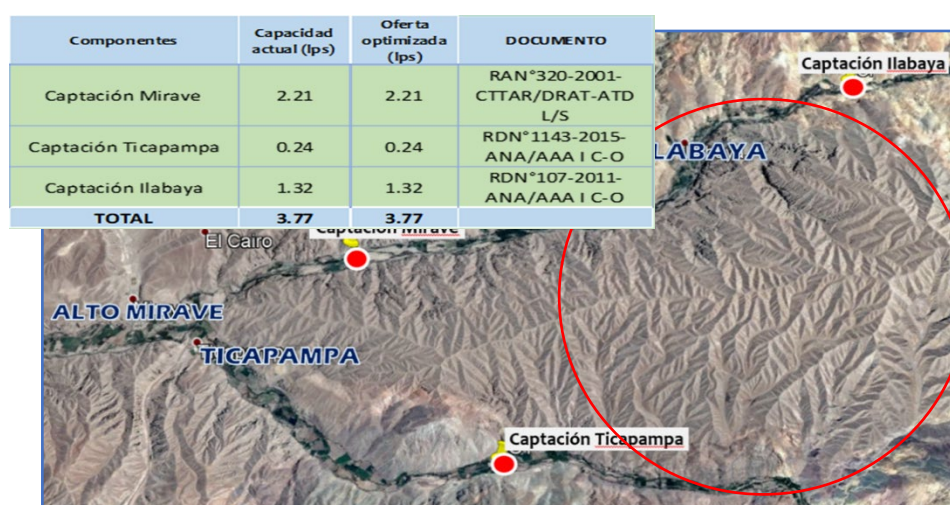


Figura 11. foto satelital de la Captación del sistema de agua del distrito de Ilabaya .Fuente Googlemaps.

Desarenador

Consta de una batería de dos unidades, ubicada en la progresiva 0+050, de concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, con una longitud total de 10 m, con transiciones de entrada y llegada de 2 m, con una compuerta de limpieza de $0.40 \times 0.40 \text{ m}$ tipo tarjeta. Además, consta de una cámara y caseta de válvulas de ingreso al desarenado compuesta por una válvula compuerta de 200 mm, con sus respectivas tuberías de rebose y limpieza.

Línea de conducción a reservorios

Instalación De 26,590.70 MI de Tubería Pead soldadura termo-fusión

Tubería PEAD PN80, con relación estándar variable en una longitud de 26.59770 Km desde la Planta de Tratamiento de Agua Potable con una cota de inicio de 2240.766 hasta la localidad de Oconchay.

A lo largo de su recorrido se han identificado estructuras como las cámaras rompe presiones, y obras complementarias como las cámaras de válvulas de purga y de aire, así como de válvulas rompe presiones, ubicadas a lo largo de cada tramo identificado con el único fin de garantizar el correcto funcionamiento y el mantenimiento de la conducción durante su vida útil.

Reservorios de Ilabaya: Reservorio de capacidad de 50 m^3 , de concreto armado de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, de sección rectangular, dimensiones $4.65 \times 4.65 \text{ m}$, la losa de cimentación de concreto armado de 0.20 de espesor, y la cubierta de 0.15 de espesor.

La caseta de válvulas es de concreto armado de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, de 1.00×1.00 , protegidas por tres válvulas compuerta que controlan el flujo de ingreso, descarga y limpieza.

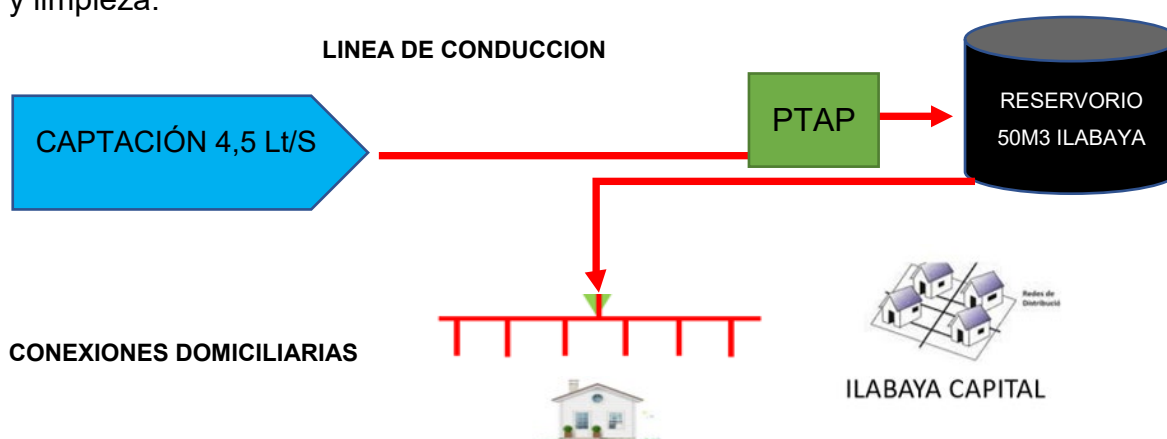


Figura 12 Sistema de distribución de agua

02 cámara rompe presiones Crp7

La cámara rompe presiones compuesto por dos cámaras de con concreto armado de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, de dimensiones $1.20 \times 1.40 \times 1.40 \text{ m}$, separadas por una pantalla de disipación de concreto armado de 210 Kg/cm^2 de $0.15 \text{ m} \times 0.70 \text{ m}$, en la cámara en donde se disipará la energía está ubicado el cono de rebose emplazado mediante tubo PVC SAP de 2" a un codo de PVC de 2".

07 válvulas de Aire 03 válvulas de purga

De concreto simple $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, de medidas 0.40×0.40 , en su interior están dispuesta las válvulas de aire doble efecto y de purga, en la losa superior una tapa de fierro de $0.40 * 0.40\text{m}$.

Cruces aéreos y subterráneos

Los cruces aéreos, estructuras simples que tienen cables tensores fijados en las rocas presentes en la zona de emplazamiento, con cable tipo boa de 5/8" alma de acero, fijada mediante ganchos de 5/8" y pernos de grado 8 de $\frac{1}{2} \times 1"$ y candados para el cable.

Línea de conducción

Instalación de tubería PEAD Pe 80

- Instalación de 14.60 ml de Tubo PEAD / PE -80 de una Relación Dimensional estándar 11 – PN 12.5 de un diámetro de 160 mm.
- Instalación de 384.61 ml de Tubo PEAD / PE -80 de una Relación Dimensional estándar 11 – PN 12.5 de un diámetro de 160 mm.
- La tubería antes mencionada deberá cumplir la NTP 4427, la unión es mediante termofusión.

Planta de tratamiento de agua potable

una planta de tratamiento que consta de los siguientes componentes que permitirá la reducción de los niveles de arsénico.

Red de Distribución Ilabaya

- I. Cámara rompe presión 2 (01 und)
- II. Válvula de control red distribución (08 und)
- III. Válvula de purga I.d. (03 und)
- IV. Válvula de aire I.d. (03 und)
- V. Cruce riachuelo (02 und)
- VI. Piletas públicas (01und)

Analizar, diagnosticar e identificar los elementos de la red de distribución de agua potable existente y su funcionamiento en la actualidad en Ilabaya-Tacna

Análisis de la red de distribución de agua existente

Redes de distribución

El trazado de la red de distribución de agua del distrito de Ilabaya Capital se ha definido en función a los siguientes criterios:

- Análisis en detalle de la topografía del ámbito, llevando el trazo a las zonas bajas a fin de minimizar profundidades de excavación, permitiendo de esta forma la circulación del flujo en condiciones óptimas de velocidad.
- Minimizar bombeos o, ante la imposibilidad de su eliminación, reducir su tamaño en lo técnicamente viable.

En la siguiente figura se muestran los trazos de los principales sectores del distrito incluidos en el modelamiento:

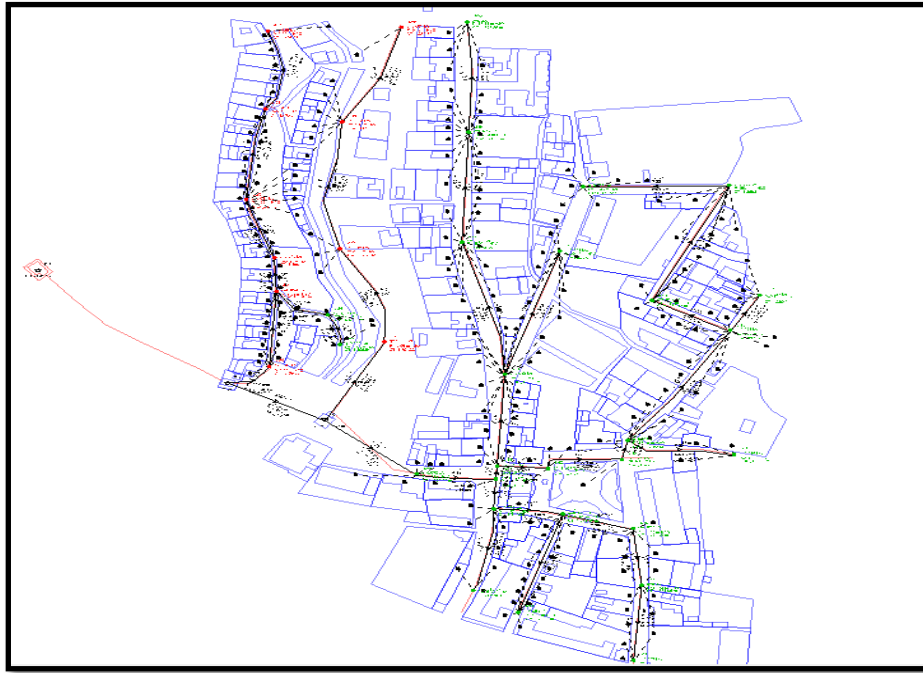


Figura 13 Trazos de los principales sectores del distrito de Ilabaya incluidos en el modelamiento

Metodología del levantamiento Topográfico

Generalidades

Como parte del informe final, se presenta en este acápite la metodología seguida para la obtención de los datos de campo que sirvieron para el cálculo de la poligonal base. Para la obtención del plano base, se utilizó topografía terrestre automatizada, del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Criterios de Topografía utilizada

El sistema topográfico de coordenadas planas tiene su origen definido, mediante coordenadas U.T.M. Sistema WGS 84. El sistema altimétrico de coordenadas es referido a la cota del nivel medio del mar. Para su obtención se ligan las cotas a puntos de nivelación entre puntos geodésicos a través de una nivelación geométrica de precisión. Apoyado tanto en la red primaria planimetría y secundaria altimétrica o de BM's, se procedió al levantamiento de la red de distribución de agua de Ilabaya capital.

Calidad de la Topografía

En terreno es necesaria la identificación de cada uno de los puntos tomados, así como las mediciones a estos puntos (número, coordenadas, cotas, códigos, etc.). Todo lo anterior queda registrado en el GPS DIFERENCIAL (en la colectora), guardando esos datos, para un postproceso en gabinete.

trabajos de campo: Puntos geodésicos de orden “b”

La primera será la red principal de orden primario, de tipo planimétrico, materializada con monolitos de concreto ubicados en lugares donde no se prevé la ejecución de futuras obras de construcción, realizadas y registradas las mediciones por medio de geo receptores geodésicos (GPS DIFERENCIAL) y procesada esa información mediante programas (software) de reducción y procesamiento. Para el Levantamiento Topográfico con Detalle se ha diferenciado 1 tipo de Punto las cuales se presentan Información Planimétrica y altimétrica.



 INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DIRECCIÓN DE GEODESIA DESCRIPCIÓN MONOGRÁFICA PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD INMUEBLE			
CÓDIGO: ILB1	LOCALIDAD: ILABAYA	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	
UBICACIÓN: CERRO CRUZ DE ILABAYA		CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA: DISCO DE BRONCE 5 cm. DIÁMETRO	
LATITUD (S) WGS-84 17°25'20.069788"	LONGITUD (O) WGS-84 70°30'48.349487"		
NORTE (Y) WGS-84 8073097.766109	ESTE (X) WGS-84 339255.211061		
ALTURA ELIPSOIDAL 1471.0583	ELEVACIÓN GEOIDAL 1433.7033	ZONA UTM 19 SUR	ORDEN B
			
LOCALIZACIÓN: Distrito: Ilabaya Provincia: Jorge Basadre Departamento: Tacna			
DESCRIPCIÓN: La Estación "ILB1" se encuentra ubicada en la cima del Cerro Cruz de Ilabaya que se accede por el Cementerio del distrito.			
MARCA DE ESTACIÓN: Es un disco de bronce de 5 cm. de diámetro, incrustado en un bloque de concreto de 20 cm. de ancho, 20 cm. de largo, 40 cm. de alto y lleva grabado la siguiente inscripción: "ILB1 - PCDPI - 2008".			
REFERENCIA: Carta Nacional Escala 1/100 000, Hoja 35-u Moquegua.			
DESCRITA POR: Olivera/Tarrillo	REVISADO: Tte. Ing. J. Romero A.	JEFE PROYECTO: My. Ing. C. Sierra F.	FECHA: Setiembre 2008

Figura 14 Punto Geodésico de orden B (Ilabaya Capital)

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Evaluación de la información entregada por la MDI

Se ha evaluado la información topográfica efectuada por la Municipalidad Distrital de Ilabaya tanto en campo como en gabinete y se ha comprobado que esta es correcta en toda su ejecución y elaboración.

Conclusiones de la evaluación topográfica existente

Como resultado de las actividades realizadas, se puede resumir que la información técnica referida a los planos topográficos que cuenta la MDI, contienen todos los controles plano-altimétricos requeridos en un plano topográficos, se cuenta con la cuadrícula de coordenadas UTM, estando estos referenciados al Sistema WGS-84. Por cuanto podemos concluir que es una información confiable y será usada como base en la presente investigación.

Pasos del análisis de la red existente

La red de distribución se proyectará en circuito abierto, esto principalmente se debe a que técnicamente no es necesario efectuar el empalme ya que se realizara el cambio de todas las tuberías de agua existente y ampliar a las zonas sin conexión del servicio. El dimensionamiento se realizará en base a los cálculos hidráulicos que aseguren el caudal y la presión adecuada en el punto más desfavorable de la red. Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, de este tipo de circuitos, se empleó el criterio de pérdidas de carga en el punto más alto y desfavorable, garantizando el mínimo requerido para redes de consumo humano en el ámbito rural.

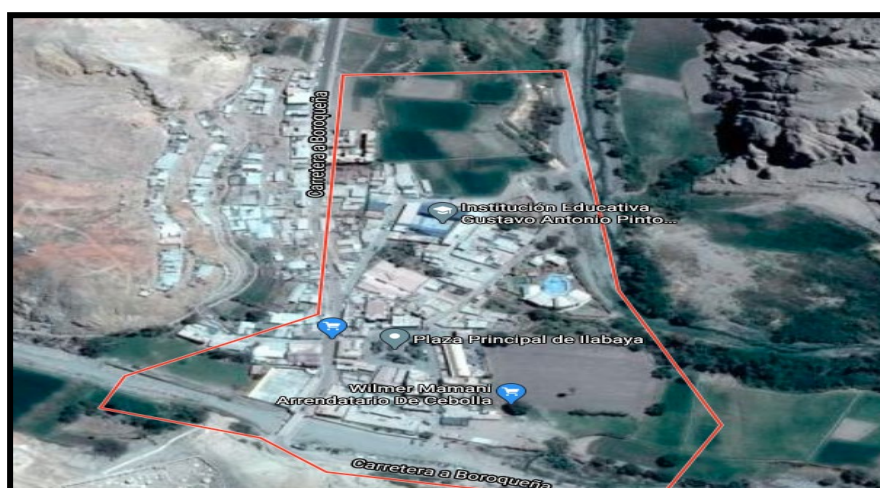


Figura 15 Microlocalización de la red de distribución de Ilabaya

Fuente Google maps

Identificación de los elementos y estado Actual de la infraestructura del sistema de distribución de agua en Ilabaya Capital.

Captaciones

Dos captaciones principales y son fuentes superficiales.

Captación 1.-

La primera captación es de una fuente superficial (rio) y fue construida de manera artesanal, Según la visita hecha a campo se constató que dicha captación no se encuentra en buen estado, observándose la proliferación de algas, musgos, moho y material putrefacto. Estos sedimentos provocan atoros en las tuberías, acumulación de materia orgánica dentro de las mismas, reducción en el diámetro de captación, disminuyendo la cantidad y calidad del agua que abastece al distrito.

Captación 2.-

La segunda captación es de fuente superficial (rio) Se observa una estructura de recolección y almacenamiento en pésimas condiciones, siendo un ambiente ideal para la proliferación de microorganismos que podrían causar daños a la población que consume esta agua, causantes de muchas enfermedades e infecciones gastrointestinales. Se encuentran tuberías de PVC a la intemperie.

Se observa la proliferación de algas, musgos, moho y material putrefacto causado por el exceso de nitrógeno en el agua, las cuales pueden tapar las entradas de agua, usar el oxígeno disuelto a medida que se van pudriendo y bloquear la luz que llega hasta las aguas profundas.

Líneas de Conducción a reservorio. -

Las principales líneas de conducción tienen una antigüedad de 40 años, estas 02 líneas se conectan y llegan hasta Ilabaya, donde se encuentra el Reservorio R2 y R1 directamente.

Línea de Conducción hacia el r1

La línea de conducción empieza desde la primera captación, aguas más abajo van paralelamente, por cierto, tramos se separarán, pero ambas convergen a al reservorio R2 y R1, tienen una longitud de 2300m aproximadamente, la tubería que interconecta es material PVC de un diámetro de 50mm. Las tuberías tienen una antigüedad de más de 40 años en el trayecto va paralelo a la carretera a Chejaya, el mayor porcentaje del trayecto es por ladera de cerro, el mismo tramo.

Las debilidades en el tramo se pueden apreciar como:

- El desgaste de tubería por el paso de tractor agrícola, porque la línea atraviesa por terrenos de cultivo.
- Colapso de tubería en el pase del río Ilabaya por erosión del cauce.
- Diferentes tramos no se llegan a observar ya que se encuentran enterrados y no se tiene información de la ruta.
- Las uniones son de manera artesanal provocando filtraciones en diferentes tramos de la tubería.
- Faltan ubicación de válvulas de aire en todo el tramo.
- Con la expansión del área urbana en el futuro puede quedar en medio de asentamientos humanos la línea de conducción.
- Rotura y/o fisura de la tubería 2 pulg., ya que antes de ingresar al reservorio va distribuyendo agua a diferentes casas.
- La existencia de más de 300 usuarios que se abastecen de la línea de conducción.
- Fisuras de la tubería por desprendimiento de rocas del cerro.

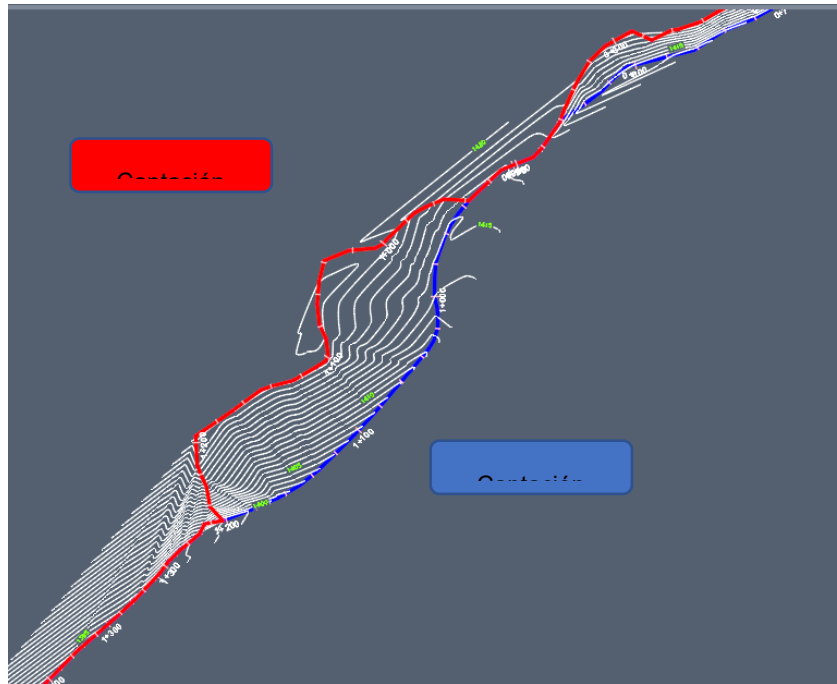


Figura 16.- Líneas de Conducción

Reservorios. -

El consumo de agua en el distrito de Ilabaya no es constante, variando durante el transcurso del día. La colocación del reservorio entre las unidades de producción / tratamiento y la red de distribución, permite tener un flujo constante en las diversas unidades del abastecimiento del agua.

Esas unidades son dimensionadas para obtener el caudal promedio del día de mayor consumo; en cuanto a la red de distribución ha sido dimensionada para obtener el caudal máximo de la hora de mayor consumo.

Se cuenta con 02 reservorios existentes en operación para abastecer el distrito de Ilabaya, pero al darse un incremento en el número de población.

La ubicación de los reservorios de distribución puede influir en las condiciones de presión de la red de distribución, principalmente, reduciendo la variación de la presión en ciertas áreas. La ubicación de reservorios aguas abajo de los conductos principales permite también una mejor distribución de la presión en la red, principalmente durante las horas de mayor consumo y en las áreas de aguas abajo de la ciudad.

Por el trabajo en campo realizado se observó que el reservorio y las primeras casas de distribución están juntas y a la misma altura, lo que condiciona a estas casas tener presiones de agua bajas y hasta negativas. Debiéndose corregir la distribución y conexión con los reservorios para aumentar estas presiones a un mínimo de $P=10\text{mca.}$, estipulado en norma.

Reservorio N°2

Volumen de Almacenamiento: 50 m³

Tipo. Rectangular tipo apoyado

N=8073321.00

E=339184.00

Tabla 5 Reservorios

Reservorio	Tipo	Volumen (m ³)	Antigüedad (Años)	Norte	Este	Estado
Reservorio R-1	Apoyado	24	10	8073296	339221	Operativo

Fuente: Elaboración propia



Figura 17.- Reservorio N°2 – Rectangular Tipo Apoyado

Línea de Distribución R2 – Población

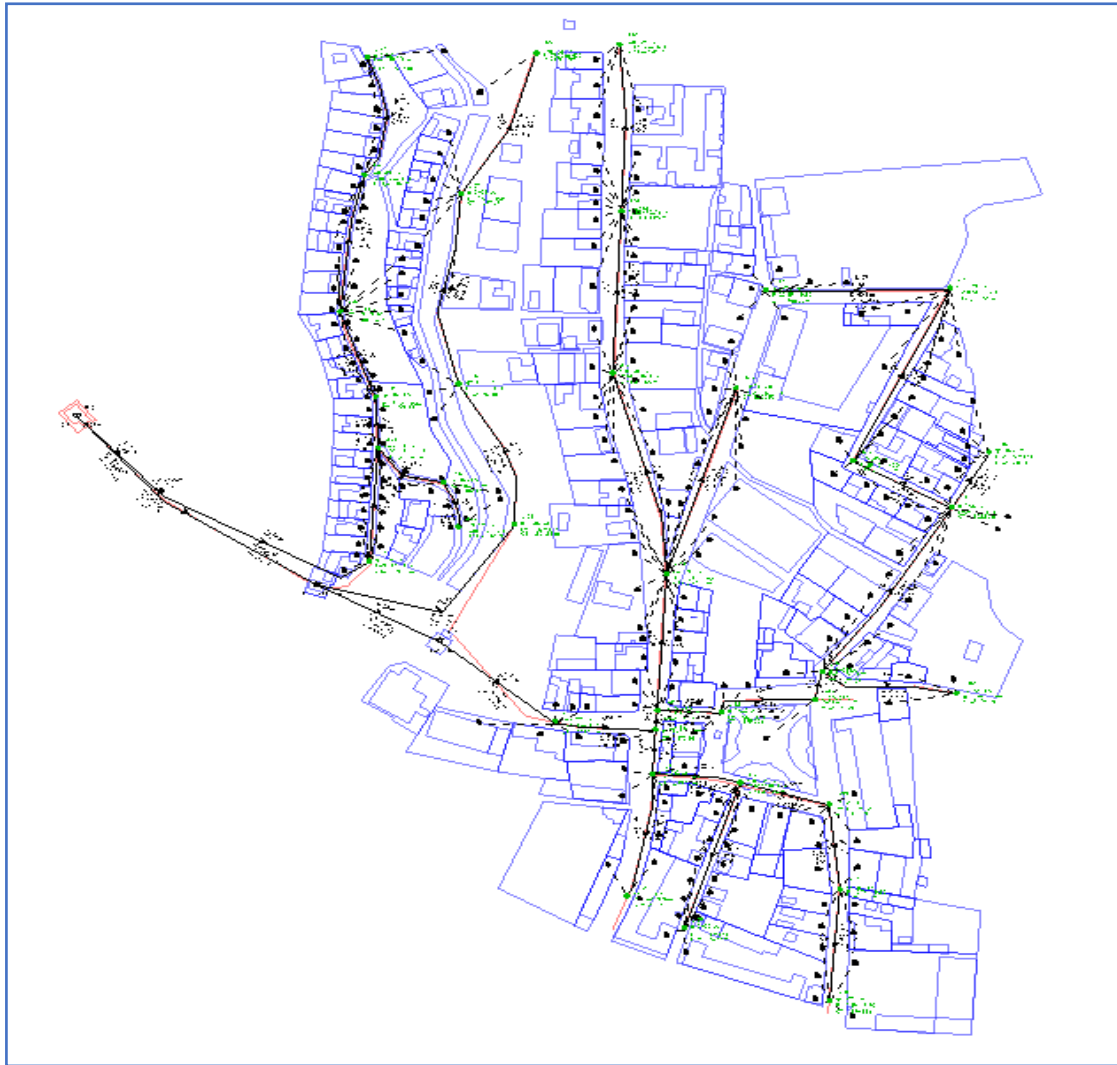
La línea de distribución es en forma abierta, de ramal principal con un diámetro de 2 pulgada de material PVC y ramales secundarios con diámetro 2 y 1 pulgada de material PVC ambos tienen una antigüedad de 40 años.

Las debilidades en el tramo se identifican:

- Las primeras conexiones que se encuentran muy cercanas al reservorio, no tienen la presión suficiente y mínima al encontrarse a la misma altura.
- Desgaste de tubería por desprendimiento de rocas del cerro.
- Rotura y/o fisura de la tubería 2 pulg., instalada por debajo de los predios por el peso de las construcciones.
- La existencia de más de 300 usuarios que se abastecen de la línea de conducción.



Figura 18.- Red de Distribución del reservorio a la Primera Casa.



**Figura 19.- Redes de Distribución – Modelamiento Watercad
conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias tienen un diámetro de ½ pulgada, de material PVC con una antigüedad de 40 años. Se encuentra actualmente en funcionamiento.

Las debilidades en el tramo se identifican:

- Desgaste de tuberías debido a la antigüedad sobrepasando la vida útil del material.
- Así mismo se puede observar el inadecuado sistema de provisión de agua potable, poco conocimiento en educación sanitaria y deficiente uso del agua potable.
- Hace falta un mantenimiento periódico a las redes.

Diagnóstico de la red existente mediante modelamiento hidráulicos

Como objetivo principal:

- Identificar y analizar la situación actual de la red de distribución de agua del cual están provistos, la población del distrito de Ilabaya, así como reconocer y analizar la situación actual de la infraestructura a intervenir en el área de influencia del trabajo de investigación.

Resultado del análisis y diagnóstico de la red existente

Realizada el análisis hidráulico, diagnóstico e identificación de los elementos de la red de distribución existente se presenta a continuación se aprecia que no se cumple con la presión mínima de $P=10$ mca, dichos inmuebles se encuentran a la misma altura de los reservorios que se abastecen por tal razón hasta se tiene resultados negativos. Teniendo en cuenta los resultados del estado actual de presiones negativas, dadas en la parte superior del distrito sector cercanos a los reservorios, se realiza un nuevo modelamiento teniendo en cuenta estas deficiencias y abasteciendo a toda la población de Ilabaya. De acuerdo a los resultados de modelamiento hidráulico, se concluye que las redes de agua operarían con capacidad hidráulica suficiente ($y/D < 75\%$) pero con una presión muy baja y hasta dando resultados negativos. Se garantiza de esta manera la capacidad de auto limpieza y conducción, pero no la de elevación en metros columna de agua.

Tubería	Elevación (m)	Caudal (l/s)	Presión (mH ₂ O)
J-20	1,409.08	0.043	2.05
J-21	1,408.43	0.059	2.68
J-22	1,408.14	0.043	2.97
J-23	1,406.34	0.081	4.77
J-24	1,405.84	0.043	5.26
J-25	1,406.05	0.022	5.05
J-26	1,402.13	0.027	8.97
J-27	1,399.54	0.022	11.56
J-29	1,392.48	0.016	-3.71
J-30	1,383.32	0.005	5.42
J-32	1,379.22	0.032	9.51
J-33	1,377.25	0.011	11.46
J-34	1,377.20	0.032	11.52
J-35	1,374.86	0.038	13.85
J-36	1,374.00	0.027	14.7
J-37	1,371.96	0.032	16.74
J-38	1,370.81	0.027	17.89
J-39	1,373.67	0.059	15.03
J-40	1,378.34	0.016	10.38
J-41	1,377.35	0.027	11.36
J-42	1,375.75	0.022	12.96
J-43	1,374.29	0.005	14.4
J-44	1,373.53	0.038	15.16
J-45	1,362.39	0.054	26.27
J-46	1,360.51	0.027	28.15
J-47	1,365.72	0.038	22.95
J-48	1,360.51	0.038	28.14
J-49	1,363.47	0.043	25.19
J-50	1,371.99	0.016	16.7
J-51	1,377.08	0.092	11.63
J-52	1,366.59	0.054	22.1
J-53	1,373.68	0.07	15.02
J-54	1,374.06	0.076	14.64
J-55	1,375.35	0.022	13.34
J-57	1,392.07	0.038	-3.31
J-58	1,391.83	0	-3.06

Figura 20 Parámetros del análisis Hidráulico de red existente

Fuente: Elaboración propia – WaterCAD V8 - Estado Actual

Establecer la mejor alternativa de diseño hidráulico que cumpla con las restricciones mediante modelación y simulación hidráulica de la red de agua proyectada en Ilabaya Tacna 2021.

Resultados obtenidos en Watercad

A continuación, se muestran de manera tabulada los resultados ofrecidos por la simulación de la red en el programa Watercad, por nodos y por tuberías.

Label	Diametro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente Hidraulico
P-1	57.0	PVC	3.21	J-1	J-2	0.027	0.010	0.000
P-2	57.0	PVC	4.97	J-3	J-4	0.624	0.240	0.001
P-3	67.8	PVC	7.00	J-5	J-6	0.469	0.130	0.000
P-4	57.0	PVC	13.09	J-8	J-7	0.176	0.070	0.000
P-5	57.0	PVC	13.91	J-9	J-10	0.002	0.000	0.000
P-6	57.0	PVC	15.99	J-11	J-12	0.022	0.010	0.000
P-7	57.0	PVC	16.89	J-5	J-13	0.289	0.110	0.000
P-8	57.0	PVC	17.37	J-14	J-15	0.002	0.000	0.000
P-9	67.8	PVC	18.24	J-16	J-17	0.273	0.080	0.000
P-10	57.0	PVC	18.33	J-6	J-18	0.384	0.150	0.001
P-11	57.0	PVC	22.34	J-19	J-20	0.007	0.000	0.000
P-12	57.0	PVC	21.65	J-17	J-21	0.184	0.070	0.000
P-13	57.0	PVC	21.85	J-22	J-7	0.220	0.090	0.000
P-14	57.0	PVC	23.38	J-23	J-14	0.114	0.040	0.000
P-15	57.0	PVC	23.63	J-16	J-22	0.240	0.090	0.000
P-16	57.0	PVC	24.02	J-11	J-24	0.029	0.010	0.000
P-17	57.0	PVC	25.50	J-13	J-25	0.285	0.110	0.000
P-18	57.0	PVC	27.54	J-26	J-27	0.004	0.000	0.000
P-19	57.0	PVC	27.39	J-21	J-8	0.153	0.060	0.000
P-20	57.0	PVC	28.19	J-29	J-28	0.046	0.020	0.000
P-21(1)	81.4	PVC	2.82	J-23	PRV-1	2.293	0.440	0.003
P-21(2)	81.4	PVC	26.23	PRV-1	J-30	2.293	0.440	0.003
P-22	57.0	PVC	30.47	J-12	J-9	0.011	0.000	0.000
P-23	57.0	PVC	30.14	J-4	J-31	0.009	0.000	0.000
P-24	57.0	PVC	31.70	J-25	J-1	0.271	0.110	0.000
P-25	57.0	PVC	31.93	J-29	J-32	0.018	0.010	0.000
P-26	67.8	PVC	32.52	J-30	J-33	0.771	0.210	0.001
P-27	57.0	PVC	34.87	J-34	J-35	0.009	0.000	0.000
P-28	57.0	PVC	37.91	J-36	J-37	0.004	0.000	0.000
P-29	57.0	PVC	38.50	J-18	J-3	0.382	0.150	0.001
P-30	57.0	PVC	34.15	J-22	J-38	0.013	0.010	0.000
P-31	57.0	PVC	35.84	J-39	J-36	0.009	0.000	0.000
P-32	57.0	PVC	37.73	J-14	J-19	0.099	0.040	0.000
P-33	57.0	PVC	39.25	J-19	J-40	0.076	0.030	0.000
P-34	57.0	PVC	43.22	J-42	J-41	-0.211	0.080	0.000
P-35	57.0	PVC	42.32	J-24	J-26	0.013	0.010	0.000
P-36	57.0	PVC	42.63	J-25	J-43	0.009	0.000	0.000
P-37	57.0	PVC	43.23	J-40	J-11	0.060	0.020	0.000
P-38	57.0	PVC	44.38	J-39	J-29	0.071	0.030	0.000
P-39	57.0	PVC	45.07	J-45	J-44	-0.450	0.180	0.001
P-40	57.0	PVC	46.07	J-1	J-3	0.242	0.090	0.000
P-42	57.0	PVC	47.70	J-24	J-47	0.002	0.000	0.000
P-43	57.0	PVC	54.28	J-48	J-39	0.082	0.030	0.000
P-44	57.0	PVC	51.21	J-32	J-49	0.011	0.000	0.000
P-45	67.8	PVC	52.29	J-30	J-50	0.522	0.140	0.000
P-46	57.0	PVC	51.62	J-41	J-34	-0.423	0.170	0.001
P-47	57.0	PVC	54.40	J-21	J-51	0.022	0.010	0.000
P-48	67.8	PVC	56.86	J-33	J-5	0.765	0.210	0.001
P-49	57.0	PVC	57.01	J-52	J-42	-0.207	0.080	0.000
P-50	57.0	PVC	58.27	J-34	J-45	-0.439	0.170	0.001
P-51	57.0	PVC	59.12	J-13	J-53	0.002	0.000	0.000
P-52	67.8	PVC	63.11	J-50	J-16	0.520	0.140	0.000
P-53	57.0	PVC	64.00	J-49	J-54	0.007	0.000	0.000
P-54	57.0	PVC	69.11	J-17	J-48	0.082	0.030	0.000
P-55	57.0	PVC	69.77	J-4	J-52	0.604	0.240	0.001
P-56	57.0	PVC	69.53	J-2	J-55	0.009	0.000	0.000
P-57	57.0	PVC	101.10	J-52	J-41	-0.208	0.080	0.000
P-58	67.8	PVC	81.07	J-7	J-46	0.388	0.110	0.000
P-59	57.0	PVC	81.44	J-28	J-8	0.035	0.010	0.000
P-59	67.8	PVC	45.84	J-6	J-44	0.076	0.020	0.000
P-61	67.8	PVC	7.56	J-44	J-46	-0.385	0.110	0.000
P60	81.4	PVC	96.40	R-1	J-23	2.408	0.460	0.003

Figura 21. Resultados de Tuberías en programa Watercad.2r

Fuente: Watercad.

Label	Demanda (L/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Cota (m)	Presion (m H2O)
J-1	0.002	1408.290	1374.000	34.230
J-2	0.018	1408.290	1372.330	35.890
J-3	0.000	1408.280	1374.060	34.160
J-4	0.011	1408.280	1373.540	34.670
J-5	0.007	1408.320	1377.240	31.010
J-6	0.009	1408.310	1377.320	30.930
J-7	0.009	1408.330	1373.820	34.450
J-8	0.011	1408.340	1373.690	34.580
J-9	0.009	1453.750	1406.680	46.980
J-10	0.002	1453.750	1406.060	47.600
J-11	0.009	1453.750	1405.930	47.720
J-12	0.011	1453.750	1405.810	47.850
J-13	0.002	1408.310	1377.160	31.090
J-14	0.013	1453.760	1409.270	44.400
J-15	0.002	1453.760	1398.840	54.800
J-16	0.007	1408.340	1391.990	16.330
J-17	0.007	1408.340	1391.710	16.600
J-18	0.002	1408.300	1375.800	32.440
J-19	0.016	1453.760	1408.470	45.200
J-20	0.007	1453.760	1402.260	51.390
J-21	0.009	1408.340	1383.820	24.470
J-22	0.007	1408.340	1382.600	25.690
J-23	0.000	1453.760	1410.310	43.360
J-24	0.013	1453.750	1396.690	56.950
J-25	0.004	1408.300	1375.000	33.240
J-26	0.009	1453.750	1397.210	56.430
J-27	0.004	1453.750	1394.810	58.820
J-28	0.011	1408.340	1375.540	32.730
J-29	0.007	1408.340	1375.910	32.370
J-30	1.000	1408.390	1391.260	17.100
J-31	0.009	1408.280	1373.130	35.080
J-32	0.007	1408.340	1377.170	31.100
J-33	0.007	1408.360	1381.880	26.430
J-34	0.007	1408.240	1365.410	42.740
J-35	0.009	1408.240	1366.960	41.200
J-36	0.004	1408.340	1391.550	16.750
J-37	0.004	1408.340	1394.490	13.820
J-38	0.013	1408.340	1384.970	23.320
J-39	0.002	1408.340	1392.030	16.270
J-40	0.016	1453.750	1406.870	46.790
J-41	0.004	1408.210	1360.600	47.510
J-42	0.004	1408.200	1358.840	49.260
J-43	0.009	1408.300	1373.100	35.130
J-44	0.011	1408.310	1377.140	31.110
J-45	0.011	1408.280	1368.510	39.690
J-46	0.002	1408.320	1377.740	30.520
J-47	0.002	1453.750	1396.100	57.540
J-48	0.000	1408.340	1392.120	16.180
J-49	0.004	1408.340	1378.000	30.280
J-50	0.002	1408.370	1392.230	16.110
J-51	0.022	1408.340	1387.580	20.710
J-52	1.018	1408.190	1362.510	45.580
J-53	0.002	1408.310	1379.130	29.120
J-54	0.007	1408.340	1380.030	28.250
J-55	0.009	1408.290	1370.590	37.630

Figura 22. Resultados de Nodos en programa Watercad 2r

Fuente :Watercad (modelo usado)

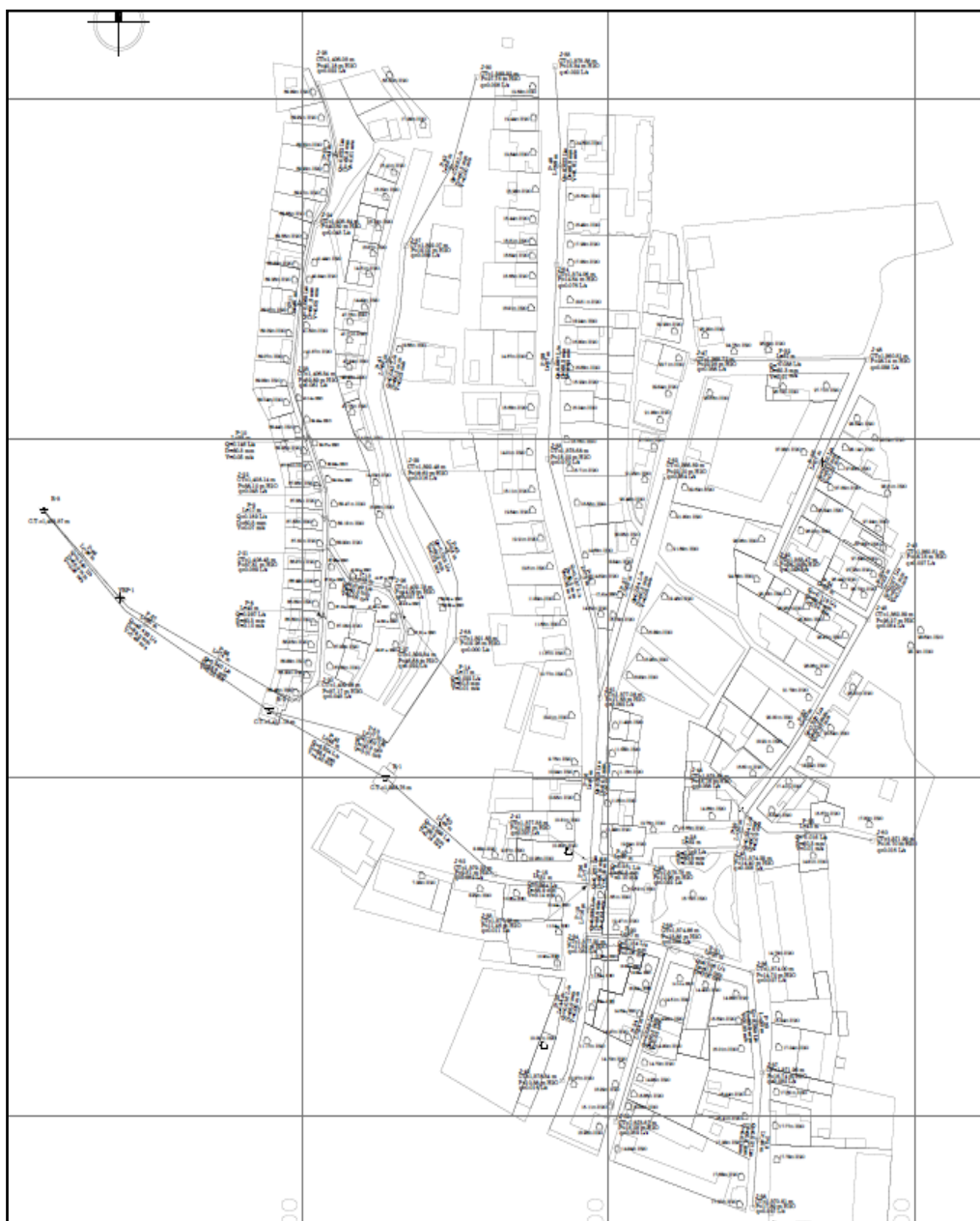


Figura 23 Modelo Propuesto red de distribución

Fuente: Elaboración propia – WaterCAD V8i – Modelo Propuesto MDI

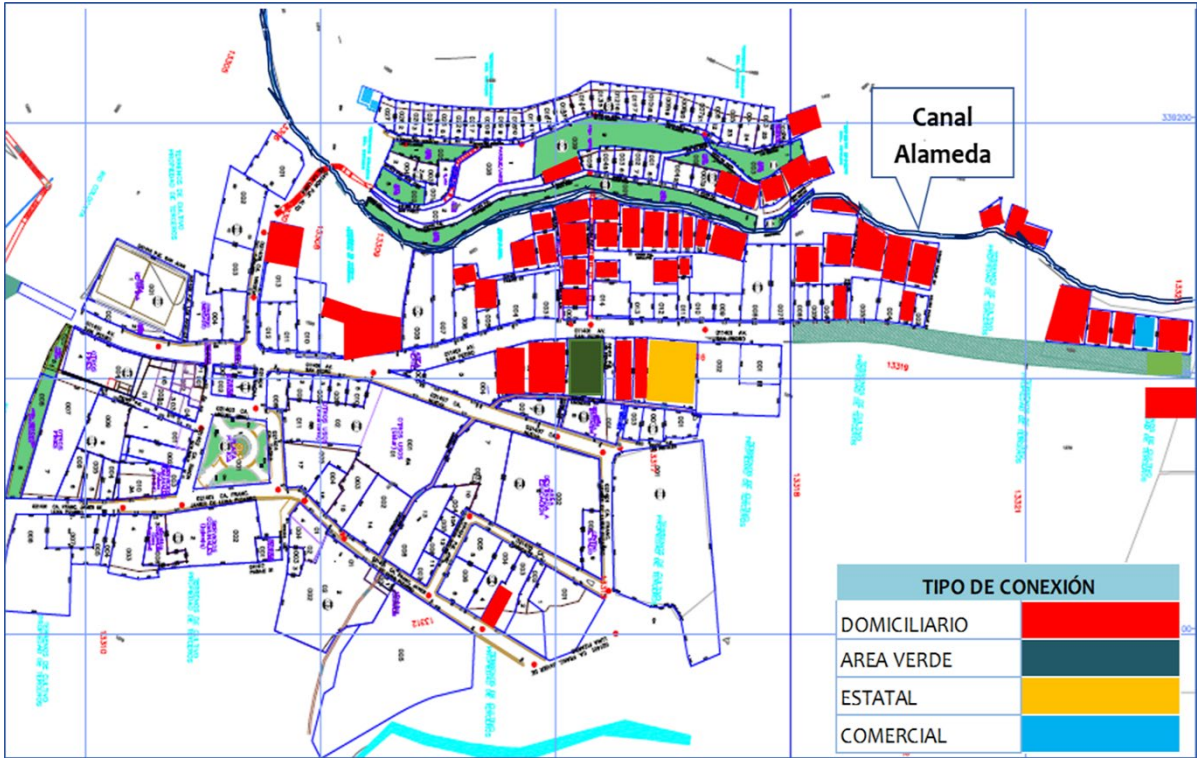


Figura 24 Ubicación de conexiones nuevas

(145 CONEXIONES DOMICILIARIAS, 01 COMERCIAL, 01 ESTATAL, 01 AREA VERDE)MDI

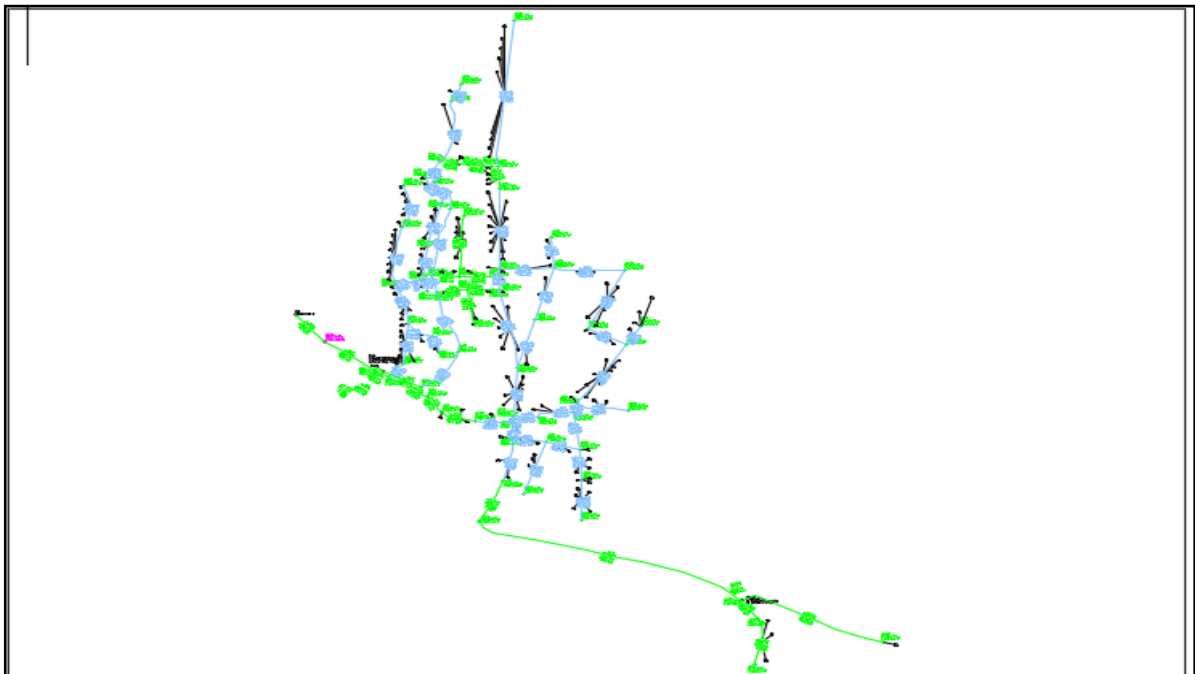


Figura 25 Conexiones en Watercad V8. -Modelo Propuesto

Fuente: Elaboración propia

resumen de resultados

Una vez analizados los modelos en las diferentes herramientas computacionales, se obtuvieron valores de velocidad, presión, caudal y diámetro de tuberías de la red de distribución propuesta. A continuación, se muestran los datos resumidos de manera tabulada. Las tablas 5 y 6 corresponden a los resultados del programa Watercad, las tablas 7 y 8 muestran los resultados del programa Epanet, .

Tabla 6. Resultados de nodos en Epanet

Descripción	cota (m)	Demanda (LPS)	Cota Pizometrica (m)	Presión (m)
RESERVORIO	1454.20	-1.65	1455.40	1.20
N-1	1410.31	0.00	1421.83	11.50
4980-A	1411.84	0.00	1454.63	42.70
4980-B	1411.84	0.00	1421.86	10.00
N-2	1409.28	0.03	1421.48	12.18
N-3	1398.84	0.02	1421.48	22.59
N-4	1408.47	0.03	1421.05	12.55
N-10	1394.81	0.05	1420.29	25.43
N-11	1391.26	0.00	1421.27	29.95
4983-A	1378.27	0.00	1420.79	42.43
4983-B	1378.27	0.00	1393.30	15.00
N-12	1391.99	0.02	1420.73	28.69
N-13	1382.60	0.03	1420.57	37.90
N-14	1384.97	0.02	1420.57	35.52
N-15	1373.82	0.06	1420.48	46.57
N-16	1391.71	0.01	1420.55	28.78
N-17	1383.81	0.03	1420.48	36.59
N-18	1387.58	0.06	1420.38	32.73
N-19	1373.69	0.05	1420.46	46.68
N-20	1392.03	0.02	1420.25	28.16
N-21	1375.87	0.12	1420.21	44.25
N-22	1394.50	0.04	1420.19	25.65
N-23	1380.07	0.08	1419.75	39.59
N-24	1377.24	0.05	1393.16	15.89
N-25	1377.16	0.05	1393.02	15.83
N-26	1379.14	0.04	1392.98	13.82
N-27	1374.94	0.01	1392.90	17.92
N-28	1373.10	0.06	1392.82	19.69
N-29	1374.00	0.06	1392.84	18.80
N-30	1370.58	0.03	1392.80	22.17
N-31	1377.33	0.03	1393.06	15.70
N-32	1374.06	0.01	1392.83	18.74

Descripción	cota (m)	Demanda (LPS)	Cota Pizometrica (m)	Presión (m)
N-33	1373.54	0.05	1392.81	19.23
N-34	1373.14	0.02	1392.80	19.63
N-35	1377.14	0.03	1392.90	15.73
N-36	1365.41	0.07	1392.66	27.20
N-37	1366.96	0.03	1392.65	25.63
N-38	1360.61	0.07	1392.66	31.99
N-39	1358.85	0.00	1392.66	33.75
N-40	1362.51	0.07	1392.67	30.10
N-41	1377.74	0.03	1420.45	42.62

Fuente: Elaboración propia.

- La presión mínima fue de 11.50 m.
- La presión máxima obtenida fue de 46.57 m.

Tabla 7. Resultados de tuberías en Epanet

Label	Diámetro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente Hidráulico
P-1(1)	1 1/4"	PVC	92,16	RESERVORIO	VRP-1	1,65	0.45	0,06
P-1(2)	1 1/4"	PVC	4,24	VRP-1	N-1	1,65	0.46	0,06
P-2	3/4"	PVC	23,38	N-1	N-2	0,38	0.56	0,05
P-3	3/4"	PVC	17,37	N-2	N-3	0,02	0.04	0,00
P-4	3/4"	PVC	37,73	N-2	N-4	0,33	0.48	0,04
P-5	1"	PVC	22,34	N-4	N-5	0,03	0.08	0,00
P-6	3/4"	PVC	82,49	N-4	N-6	0,26	0.39	0,03
P-7	1"	PVC	24,02	N-6	N-7	0,10	0.15	0,00
P-8	3/4"	PVC	47,70	N-7	N-8	0,04	0.11	0,00
P-9	3/4"	PVC	60,36	N-6	N-9	0,06	0.15	0,00
P-10	3/4"	PVC	69,87	N-7	N-10	0,05	0.13	0,00
P-11	1"	PVC	29,05	N-1	N-11	1,27	0.86	0,13
P-12	3/4"	PVC	115,41	N-11	N-12	0,56	0.38	0,10
P-13	3/4"	PVC	23,63	N-12	N-13	0,24	0.35	0,02
P-14	3/4"	PVC	34,15	N-13	N-14	0,02	0.04	0,00
P-15	3/4"	PVC	21,85	N-13	N-15	0,19	0.28	0,02
P-16	3/4"	PVC	18,24	N-12	N-16	0,30	0.45	0,03
P-17	3/4"	PVC	21,65	N-16	N-17	0,16	0.24	0,01
P-18	3/4"	PVC	54,40	N-17	N-18	0,06	0.15	0,00
P-19	3/4"	PVC	27,39	N-17	N-19	0,07	0.11	0,00

Label	Diámetro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente Hidráulico
P-20	3/4"	PVC	123,39	N-16	N-20	0,13	0.20	0,01
P-21	3/4"	PVC	44,38	N-20	N-21	0,07	0.11	0,00
P-22	3/4"	PVC	73,74	N-20	N-22	0,04	0.11	0,00
P-23	3/4"	PVC	147,13	N-21	N-23	0,08	0.19	0,00
24(1)	3/4"	PVC	68,44	N-11	VRP-2	0,71	0.48	0,15
24(2)	3/4"	PVC	20,94	VRP-2	N-24	0,71	0.48	0,15
P-25	3/4"	PVC	79,52	N-15	N-41	0,03	0.06	0,00
P-26	3/4"	PVC	13,09	N-19	N-15	0,10	0.26	0,01
P-27	3/4"	PVC	109,63	N-21	N-19	0,13	0.31	0,01
P-28	1"	PVC	16,89	N-24	N-25	0,28	0.41	0,01
P-29	3/4"	PVC	59,12	N-25	N-26	0,04	0.09	0,00
P-30	3/4"	PVC	25,50	N-25	N-27	0,19	0.28	0,02
P-31	3/4"	PVC	42,63	N-27	N-28	0,06	0.15	0,00
P-32	3/4"	PVC	31,70	N-27	N-29	0,12	0.17	0,01
P-33	3/4"	PVC	72,74	N-29	N-30	0,03	0.08	0,00
P-34	3/4"	PVC	7,00	N-24	N-31	0,38	0.55	0,04
P-35	3/4"	PVC	56,83	N-31	N-32	0,18	0.26	0,01
P-36	3/4"	PVC	46,07	N-29	N-32	0,03	0.04	0,00
P-37	1"	PVC	4,97	N-32	N-33	0,19	0.28	0,01
P-38	3/4"	PVC	30,14	N-33	N-34	0,02	0.04	0,00
P-39	3/4"	PVC	45,84	N-31	N-35	0,16	0.24	0,01
P-40	3/4"	PVC	103,33	N-36	N-35	0,13	0.19	0,01
P-41	3/4"	PVC	34,87	N-36	N-37	0,03	0.08	0,00
P-42	3/4"	PVC	51,62	N-38	N-36	0,03	0.04	0,00
P-43	3/4"	PVC	101,10	N-40	N-38	0,02	0.04	0,00
P-44	3/4"	PVC	43,22	N-39	N-38	0,02	0.04	0,00
P-45	3/4"	PVC	57,01	N-40	N-39	0,02	0.04	0,00
P-46	3/4"	PVC	69,77	N-33	N-40	0,12	0.18	0,01

Fuente: Elaboración propia.

- La velocidad mínima calculada de 0.04 m/s.
- La velocidad máxima obtenida fue de 0.48 m/s.
- Los diámetros varían entre 1" ¼ y 3/4".

Tabla 8. Resultados de nodos en Watercad

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (L/s)	Altura (m)	Presión (m)
N-1	1410,31	0,00	1421,62	11,29

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (L/s)	Altura (m)	Presión (m)
N-2	1409,28	0,03	1420,48	11,18
N-3	1398,84	0,02	1420,48	21,59
N-4	1408,47	0,03	1419,06	10,57
N-5	1402,27	0,03	1419,06	16,76
N-6	1405,93	0,10	1416,98	11,03
N-7	1396,67	0,01	1416,94	20,23
N-8	1396,10	0,04	1416,90	20,76
N-9	1406,06	0,06	1416,86	10,78
N-10	1394,81	0,05	1416,86	22,00
N-11	1391,26	0,00	1418,00	26,69
N-12	1391,99	0,02	1406,82	14,80
N-13	1382,60	0,03	1406,30	23,65
N-14	1384,97	0,02	1406,29	21,28
N-15	1373,82	0,06	1405,98	32,10
N-16	1391,71	0,01	1406,23	14,49
N-17	1383,81	0,03	1405,99	22,13
N-18	1387,58	0,06	1405,89	18,27
N-19	1373,69	0,05	1405,92	32,17
N-20	1392,03	0,02	1405,25	13,19
N-21	1375,87	0,12	1405,12	29,19
N-22	1394,50	0,04	1405,19	10,68
N-23	1380,07	0,08	1404,65	24,53
N-24	1377,24	0,05	1390,26	12,99
N-25	1377,16	0,05	1390,09	12,91
N-26	1379,14	0,04	1390,06	10,90
N-27	1374,94	0,01	1389,65	14,67
N-28	1373,10	0,06	1389,57	16,44
N-29	1374,00	0,06	1389,37	15,34
N-30	1370,58	0,03	1389,33	18,71
N-31	1377,33	0,03	1389,96	12,61
N-32	1374,06	0,01	1389,33	15,24
N-33	1373,54	0,05	1389,31	15,73
N-34	1373,14	0,02	1389,30	16,13
N-35	1377,14	0,03	1389,48	12,32
N-36	1365,41	0,07	1388,78	23,33
N-37	1366,96	0,03	1388,77	21,76
N-38	1360,61	0,07	1388,77	28,11
N-39	1358,85	0,00	1388,79	29,88
N-40	1362,51	0,07	1388,81	26,24
N-41	1377,74	0,03	1405,95	28,15

Fuente: Elaboración propia.

- La presión mínima fue de 10.57 m.

- La presión máxima obtenida fue de 32.17 m.

Tabla 9. Resultados de tuberías en Watercad

Label	Diámetro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente Hidráulico
P-1(1)	1 1/4"	PVC	92,16	RESERVORIO	VRP-1	1,65	0.45	0,06
P-1(2)	1 1/4"	PVC	4,24	VRP-1	N-1	1,65	0.45	0,06
P-2	3/4"	PVC	23,38	N-1	N-2	0,38	0.58	0,05
P-3	3/4"	PVC	17,37	N-2	N-3	0,02	0.04	0,00
P-4	3/4"	PVC	37,73	N-2	N-4	0,33	0.48	0,04
P-5	1"	PVC	22,34	N-4	N-5	0,03	0.08	0,00
P-6	3/4"	PVC	82,49	N-4	N-6	0,26	0.39	0,03
P-7	1"	PVC	24,02	N-6	N-7	0,10	0.15	0,00
P-8	3/4"	PVC	47,70	N-7	N-8	0,04	0.11	0,00
P-9	3/4"	PVC	60,36	N-6	N-9	0,06	0.15	0,00
P-10	3/4"	PVC	69,87	N-7	N-10	0,05	0.13	0,00
P-11	1"	PVC	29,05	N-1	N-11	1,27	0.87	0,13
P-12	3/4"	PVC	115,41	N-11	N-12	0,56	0.36	0,10
P-13	3/4"	PVC	23,63	N-12	N-13	0,24	0.36	0,02
P-14	3/4"	PVC	34,15	N-13	N-14	0,02	0.04	0,00
P-15	3/4"	PVC	21,85	N-13	N-15	0,19	0.28	0,02
P-16	3/4"	PVC	18,24	N-12	N-16	0,30	0.45	0,03
P-17	3/4"	PVC	21,65	N-16	N-17	0,16	0.24	0,01
P-18	3/4"	PVC	54,40	N-17	N-18	0,06	0.15	0,00
P-19	3/4"	PVC	27,39	N-17	N-19	0,07	0.12	0,00
P-20	3/4"	PVC	123,39	N-16	N-20	0,13	0.22	0,01
P-21	3/4"	PVC	44,38	N-20	N-21	0,07	0.13	0,00
P-22	3/4"	PVC	73,74	N-20	N-22	0,04	0.11	0,00
P-23	3/4"	PVC	147,13	N-21	N-23	0,08	0.19	0,00
24(1)	3/4"	PVC	68,44	N-11	VRP-2	0,71	0.49	0,15
24(2)	3/4"	PVC	20,94	VRP-2	N-24	0,71	0.48	0,15
P-25	3/4"	PVC	79,52	N-15	N-41	0,03	0.06	0,00
P-26	3/4"	PVC	13,09	N-19	N-15	0,10	0.26	0,01
P-27	3/4"	PVC	109,63	N-21	N-19	0,13	0.31	0,01
P-28	1"	PVC	16,89	N-24	N-25	0,28	0.44	0,01
P-29	3/4"	PVC	59,12	N-25	N-26	0,04	0.09	0,00
P-30	3/4"	PVC	25,50	N-25	N-27	0,19	0.28	0,02
P-31	3/4"	PVC	42,63	N-27	N-28	0,06	0.15	0,00
P-32	3/4"	PVC	31,70	N-27	N-29	0,12	0.17	0,01
P-33	3/4"	PVC	72,74	N-29	N-30	0,03	0.08	0,00
P-34	3/4"	PVC	7,00	N-24	N-31	0,38	0.55	0,04
P-35	3/4"	PVC	56,83	N-31	N-32	0,18	0.26	0,01
P-36	3/4"	PVC	46,07	N-29	N-32	0,03	0.04	0,00

Label	Diámetro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente Hidráulico
P-37	1"	PVC	4,97	N-32	N-33	0,19	0.28	0,01
P-38	3/4"	PVC	30,14	N-33	N-34	0,02	0.04	0,00
P-39	3/4"	PVC	45,84	N-31	N-35	0,16	0.25	0,01
P-40	3/4"	PVC	103,33	N-36	N-35	0,13	0.19	0,01
P-41	3/4"	PVC	34,87	N-36	N-37	0,03	0.08	0,00
P-42	3/4"	PVC	51,62	N-38	N-36	0,03	0.04	0,00
P-43	3/4"	PVC	101,10	N-40	N-38	0,02	0.04	0,00
P-44	3/4"	PVC	43,22	N-39	N-38	0,02	0.04	0,00
P-45	3/4"	PVC	57,01	N-40	N-39	0,02	0.04	0,00
P-46	3/4"	PVC	69,77	N-33	N-40	0,12	0.18	0,01

Fuente: Elaboración propia.

- La velocidad mínima calculada de 0.04 m/s.
- La velocidad máxima obtenida fue de 0.87 m/s.
- Los diámetros varían entre 1" ¼ y 3/4".

Se realiza el análisis comparativo entre 02 softwares:

Tabla 10. Nivel de coincidencia en resultados de velocidad

Etiqueta	Diámetro	Velocidad (m/s)		Nivel de coincidencia	
		WaterCAD	Epanet	WaterCAD	Epanet
P-1(1)	38,00	0.45	0.45	100.00%	100.00%
P-1(2)	38,00	0.45	0.46	100.00%	102.22%
P-2	22,90	0.58	0.56	100.00%	96.55%
P-3	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-4	22,90	0.48	0.48	100.00%	100.00%
P-5	29,40	0.08	0.08	100.00%	100.00%
P-6	22,90	0.39	0.39	100.00%	100.00%
P-7	29,40	0.15	0.15	100.00%	100.00%
P-8	22,90	0.11	0.11	100.00%	100.00%
P-9	22,90	0.15	0.15	100.00%	100.00%

P-10	22,90	0.13	0.13	100.00%	100.00%
P-11	29,40	0.87	0.86	100.00%	98.85%
P-12	22,90	0.36	0.38	100.00%	105.56%
P-13	22,90	0.36	0.35	100.00%	97.22%
P-14	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-15	22,90	0.28	0.28	100.00%	100.00%
P-16	22,90	0.45	0.45	100.00%	100.00%
P-17	22,90	0.24	0.24	100.00%	100.00%
P-18	22,90	0.15	0.15	100.00%	100.00%
P-19	22,90	0.12	0.11	100.00%	91.67%
P-20	22,90	0.22	0.20	100.00%	90.91%
P-21	22,90	0.13	0.11	100.00%	84.62%
P-22	22,90	0.11	0.11	100.00%	100.00%
P-23	22,90	0.19	0.19	100.00%	100.00%
24(1)	22,90	0.49	0.48	100.00%	97.96%
24(2)	22,90	0.48	0.48	100.00%	100.00%
P-25	22,90	0.06	0.06	100.00%	100.00%
P-26	22,90	0.26	0.26	100.00%	100.00%
P-27	22,90	0.31	0.31	100.00%	100.00%
P-28	29,40	0.44	0.41	100.00%	93.18%
P-29	22,90	0.09	0.09	100.00%	100.00%
P-30	22,90	0.28	0.28	100.00%	100.00%
P-31	22,90	0.15	0.15	100.00%	100.00%
P-32	22,90	0.17	0.17	100.00%	100.00%
P-33	22,90	0.08	0.08	100.00%	100.00%
P-34	22,90	0.55	0.55	100.00%	100.00%
P-35	22,90	0.26	0.26	100.00%	100.00%

P-36	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-37	29,40	0.28	0.28	100.00%	100.00%
P-38	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-39	22,90	0.25	0.24	100.00%	96.00%
P-40	22,90	0.19	0.19	100.00%	100.00%
P-41	22,90	0.08	0.08	100.00%	100.00%
P-42	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-43	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-44	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-45	22,90	0.04	0.04	100.00%	100.00%
P-46	22,90	0.18	0.18	100.00%	100.00%
Promedio:				100.00%	99.60%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Nivel de coincidencia en resultados de caudal.

Etiqueta	Diámetro	Caudal (L/s)		Nivel de coincidencia	
		WaterCAD	Epanet	WaterCAD	Epanet
1(1)	1 1/4"	1,65	1,65	100.00%	100.00%
1(2)	1 1/4"	1,65	1,65	100.00%	100.00%
2	3/4"	0,38	0,38	100.00%	100.00%
3	3/4"	0,02	0,02	100.00%	100.00%
4	3/4"	0,33	0,33	100.00%	100.00%
5	1"	0,03	0,03	100.00%	100.00%
6	3/4"	0,26	0,26	100.00%	100.00%
7	1"	0,10	0,1	100.00%	100.00%
8	3/4"	0,04	0,04	100.00%	100.00%
9	3/4"	0,06	0,06	100.00%	100.00%
10	3/4"	0,05	0,05	100.00%	100.00%
11	1"	1,27	1,27	100.00%	100.00%

Etiqueta	Diámetro	Caudal (L/s)		Nivel de coincidencia	
		WaterCAD	Epanet	WaterCAD	Epanet
12	3/4"	0,56	0,56	100.00%	100.00%
13	3/4"	0,24	0,24	100.00%	100.00%
14	3/4"	0,02	0,02	100.00%	100.00%
PROMEDIO:				100 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Nivel de coincidencia en los resultados de presión en nodos

Etiqueta	Presión (m.c.a.)		Nivel de coincidencia de presión en los nodos	
	WaterCAD	Epanet	WaterCAD	Epanet
N-1	11,29	11,29	100.00%	99.91%
N-2	11,18	11,18	100.00%	99.56%
N-3	21,59	21,59	100.00%	99.57
N-4	10,57	10,57	100.00%	100.00%
N-5	16,76	16,75	100.00%	99.64%
N-6	11,03	11,02	100.00%	99.96%
N-7	20,23	20,14	100.00%	100.00%
N-8	20,76	20,67	100.00%	100.00%
N-9	10,78	10,78	100.00%	100.00%
N-10	22,00	21,92	100.00%	100.00%
N-11	26,69	26,68	100.00%	99.93%
N-12	14,80	14,8	100.00%	100.00%
N-13	23,65	23,65	100.00%	100.00%
N-14	21,28	21,28	100.00%	99.97%
N-15	32,10	32,1	100.00%	99.92%
N-16	14,49	14,48	100.00%	100.00%
N-17	22,13	22,13	100.00%	99.91%
N-18	18,27	18,27	100.00%	100.00%
N-19	32,17	32,16	100.00%	100.00%
N-20	13,19	13,18	100.00%	97.60%
N-21	29,19	29,19	100.00%	97.16%
N-22	10,68	10,67	100.00%	98.36%
N-23	24,53	24,53	100.00%	98.54%
N-24	12,99	12,99	100.00%	98.89%
N-25	12,91	12,6	100.00%	99.09%
N-26	10,90	10,59	100.00%	99.68%
N-27	14,67	14,43	100.00%	99.08%

N-28	16,44	16,2	100.00%	98.79%
N-29	15,34	15,17	100.00%	98.82%
N-30	18,71	18,54	100.00%	99.43%
N-31	12,61	12,57	100.00%	99.40%
N-32	15,24	15,1	100.00%	99.36%
N-33	15,73	15,54	100.00%	99.47%
N-34	16,13	15,94	100.00%	99.50%
N-35	12,32	12,25	100.00%	99.43%
N-36	23,33	23,19	100.00%	100.00%
N-37	21,76	21,62	100.00%	99.91%
N-38	28,11	27,96	100.00%	99.56%
N-39	29,88	29,73	100.00%	99.57%
N-40	26,24	26,09	100.00%	100.00%
N-41	28,15	28,15	100.00%	99.64%

Promedio: 100.00% 99.04 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Nivel de coincidencia de caudal en el reservorio

Etiqueta	Elevación (m)	Caudal (L/s)		Nivel de coincidencia de caudal en el reservorio	
		WaterCAD	Epanet	WaterCAD	Epanet
Embalse R-1	1454,03	1.65	165	100.00%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

Establecer un diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica que cumplan con el reglamento técnico al menor costo y confiabilidad en Ilabaya Tacna 2021.

Resultados de la Modelación y simulación para optimizar la red de distribución con WaterGEMS

Tabla 14 Tabla de tuberías en Watergems optimizado

Label	Start Node	Stop Node	Length (Scaled) (m)	Flow (Absolute) (L/s)	Darcy-Weisbach e (mm)	Material	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Hydraulic Grade (Start) (m)	Hydraulic Grade (Stop) (m)	Pressure (Start) (m H2O)	Pressure (Stop) (m H2O)	
1(1)	RESERVORIO	VRP-1	92.16	1.65	0.0015	1 1/4"	PVC	1.45	0.058	1455.4	1450.04	1.36	38.12
1(2)	VRP-1	N-1	4.24	1.65	0.0015	1 1/4"	PVC	1.45	0.058	1421.87	1421.62	10	11.29
2	N-1	N-2	23.38	0.38	0.0015	3/4"	PVC	0.92	0.049	1421.62	1420.48	11.29	11.18
3	N-2	N-3	17.37	0.02	0.0015	3/4"	PVC	0.04	0	1420.48	1420.48	11.18	21.59
4	N-2	N-4	37.73	0.33	0.0015	3/4"	PVC	0.8	0.038	1420.48	1419.06	11.18	10.57
5	N-4	N-5	22.34	0.03	0.0015	1"	PVC	0.05	0	1419.06	1419.06	10.57	16.76
6	N-4	N-6	82.49	0.26	0.0015	3/4"	PVC	0.64	0.025	1419.06	1416.98	10.57	11.03
7	N-6	N-7	24.02	0.1	0.0015	1"	PVC	0.15	0.002	1416.98	1416.94	11.03	20.23
8	N-7	N-8	47.7	0.04	0.0015	3/4"	PVC	0.11	0.001	1416.94	1416.9	20.23	20.76
9	N-6	N-9	60.36	0.06	0.0015	3/4"	PVC	0.15	0.002	1416.98	1416.86	11.03	10.78
10	N-7	N-10	69.87	0.05	0.0015	3/4"	PVC	0.13	0.001	1416.94	1416.86	20.23	22
11	N-1	N-11	29.05	1.27	0.0015	1"	PVC	1.87	0.125	1421.62	1418	11.29	26.69
12	N-11	N-12	115.41	0.56	0.0015	3/4"	PVC	1.36	0.097	1418	1406.82	26.69	14.8
13	N-12	N-13	23.63	0.24	0.0015	3/4"	PVC	0.59	0.022	1406.82	1406.3	14.8	23.65
14	N-13	N-14	34.15	0.02	0.0015	3/4"	PVC	0.04	0	1406.3	1406.29	23.65	21.28
15	N-13	N-15	21.85	0.19	0.0015	3/4"	PVC	0.46	0.015	1406.3	1405.98	23.65	32.1
16	N-12	N-16	18.24	0.3	0.0015	3/4"	PVC	0.73	0.033	1406.82	1406.23	14.8	14.49
17	N-16	N-17	21.65	0.16	0.0015	3/4"	PVC	0.39	0.011	1406.23	1405.99	14.49	22.13
18	N-17	N-18	54.4	0.06	0.0015	3/4"	PVC	0.15	0.002	1405.99	1405.89	22.13	18.27
19	N-17	N-19	27.39	0.07	0.0015	3/4"	PVC	0.18	0.003	1405.99	1405.92	22.13	32.17
20	N-16	N-20	123.39	0.13	0.0015	3/4"	PVC	0.33	0.008	1406.23	1405.25	14.49	13.19
22	N-20	N-22	73.74	0.04	0.0015	3/4"	PVC	0.11	0.001	1405.25	1405.19	13.19	10.68

23	N-21	N-23	147.13	0.08	0.0015	3/4"	PVC	0.19	0.003	1405.12	1404.65	29.19	24.53
24(1)	N-11	VRP-2	68.44	0.71	0.0015	3/4"	PVC	1.72	0.146	1418	1408.03	26.69	29.7
24(2)	VRP-2	N-24	20.94	0.71	0.0015	3/4"	PVC	1.72	0.146	1393.31	1390.26	15.01	12.99
25	N-15	N-41	79.52	0.03	0.0015	3/4"	PVC	0.06	0	1405.98	1405.95	32.1	28.15
26	N-19	N-15	13.09	0.1	0.0015	3/4"	PVC	0.25	0.005	1405.92	1405.98	32.17	32.1
27	N-21	N-19	109.63	0.13	0.0015	3/4"	PVC	0.31	0.007	1405.12	1405.92	29.19	32.17
28	N-24	N-25	16.89	0.3	0.0015	1"	PVC	0.44	0.01	1390.26	1390.09	12.99	12.91
29	N-25	N-26	59.12	0.04	0.0015	3/4"	PVC	0.09	0.001	1390.09	1390.06	12.91	10.9
30	N-25	N-27	25.5	0.21	0.0015	3/4"	PVC	0.52	0.018	1390.09	1389.65	12.91	14.67
31	N-27	N-28	42.63	0.06	0.0015	3/4"	PVC	0.15	0.002	1389.65	1389.57	14.67	16.44
32	N-27	N-29	31.7	0.14	0.0015	3/4"	PVC	0.34	0.009	1389.65	1389.37	14.67	15.34
33	N-29	N-30	72.74	0.03	0.0015	3/4"	PVC	0.08	0.001	1389.37	1389.33	15.34	18.71
34	N-24	N-31	7	0.35	0.0015	3/4"	PVC	0.86	0.043	1390.26	1389.96	12.99	12.61
35	N-31	N-32	56.83	0.16	0.0015	3/4"	PVC	0.4	0.011	1389.96	1389.33	12.61	15.24
36	N-29	N-32	46.07	0.05	0.0015	3/4"	PVC	0.12	0.001	1389.37	1389.33	15.34	15.24
37	N-32	N-33	4.97	0.2	0.0015	1"	PVC	0.29	0.005	1389.33	1389.31	15.24	15.73
38	N-33	N-34	30.14	0.02	0.0015	3/4"	PVC	0.04	0	1389.31	1389.3	15.73	16.13
39	N-31	N-35	45.84	0.16	0.0015	3/4"	PVC	0.38	0.01	1389.96	1389.48	12.61	12.32
40	N-36	N-35	103.33	0.12	0.0015	3/4"	PVC	0.3	0.007	1388.78	1389.48	23.33	12.32
41	N-36	N-37	34.87	0.03	0.0015	3/4"	PVC	0.08	0.001	1388.78	1388.77	23.33	21.76
42	N-38	N-36	51.62	0.02	0.0015	3/4"	PVC	0.05	0	1388.77	1388.78	28.11	23.33
43	N-40	N-38	101.1	0.03	0.0015	3/4"	PVC	0.07	0	1388.81	1388.77	26.24	28.11
44	N-39	N-38	43.22	0.03	0.0015	3/4"	PVC	0.07	0	1388.79	1388.77	29.88	28.11
46	N-40	N-39	57.01	0.03	0.0015	3/4"	PVC	0.07	0	1388.81	1388.79	26.24	29.88
47	N-33	N-40	69.77	0.13	0.0015	3/4"	PVC	0.31	0.007	1389.31	1388.81	15.73	26.24

- La velocidad mínima calculada de 0.04 m/s.
- La velocidad máxima obtenida fue de 0.92 m/s.
- Los diámetros varían entre 1", 1" ¼ y 3/4".

Tabla 15 Tabla de nodos watergems optimizado

Label	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-1	1410.31	339190.27	8073313.31	0	1421.62	11.29
N-2	1409.28	339205.91	8073330.19	0.03	1420.48	11.18
N-3	1398.84	339221.64	8073322.82	0.02	1420.48	21.59
N-4	1408.47	339207.95	8073367.87	0.03	1419.06	10.57
N-5	1402.27	339225.56	8073357.47	0.03	1419.06	16.76
N-6	1405.93	339199.93	8073448.28	0.1	1416.98	11.03
N-7	1396.67	339223.53	8073443.81	0.01	1416.94	20.23
N-8	1396.1	339224.27	8073397.35	0.04	1416.9	20.76
N-9	1406.06	339204.83	8073505.52	0.06	1416.86	10.78
N-10	1394.81	339223.72	8073509.09	0.05	1416.86	22
N-11	1391.26	339215.85	8073299.85	0	1418	26.69
N-12	1391.99	339232.64	8073398.64	0.02	1406.82	14.8
N-13	1382.6	339256.05	8073401.79	0.03	1406.3	23.65
N-14	1384.97	339261.57	8073368.09	0.02	1406.29	21.28
N-15	1373.82	339277.89	8073401.79	0.06	1405.98	32.1
N-16	1391.71	339228.9	8073416.26	0.01	1406.23	14.49
N-17	1383.81	339250.53	8073415.51	0.03	1405.99	22.13
N-18	1387.58	339252.28	8073469.86	0.06	1405.89	18.27
N-19	1373.69	339277.92	8073414.88	0.05	1405.92	32.17
N-20	1392.03	339235.38	8073530.36	0.02	1405.25	13.19
N-21	1375.87	339279.1	8073524.48	0.12	1405.12	29.19
N-22	1394.5	339246.03	8073596.75	0.04	1405.19	10.68
N-23	1380.07	339300.76	8073669.73	0.08	1404.65	24.53
N-24	1377.24	339294.21	8073269.16	0.05	1390.26	12.99
N-25	1377.16	339293.23	8073252.3	0.05	1390.09	12.91
N-26	1379.14	339278.84	8073195.49	0.04	1390.06	10.9
N-27	1374.94	339318.14	8073247.61	0.01	1389.65	14.67
N-28	1373.1	339304.79	8073207.14	0.06	1389.57	16.44
N-29	1374	339348.5	8073238.48	0.06	1389.37	15.34
N-30	1370.58	339348.01	8073165.84	0.03	1389.33	18.71
N-31	1377.33	339294.6	8073276.15	0.03	1389.96	12.61
N-32	1374.06	339344.82	8073284.16	0.01	1389.33	15.24
N-33	1373.54	339344.45	8073289.12	0.05	1389.31	15.73
N-34	1373.14	339373.45	8073285.15	0.02	1389.3	16.13
N-35	1377.14	339298.86	8073321.79	0.03	1389.48	12.32
N-36	1365.41	339330.08	8073420.14	0.07	1388.78	23.33
N-37	1366.96	339325.04	8073452.49	0.03	1388.77	21.76
N-38	1360.61	339381.67	8073421.67	0.07	1388.77	28.11
N-39	1358.85	339411.28	8073395.73	0	1388.79	29.88
N-40	1362.51	339383.64	8073345.86	0.07	1388.81	26.24
N-41	1377.74	339290.78	8073323.66	0.03	1405.95	28.15

Resultados de la Modelación y simulación para optimizar la red de distribución con EPANET

Tabla 16 Tabla de nodos Epanet optimizado

Descripción	cota (m)	Demanda (LPS)	Cota Pizometrica (m)	Presión (m)
RESERVORIO	1454.20	-1.65	1455.40	1.20
4983-A	1378.27	0.00	1408.03	29.70
4983-B	1378.27	0.00	1393.30	15.00
N-1	1410.31	0.00	1421.62	11.29
N-2	1409.28	0.03	1420.48	11.18
N-3	1398.84	0.02	1420.47	21.59
N-4	1408.47	0.03	1419.06	10.57
N-5	1402.27	0.03	1419.05	16.75
N-6	1405.93	0.10	1416.97	11.02
N-7	1396.67	0.01	1416.85	20.14
N-8	1396.10	0.04	1416.81	20.67
N-9	1406.06	0.06	1416.86	10.78
N-10	1394.81	0.05	1416.77	21.92
N-11	1391.26	0.00	1418.00	26.68
4980-A	1411.84	0.00	1437.05	25.15
4980-B	1411.84	0.00	1421.86	10.00
N-12	1391.99	0.02	1406.82	14.80
N-13	1382.60	0.03	1406.30	23.65
N-14	1384.97	0.02	1406.29	21.28
N-15	1373.82	0.06	1405.98	32.10
N-16	1391.71	0.01	1406.23	14.48
N-17	1383.81	0.03	1405.99	22.13
N-18	1387.58	0.06	1405.89	18.27
N-19	1373.69	0.05	1405.91	32.16
N-20	1392.03	0.02	1405.24	13.18
N-21	1375.87	0.12	1405.12	29.19
N-22	1394.50	0.04	1405.19	10.67
N-23	1380.07	0.08	1404.65	24.53
N-24	1377.24	0.05	1390.26	12.99
N-25	1377.16	0.05	1389.78	12.60
N-26	1379.14	0.04	1389.75	10.59
N-27	1374.94	0.01	1389.41	14.43
N-28	1373.10	0.06	1389.33	16.20
N-29	1374.00	0.06	1389.20	15.17

N-30	1370.58	0.03	1389.16	18.54
N-31	1377.33	0.03	1389.92	12.57
N-32	1374.06	0.01	1389.19	15.10
N-33	1373.54	0.05	1389.11	15.54
N-34	1373.14	0.02	1389.11	15.94
N-35	1377.14	0.03	1389.41	12.25
N-36	1365.41	0.07	1388.64	23.19
N-37	1366.96	0.03	1388.63	21.62
N-38	1360.61	0.07	1388.62	27.96
N-39	1358.85	0.00	1388.64	29.73
N-40	1362.51	0.07	1388.66	26.09
N-41	1377.74	0.03	1405.95	28.15

Tabla 17 Tabla de tuberías epanet optimizado

Descripción	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Perdida de carga x km (m/km)
1(1)	92.16	29.40	0.0015	1.65	2.43	199.16
Válvula VRP-1	-	57.00	-	1.65	0.65	15.18
1(2)	4.24	38.00	0.0015	1.65	1.45	58.15
2	23.38	22.90	0.0015	0.38	0.92	48.67
3	17.37	22.90	0.0015	0.02	0.04	0.26
4	37.73	22.90	0.0015	0.33	0.80	37.57
5	22.34	22.90	0.0015	0.03	0.08	0.48
6	82.49	22.90	0.0015	0.26	0.64	25.31
7	24.02	22.90	0.0015	0.10	0.25	5.19
8	47.70	22.90	0.0015	0.04	0.11	0.72
9	60.36	22.90	0.0015	0.06	0.15	1.88
10	69.87	22.90	0.0015	0.05	0.13	1.14
11	29.05	29.40	0.0015	1.27	1.87	124.61
12	115.41	22.90	0.0015	0.56	1.36	96.85
13	23.63	22.90	0.0015	0.24	0.59	22.10
14	34.15	22.90	0.0015	0.02	0.04	0.26
15	21.85	22.90	0.0015	0.19	0.46	14.50
16	18.24	22.90	0.0015	0.30	0.73	32.60
17	21.65	22.90	0.0015	0.16	0.39	10.79
18	54.40	22.90	0.0015	0.06	0.15	1.82
19	27.39	22.90	0.0015	0.07	0.18	2.83
20	123.39	22.90	0.0015	0.13	0.33	7.95
21	44.38	22.90	0.0015	0.07	0.18	2.83

22	73.74	22.90	0.0015	0.04	0.11	0.72
23	147.13	22.90	0.0015	0.08	0.19	3.19
24(1)	68.44	22.90	0.0015	0.71	1.72	145.61
Válvula VRP-2	-	43.40	-	0.71	0.48	14.73
24(2)	20.94	22.90	0.0015	0.71	1.72	145.61
25	79.52	22.90	0.0015	0.03	0.06	0.40
26	13.09	22.90	0.0015	-0.10	0.25	5.07
27	109.63	22.90	0.0015	-0.13	0.31	7.26
28	16.89	22.90	0.0015	0.28	0.68	28.20
29	59.12	22.90	0.0015	0.04	0.09	0.58
30	25.50	22.90	0.0015	0.19	0.46	14.57
31	42.63	22.90	0.0015	0.06	0.15	1.82
32	31.70	22.90	0.0015	0.12	0.29	6.47
33	72.74	22.90	0.0015	0.03	0.08	0.53
34	7.00	22.90	0.0015	0.38	0.91	47.71
35	56.83	22.90	0.0015	0.18	0.43	12.97
36	46.07	22.90	0.0015	0.03	0.06	0.39
37	4.97	22.90	0.0015	0.19	0.46	14.41
38	30.14	22.90	0.0015	0.02	0.04	0.27
39	45.84	22.90	0.0015	0.16	0.40	11.18
40	103.33	22.90	0.0015	-0.13	0.31	7.40
41	34.87	22.90	0.0015	0.03	0.08	0.53
42	51.62	22.90	0.0015	-0.03	0.06	0.40
43	101.10	22.90	0.0015	0.02	0.06	0.37
44	43.22	22.90	0.0015	0.02	0.06	0.36
46	57.01	22.90	0.0015	0.02	0.06	0.38
47	69.77	22.90	0.0015	0.12	0.29	6.48

Resultado del modelamiento optimizado con el software Epanet

Lenhs UFPB
Lenhsnet - Método de Dimensionamento Econômico de Redes

Pressão Mínima: 10.57
Pressão Máxima: 32.16

Velocidade Mínima: 0.04
Velocidade Máxima: 2.43

Custo de Implantação das Tubulações: 11,197.28

Memoria RAM de 2147483647 bytes
Processador : Intel(R) Core(TM) i7-6700 CPU @ 3.40GHz

Con el diseño optimizado del software Epanet se obtiene un costo mínimo, de s/ **11,197.28 soles**, los diámetros de las tuberías varían entre 1 ¼" y ¾", siendo la presión mínima 10.57 mca y la presión máxima 32.16 mca, los cuales se encuentran dentro de las recomendaciones dadas para el diseño de redes de distribución de agua potable.

Tabla 18 Resultado del modelamiento optimizado con el software WaterGEMS

Tubería	MATERIAL	RUGOSIDAD	DIAMETRO	COSTO
1(1)	PVC	0.0015	38 S/	658.00
1(2)	PVC	0.0015	38 S/	30.28
2	PVC	0.0015	22.9 S/	107.07
3	PVC	0.0015	22.9 S/	79.56
4	PVC	0.0015	22.9 S/	172.82
5	PVC	0.0015	29.4 S/	131.36
6	PVC	0.0015	22.9 S/	377.78
7	PVC	0.0015	29.4 S/	141.23
8	PVC	0.0015	22.9 S/	218.47
9	PVC	0.0015	22.9 S/	276.47
10	PVC	0.0015	22.9 S/	319.98
11	PVC	0.0015	29.4 S/	170.79
12	PVC	0.0015	22.9 S/	528.56
13	PVC	0.0015	22.9 S/	108.24
14	PVC	0.0015	22.9 S/	156.40
15	PVC	0.0015	22.9 S/	100.09
16	PVC	0.0015	22.9 S/	83.54
17	PVC	0.0015	22.9 S/	99.15
18	PVC	0.0015	22.9 S/	249.16
19	PVC	0.0015	22.9 S/	125.46
20	PVC	0.0015	22.9 S/	565.14
21	PVC	0.0015	22.9 S/	203.26
22	PVC	0.0015	22.9 S/	337.74
23	PVC	0.0015	22.9 S/	673.86
24(1)	PVC	0.0015	22.9 S/	313.45
24(2)	PVC	0.0015	22.9 S/	95.90
25	PVC	0.0015	22.9 S/	364.20
26	PVC	0.0015	22.9 S/	59.95
27	PVC	0.0015	22.9 S/	502.11
28	PVC	0.0015	29.4 S/	99.30
29	PVC	0.0015	22.9 S/	270.76
30	PVC	0.0015	22.9 S/	116.80
31	PVC	0.0015	22.9 S/	195.25

32	PVC	0.0015	22.9	S/	145.20
33	PVC	0.0015	22.9	S/	333.14
34	PVC	0.0015	22.9	S/	32.05
35	PVC	0.0015	22.9	S/	260.26
36	PVC	0.0015	22.9	S/	211.02
37	PVC	0.0015	29.4	S/	29.20
38	PVC	0.0015	22.9	S/	138.05
39	PVC	0.0015	22.9	S/	209.94
40	PVC	0.0015	22.9	S/	473.26
41	PVC	0.0015	22.9	S/	159.68
42	PVC	0.0015	22.9	S/	236.42
43	PVC	0.0015	22.9	S/	463.04
44	PVC	0.0015	22.9	S/	197.97
46	PVC	0.0015	22.9	S/	261.13
47	PVC	0.0015	22.9	S/	319.57

S/ 11,402.06

Con el diseño optimizado del software WaterGEMS se obtiene un costo mínimo de **11, 402.06** soles, los diámetros de las tuberías varían entre 1 ¼" y ¾"

Tabla 19 Coincidencia de diámetros de modelamientos optimizados

Tubería	MATERIAL	DIAMETRO WATERGEMS	DIAMETRO EPANET	¿COINCIDE?
1(1)	PVC	38	29.4	NO
1(2)	PVC	38	38	SI
2	PVC	22.9	22.9	SI
3	PVC	22.9	22.9	SI
4	PVC	22.9	22.9	SI
5	PVC	29.4	22.9	NO
6	PVC	22.9	22.9	SI
7	PVC	29.4	22.9	NO
8	PVC	22.9	22.9	SI
9	PVC	22.9	22.9	SI
10	PVC	22.9	22.9	SI
11	PVC	29.4	29.4	SI
12	PVC	22.9	22.9	SI
13	PVC	22.9	22.9	SI
14	PVC	22.9	22.9	SI
15	PVC	22.9	22.9	SI
16	PVC	22.9	22.9	SI
17	PVC	22.9	22.9	SI
18	PVC	22.9	22.9	SI
19	PVC	22.9	22.9	SI

20	PVC	22.9	22.9	SI
21	PVC	22.9	22.9	SI
22	PVC	22.9	22.9	SI
23	PVC	22.9	22.9	SI
24(1)	PVC	22.9	22.9	SI
24(2)	PVC	22.9	22.9	SI
25	PVC	22.9	22.9	SI
26	PVC	22.9	22.9	SI
27	PVC	22.9	22.9	SI
28	PVC	29.4	22.9	NO
29	PVC	22.9	22.9	SI
30	PVC	22.9	22.9	SI
31	PVC	22.9	22.9	SI
32	PVC	22.9	22.9	SI
33	PVC	22.9	22.9	SI
34	PVC	22.9	22.9	SI
35	PVC	22.9	22.9	SI
36	PVC	22.9	22.9	SI
37	PVC	29.4	22.9	NO
38	PVC	22.9	22.9	SI
39	PVC	22.9	22.9	SI
40	PVC	22.9	22.9	SI
41	PVC	22.9	22.9	SI
42	PVC	22.9	22.9	SI
43	PVC	22.9	22.9	SI
44	PVC	22.9	22.9	SI
46	PVC	22.9	22.9	SI
47	PVC	22.9	22.9	SI

Como se puede observar en los cuadros de resultados de modelamiento optimizado con el software WaterGEMS, podemos obtener resultados más didácticos y mayor información, por otro lado, con el software Epanet podemos obtener un costo relativamente menor.

Esto se debe a que el software Epanet, propone un diámetro menor es decir 1" y 3/4" por otro lado el software WaterGEMS 1 1/4" y 1" en los tramos 1 (1), 5, 7, 28 y 37, por consiguiente, resultando en un costo menor.

V. DISCUSIÓN

Objetivo general: realizar el Análisis hidráulico de la red existente y diseñar un modelo hidráulico optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna 2021.

Anisha, Kumar, Ashok y Suvarna (2016) Titulada “Analysis and Design of Water Distribution Network Using EPANET for Chirala Municipality in Prakasam District of Andhra Pradesh” Como resultado del análisis se evidenció que la red no es adecuada para cubrir las demandas en un futuro, y finalmente se tiene como conclusión, que es necesario la construcción de un nuevo depósito, el cual unido con la red en las zonas propuestas logre abastecer con la demanda determinada. La investigación analizo e identifico los elementos de la red existente, determinando que funciona en los volúmenes adecuados, encontrando pérdidas significativas en el área cercana al reservorio, dado que los elementos analizados cumplieron su periodo de vida según diseño.

Anisha, Kumar, Ashok y Suvarna (2016), determino que la red no es adecuada para cubrir la demanda en un futuro, discrepa con los resultados del análisis de Ilabaya. Porque la red cumple con lo parámetros técnicos de diseño, sin embargo, por antigüedad de la red se presentan perdidas de carga.El nuevo diseño optimizado permitirá al distrito de Ilabaya, cubrir las demandas futuras, con cantidad, calidad, oportunidad, y económicamente viable.

Objetivo específico 1: analizar, diagnosticar e Identificar los elementos de la red de distribución de agua potable existente y su funcionamiento en la actualidad en Ilabaya-Tacna 2021.

En un estudio referente al desarrollo de modelamiento hidráulica de red de distribución, Bravo (2017); en relación a los resultados se obtuvo un cuadro de tuberías, en la que se pudo observar los caudales y sus velocidades de flujo que recorren en una hora de mayor demanda, realizando el modelamiento con el programa EPANET, por último se concluyó que de la verificación en el sitio materia de análisis, la presión no cumple las normas establecidas dándonos un presión de 3.84 m.c.a y una velocidad de 0.03 m/seg cambiado el diámetro de la tubería se verificó que la presión de agua al Sitio Guarumal 1 aumento debido al diámetro colocado dando una solución al problema.

En esta investigación, se obtuvo velocidades bajas e inferiores a lo recomendado por la norma técnica RM 193 2018 VIVIENDA, esto se debe a que se recomienda en primer orden diámetros mínimos en redes principales y redes secundarias, y el caudal es pequeño relativo a ese diámetro. Este no representa un problema porque en campo la tubería circula a tubo lleno y se colocan válvula de purga al final de la red. Por ende, se asegura el buen funcionamiento y se impide la acumulación de sedimentos.

Al diagnosticar red de agua potable existente y su funcionamiento en la actualidad, En concordancia con Bravo (2017), al utilizar simuladores hidráulicos que ayudan al usuario a desarrollar el análisis de los sistemas de agua con agilidad, sin embargo diferimos en el uso de la herramienta utilizada, determinamos que el programa EPANET es menos amigable al usuario y por eso el trazo de líneas, nodos, VRP, reservorios es laborioso, frente al WATERCAD, que es amigable con el usuario y es compatible con otras herramientas de ingeniería que hacen sencillo el trazo de tuberías, nodos, etc.

Objetivo específico 2: establecer la mejor alternativa de diseño calibrado que cumpla con las restricciones mediante modelación y simulación hidráulica la red de agua de proyectada en Ilabaya Tacna 2021.

Florián (2017) plantea una propuesta de optimización para el diseño de red de distribución de agua, en relación a los resultados se tiene en referencia a la red de distribución, presenta presiones iguales o mayores a las presiones mínimas en los nudos evaluados, cumpliendo de esta forma los objetivos del proyecto, mejorando los índices de abastecimiento correspondiente al agua potable y la presión del servicio de agua para la ciudadanía. El programa EPANET fue usado en este caso.

En la presente investigación desarrollo un modelamiento hidráulico, con la finalidad de encontrar la mejor propuesta que cumpla con las restricciones y normas de diseño.

Florián (2017) indica que su red de distribución de agua presenta problemas de presiones negativas, y de antigüedad, por lo que perjudica la calidad de vida de la población, encontrando coincidencias con la red de distribución de Ilabaya, al presentar características similares, por lo que se busca una mejora del sistema de red de distribución que cubra las demandas e insatisfacción de la población.

Objetivo específico 3: generar una propuesta de optimización para la red, para garantizar la mejora del servicio mediante modelación y simulación hidráulica que cumplan con el Reglamento Técnico al menor costo y de confiabilidad en Ilabaya Tacna 2021.

Vera (2018), indica que los métodos computacionales convencionales son útiles para el análisis del comportamiento hidráulico, los cuales coinciden en resultados y demuestran que la red de distribución de agua potable, presenta tuberías y nudos que no satisfacen los requerimientos hidráulicos que exige la normativa y por ende tiene mal funcionamiento como sistema integrado, estos efectos negativos pueden ser corregidos a través de un diseño optimizado. Solo el software WaterCAD posee algoritmos directos para plantear un diseño óptimo, sin embargo, Epanet y WatDIS también pueden presentar un diseño óptimo, pero con herramientas adicionales no propias del programa y por último se concluyó que la variación porcentual promedio comparativa en resultados de cálculos es de 3.92% en relación de WaterCAD y Epanet, y de 0.53% entre WaterCAD y Watdis, lo cual demuestra que los resultados son muy próximos y válidos entre sí.

En nuestra investigación los resultados de modelamiento optimizado con el software WaterGEMS, podemos obtener resultados más didácticos y mayor información, por otro lado, con el software Epanet podemos obtener un costo relativamente menor.

Esto se debe a que el software Epanet, propone un diámetro menor es decir 1" y $\frac{3}{4}$ " por otro lado el software WaterGEMS 1 $\frac{1}{4}$ " y 1" en los tramos 1 (1), 5, 7, 28 y 37, por consiguiente, resultando en un costo menor.

VI. CONCLUSIONES

- Realizado el análisis hidráulico, el diagnóstico e identificación de los elementos de la red de distribución existente del distrito de Ilabaya, se aprecia que no se cumple con la presión mínima de $P=10$ mca, Se obtuvo velocidades bajas e inferiores a lo RECOMENDADO por la norma técnica RM 193 2018 VIVIENDA, esto se debe a que se recomienda en primer orden diámetros mínimos en redes principales y redes secundarias, y el caudal es pequeño relativo a ese diámetro. Este no representa un problema por que

en campo la tubería circula a tubo lleno y se colocan válvula de purga al final de la red. Por ende, se asegura el buen funcionamiento y se impide la acumulación de sedimentos.

- En el desarrollo del modelo de simulación digital de la red calibrada se tuvieron que tomar decisiones ya que no se conoce a cabalidad la red, este fue un proceso arduo por la falta de información como: caudales diarios, accesorios en la red y otros factores que afectan la calibración del modelo, para esto es importante contar con datos más precisos de la red para así mejorar el modelo y que este sea cada vez más parecido a la realidad.
- Con esta investigación se desea mejorar el servicio de la red de distribución de agua del Municipio Distrital de Ilabaya, mejorando presiones de servicio y el funcionamiento de la misma, esto se hizo por medio de un modelo y simulación hidráulica que propone algunos cambios en la red para mejorarla.
- Para poder hacer la modelación se tuvo que tomar decisiones en el modelo, como el cierre de algunos tramos (pipe), ya que la información de la red en su mayoría es por memoria histórica de los trabajadores y estos no saben si hay válvulas en funcionamiento y muchas de ellas no se sabe el lugar donde se encuentran ubicadas.
- Con el fin de mejorar la presión del servicio y reducir la tasa de caída de agua, se generó un modelo digital optimizado de la red de distribución de agua en el Distrito de Ilabaya -Tacna, que se desarrolló en el programa WaterGems y EPANET. Se espera que, a través de la optimización del modelo digital, pueda ayudar a la toma de decisiones para mejorar sus operaciones en la Municipalidad Distrital de Ilabaya entidad que administra el suministro de agua.
- Como se puede observar en los cuadros de resultados de modelamiento optimizado con el software WaterGEMS, podemos obtener resultados más didácticos y mayor información, por otro lado, con el software Epanet podemos obtener un costo relativamente menor, esto se debe a que el software Epanet, propone un diámetro menor es decir 1" y $\frac{3}{4}$ " por otro lado el software WaterGEMS 1 $\frac{1}{4}$ " y 1" en los tramos 1 (1), 5, 7, 28 y 37, por consiguiente, resultando en un costo menor con el diseño optimizado del software Epanet se obtiene un costo mínimo, de s/ 11,197.28 soles, los

diámetros de las tuberías varían entre 1 ¼" y ¾", siendo la presión mínima 10.57 mca y la presión máxima 32.16 mca, los cuales se encuentran dentro de las recomendaciones dadas para el diseño de redes de distribución de agua. El software Epanet es menos amigable al usuario y por ello el trazo de líneas, nodos, VRP; Reservorio es bastante trabajoso.

- El software Epanet tiene una herramienta más sencilla para realizar el modelamiento optimizado. El software WaterGems es bastante amigable con el usuario, y tiene compatibilidad con muchos softwares de ingeniería tales como Autocad, Arcgis, etc. Que hacen bastante sencillo el trazo de tuberías, nodos, etc. La herramienta de diseño optimizado del software WaterGEMS tiene unos datos más para el cálculo lo que hace que el software Epanet sea más sencilla en esta parte.
- En tal sentido como parte de la discusión de resultados se concluye, que la presente investigación cumplió con los objetivos planteados, toda vez que logró generar obtener un diseño de la red de distribución de agua optimizado con un mínimo costo, teniendo en cuenta las restricciones las consideraciones de diseño, de donde se detalla que los logros más resaltantes son un trazo oportuno y proponer el cambio de la red por el vencimiento de su periodo de diseño, lo que aportara en beneficio del servicio a la población del distrito de Ilabaya capital.
- (precisar los logros más destacados de tu trabajo), lo cual aunado con la validación de expertos que dio como resultados suficientes obteniendo un promedio de 18,33 siendo suficiente, lo que demuestra que el presente trabajo ha cumplido con aportar en el conocimiento científico en relación a las variables de estudio análisis hidráulicos y diseño optimizado lo cual es concordante con los autores antes citados que precisan.

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que la construcción de este diseño se desarrolle con personal capacitado y con experiencia en el rubro de saneamiento para así poder cumplir con las especificaciones técnicas que todo proyecto debe cumplir según el Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Verificar mediante una prueba hidráulica las presiones en las conexiones domiciliarias, esta permitirá comprobar que el agua llegue a cada vivienda de Distrito de Ilabaya Capital.
- Se sugiere realizar un trabajo orientado al análisis del comportamiento poblacional de las zonas rurales, pues como se pudo evidenciar las proyecciones poblacionales utilizando los diferentes métodos, mostraron decrecimiento, por lo que éste puede ser un tema de investigación que permita determinar la razón de este decrecimiento.
- El uso de herramientas informáticas es bastante ayuda para el proyectista, sin embargo, si la información de campo no es precisa las simulaciones pueden salir erróneas, por lo que se recomienda la especialización del de los proyectistas, así como actualizarse constantemente durante su desarrollo profesional.

REFERENCIAS

Comisión Nacional del Agua. (2016). Manual de agua potable Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. México

Nicklow, J.; Reed, P.; Savic, D.; Dessalegne, T.; Harrell, L.; Chan-Hilton, A.; Karamouz, M.; Minsker, B.; Ostfeld, A.; Singh, A.; Zechman, E. (2010) "State of the art for genetic algorithms and beyond in water resources planning and management". Journal of water resources, planning and management. Julio/agosto 2010.

Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (2020). Informe técnico "Condiciones de vida en el Perú", Lima

Oxfam (2020). Entre 7 a 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable. Disponible en: <https://peru.oxfam.org/qu%C3%A9-hacemos-ayuda-humanitaria/entre-7-y-8-millones-de-peruanos-no-tienen-acceso-agua-potable>.

Organización de las Naciones Unidas (2015). Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015, 12 de agosto de 2015. Recuperado de: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85>

Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento (12 de enero de 2018). Perú aborda la problemática sobre saneamiento en Tacna. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/sunass/peru-aborda-problematica-saneamiento-distintos-puntos-pais>

Wurbs R (1993) Reservoir-System Simulation and Optimization Models. J Water Resour Plan Manag 119, 455-472

Haestad (2009): "User's manual WaterCAD 8.0", Water Distribution Modeling & Management Software. Haestad Methods, USA. <http://www.bentley.com>

Rossman, L. (2001): "EPANET 2.0 User's Manual". Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268

<https://jeffreydiaz.files.wordpress.com/2008/08/disen-agua-potable.pdf>

Saldarriaga, Juan (2016). Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua, redes y riegos. Bogotá, Colombia: Alfaomega.

Saldarriaga, Juan, (2007) Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riegos [en línea]. S.I.: Marcombo. ISBN 9789586826808. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=-76BPgAACAAJ>.

AGÜERO, Roger (1997). Agua potable para Poblaciones Rurales Sistemas de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento. Lima, Perú: Servicios Educativos Rurales (SER).

Arocha, Simón (1977) Teoría y Diseño de Abastecimiento de Agua, Caracas, Venezuela.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (2016). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacán, México.

EPA, 2006. EPANET 2. Manual de usuario. En: NULL, Media [en línea], vol. 806, no. Enero, pp. 1-92. Disponible en: <http://epanet.info/manuales/epanet-2-manual-de-usuario-espanol/>.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

(CRA), 2007. Proyecto de reducción de pérdidas de agua potable y reforma del marco regulador - Informe Final. En: NULL [en línea], no. 239.

ARAÚJO GUTIERREZ, J.C., 2011. Modelación hidraulica. En: NULL, Bentley Communities [en línea]. [Consulta: 15 febrero 2017]. Disponible en: http://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrez_blog/archive/2011/05/19/historia-de-los-metodos-de-analisis-y-modelos-computacionales-para-analisis-de-redes-de-distribucion-a-presi-211-n.

Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2012). Introducción a la hidrogeología del Ecuador. Quito.

IEOS. (1993). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito.

Burbano, G. (1993). Criterios básicos de diseño para sistemas de agua potable yalcantarillado. Quito.

Florián Pulido Shanel Badini (2017) La tesis titulada “Propuesta de optimización del servicio de la red de distribución de agua potable -rdap- del Municipio de Madrid, Cundinamarca **-Colombia**” de la Universidad Católica de Colombia.1|

De la Cruz Rojas Rodrigo Alonso (2020) en su tesis de titulación” Watergems frente al diseño convencional de redes de agua para la ciudad de Querecotillo” Piura.

Torres Guerra Flor Marilin (2019) la tesis de titulación “Comportamiento hidráulico de flujos y mejoramiento en redes de distribución de agua potable, distrito San Marcos Región Ancash “Lima.

Huayara Yalli Judith y Layme Crispín Oscar (2018) La tesis de titulación” comparación de atributos del softwar´s python con watercad – sewerCAD, en el diseño de suministro de agua potable en el centro poblado de Silva -Acoria – Huancavelica”

Pérez, Rafael, y otros. 2004. Análisis del comportamiento hidráulico de la red de abastecimiento de la ciudad de Córdoba mediante EPANET. [En línea] 2004. <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2011/pdf/p510.pdf>.

Plinco. 2019. Ingeniería de Redes Hidráulicas. Así funciona una red Hidráulica. [En línea] 15 de febrero de 2019. <https://www.plinco.com.co/2019/02/asi-funcionauna-red-hidraulica>.

Rodriguez, Claudia. 2013. Modelación hidráulica del sector 2 del sistema de distribución de la ciudad de Tunja-Boyacá como estrategia operativa. Tesis de grado Universidad católica de Colombia. [En línea] 2013.

Rondan, Enrique. 2016. Estado del arte de la calibración de modelos hidráulicos. Modelado de fugas con Epanet. Dep. Ingeniería Energética Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. [En línea] 2016.

Rossmann, L.A. 1995. The EPANET water quality model. [En línea] 1995.

<https://www.osti.gov/biblio/111537>.

Vierendel (2009). ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO. Recuperado de <https://es.slideshare.net/victorflaviomanriquezuniga/abastecimiento-deagua-y-alcantarillado-vierendel> [Consulta: 20 de octubre del 2017].

Anexo N°1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: “Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021.

AUTOR: LAZO NIETO, Brenda Mirella

	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
GENERAL	¿Cuál es el análisis hidráulico y el diseño optimizado de red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna 2021?	Realizar el Analisis hidráulico de la red existente y diseñar un modelo hidráulico optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna 2021.	El modelamiento y la simulación hidráulica (softwares) permitirá analizar la red de distribución existente y diseñar un modelo optimizado de la red de distribución proyectada Ilabaya en Ilabaya-Tacna 2021	Análisis Hidráulico	Caudal	<ul style="list-style-type: none"> • Población • Volumen /tiempo (m3) • Máximo diario (l/s) • Máximo horario (l/s) • Perdida de carga 	1.- Método de investigación: Método Inductivo Descriptivo
					Velocidades	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad mínima: 0.6 m/s • Velocidad máxima; 3 m/s 	2.-Diseño de investigación: No Experimental
					Presiones	<ul style="list-style-type: none"> • Presión mínima 10 m.c.a. • Presión Máxima 50 m.c.a. • Cota de terreno 	
OBJETIVOS ESPECIFICOS	¿Cuál es el Análisis hidráulico de los elementos de la red de distribución existente obtenido mediante modelación y simulación hidráulica en Ilabaya – Tacna, 2021?	Analizar, diagnosticar e Identificar los elementos de la red de distribución de agua potable existente y su funcionamiento en la actualidad en Ilabaya-Tacna 2021.	El Análisis Hidráulico permitirá la Verificación y funcionamiento de la red de distribución de agua potable existente de más de 40 años en Ilabaya-Tacna 2021.		Características físicas de tubería	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetros mínimos(mm) • Longitud de tubería (ml) • Clasificación de tubería (clase) • Material de la tubería. 	3.-Enfoque de investigación: Cuantitativo
	¿Cuál es el diseño hidráulico calibrado obtenido con el método del gradiente de la red de distribución de agua proyectada mediante modelación y simulación hidráulica - Ilabaya – Tacna, 2021?	Establecer la mejor alternativa de diseño calibrado que cumpla con las restricciones mediante modelación y simulación hidráulica la red de agua de proyectada en Ilabaya Tacna 2021.	El diseño calibrado de la red de distribución de agua proyectada mediante modelamiento y simulación hidráulica permitirá cumplir con las demandas requeridas en Ilabaya-Tacna 2021.	Diseño Optimizado	Método del Gradiente (WaterCAD,EPAN ET)	<ul style="list-style-type: none"> • Presión mínima 10 m.c.a. • Presión Máxima 50 m.c.a. • Velocidad Máximo=0.6m/s • Velocidad Mínima=0.3m/s • Diámetro 	5.-Nivel de investigación Explicativo
	¿Cuál será el diseño Optimizado de las redes de distribución rural de agua mediante modelación y simulación hidráulica en Ilabaya - Tacna -2021?	Generar una propuesta de optimización para la red, para garantizar la mejora del servicio mediante modelación y simulación hidráulica que cumplan con el Reglamento Técnico al menor costo y de confiabilidad en Ilabaya Tacna 2021.	El diseño optimizado de la red de distribución de agua proyectado permitirá que sea de utilidad para la gestión exitosa del servicio encontrar relaciones entre diseño óptimo y parámetros de diseño en Ilabaya-Tacna 2021.		Algoritmos genéticos WATERGEMS/EP ANET	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetros mínimos(mm) • Velocidad Máximo=0.6m/s • Velocidad Mínima=0.3m/s • Costos • Confiabilidad 	6.-Población y muestra Constituido por las redes de distribución de agua de Ilabaya
					Presión	<ul style="list-style-type: none"> • Presión mínima 10 m.c.a. • Presión Máxima 50 m.c.a 	

Anexo N°2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO: "Análisis hidráulico y diseño optimizado de redes de distribución rurales de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna- 2021.

AUTOR: LAZO NIETO, Brenda Mirella

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Análisis Hidráulico	El Análisis hidráulico es el transporte de un fluido que experimenta el sistema de tuberías. (Comisión Nacional del Agua, 2016)	Analiza el comportamiento hidráulico de una red de distribución de agua potable, considerando el diámetro, presiones y longitudes de las tuberías que lo constituyen.	Caudales	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen /tiempo • Demanda 	razon
				Velocidades	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad mínima • Velocidad máxima 	razon
					<ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de Rugosidad 	razón
					<ul style="list-style-type: none"> • Dotación de suministro 	razón
					<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de tuberías 	razón
				Presiones	<ul style="list-style-type: none"> • Presión mínima 	razon
					<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas de carga • Cota de terreno 	nominal intervalo
Diámetros	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetros mínimos • Caudal 	intervalo intervalo				
DEPENDIENTE	Diseño Optimizado	La optimización de un sistema de recursos hídricos conlleva el reparto de los recursos, desarrollo de estrategias de regulación de caudales y reglas de operación de embalses, y toma de decisiones en base a las reglas de operación definidas (Wurb, 1993)	Analiza la optimización del recurso hídrico maximizando el beneficio, minimizando costes y suministrando a la demanda	Presión	<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de cargas 	intervalo
					<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro 	intervalo
					<ul style="list-style-type: none"> • Caudal 	intervalo
				Velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro 	intervalo
					<ul style="list-style-type: none"> • Caudal 	intervalo
					<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de carga 	intervalo
					<ul style="list-style-type: none"> • Material 	intervalo
				Costo	<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de carga 	Nomina
					<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro 	razon
					<ul style="list-style-type: none"> • Material 	nominal

Anexo N°3
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo Luz Loyola Cruz Identificado con DNI N°
00794442 CIP N° 90429 de profesión **INGENIERO CIVIL**, en ejercicio, que
 en la actualidad me encuentro laborando como Inspector de Obras

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación
 el instrumento de evaluación y cálculos realizados, para el informe de investigación del:

Bach. Brenda Mirella Lazo Nieto (DNI N° 29608769).

Para el sustento del INFORME DE INVESTIGACIÓN titulada “Análisis
 hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante
 modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021”, el cual será presentado
 a la Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte; para la obtención del título profesional de
 ingeniería civil.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes
 apreciaciones.

CONCEPTOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Ítems				x
Sustento Técnico en Datos				x
Aplicación de Conocimientos			x	
Claridad y Precisión en Resultados				x
Cálculos Dinámicos			x	

Nota. 19



Luz Loyola Cruz
 CIP: 90429
 ING. CIVIL

Firma del Experto Informante.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

N°	DIMENSIONES / Items	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
19	¿La presión que se presenta en la línea de distribución cumplirá la norma técnica para garantizar el sistema de agua?	x		/		/		
20	¿La velocidad que se presentan en la red de distribución cumplirá la norma técnica para garantizar el sistema de agua?	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Ninguna

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg/Ing: José M. Borjelo Cruz DNI: 503012342

Especialidad del validador: Inspector de Obra

07 de Julio del 2021

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planeados son suficientes para medir la dimensión


 J. M. BORJELO CRUZ
 CTR: 50439
 ING. CIVIL

Firma del Experto Informante.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo MARCO ANTONIO ROJAS PÉREZ, Identificado con DNI N° 4.086.9900 CIP N° 117.047 de profesión **INGENIERO CIVIL**, en ejercicio, que en la actualidad me encuentro laborando como INGENIERO CIVIL - RESIDENTE

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de evaluación y cálculos realizados, para el informe de investigación del:

Bach. Brenda Mirella Lazo Nieto (DNI N° 29606769).

Para el sustento del INFORME DE INVESTIGACIÓN titulada “**Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021**”, el cual será presentado a la Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte; para la obtención del título profesional de ingeniería civil.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

CONCEPTOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Items				X
Sustento Técnico en Datos			X	
Aplicación de Conocimientos				X
Claridad y Precisión en Resultados				X
Cálculos Dinámicos				X

Nota.18.....



MARCO ANTONIO ROJAS PEREZ
INGENIERO CIVIL
Firma del Experto Informante.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

N°	DIMENSIONES / Items	Pertinencia*		Relevancia*		Claridad		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
19	DIMENSION 3: Presión ¿La presión que se que se presenta en la línea de distribución cumplirá la norma técnica para garantizar el sistema de agua?	x		x		x		
20	DIMENSION 4: Velocidad ¿La velocidad que se presentan en la red de distribución cumplirá la norma técnica para garantizar el sistema de agua?	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE PARA VALIDAR LAS DIMENSIONES

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg/Ing: MARCO ANTONIO ROJAS PEREZ DNI: 10.86.99.00

Especialidad del validador: CONSULTOR EXTERNO

07 de Julio del 2021



MARCO ANTONIO ROJAS PEREZ
Firma del Experto Informante.

*Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
 *Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
 *Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo SAMUEL RICHARDO CATARI PACCORICUNA, Identificado con DNI N° 43125487 CIP N° 140495 de profesión **INGENIERO CIVIL**, en ejercicio, que en la actualidad me encuentro laborando como CONSULTOR EXTERNO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de evaluación y cálculos realizados, para el informe de investigación del:

Bach. Brenda Mirella Lazo Nieto (DNI N° 29606769).

Para el sustento del INFORME DE INVESTIGACIÓN titulada "**Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021**", el cual será presentado a la Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte; para la obtención del título profesional de ingeniería civil.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

CONCEPTOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de Items				X
Sustento Técnico en Datos				X
Aplicación de Conocimientos				X
Claridad y Precisión en Resultados				X
Cálculos Dinámicos			X	

Nota 18



Samuel R. Catari Paccoricuna
INGENIERO CIVIL
DNI CIP N° 140495

Firma del Experto Informante.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

N°	DIMENSIONES / Items	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
19	DIMENSION 3: Presión ¿La presión que se presenta en la línea de distribución cumplirá la norma técnica para garantizar el sistema de agua?	x	X	X		X		
20	DIMENSION 4: Velocidad ¿La velocidad que se presentan en la red de distribución cumplirá la norma técnica para garantizar el sistema de agua?	SI	No	SI	No	SI	No	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTES PARA VALIDAR LAS DIMENSIONES

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** **Aplicable después de corregir** **No aplicable**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg/Ing: SAMUEL RICHARD CATANI PACCORICHA DNI: 43125467

Especialidad del validador: CONSULTOR EXTERNO

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

07 de Julio del 2021


Samuel R. Catani Paccoricha
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 448495

Firma del Experto Informante.

Anexo N°4
CUADRO DE ANTECEDENTES

ANEXO 4. CUADRO DE ANTECEDENTES

ANEXO 4: PORCENTAJE DE MUESTRAS DE ANTECEDENTES													
"Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021"													
Autor: Lazo Nieto, Brenda Mirella													
N°	AUTOR	TITULO	AÑO	SOFTWARE EMPLEADO	PRESION (N/m ²)			VELOCIDAD (m/s)			CAUDAL (l/s)		
					Minima	Maxima	Promedio	Minima	Maxima	Promedio	Minima	Maxima	Promedio
1	Bravo Quezada, Adriana Lisseth (Ecuador)	"Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia el retiro, Cantón Machala, Provincia El Oro."	2017	Epanet 2.0		3,84. m.c.a			0.03 m/seg			5.36 l/s diario	
2	Florian Pulido,Shanel	Propuesta de Optimizaciondel servicio de la red de agua de distribución de agua potable -RDAP-	2017	Epanet 2.0	15 m,c.a	34.92 mc.a.		0.5 m/seg	2.0 m/seg			90 l/s	
3	Gamboa Bohorquez y Rico Rodriguez Juan	"Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua".	2020	Epanet 2.0	10 m.c.a	50 m.c.a			0.02 m/seg			150 l/s	
4	De la Cruz	"Watergems frente al diseño convencional de redes de agua para la ciudad de Querecotillo"	2020	Water Gems V8i	10 m.c.a	25 m.c.a		0.50 m/s	1.69 m/s			6.78 l/s	
5	Vera Pereyra, Domingo Martin	Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales convencionales en el Distrito de Chupaca	2018	Epanet	0.53 N/m ²	3.92 N/m ²			1.60 m/s			0.6 l/s	
6	Huayara y Layme	"Comparación de atributos del softwar's python con watercad – sewercad, en el diseño de suministro de agua potable en el centro poblado de Silva -Acoria – Huancavelica"	2018	Epanet				0.43 m/seg				90 l/s	
	Anisha, Kumar, Ashok y Suvarna	"Analysis and Design of Water Distribution Network Using EPANET for Chirala Municipality in Prakasam District of Andhra Pradesh"	2016	Epanet- PMX	12.15 N/m ²	14.56 N/m ²		0.9 m/s					
	Martínez, Iglesias, Fuertes y López	"Análisis hidráulico de la red de desechos en bucle en condiciones de flujo máximo, análisis hidráulico de redes malladas de abastecimiento en condiciones de máxima demanda"	2017	SIG y Epanet	0.67 m.c.a	32.10 m.c.a		0.6 m/s				120 l/s	
	Forero Buitrago,Gonzales	"Análisis hidrológico de la cuenca del rio Calandaima y modelamiento hidráulico para el sistema de suministro de agua para la vereda San Antonio en Apulo Cundinamarca",	2017	Epanet, Branch y LOOP	0.52 m.c.a	8.6 m.c.a		0.5 m/s	0.92 m/s			140 l/s	

Anexo N°5 PROCEDIMIENTOS

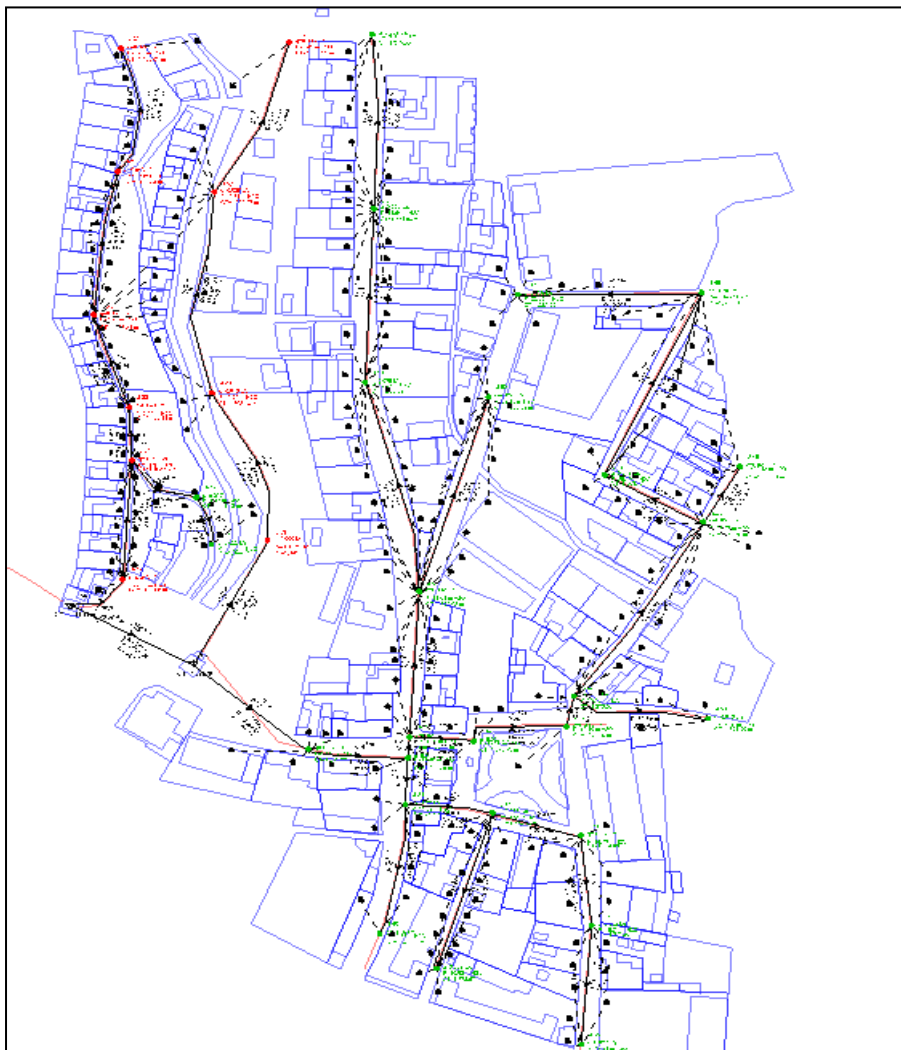
Análisis de la red de distribución de agua

Modelamiento Hidráulico de la red de agua-análisis Estático (Análisis de red existente).

Para el cálculo de la línea de distribución se ha utilizado el Software: Watercad V8i - Método de Distribución de Caudales: Customer Meter, por conexiones domiciliarias.

Se consideró como redes existentes al Material PVC-2.

Considerando como la constante de Hazen-williams $C=150$ para redes existentes.



: Modelamiento del Sistema Existente en WaterCAD

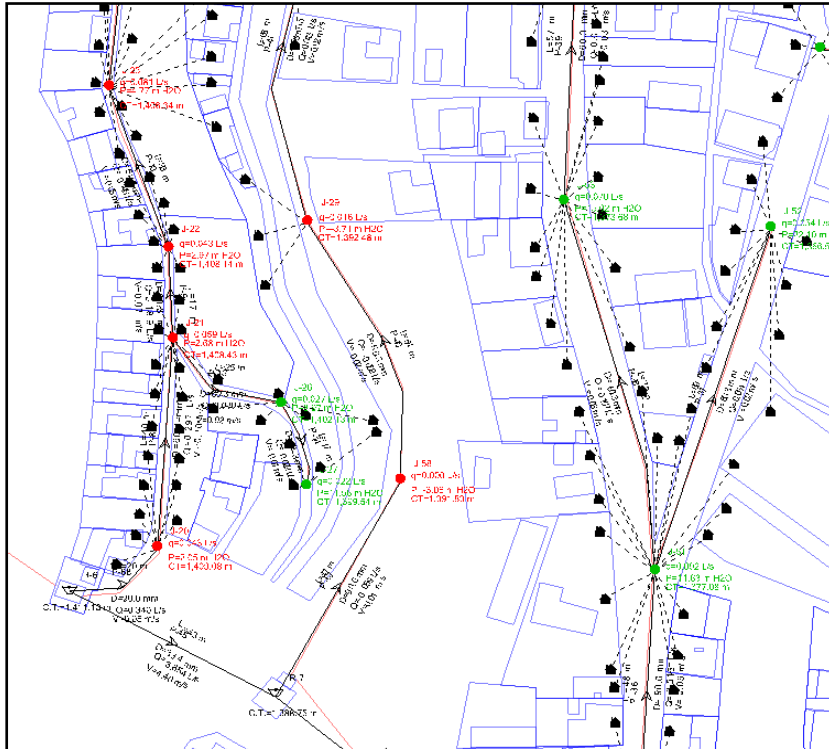
En la tabla de resultados que se presenta a continuación se aprecia que no se cumple con la presión mínima de $P=10$ mca, dichos inmuebles se encuentran a la

misma altura de los reservorios que se abastecen por tal razón hasta se tiene resultados negativos.

Presione negativas en tuberías de red existente

Tuberia	Presión (mH2O)
J-20	2.05
J-21	2.68
J-22	2.97
J-23	4.77
J-24	5.26
J-25	5.05
J-26	8.97
J-27	11.56
J-29	-3.71
J-30	5.42
J-32	9.51
J-33	11.46
J-34	11.52
J-35	13.85
J-36	14.7
J-37	16.74
J-38	17.89
J-39	15.03
J-40	10.38
J-41	11.36
J-42	12.96
J-43	14.4
J-44	15.16
J-45	26.27
J-46	28.15
J-47	22.95
J-48	28.14
J-49	25.19
J-50	16.7
J-51	11.63
J-52	22.1
J-53	15.02
J-54	14.64
J-55	13.34
J-57	-3.31
J-58	-3.06

Fuente: Elaboración propia

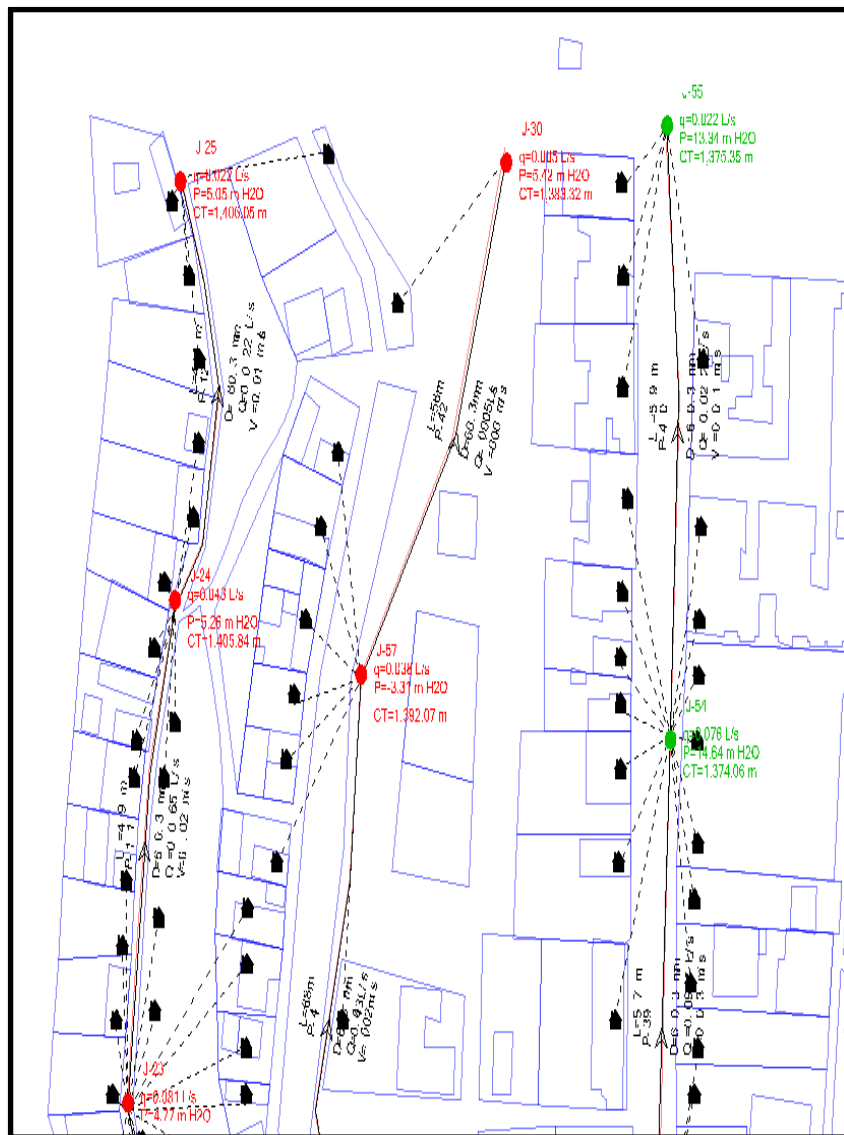


Puntos críticos ubicados en la parte superior cerca a los reservorios.



El resultado del modelo hidráulico muestra la capacidad del sistema de las redes de distribución de agua en el sector a intervenir, con lo cual se garantiza el

funcionamiento del mismo. Con los parámetros ya definidos, los resultados se resumen en la siguiente tabla:



Modelamiento Hidráulico – Diámetro

Fuente: Elaboración propia – WaterCAD V8i – Estado Actual

Diseño Hidráulico mediante modelamiento y simulación con Watercad

Se tomará en cuenta las recomendaciones siguientes:

- Se evitarán pendientes mayores del 30% para evitar velocidades excesivas, e inferiores al 0,50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.

- El trazado se ajustará al menor recorrido, siempre y cuando esto no conlleve excavaciones excesivas u otros aspectos. Se evitarán los tramos de difícil acceso, así como las zonas vulnerables.
- En los tramos que discurran por terrenos accidentados, se suavizará la pendiente del trazado ascendente pudiendo ser más fuerte la descendente, refiriéndolos siempre al sentido de circulación del agua.
- Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.
- Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.
- Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.
- Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.
- Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó WaterCAD V8i es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución), propiedad de la Empresa de Software Bentley Systems Incorporated que produce soluciones para el diseño, construcción y operación de infraestructuras en diversos campos.

Teniendo en cuenta los resultados del estado actual de presiones negativas como muestra el cuadro anterior, dadas en la parte superior del distrito sector conocido

como San Pedro, se realiza un nuevo modelamiento teniendo en cuenta estas deficiencias y abasteciendo a toda la población de Ilabaya.

Consideración del diseño proyectado (Calculo Hidráulico)

De esta manera, las consideraciones de diseño establecidas se resumen en:

- Importar los datos de ubicación de la red de tuberías desde el archivo de plano digital en AutoCAD al software de modelado hidráulico.
- Las cotas de los nodos se obtuvieron al importar el archivo con las curvas de nivel de la zona.
- El reservorio se ubicó en la parte oeste del proyecto, lo cual proporciona una altura suficiente para realizar la distribución del agua por gravedad.
- Dentro de las herramientas computacionales utilizadas, se estableció que los cálculos de las pérdidas de presión por fricción sean realizados por el método de Hazen – Williams, con un coeficiente de 150, característico de las tuberías de PVC.
- El gasto de caudal en cada nodo se obtuvo de aplicar el método de la longitud equivalente (Anexo 6), el cual reparte el caudal máximo horario en proporción a la longitud de la tubería que alimenta dicho nodo.
- El diámetro mínimo utilizado en la red de distribución corresponde a una tubería de 3/4".
- La presión mínima en cada nodo de la red no debe ser menor de 5 m.c.a., ni mayor a 60 m.c.a.
- La velocidad máxima del fluido se establece en 3 m/s, y en ningún caso debe ser menor de 0.30 m/s.

Periodo de Diseño

La población de diseño, la cual se debe determinar tomando en cuenta los datos del último censo y la tasa de crecimiento poblacional.

Periodos de diseño para infraestructura sanitaria

Estructura	Periodo de diseño
Fuente de abastecimiento	20 años
Obra de captación	20 años
Pozos	20 años
Planta de tratamiento de agua para consumo humano	20 años
Reservorio	20 años
Líneas de conducción y distribución	20 años
Estación de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	10 años
Unidad básica de saneamiento (arrastre hidráulico)	10 años
Unidad básica de saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

Fuente: RM N° 192-2018/VIVIENDA Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (2018).

Calculo de la Población futura

El periodo de diseño, que se considera en base a la vida útil de las estructuras y equipos.

ITEM	LOCALIDAD	2007	2017	2021
1	ILABAYA	425	301	348
	RATIO	-2.92	3.90	
	TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO CALCULADA			0.49
	TASA DE CRECIMIENTO PROVINCIAL SEGUN INEI			0.9
	TASA DE CRECIMIENTO REGIONAL SEGUN INEI			1.3

2020
GUSTAVO ANTONIO PINTO ZEBALLOS

FICHA DE DATOS

GUSTAVO ANTONIO PINTO ZEBALLOS		Dirección	Calle Arica S/N
Ambito	0	Localidad	ILABAYA
Código de local	489296	Centro Poblado	Rural
Nivel/Modalidad	Primario	Área geográfica	Rural
Forma	Escolarizado	Distrito	Ilabaya
Género	Miño	Provincia	Jorge Basadre
Tipo de Gestión	Pública de gestión directa	Departamento	Tacna
Gestión / Dependencia	Sector Educación	Código de DRE o UGEL que supervisa el S. E.	230002
Directora(s)	Cuispezuza Mamani Roaño	Nombre de la DRE o UGEL que supervisa el S. E.	UGEL Jorge Basadre
Teléfono		Característica (Censo Educativo 2020)	Polidocente multigrado
Correo electrónico		Latitud	-17.41942
Página web		Longitud	-70.51243
Turno	Continuo sólo en la mañana		
Tipo de programa	No aplica		
Estado	Activo		

Fuentes de información: Padrón de Instituciones Educativas, Censo Educativo 2020, Carta Educativa del Ministerio de Educación, Unidad de Estadística Educativa y cartografía de Google Maps.

ESTADÍSTICA

Las celdas en blanco indican que la institución educativa no reportó datos o no funcionó el año respectivo.

Matrícula por grado y sexo, 2020

Nivel	Total	1º Grado	2º Grado	3º Grado	4º Grado	5º Grado	6º Grado
H	M	H	M	H	M	H	M
Primaria	28	29	3	4	10	3	2

Matrícula por periodo según grado, 2004-2020

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	29	22	28	29	37	43	45	50	48	43	42	38	52	58	45	49	57
1º Grado	7	2	5	7	6	4	6	12	7	6	6	14	13	4	11	7	
2º Grado	2	6	3	2	11	10	8	6	9	10	5	7	14	11	5	13	
3º Grado	2	1	6	2	7	11	9	6	5	9	5	10	5	8	9	11	5
4º Grado	4	4	4	4	3	7	12	8	9	4	8	5	11	5	9	11	
5º Grado	4	4	6	4	6	4	7	13	8	8	5	7	7	10	5	6	10
6º Grado	10	5	5	10	4	7	4	5	10	7	8	5	8	8	7	5	11

2020
311

FICHA DE DATOS

311		Dirección	Calle Nueva S/N
Ambito	0	Localidad	ILABAYA
Código de local	489142	Centro Poblado	Rural
Nivel/Modalidad	Inicial - Jardín	Área geográfica	Rural
Forma	Escolarizado	Distrito	Ilabaya
Género	Miño	Provincia	Jorge Basadre
Tipo de Gestión	Pública de gestión directa	Departamento	Tacna
Gestión / Dependencia	Sector Educación	Código de DRE o UGEL que supervisa el S. E.	230002
Directora(s)	Maquera Diaz Patricia Claudia	Nombre de la DRE o UGEL que supervisa el S. E.	UGEL Jorge Basadre
Teléfono		Característica (Censo Educativo 2020)	No Aplica
Correo electrónico		Latitud	-17.41942
Página web		Longitud	-70.51277
Turno	Continuo sólo en la mañana		
Tipo de programa	No aplica		
Estado	Activo		

Fuentes de información: Padrón de Instituciones Educativas, Censo Educativo 2020, Carta Educativa del Ministerio de Educación, Unidad de Estadística Educativa y cartografía de Google Maps.

ESTADÍSTICA

Las celdas en blanco indican que la institución educativa no reportó datos o no funcionó el año respectivo.

Matrícula por edad y sexo, 2020

Nivel	Total	0 Años	1 Año	2 Años	3 Años	4 Años	5 Años	6 Años	7 Años
H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Inicial - Jardín	10	10	0	0	0	0	0	0	0

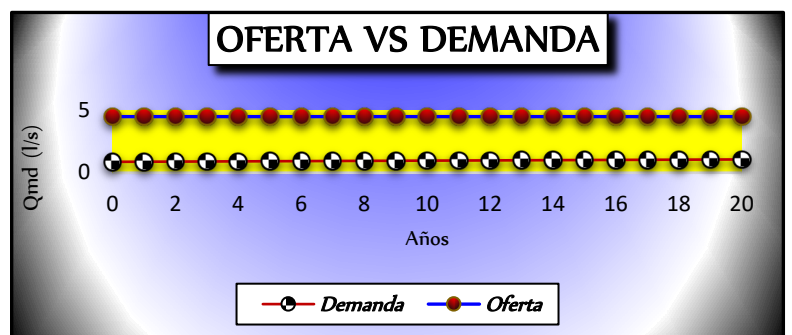
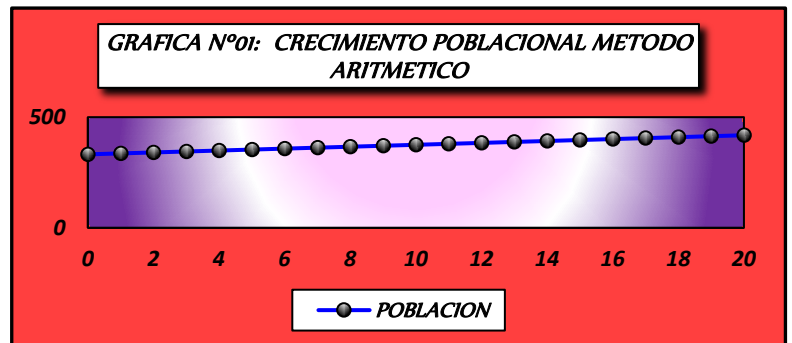
Crecimiento Poblacional

El crecimiento poblacional, que permite la estimación del número de usuarios finales durante todo el periodo de vida útil del sistema.

AÑO	Poblacion "METODO ARITMETICO"	COBERTURA (%)		Poblacion SERVIDA (hab)	CONX. DOMESTICA	CONEX. ESTATAL		CONEX. SOCIAL		CONEX. COMERCIAL		DOMESTICO		NO DOMESTICO		Qttotal (l/s)	% HF	Qp. (l/s)	Qmd. (l/s)	Qmh. (l/s)
		CONEX	OTROS MEDIOS			Re:	0,00%	Rs:	0,00%	Re:	0,00%	Qdom. (l/s)	Qest. (l/s)	Qsoc. (l/s)	Qcom. (l/s)					
2021	0	332	100,00%	0,00%	332	148	5	14	1	0,34	0,022	0,023	0,017	0,40	40%	0,67	0,87	1,34		
2022	1	336	100,00%	0,00%	336	150	5	14	1	0,35	0,022	0,023	0,017	0,41	40%	0,68	0,88	1,36		
2023	2	341	100,00%	0,00%	341	152	5	14	1	0,35	0,022	0,023	0,017	0,41	40%	0,69	0,89	1,37		
2024	3	345	100,00%	0,00%	345	154	5	14	1	0,35	0,022	0,023	0,017	0,42	40%	0,69	0,90	1,39		
2025	4	349	100,00%	0,00%	349	156	5	14	1	0,36	0,022	0,023	0,017	0,42	40%	0,70	0,91	1,40		
2026	5	354	100,00%	0,00%	354	158	5	14	1	0,36	0,022	0,023	0,017	0,42	40%	0,71	0,92	1,42		
2027	6	358	100,00%	0,00%	358	160	5	14	1	0,37	0,022	0,023	0,017	0,43	40%	0,72	0,93	1,43		
2028	7	362	100,00%	0,00%	362	162	5	14	1	0,37	0,022	0,023	0,017	0,43	40%	0,72	0,94	1,45		
2029	8	367	100,00%	0,00%	367	164	5	14	1	0,38	0,022	0,023	0,017	0,44	40%	0,73	0,95	1,46		
2030	9	371	100,00%	0,00%	371	166	5	14	1	0,38	0,022	0,023	0,017	0,44	40%	0,74	0,96	1,48		
2031	10	375	100,00%	0,00%	375	167	5	14	1	0,39	0,022	0,023	0,017	0,45	40%	0,75	0,97	1,49		
2032	11	379	100,00%	0,00%	379	169	5	14	1	0,39	0,022	0,023	0,017	0,45	40%	0,75	0,98	1,51		
2033	12	384	100,00%	0,00%	384	171	5	14	1	0,39	0,022	0,023	0,017	0,46	40%	0,76	0,99	1,52		
2034	13	388	100,00%	0,00%	388	173	5	14	1	0,40	0,022	0,023	0,017	0,46	40%	0,77	1,00	1,53		
2035	14	392	100,00%	0,00%	392	175	5	14	1	0,40	0,022	0,023	0,017	0,46	40%	0,77	1,01	1,55		
2036	15	397	100,00%	0,00%	397	177	5	14	1	0,41	0,022	0,023	0,017	0,47	40%	0,78	1,02	1,56		
2037	16	401	100,00%	0,00%	401	179	5	14	1	0,41	0,022	0,023	0,017	0,47	40%	0,79	1,03	1,58		
2038	17	405	100,00%	0,00%	405	181	5	14	1	0,42	0,022	0,023	0,017	0,48	40%	0,80	1,04	1,59		
2039	18	410	100,00%	0,00%	410	183	5	14	1	0,42	0,022	0,023	0,017	0,48	40%	0,80	1,05	1,61		
2040	19	414	100,00%	0,00%	414	185	5	14	1	0,42	0,022	0,023	0,017	0,49	40%	0,81	1,06	1,62		
2041	20	418	100,00%	0,00%	418	187	5	14	1	0,43	0,022	0,023	0,017	0,49	40%	0,82	1,06	1,64		

Análisis de la oferta y demanda

AÑO	OFERTA	DEMANDA
0	4,50	0,87
1	4,50	0,88
2	4,50	0,89
3	4,50	0,90
4	4,50	0,91
5	4,50	0,92
6	4,50	0,93
7	4,50	0,94
8	4,50	0,95
9	4,50	0,96
10	4,50	0,97
11	4,50	0,98
12	4,50	0,99
13	4,50	1,00
14	4,50	1,01
15	4,50	1,02
16	4,50	1,03
17	4,50	1,04
18	4,50	1,05
19	4,50	1,06
20	4,50	1,06



Calculo de dotación

La dotación de agua, en función de las características de la población atendida, pudiendo diferenciar entre régimen rural, urbano e industrial.

Tabla de cálculo de dotación en función de la población atendida

DESCRIPCION	UND	PAR.	DOTACION	MIN
LOZA DEPORTIVA	ASIENTO	300	6 L/P	
GOBERNACION - ILABAYA	OFIC		20 L/P	500
CASA PARROQUIAL	ASIENTO	100	6 L/P	
MERCADO	M2	297	15 L/P	
SERVICIO COMUNAL 01	OFIC		20 L/P	500
SERVICIO COMUNAL 02	OFIC		20 L/P	500
JUZGADO DE PAZ ILABAYA	OFIC		20 L/P	500
PLAZA PUBLICA	M2	732	2 L/P	
IGLESIA	ASIENTO	100	6 L/P	
SERVICIO COMUNAL 03	OFIC		20 L/P	500
AUDITORIO	ASIENTO	200	6L/P	
GIDUR	OFIC		20 L/P	500
SERVICIOS COMUNALES 04	OFIC		20 L/P	500
PARQUE JARDIN 01	M2	380	5 L/P	
I.E. GUSTAVO ANTONIO PINTO ZEBALLOS	ALUM	91	25 L/P	
I.E. N° 311 ILABAYA	ALUM	20	25 L/P	
CENTRO DE SALUD IBALAYA	CAMA	4	800 L/DIA	
PLAZA	M2	128	2 L/P	
PARQUE JARDIN 02	M2	528	5 L/P	
SERVICIOS COMUNALES 05	OFIC		20 L/P	500

Calculo de caudales y variaciones

Las variaciones de consumo diario de la localidad, las cuales obedecen a criterios de uso simultaneo del servicio, para lo cual es necesario garantizar el suministro en base a condiciones hidráulicas eficientes de caudal, velocidad, y presión.

Caudal Promedio. - La demanda de agua.

$$Q_p = \frac{Pob \times Dot}{86400}$$

$$Q_p = 0.44 \text{ l/s}$$

Caudal Máximo Diario. –

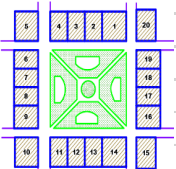
$$Q_{md} = K_1 \times Q_p$$

$$Q_{md} = 0.57 \text{ l/s}$$

Caudal Máximo Horario. –

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_p$$

$$Q_{mh} = 1.09 \text{ l/s}$$

TESIS		: "Análisis hidráulico y diseño optimizado de la red de distribución de agua mediante modelación y simulación hidráulica Ilabaya -Tacna-2021"						
UBICACIÓN		Localidad:	ILABAYA	Distrito:	ILABAYA	Provincia:	BASADRE GROH Departamento:	TACNA
FECHA DE ELABORACIÓN		: JUNIO DEL 2021						
CÁLCULO DE CAUDALES								
1 .- DATOS DEL DISEÑO								
DESCRIPCION	CANT	UND	DOCUMENTO SUSTENTATORIO					
<i>Tasa de crecimiento</i>	1.30	%	Estudio de población, Proyección Fuente: INEI - 2017					
<i>Densidad poblacional</i>	2.24	hab/viv	Fuente: Estudio de población					
<i>Numero de viviendas domesticas</i>	148	viv	 Fuente: INEI - 2017 - centros poblados					

2 .- PARAMETROS DE DISEÑO				
DESCRIPCION		CANT	UND	
Dotacion Zonas Rurales	Sin arrastre hidraulico	Costa	60	l/hab.d
		Sierra	50	l/hab.d
		Selva	70	l/hab.d
	Con arrastre hidraulico	Costa	90	l/hab.d
		Sierra	80	l/hab.d
		Selva	100	l/hab.d

Fuente : RM - 192 - 2018

3 .- CALCULO DE CONSUMO NO DOMESTICO					
3.1 .- CONTRIBUCION DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS					
CANT.	DESCRIPCION	ALUMNOS	HORAS DE CONSUMO	DOTACION (l/Al.d)	Q. consumo (l/s)
1	I.E. GUSTAVO ANTONIO PINTO ZEBALLOS	91	8	25	0.00878
1	I.E. N°311 IBALAYA	20	8	25	0.00193
2		CONSUMO TOTAL (Qnd):			0.00878

Fuente: RNE IS .010

3.2 .- CONTRIBUCION DE PARQUES JARDINES Y SIMILARES					
CANT.	DESCRIPCION	A (m2)	HORAS DE CONSUMO	DOTACION (l/m2.d)	Q. consumo (l/s)
1	PLAZA PUBLICA	732	8	2	0.00565
1	PARQUE JARDIN	380	8	5	0.00733
1	PLAZA	128	8	2	0.00099
1	PARQUE JARDIN	528	8	5	0.01019
4		CONSUMO TOTAL (Qnd):			0.00565

Fuente: RNE IS .010

3.3 .- OFICINAS Y SIMILARES					
CANT.	DESCRIPCION	OF.	MIN	DOTACION	Q. consumo
1	GOBERNACION IBALAYA	1	1	500	0.00024
1	SERVICIO COMUNAL 01	1	1	500	0.00024
1	SERVICIO COMUNAL 02	1	1	500	0.00024
1	JUZGADO DE PAZ IBALAYA	1	1	500	0.00024
1	SERVICIO COMUNAL 03	1	1	500	0.00024
1	GIDUR	1	1	500	0.00024
1	SERVICIOS COMUANLES 04	1	1	500	0.00024
1	SERVICIOS COMUANLES 05	1	1	500	0.00024
8		CONSUMO TOTAL (Qnd):			0.00024

Fuente: RNE IS .010

Fuente :elaboración propia

0.1 - CONTRIBUCION DE IGLESIAS, AUDITORIOS Y SIMILARES					
CANT.	DESCRIPCION	ASIENTOS	HORAS DE	DOTACION	Q. consumo
1	LOZA DEPORTIVA	300	8	6	0.00694
1	CASA PARROQUIAL	100	8	6	0.00231
1	IGLESIA	100	8	6	0.00231
1	AUDITORIO	200	8	6	0.00463
4	CONSUMO TOTAL (Qnd):				0.00694
Fuente: RNE IS .010					
0.1 - CONTRIBUCION DE MERCADOS					
CANT.	DESCRIPCION	M2	HORAS DE	DOTACION	Q. consumo
1	MERCADO	297	8	15	0.01719
1	CONSUMO TOTAL (Qnd):				0.01719
Fuente: RNE IS .010					
0.1 - CONTRIBUCION DE CENTRO DE SALUD					
CANT.	DESCRIPCION	CAMA	HORAS DE	DOTACION	Q. consumo
1	CENTRO DE SALUD IBALAYA	4	8	800	0.01235
1	CONSUMO TOTAL (Qnd):				0.01235
Fuente: RNE IS .010					
DESCRIPCION	CANT	Cnd	Cnd. Unitario	UND	
Estatad	5	0.02160	0.00432	l/s	
Social	14	0.02330	0.00166	l/s	
Comercial	1	0.01719	0.01719	l/s	

4 - CALCULO DE CONSUMO DOMESTICO					
FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$P_0 = \text{Dens.} \cdot N^{\circ} \text{ viv.}$	Densidad poblacional	Dens :	2.24	Hab/viv	Poblacion inicial
	Numero de viviendas	N° viv :	148	viv	
$Cd = \frac{P_0 \cdot \text{Dot.}}{86400} \text{ l/s}$	Poblacion al año "0"	P0 :	332	hab	Caudal de consumo domestico
	Dotacion	Dot:	80	l/hab.d	
	Caudal de consumo domestico	Cd :	0.31	l/s	

RESUMEN DEL CÁLCULO DE CAUDALES					
1 - DATOS DEL DISEÑO			2 - PARAMETROS DE DISEÑO		
DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE	
Tasa de crecimiento	r:	1.30	%	EST. POB.	
Densidad poblacional	D:	2.24	hab/viv	EST. POB.	
N° de viviendas	viv :	148	viv	CATASTRO	
DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE	
Dotacion	Dot:	80.00	l/hab.d	RNE OS. 0100 - 2006	
Coefficiente de Qnd	K1:	1.30	*	Fuente : RM - 192 - 2018	
Coefficiente de Qmh	K2:	2.00	*	Fuente : RM - 192 - 2018	
3 - CRITERIO TECNICO					
DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE	
% De cobertura		100	%	Criterio tecnico - Propio	
Crecimiento Estatal	Re:	0.00	%	Criterio tecnico - Propio	
Crecimiento Social	Rs:	0.00	%	Criterio tecnico - Propio	
Crecimiento Comercial	Rc:	0.00	%	Criterio tecnico - Propio	
% Perdida al año "0"	Hf. "0"	40.0	%	Criterio tecnico - Propio	
% Perdida al año "20"	Hf. "20"	40.0	%	Criterio tecnico - Propio	

Fuente :elaboración propia

Material de la tubería

Se ha establecido como material de las tuberías para el presente dimensionamiento Policloruro de Vinilo (PVC), ya que es un material liviano, fácilmente manejable y resistente. Los diámetros comerciales de la red de distribución (principales y secundarios) PVC adoptados para el cálculo óptimo son:

Diámetros comerciales de tubos para alcantarillado de PVC

DN	Longitud		CLASE 5		CLASE 6.3		CLASE 7.5		CLASE 8		CLASE 10	
			PN 5		PN 6.3		PN 7.5		PN 8		PN 10	
			Serie 20		Serie 16		Serie 13.3		Serie 12.5		Serie 10	
(mm)	Total (m)	Util (m)	e (mm)	Peso (kg/tubo)	e (mm)	Peso (kg/tubo)	e (mm)	Peso (kg/tubo)	e (mm)	Peso (kg/tubo)	e (mm)	Peso (kg/tubo)
63	6.0	5.90	(*) 1.6	2.83	2.0	3.52	(*) 2.3	4.02	2.5	4.36	(*) 3.0	5.18
75	6.0	5.89	(*) 1.9	4.00	2.3	4.82	(*) 2.8	5.82	2.9	6.02	(*) 3.6	7.39
90	6.0	5.89	(*) 2.2	5.57	2.8	7.03	(*) 3.3	8.23	3.5	8.71	(*) 4.3	10.60
110	6.0	5.88	(*) 2.7	8.35	3.4	10.45	(*) 4.0	12.21	4.2	12.79	(*) 5.3	15.96
140	6.0	5.87	(*) 3.5	13.77	4.3	16.82	(*) 5.1	19.81	5.4	20.39	(*) 6.7	25.69
160	6.0	5.85	(*) 4.0	18.00	4.9	21.93	(*) 5.8	25.77	6.2	27.48	(*) 7.7	33.75
200	6.0	5.84	(*) 4.9	27.62	6.2	34.72	(*) 7.3	40.59	7.7	42.72	(*) 9.6	52.67
250	6.0	5.81	(*) 6.2	43.76	7.7	54.01	(*) 9.1	63.36	9.6	70	(*) 11.9	81.75
315	6.0	5.77	(*) 7.7	68.58	9.7	85.83	(*) 11.4	100.12	12.1	106.02	(*) 15.0	129.92
355	6.0	5.75	(*) 8.7	87.41	10.9	108.82	(*) 12.9	127.78	13.6	134.43	(*) 16.9	165.11
400	6.0	5.74	.98	110.98	12.3	138.40	(*) 14.5	161.89	15.3	170.46	(*) 19.1	210.26

Fuente: Catálogos comerciales de fabricantes de tubos de PVC

Coefficiente de rugosidad – antigüedad

Se trabajó con las especificaciones técnicas de los catálogos de tuberías, donde para PVC se trabaja con valor de 0.015 para el coeficiente de Manning

Coefficiente de rugosidad

MATERIAL	coeficiente de Manning “n”	
	DISEÑO AÑO 0	DISEÑO AÑO 20
PVC	0.010	0.010

Fuente: Catalogo de Tuberías-Especificaciones técnicas, Equipo Técnico.

Velocidad mínima de arrastre y velocidad máxima

Se priorizo el cumplimiento de la presión según el RM N° 192-2018-VIVIENDA. En el presente proyecto se tiene el cumplimiento en la mayoría de este parámetro:

Velocidad mínima = 0.60 m/s

Velocidad máxima = 6.00 m/s

Algunos autores e investigadores del flujo del agua, consideran que para que la tubería tenga capacidad de auto limpieza y evitar la sedimentación de sólidos, en el interior del conducto se debe garantizar una velocidad mínima de arrastre igual

a 0.60 m/s. Para el diseño de las redes de Distribución de Agua Potable se utilizó la fórmula de Manning que tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \dots (2)$$

Dónde:

V = Velocidad de flujo (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Para tuberías con sección llena:

$$\text{Velocidad: } V = \frac{0,397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \dots (3)$$

$$\text{Continuidad: } Q = VA \quad \dots (4)$$

Dónde:

Q = Caudal de agua residual (m³/s)

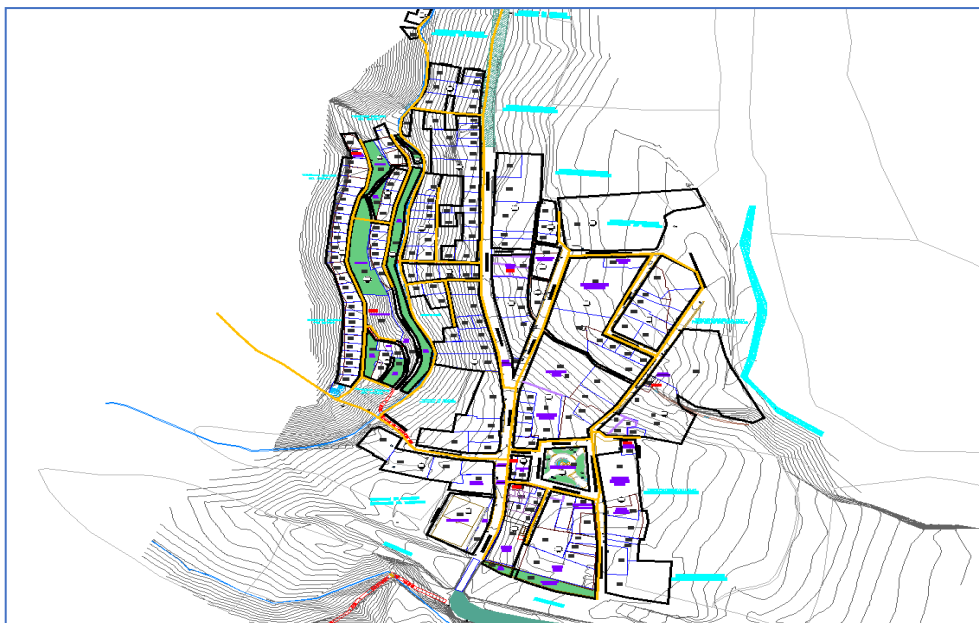
A = Área de la sección circular (m²)

$$\text{Caudal: } Q = \frac{0,312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \dots (5)$$

Trazado de la red

Para el trazado de redes se tuvo en cuenta los siguientes lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones:

- Para el trazado se consideró los posibles cruces con interferencias de servicios como líneas de agua potable proyectados, u otras obras civiles enterradas.
- Si la tubería está por debajo de las calles, la mínima profundidad de recubrimiento de tubería (entre la clave superior del tubo y la rasante de la calle) será de 1,0 m, siempre que esto sea posible. Cuando el tubo se sitúe por vereda y/o en zonas rocosas, el recubrimiento mínimo que se considero fue de 0,30 m

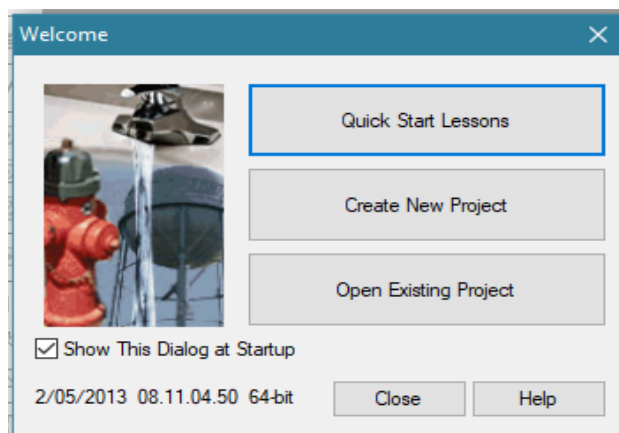


Trazado de red en AutoCAD
Fuente: Autocad

Modelamiento de la red de distribución del sistema de agua proyectada a través del softwares WaterCAD y Epanet

Una vez instalado el software se hace doble click en el icono que se encuentra en el escritorio del cómputo, al iniciar el programa se va a la opción **créate new Project** donde se procederá a una hoja de cálculo. se ha realizado haciendo uso de un programa de computador denominado WaterCAD V8i teniendo en cuenta los parámetros y criterios anteriormente indicados. Este programa de computador sirve como herramienta para la simulación de sistemas de agua incluyendo sus componentes como tuberías, entre otros.

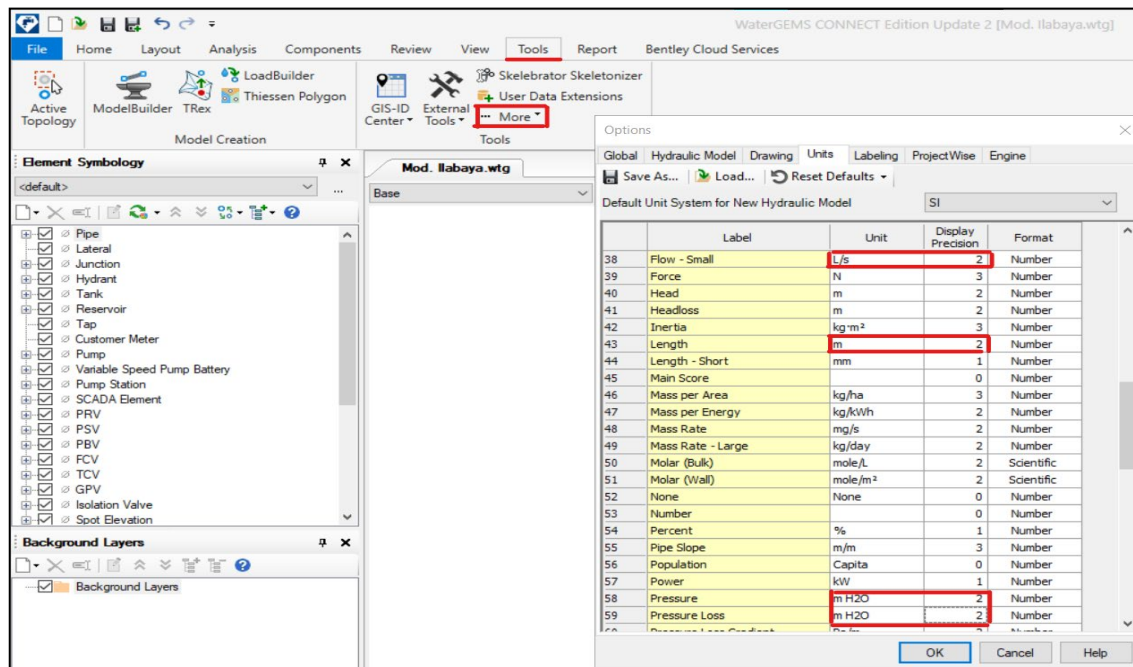
Creación del proyecto



Fuente :Elaboración propia

Configuración del modelo

Se ingresa al programa mediante el icono de acceso directo y se procede a dar clic sobre la opción *Create New Project*, donde luego se configurará las unidades, cantidad de decimales y el sistema a trabajar (Figura 12).

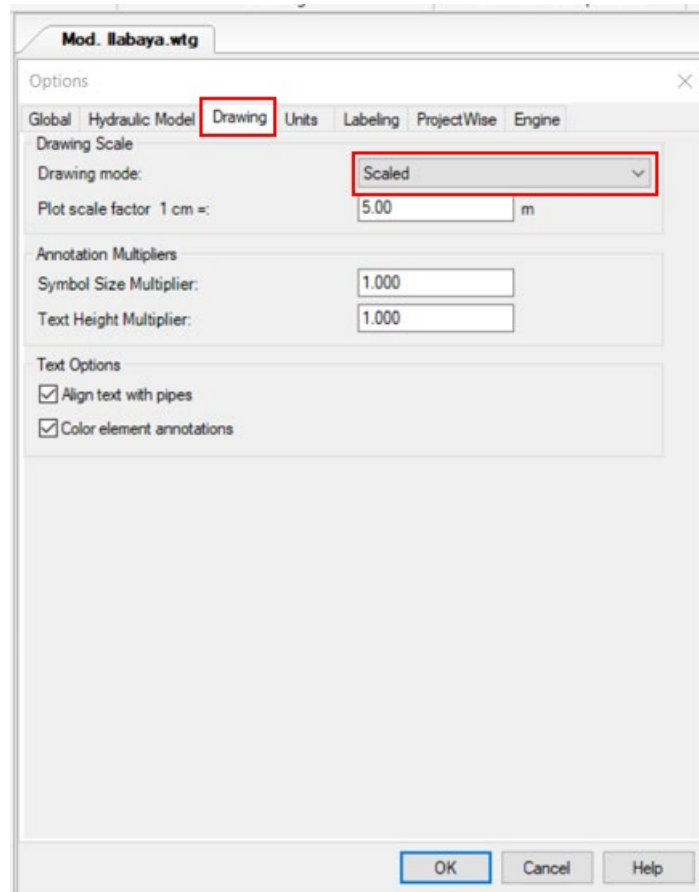


Configuración de unidades en Watercad

Fuente: Watercad.

Condiciones de dibujo

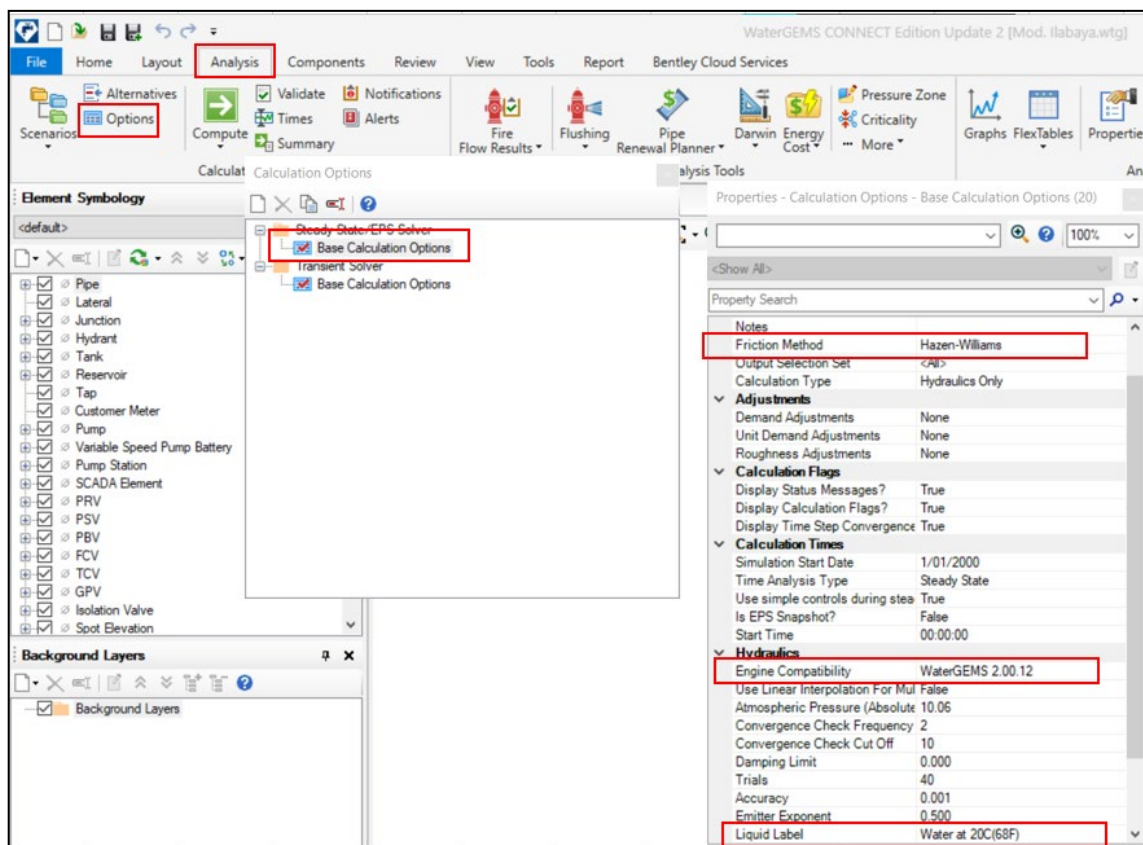
Sin cerrar esta ventana *Options*, nos dirigimos a la pestaña *Drawing* (Figura 13), en esta se definirán los campos referentes al dibujo de la red que son: La escala de dibujo, tamaño de anotación y opciones de texto.



Condiciones de dibujo en Watercad
Fuente: Watercad

Definición de las propiedades de cálculo

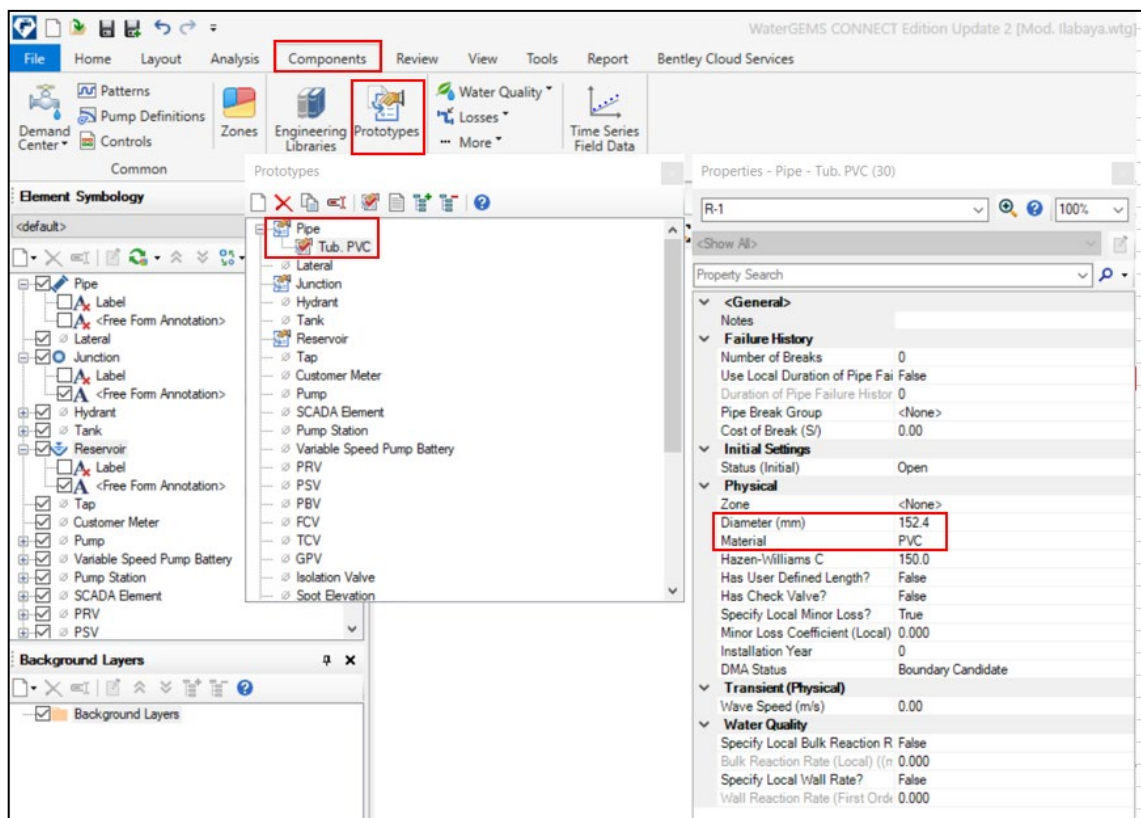
Las propiedades de cálculo, se definirán mediante el menú *Analysis* dentro de la cual se selecciona la opción *Options* (Figura 3). Dentro de esta ventana se pueden apreciar 2 carpetas con las denominaciones *Transient Solver* y *Steady State/EPS Solver* y en el interior de cada una de las carpetas aparece una calculadora. En este caso se trabajará con la carpeta denominada *Steady State/EPS Solver* y con la calculadora en su interior, permitiendo establecer los parámetros de pérdida de carga y fluido a modelar.



Propiedades de cálculo en Watercad
Fuente: Watercad

Configuración de tuberías

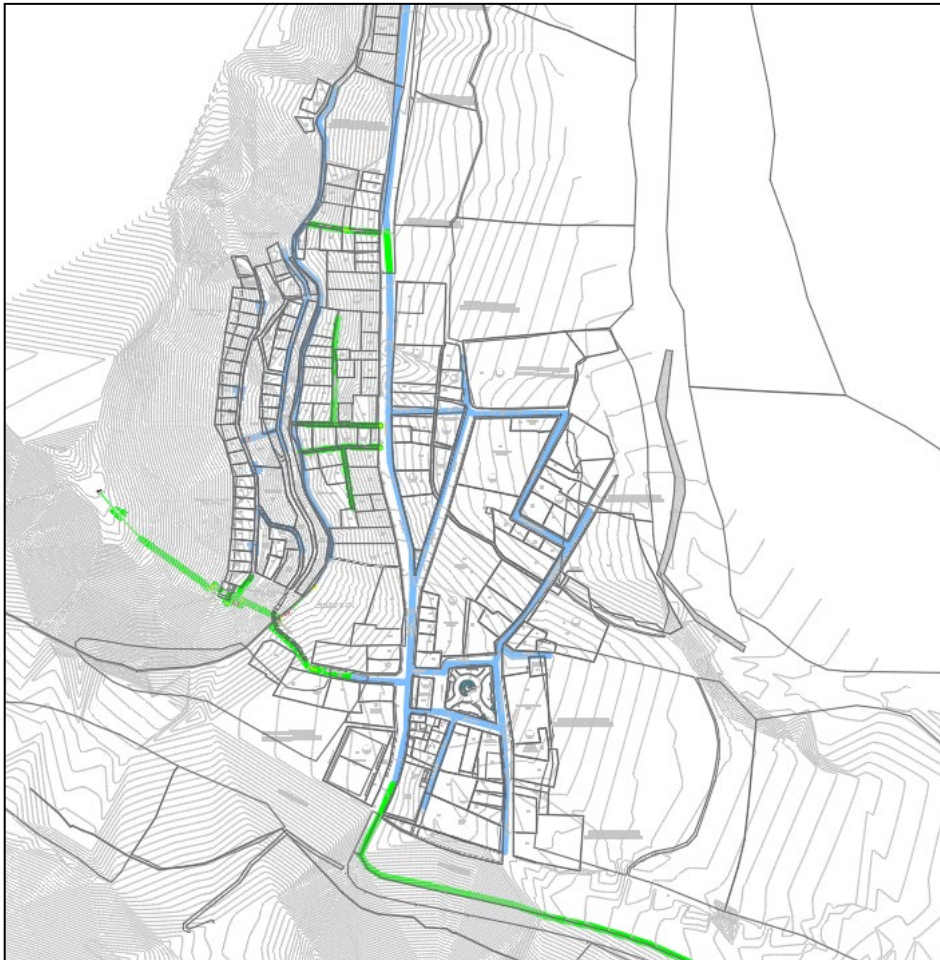
Para ingresar los trazos de las tuberías antes se debe configurar un prototipo de tubería a usar, indicado el material y diámetro interno, esto se realizará desde la pestaña de Components – Prototypes-Pipe-Properties-Material desde donde escogeremos el material desde la librería del programa.



Configuración de Prototipo de tubería
Fuente: Autocad.

Definición de topografía y configuración de Red

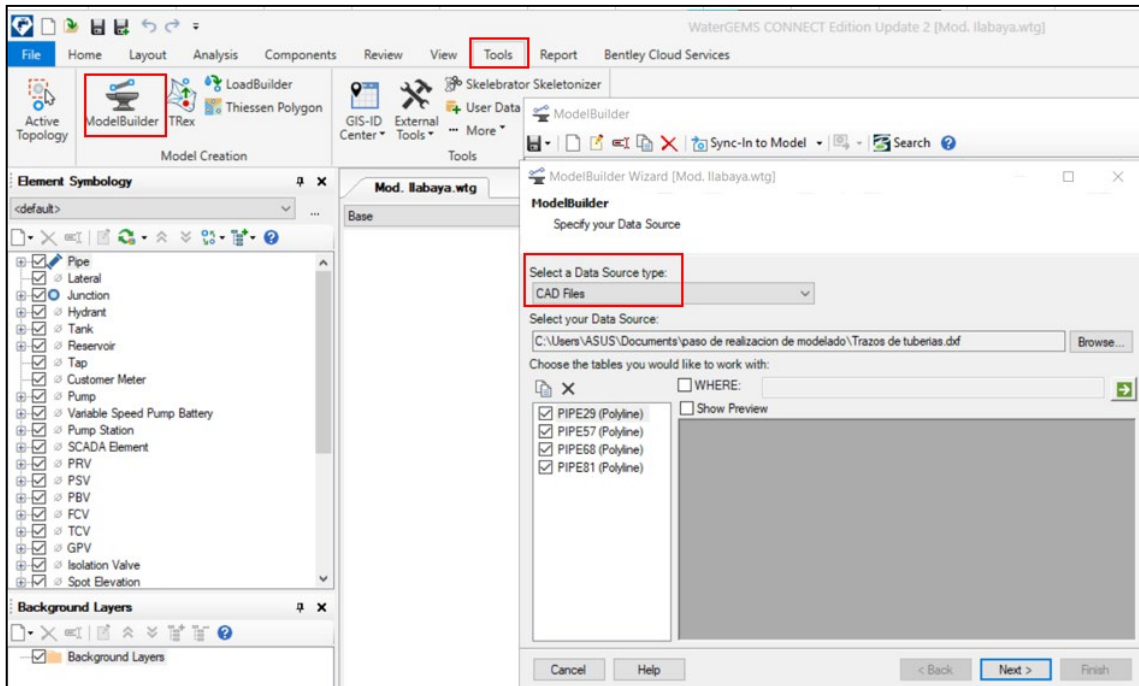
Después de haber realizado los pasos anteriores, se tiene todo listo para empezar a convertir los planos y trabajar en la modelación de la red. Como se había mencionado, a través del levantamiento topográfico se obtiene las cotas, pendientes y también las dimensiones y se ha expresado en el software Autocad (Figura 5).



Esquema de la red de distribución
Fuente: Autocad.

Exportación de Red de AutoCAD a WaterCAD

Para transformar estos planos, utilizaremos un procedimiento denominado *ModelBuilder* que se encuentra ubicado dentro del menú *Tools*. Se accede a la ventana denominada *ModelBuilder* y dentro de ella se crea un nuevo modelo mediante la ventana denominada *ModelBuilder Wizard*. En la ventana, se encuentra una lista desplegable, *Data Source Type*, del cual seleccionaremos *CAD Files* ya que nosotros vamos a importar los datos a partir de un archivo de este origen (Figura 5). La Figura 7 muestra el resultado obtenido en el software *Watercad*.



Exportación de datos entre Autocad y Watercad
Fuente: Watercad.

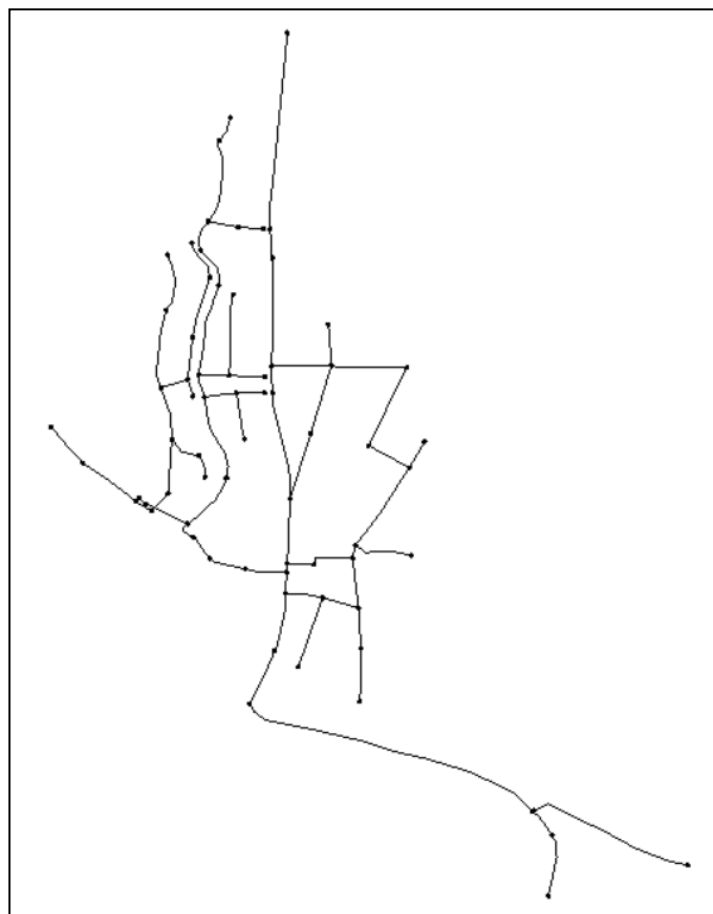
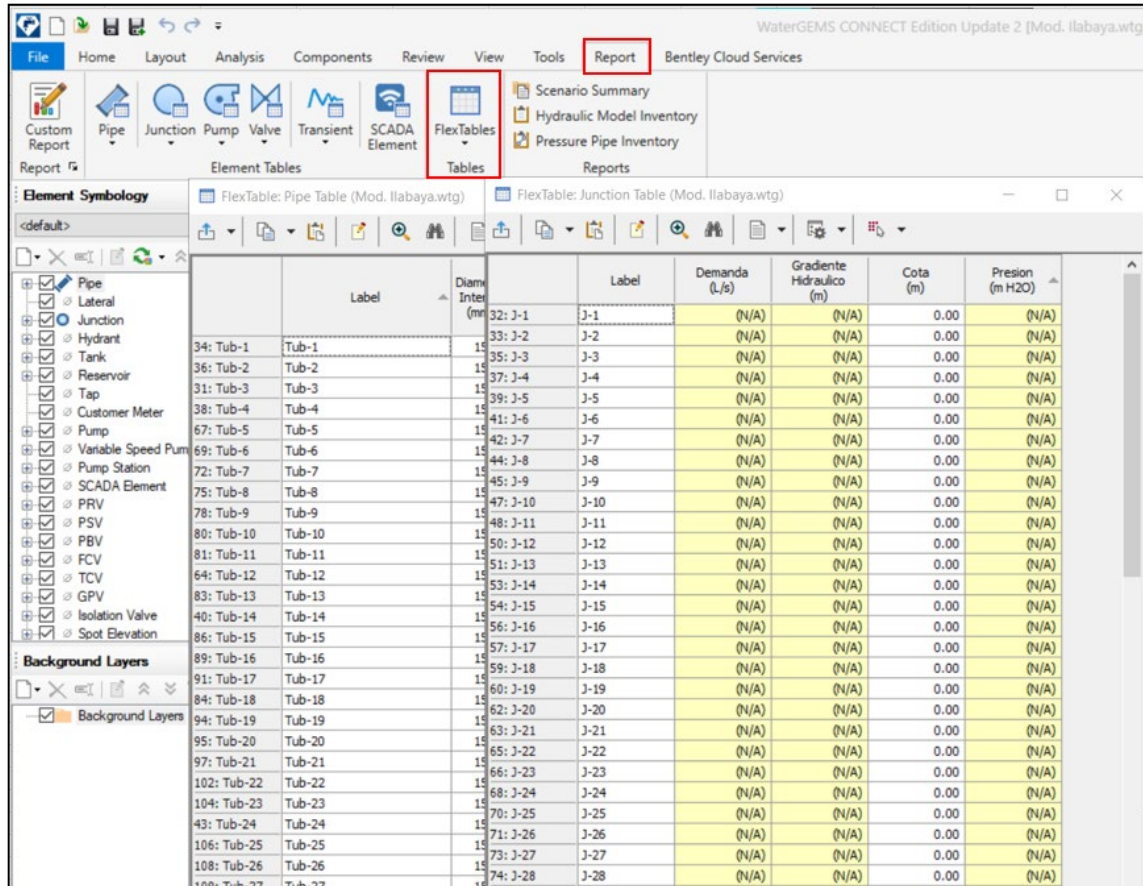


Figura 7. Red importada en Watercad.

Fuente: Watercad.

Seguidamente al proceso de modelado, se modificará la denominación o nomenclatura de las tuberías, para ello ingresamos al menú *Report*, y a la opción *Flex Tables* (Figura 8), y editaremos tanto los datos de nodos y tuberías.

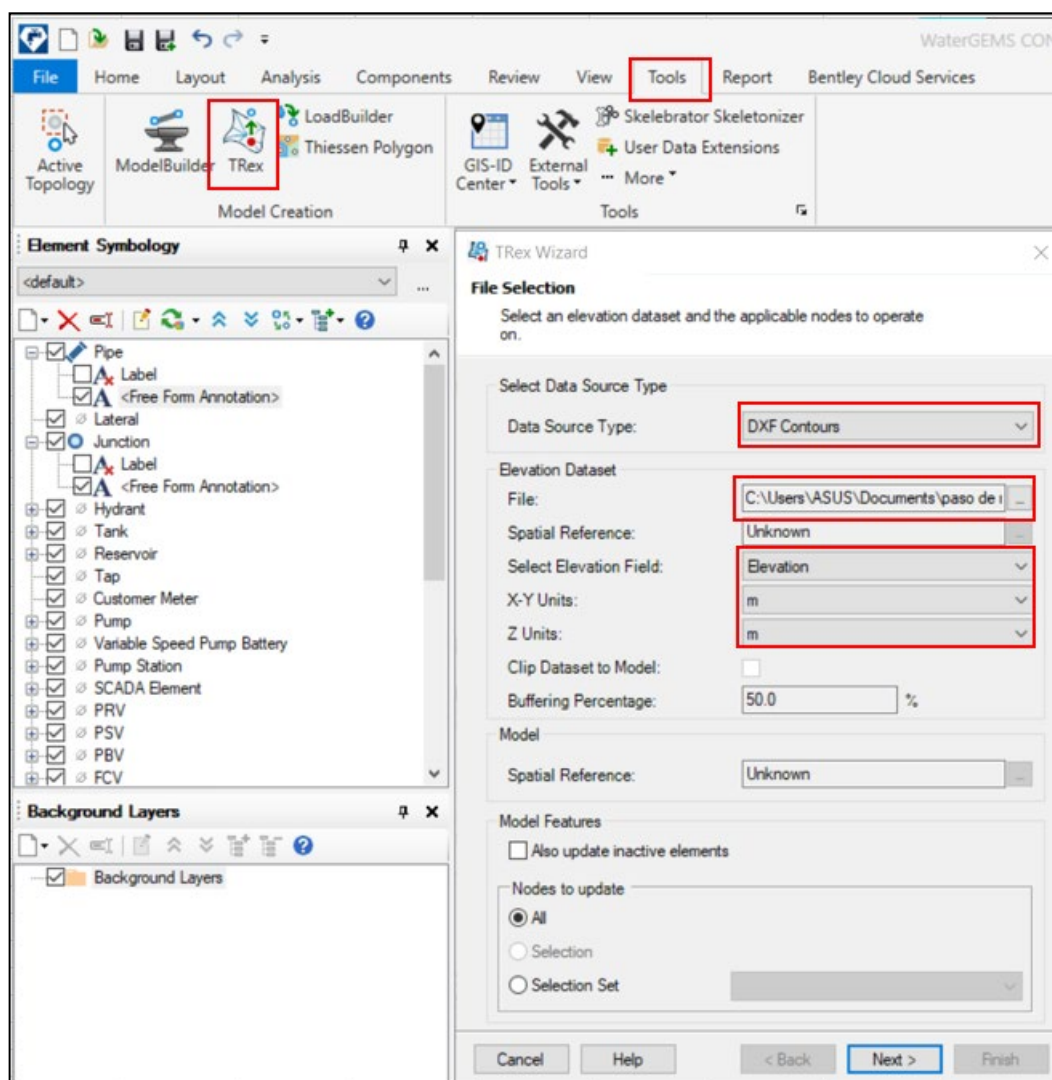


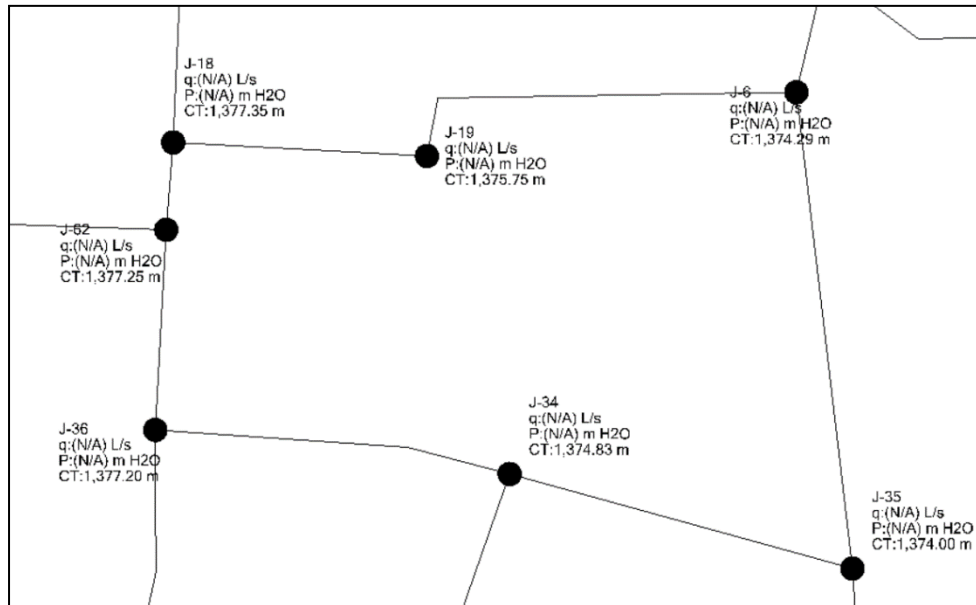
Reporte de tuberías y nodos en Watercad.
Fuente: Watercad.

Topografía en el modelo

A diferencia de otros softwares, el Watercad presenta una manera de identificar las cotas de cada nudo por medio de un procedimiento de interpolación que implica la transformación de un archivo que contenga la información de las curvas de nivel y con la extensión "dxf". Una vez obtenido la capa de fondo con curvas de nivel, asignaremos la cota para cada conexión, para ello ingresamos al menú *Tools* y seleccionamos la herramienta *TRex*, el cual tiene como objetivo asignar las alturas en m.s.n.m. de las conexiones o nudos, una vez iniciado en *TRex*, abrimos la ventana *TRex Wizard*, en el primer indicativo se tiene que identificar cual es la tipología de documento digital a utilizar como base de datos; siendo en el caso

propio, un archivo de formato CAD, por lo que se escoge *DXF Contours*. Continuando en el indicativo *File*, seleccionamos el archivo que contiene la data que vamos a utilizar, que para este proyecto tiene la denominación *Topografía*, en el campo *Select Elevation file*, escogemos *elevation*; para los campos que solicitan unidades, considerar metros para ambos, también seleccionamos a un 50% de transparencia, la configuración debe quedar como la figura (Figura 9) y hacemos clic en *Next* y finalmente le modelo con las cotas asignadas (Figura 10).

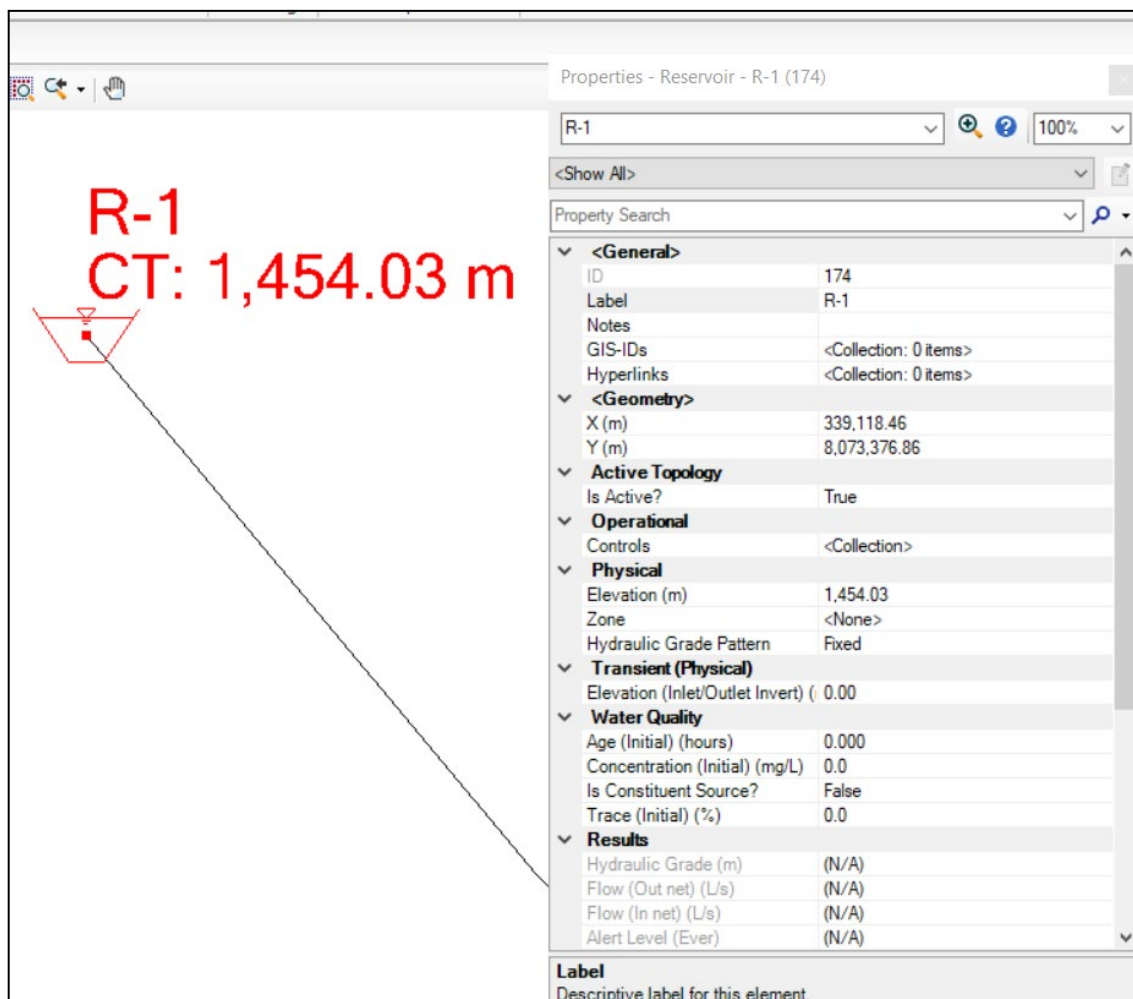




Resultado de elevaciones de nodos en Watercad.
Fuerte: Watercad.

Configuración de Reservorio

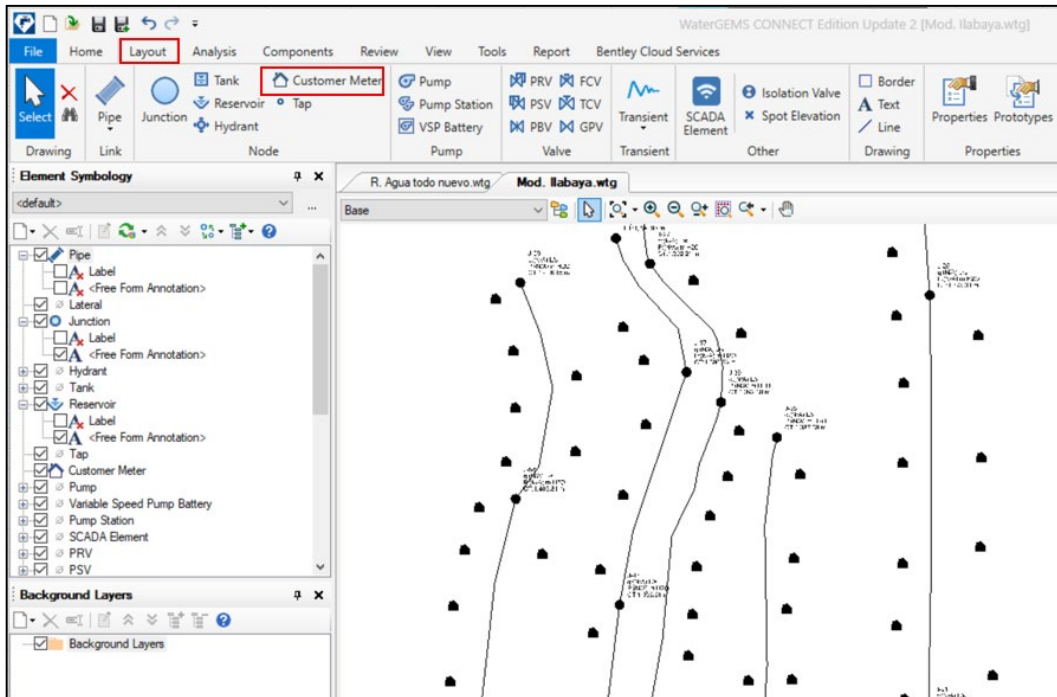
Ya que se tienen las conexiones o nudos totalmente acotados, entonces ahora procederemos a asignar la presión de empalme; y la configuración del reservorio. Ingresamos al *wokspace* del software, proseguimos con el clic derecho y de la lista de opciones escogemos reservorio, empalmamos a la red como manda los planos de topografía. Posteriormente configuramos el reservorio en propiedades, la propiedad a definir es la elevación, por lo que identificamos el indicativo denominado *Elevation* (Figuras 11).



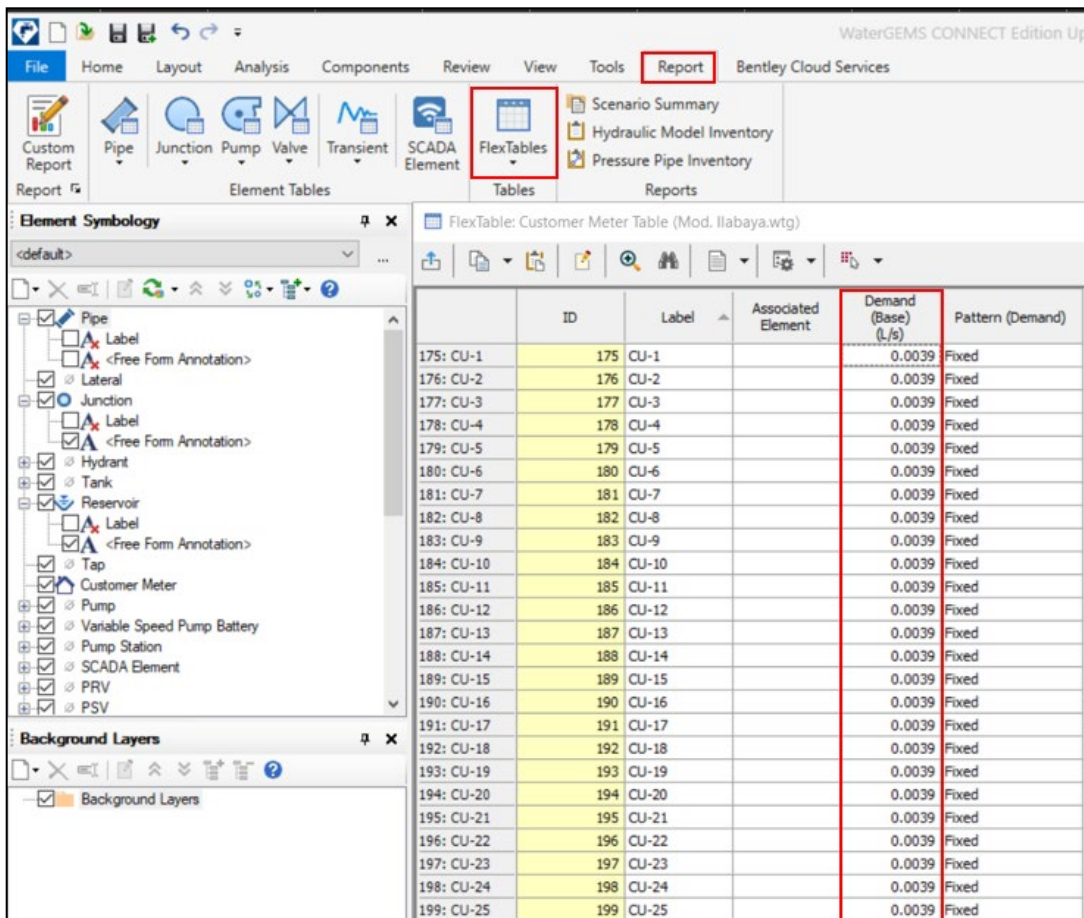
Configuración del reservorio en Watercad.
Fuente: Watercad.

Ingreso de Conexiones por lote

Mediante la herramienta de Customer Meter se podrá identificar las conexiones requeridas, las cuales se conectarán a la línea Matriz, con esta herramienta también se podrá ingresar el caudal requerido por cada conexión.



Colocación de los Customer Meter.
Fuente: Watercad.



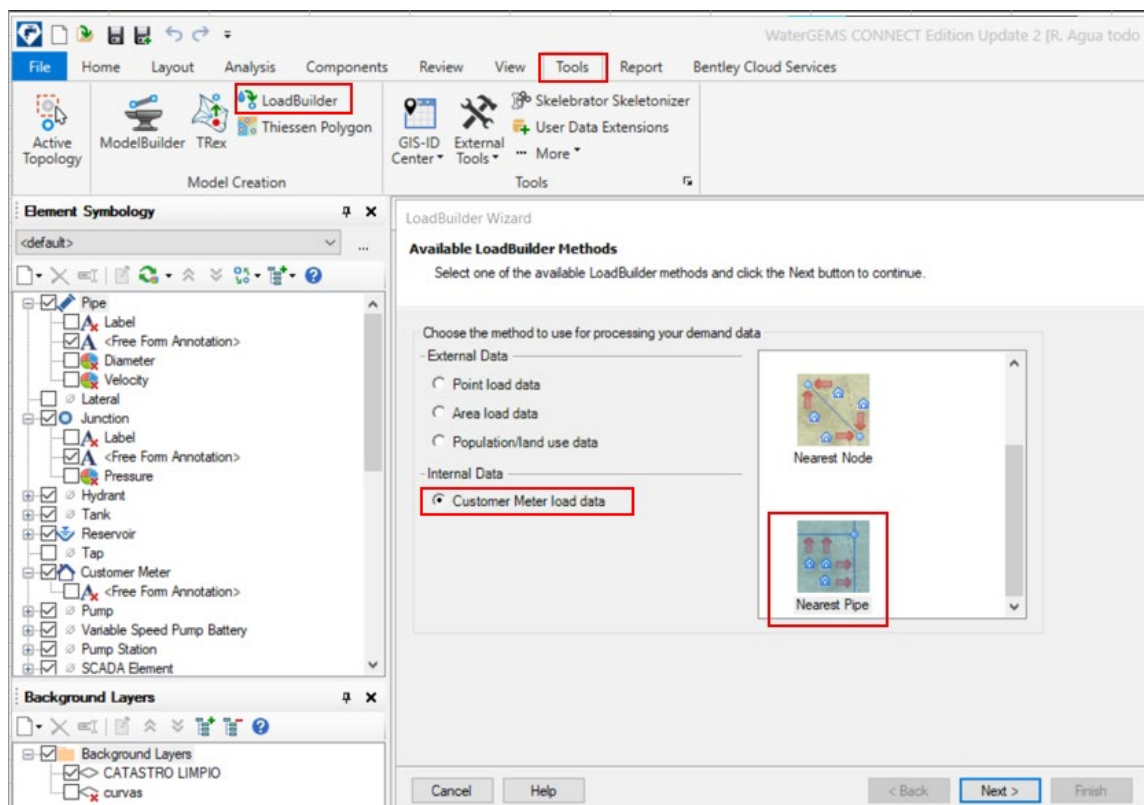
Ingreso de Caudal mediante Customer Meter.

Fuente: Watercad.

Configuración de Caudal en nodos

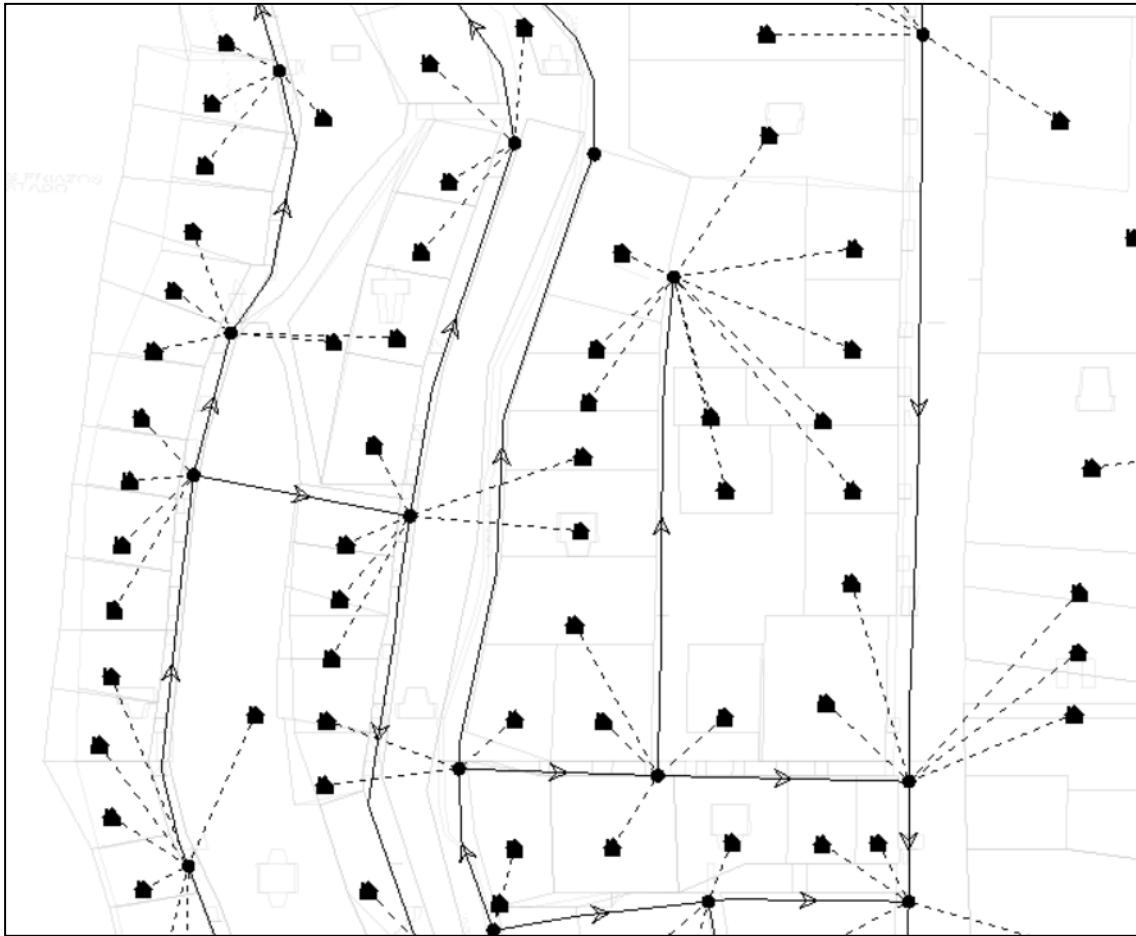
Ingresaremos las demandas de acuerdo a lo requerido por las conexiones domiciliarias. Esta data permitirá trabajar con el caudal que circulará por las redes, para efectuar la distribución de la carga en cada nodo, en función de la longitud de tubería que conduce a cada nodo. Una vez ingresado todos los datos se deberá verificar el tipo de tubería y las características de la misma (Agua a 20°C y con su coeficiente de acuerdo al método de cálculo en este caso se ha elegido el método de HW con un coeficiente de rugosidad de 150).

Para realizar el ingreso de caudal en las redes, asociaremos los customer meter con las redes próximas usando LoadBuilder



Conexiones de Customer meter con las redes.

Fuente: Watercad.



Resultado de las conexiones a las redes.
Fuente: Watercad.

Diseño de redes

Se realiza una corrida con verificando que los valores de Presión estén dentro de los rangos permitidos por la norma, para realizar la corrida del programa se ingresa diámetros comerciales internos de tuberías.

	Label	Diametro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final
191: P-1	P-1	57.0	PVC	3.21	J-1	J-2
194: P-2	P-2	57.0	PVC	4.97	J-3	J-4
197: P-3	P-3	67.8	PVC	7.00	J-5	J-6
200: P-4	P-4	57.0	PVC	13.09	J-8	J-7
203: P-5	P-5	57.0	PVC	13.91	J-9	J-10
206: P-6	P-6	57.0	PVC	15.99	J-11	J-12
209: P-7	P-7	57.0	PVC	16.89	J-5	J-13
211: P-8	P-8	57.0	PVC	17.37	J-14	J-15
214: P-9	P-9	67.8	PVC	18.24	J-16	J-17
217: P-10	P-10	57.0	PVC	18.33	J-6	J-18
219: P-11	P-11	57.0	PVC	22.34	J-19	J-20
222: P-12	P-12	57.0	PVC	21.65	J-17	J-21
224: P-13	P-13	57.0	PVC	21.85	J-22	J-7
226: P-14	P-14	57.0	PVC	23.38	J-23	J-14
228: P-15	P-15	57.0	PVC	23.63	J-16	J-22
229: P-16	P-16	57.0	PVC	24.02	J-11	J-24
231: P-17	P-17	57.0	PVC	25.50	J-13	J-25
233: P-18	P-18	57.0	PVC	27.54	J-26	J-27
236: P-19	P-19	57.0	PVC	27.39	J-21	J-8
237: P-20	P-20	57.0	PVC	28.19	J-29	J-28
517: P-21(1)	P-21(1)	81.4	PVC	2.82	J-23	PRV-1
518: P-21(2)	P-21(2)	81.4	PVC	26.23	PRV-1	J-30
242: P-22	P-22	57.0	PVC	30.47	J-12	J-9
243: P-23	P-23	57.0	PVC	30.14	J-4	J-31
245: P-24	P-24	57.0	PVC	31.70	J-25	J-1
246: P-25	P-25	57.0	PVC	31.93	J-29	J-32
248: P-26	P-26	67.8	PVC	32.52	J-30	J-33
250: P-27	P-27	57.0	PVC	34.87	J-34	J-35
253: P-28	P-28	57.0	PVC	37.91	J-36	J-37

Datos de diámetro de tuberías ingresados

Fuente: Watercad.

Una vez corrido el escenario se verifica las presiones y velocidad en la tabla de reportes de tuberías y nodos.

FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (R. Agua todo nuevo.wtg)								FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (R. Agua todo nuevo...)							
	Label	Diametro Interno (mm)	Material	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo Final	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Gradiente de Perdida de Carga (m/m)	Label	Demanda (l/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Cota (m)	Presion (m H2O)	
191:	P-1	57.0	PVC	3.21	J-1	J-2	0.027	0.01	0.000	255:	J-37	0.004	1,408.34	1,394.49	13.82
194:	P-2	57.0	PVC	4.97	J-3	J-4	0.624	0.24	0.001	285:	J-50	0.002	1,408.37	1,392.23	16.11
197:	P-3	67.8	PVC	7.00	J-5	J-6	0.469	0.13	0.000	281:	J-48	0.000	1,408.34	1,392.12	16.18
200:	P-4	57.0	PVC	13.09	J-8	J-7	0.176	0.07	0.000	260:	J-39	0.002	1,408.34	1,392.03	16.27
203:	P-5	57.0	PVC	13.91	J-9	J-10	0.002	0.00	0.000	215:	J-16	0.007	1,408.34	1,391.99	16.33
206:	P-6	57.0	PVC	15.99	J-11	J-12	0.022	0.01	0.000	216:	J-17	0.007	1,408.34	1,391.71	16.60
209:	P-7	57.0	PVC	16.89	J-5	J-13	0.289	0.11	0.000	254:	J-36	0.004	1,408.34	1,391.55	16.75
211:	P-8	57.0	PVC	17.37	J-14	J-15	0.002	0.00	0.000	241:	J-30	1.000	1,408.39	1,391.26	17.10
214:	P-9	67.8	PVC	18.24	J-16	J-17	0.273	0.08	0.000	288:	J-51	0.022	1,408.34	1,387.58	20.71
217:	P-10	57.0	PVC	18.33	J-6	J-18	0.384	0.15	0.001	258:	J-38	0.013	1,408.34	1,384.97	23.32
219:	P-11	57.0	PVC	22.34	J-19	J-20	0.007	0.00	0.000	223:	J-21	0.009	1,408.34	1,383.82	24.47
222:	P-12	57.0	PVC	21.65	J-17	J-21	0.184	0.07	0.000	225:	J-22	0.007	1,408.34	1,382.60	25.69
224:	P-13	57.0	PVC	21.85	J-22	J-7	0.220	0.09	0.000	249:	J-33	0.007	1,408.36	1,381.88	26.43
226:	P-14	57.0	PVC	23.38	J-23	J-14	0.114	0.04	0.000	297:	J-54	0.007	1,408.34	1,380.03	28.25
228:	P-15	57.0	PVC	23.63	J-16	J-22	0.240	0.09	0.000	294:	J-53	0.002	1,408.31	1,379.13	29.12
229:	P-16	57.0	PVC	24.02	J-11	J-24	0.029	0.01	0.000	283:	J-49	0.004	1,408.34	1,378.00	30.28
231:	P-17	57.0	PVC	25.50	J-13	J-25	0.285	0.11	0.000	277:	J-46	0.002	1,408.32	1,377.74	30.52
233:	P-18	57.0	PVC	27.54	J-26	J-27	0.004	0.00	0.000	199:	J-6	0.009	1,408.31	1,377.32	30.93
236:	P-19	57.0	PVC	27.39	J-21	J-8	0.153	0.06	0.000	198:	J-5	0.007	1,408.32	1,377.24	31.01
237:	P-20	57.0	PVC	28.19	J-29	J-28	0.046	0.02	0.000	210:	J-13	0.002	1,408.31	1,377.16	31.09
517:	P-21(1)	81.4	PVC	2.82	J-23	PRV-1	2.293	0.44	0.003	247:	J-32	0.007	1,408.34	1,377.17	31.10
518:	P-21(2)	81.4	PVC	26.23	PRV-1	J-30	2.293	0.44	0.003	273:	J-44	0.011	1,408.31	1,377.14	31.11
242:	P-22	57.0	PVC	30.47	J-12	J-9	0.011	0.00	0.000	239:	J-29	0.007	1,408.34	1,375.91	32.37
243:	P-23	57.0	PVC	30.14	J-4	J-31	0.009	0.00	0.000	218:	J-18	0.002	1,408.30	1,375.80	32.44
245:	P-24	57.0	PVC	31.70	J-25	J-1	0.271	0.11	0.000	238:	J-28	0.011	1,408.34	1,375.54	32.73
246:	P-25	57.0	PVC	31.93	J-29	J-32	0.018	0.01	0.000	232:	J-25	0.004	1,408.30	1,375.00	33.24
248:	P-26	67.8	PVC	32.52	J-30	J-33	0.771	0.21	0.001	195:	J-3	0.000	1,408.28	1,374.06	34.16
250:	P-27	57.0	PVC	34.87	J-34	J-35	0.009	0.00	0.000	192:	J-1	0.002	1,408.29	1,374.00	34.23
253:	P-28	57.0	PVC	37.91	J-36	J-37	0.004	0.00	0.000	201:	J-7	0.009	1,408.33	1,373.82	34.45
										202:	J-8	0.011	1,408.34	1,373.69	34.58
										196:	J-4	0.011	1,408.28	1,373.54	34.67
										244:	J-31	0.009	1,408.28	1,373.13	35.08

Datos de reporte en Watercad.
Fuente: Watercad.

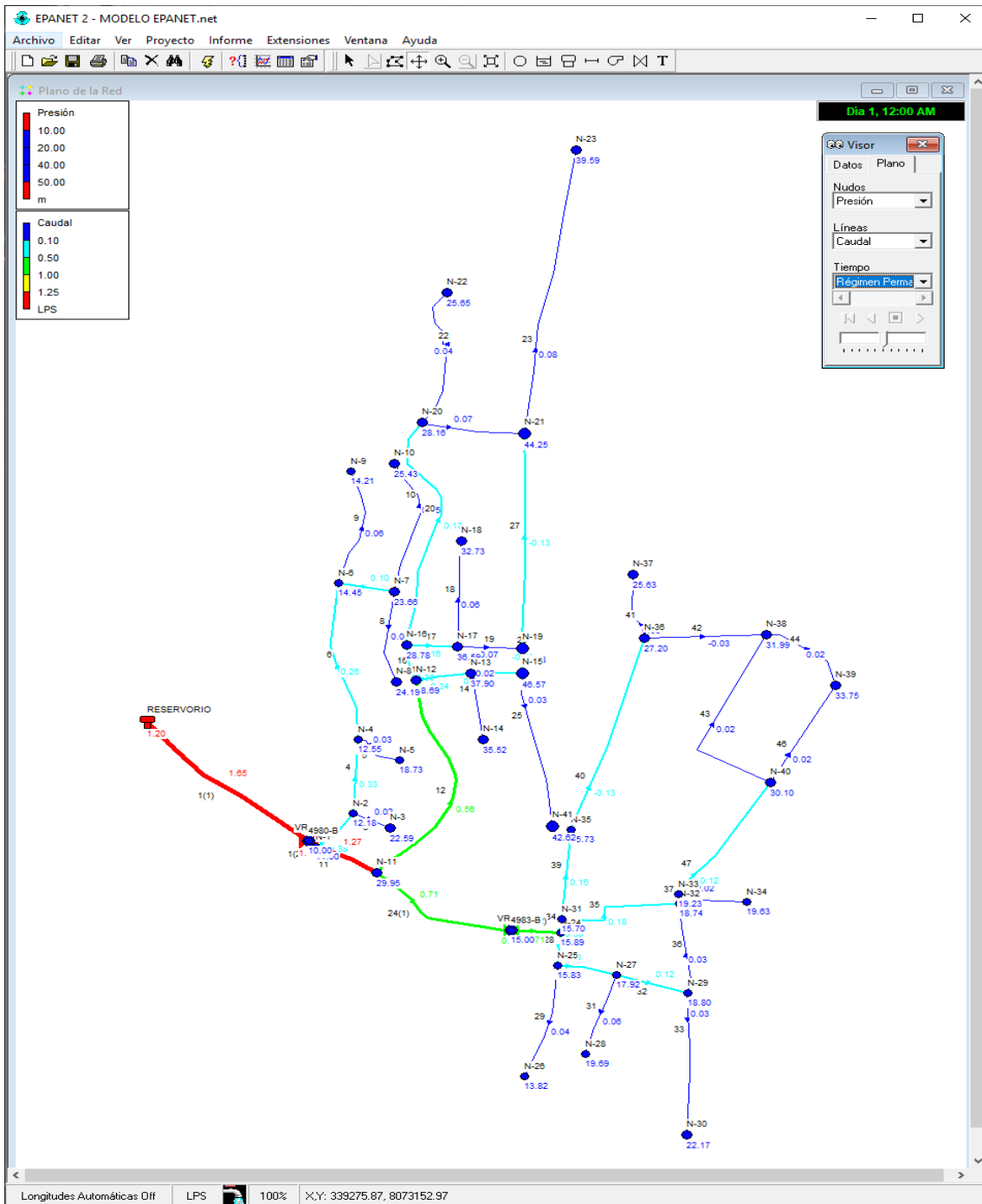
Revisión y modificación manual de resultados

Luego se revisan los resultados y si el diseñador considera que se deben modificar algunos diámetros siempre cumpliendo con la norma y debidamente fundamentado, se hace la corrida nuevamente obteniendo los resultados finales del diseño. La figura 18 muestra las tuberías de la red de distribución, los nodos, y los diámetros establecidos por el programa Watercad.



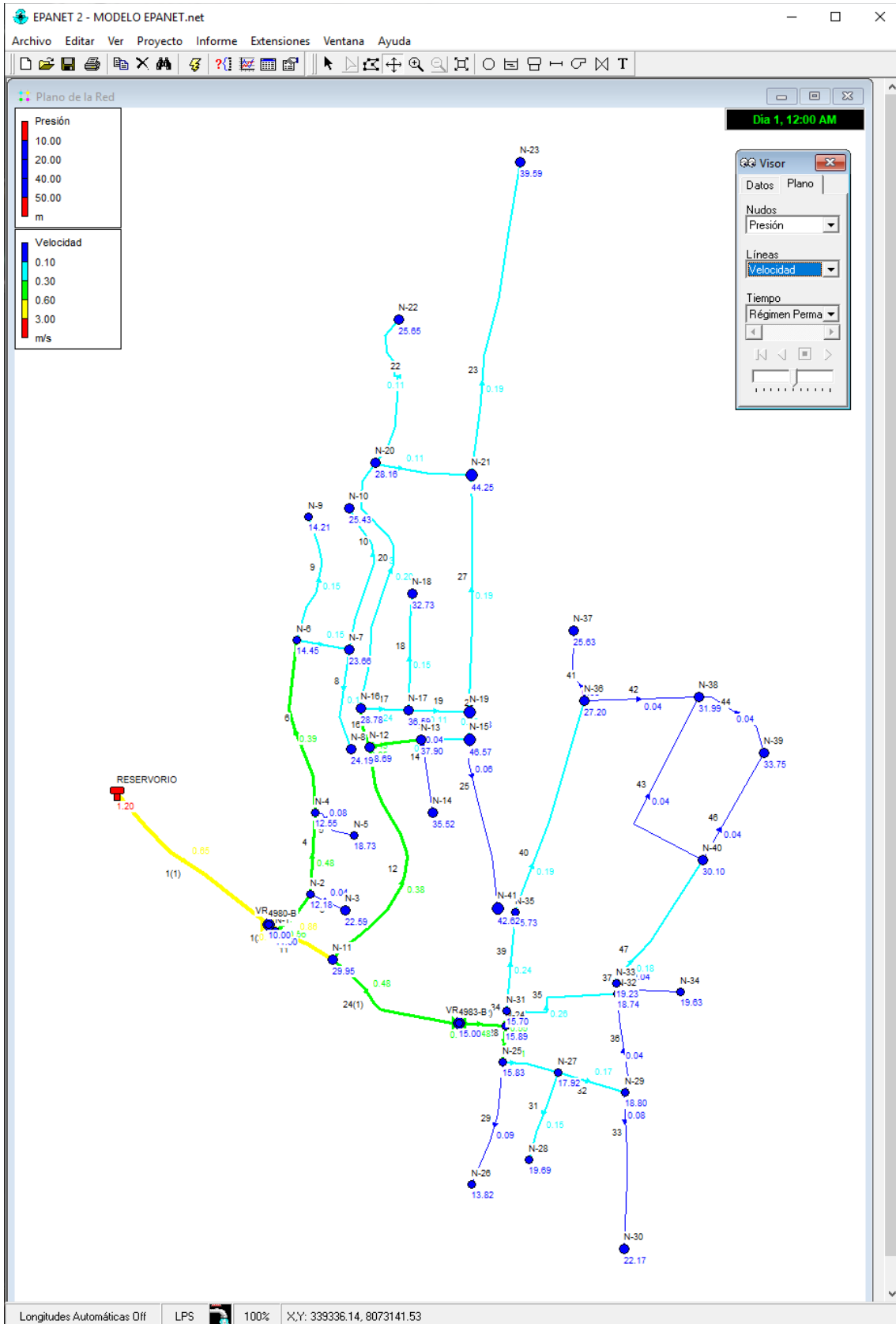
Resultado de la red de distribución en Watercad.
Fuente: Watercad.

Modelación y simulación de la red de distribución de agua con EPANET

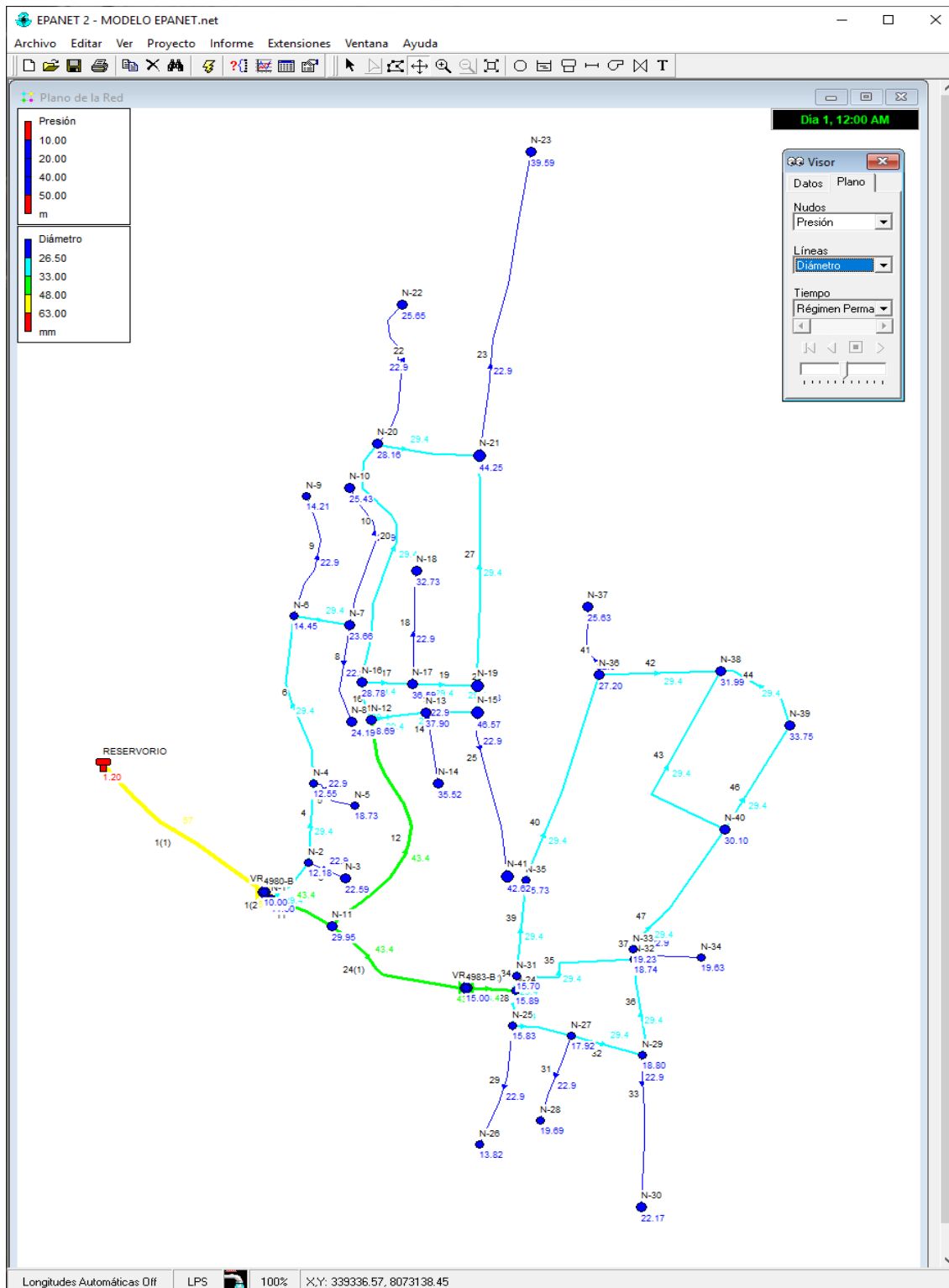


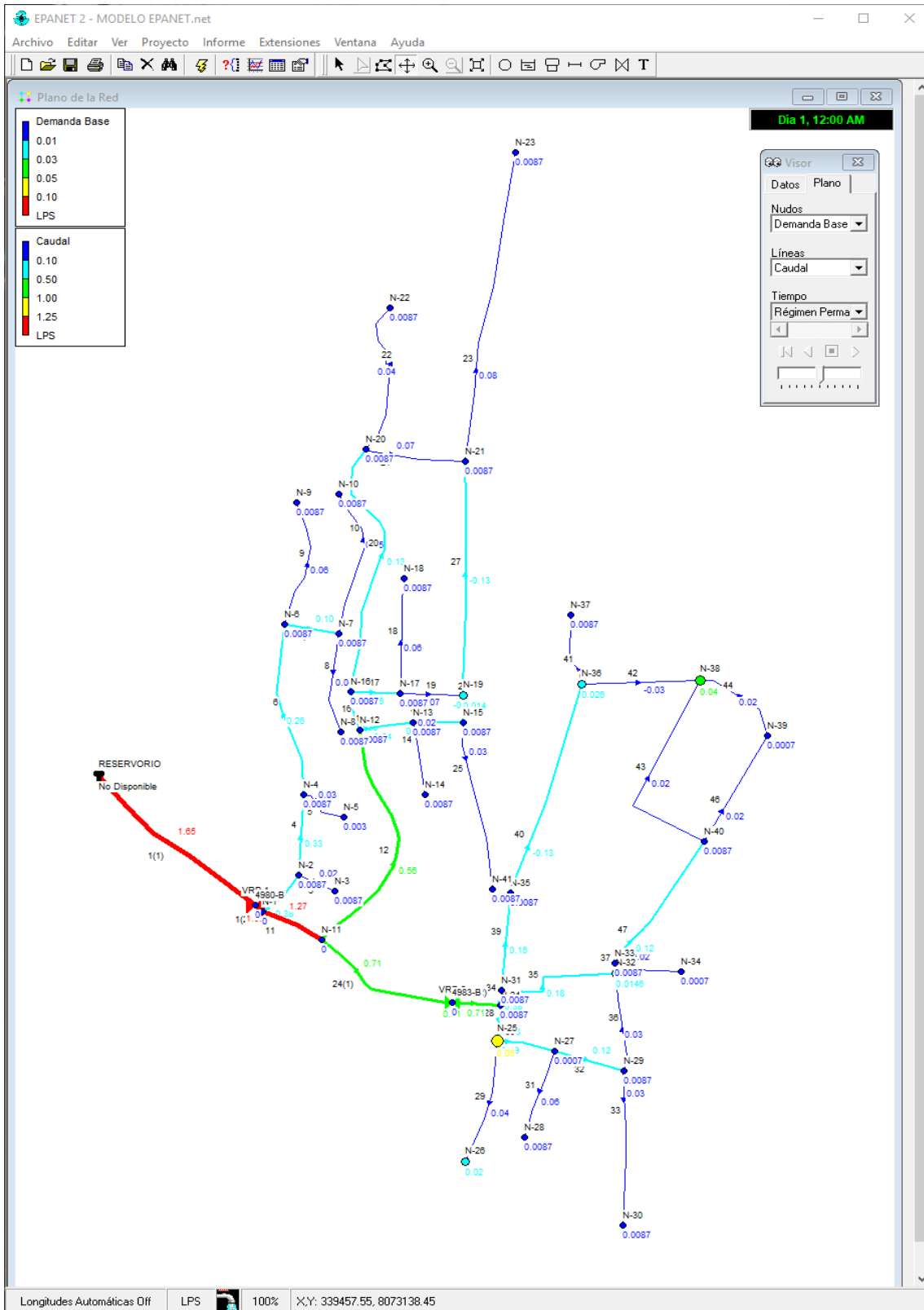
Visor epanet presion y caudal
Fuente: Epanet

Visor Epanet presión y velocidad



Visor Epanet diámetros y presión





Visor Epanet demanda y caudal

Modelación y simulación para optimizar la red de distribución con WaterGEMS

Ir a la herramienta Darwin Designer

The screenshot shows the WaterGEMS CONNECT software interface. The main window displays a network diagram with a highlighted pipe. The Darwin Designer window is open, showing a table of design events for 'DISEÑO OPTIMIZADO'.

Label	Start Time	Design Time	Time From Start (hours)	Override Scenario Demand Alternative?	Demand Alternative	Demand Multiplier
1 DISEÑO OPTIMIZADO	12:00:00	12:00:00	0.000	<input type="checkbox"/>	Base Demand	1.

Below the table, there are sections for Boundary Overrides, Demand Adjustments, Pressure Constraints, and Flow Constraints. A table with columns Design Event, Element, Attribute, and Value is also visible.

The User Notifications window at the bottom shows a message:

Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
6	(N/A)	(N/A)	-2	(N/A)	(N/A)	User notifications were created when this

The status bar at the bottom indicates: X: 339,253.02 m, Y: 8,073, 182.64 m | Zoom Level: 19.7 % | Sign in

Ingresar las restricciones

The screenshot displays the Bentley WaterGEMS CONNECT software interface. The main window shows a pipe network model with a green line representing a pipe. A 'Darwin Designer' window is open, showing a table of design events for a 'Representative Scenario' named 'Base'.

Label	Demand Alternative	Demand Multiplier	Minimum Pressure (Default) (m H2O)	Maximum Pressure (Default) (m H2O)	Consider Pressure Benefit? (Default)	Minimum Velocity (Default) (m/s)	Maximum Velocity (Default) (m/s)
All Events (1) DISEÑO OPTIMIZADO	1 Base Demand	1.000	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00

Below the table, there are tabs for 'Boundary Overrides', 'Demand Adjustments', 'Pressure Constraints', and 'Flow Constraints'. A 'User Notifications' window is also visible at the bottom, showing a table of messages.

Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
16	(N/A)	(N/A)	-2	(N/A)	(N/A)	User notifications were created when this

Se deja la velocidad en 0.01 de velocidad por que el caudal es pequeño y no alcanza para la restricción de la norma que sería 0.6 m/s

Ingresar los nodos

The screenshot displays the Bentley WaterGEMS CONNECT software interface. The main window shows a hydraulic network model with various components like pipes, tanks, and pumps. A 'Select' dialog box is overlaid on the model, indicating that a single element from the hydraulic network should be selected. The interface includes a ribbon menu with tabs for Home, Layout, Analysis, Components, Review, View, Tools, Report, and Bentley Cloud Services. The 'Analysis' tab is active, showing options like Calculate, Validate, Notifications, Alerts, and Summary. The 'Tools' tab is also visible, with options like Fire Flow Results, Flushing, Pipe Renewal Planner, Darwin, Energy Cost, Pressure Zone, and Criticality. The 'Analysis Views' tab shows options like Graphs, FlexTables, and Properties. The 'Element Symbology' panel on the left lists various hydraulic components and their properties. The 'Background Layers' panel is also visible. The 'User Notifications' panel at the bottom shows a message: 'User notifications were created when this...'. The 'Prototypes' panel on the right lists various pipe types and sizes.

Element Symbology

- Pipe
 - Basico
 - Velocidad
 - Diametro
 - General
- Lateral
- Junction
 - General
 - Pressure
 - Basico
 - Hydrant
- Tank
 - General
- Reservoir
 - General
- Tap
- Customer Meter
- Demandas
 - General
- Pump
 - Variable Speed Pump Batt
 - Pump Station
 - SCADA Element
- PRV
 - General
- PSV
- PBV
- FCV
- TCV
- GPV
- Isolation Valve
- Spot Elevation
- Turbine
- Periodic Head-Flow
- Air Valve
- Hydroneumatic Tank
- Surge Valve
- Check Valve
- Rupture Disk
- Discharge To Atmosphere
- Orifice Between Pipes

User Notifications

Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
6	(N/A)	(N/A)	-2	(N/A)	(N/A)	User notifications were created when this...

Prototypes

- Pipe
 - PVC ISO-63mm
 - PVC ISO-75mm
 - PVC ISO-90mm
 - PVC ISO-110mm
 - PVC ISO-140mm
 - PVC ISO-160mm
 - PVC ISO-200mm
 - PVC ISO-250mm
 - PVC ISO-315mm
 - PVC ISO-355mm
 - PVC ISO-400mm
 - PVC ITINTEC-3/4"
 - PVC ITINTEC-1"
 - PVC ITINTEC-1 1/4"
 - PVC ITINTEC-1 1/2"
 - PVC ITINTEC-2"
 - PVC ITINTEC-2 1/2"
 - PVC ITINTEC-3"
 - PVC ITINTEC-4"
 - BLU ITINTEC-2"

WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 [MODELAMIENTO IBALAYA.wtg]

File Home Layout Analysis Components Review View Tools Report Bentley Cloud Services

Search Ribbon (F3) CONNECT Advisor

Scenarios Alternatives Options Compute Times Alerts Validation Notifications Fire Flow Results Flushing Pipe Renewal Planner Darwin Energy Cost Pressure Zone Criticality Graphs FlexTables Properties SCADAConnect Simulator SCADA Analysis Views

Element Symbology <default> MODELAMIENTO IBALAYA.wtg Properties: (select a single ele... 100%

Base

Darwin Designer (MODELAMIENTO IBALAYA.wtg)

Design Events Design Groups Rehabilitation Groups Cost/Properties Design Type Notes

Representative Scenario: Base

Label	Start Time	Design Time	Time From Start (hours)	Override Scenario Demand Alternative?	Demand Alternative	Demand Multiplier
DISEÑO OPTIMIZADO	12:00:00	12:00:00	0.000	<input type="checkbox"/>	Base Demand	

Boundary Overrides Demand Adjustments Pressure Constraints Flow Constraints

Design Event	Node	Override Defaults?	Minimum Pressure (m H2O)	Maximum Pressure (m H2O)	Consider Pressure Benefit?
1 DISEÑO OPTIMIZADO	N-32	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
2 DISEÑO OPTIMIZADO	N-33	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
3 DISEÑO OPTIMIZADO	N-24	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
4 DISEÑO OPTIMIZADO	N-31	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
5 DISEÑO OPTIMIZADO	N-19	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
6 DISEÑO OPTIMIZADO	N-15	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
7 DISEÑO OPTIMIZADO	N-25	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
8 DISEÑO OPTIMIZADO	N-2	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
9 DISEÑO OPTIMIZADO	N-3	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
10 DISEÑO OPTIMIZADO	N-12	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
11 DISEÑO OPTIMIZADO	N-16	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
12 DISEÑO OPTIMIZADO	N-4	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
13 DISEÑO OPTIMIZADO	N-5	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
14 DISEÑO OPTIMIZADO	N-17	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
15 DISEÑO OPTIMIZADO	N-13	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>
16 DISEÑO OPTIMIZADO	N-1	<input type="checkbox"/>	10.00	50.00	<input type="checkbox"/>

Message Id Scenario Element Type Element Id Label Time (hours) Message

6	(N/A)	(N/A)	-2	(N/A)	(N/A)	User notifications were created when this
---	-------	-------	----	-------	-------	---

PVC ISO-400mm
PVC ITINTEC-3/4"
PVC ITINTEC-1"
PVC ITINTEC-1 1/4"
PVC ITINTEC-1 1/2"
PVC ITINTEC-2"
PVC ITINTEC-2 1/2"
PVC ITINTEC-3"
PVC ITINTEC-4"
PVC ITINTEC-6"

X: 339,059.13 m, Y: 8,073,805.19 m Zoom Level: 10.1 % Sign in

Añadir tuberías

The screenshot displays the WaterGEMS CONNECT software interface. The main window shows a hydraulic network diagram with a context menu open over a pipe element. The context menu options include: Select, Copy, Paste, Undo, Redo, Delete, and Refresh. The interface includes a ribbon with various tool categories like Analysis, Components, Review, View, Tools, Report, and Bentley Cloud Services. On the left, there is an 'Element Symbology' tree and a 'Background Layers' panel. On the right, there is a 'Properties' panel and a 'Prototypes' list. At the bottom, there is a 'User Notifications' table and a status bar.

Element Symbology

- Pipe
 - Basico
 - Velocidad
 - Diametro
 - General
- Lateral
- Junction
 - General
 - Pressure
 - Basico
- Hydrant
- Tank
 - General
- Reservoir
 - General
- Tap
- Customer Meter
 - Demandas
 - General
- Pump
 - Variable Speed Pump Batt
- Pump Station
- SCADA Element
- PRV
 - General
- PSV
- PBV
- FCV
- TCV
- GPV
- Isolation Valve
- Spot Elevation
- Turbine
- Periodic Head-Flow
- Air Valve
- Hydropneumatic Tank
- Surge Valve
- Check Valve
- Rupture Disk
- Discharge To Atmosphere
- Orifice Between Pipes

Background Layers

- Background Layers

Prototypes

- Pipe
 - PVC ISO-63mm
 - PVC ISO-75mm
 - PVC ISO-90mm
 - PVC ISO-110mm
 - PVC ISO-140mm
 - PVC ISO-160mm
 - PVC ISO-200mm
 - PVC ISO-250mm
 - PVC ISO-315mm
 - PVC ISO-355mm
 - PVC ISO-400mm
 - PVC ITINTEC-3/4"
 - PVC ITINTEC-1"
 - PVC ITINTEC-1 1/4"
 - PVC ITINTEC-1 1/2"
 - PVC ITINTEC-2"
 - PVC ITINTEC-2 1/2"
 - PVC ITINTEC-3"
 - PVC ITINTEC-4"
 - DUP ITINTEC-6"

User Notifications

Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
1	(N/A)	(N/A)	-2	(N/A)	(N/A)	User notifications were created when this

Status Bar

Use right-click, Done to complete your operation. X: 339,306.53 m, Y: 8,072,981.35 m Zoom Level: 8.1 % Sign in

WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 [MODELAMIENTO IBALAYA.wtg]

File Home Layout Analysis Components Review View Tools Report Bentley Cloud Services

Search Ribbon (F3) CONNECT Advisor

Scenarios Alternatives Options Compute Times Alerts Summary Calculation

Layout Select By Polygon By Element By Attribute Drawing

Common Components Demand Center Controls

Patterns Pump Definitions Graphs FlexTables Properties Refresh

Selection Sets Properties Active Topology ModelBuilder

Common Tools

Properties: (select a single ele... 100%

Element Symbology

MODELAMIENTO IBALAYA.wtg

Base

Properties: (select a single ele... 100%

Darwin Designer (MODELAMIENTO IBALAYA.wtg)

Design Events Design Groups Rehabilitation Groups Cost/Properties Design Type Notes

Representative Scenario: Base

Label All Events (1) DISEÑO OPTIMIZADO

Label	Start Time	Design Time	Time From Start (hours)	Override Scenario Demand Alternative?	Demand Alternative	Demand Multiples
1 DISEÑO OPTIMIZADO	12:00:00	12:00:00	0.000	<input checked="" type="checkbox"/>	Base Demand	1

Boundary Overrides Demand Adjustments Pressure Constraints Flow Constraints

Design Event	Pipe	Override Defaults?	Minimum Velocity (m/s)	Maximum Velocity (m/s)
1 DISEÑO OPTIMIZADO	37	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
2 DISEÑO OPTIMIZADO	34	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
3 DISEÑO OPTIMIZADO	26	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
4 DISEÑO OPTIMIZADO	28	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
5 DISEÑO OPTIMIZADO	3	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
6 DISEÑO OPTIMIZADO	16	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
7 DISEÑO OPTIMIZADO	5	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
8 DISEÑO OPTIMIZADO	17	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
9 DISEÑO OPTIMIZADO	15	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
10 DISEÑO OPTIMIZADO	2	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
11 DISEÑO OPTIMIZADO	13	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
12 DISEÑO OPTIMIZADO	7	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
13 DISEÑO OPTIMIZADO	30	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
14 DISEÑO OPTIMIZADO	19	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
15 DISEÑO OPTIMIZADO	11	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00
16 DISEÑO OPTIMIZADO	38	<input type="checkbox"/>	0.01	3.00

X: 339,187.77 m, Y: 8,073,512.88 m Zoom Level: 19.7 % Sign in

Ingresar los grupos de diseño

The screenshot displays the Bentley WaterGEMS CONNECT software interface. The main window shows a network diagram with various elements like pipes, tanks, and pumps. A 'Design Groups' dialog box is open, listing 47 design groups. The dialog has columns for 'Label', 'Element IDs', and 'Element IDs <Count>'. The status bar at the bottom indicates coordinates (X: 339,492.68 m, Y: 8,073,595.30 m) and a zoom level of 19.7%.

Label	Element IDs	Element IDs <Count>
Design Group - 37	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 34	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 26	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 28	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 3	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 16	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 5	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 17	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 15	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 2	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 13	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 7	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 30	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 19	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 11	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 32	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 41	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 14	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 4	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 44	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 31	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 21	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 36	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 39	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 8	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 35	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 42	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 18	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 46	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 9	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 29	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 10	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 22	<Collection: 1 item>	1
Design Group - 47	<Collection: 1 item>	1



Pavco
Tubo PVC 3/4"x 5 m SP
★★★★★ (0)

S/ 22.90 C/U

Recomendados

Comparar



Pavco
Tubo PVC 1"x 5 m SP
★★★★★ (0)

S/ 29.40 C/U
✓ Disponible para despacho
✓ Disponible para retiro

Comparar



Matusita-Tigre
Tubo PVC 1 1/2"x 5 m SP
★★★★★ (0)

S/ 42.80 C/U
X No disponible para despacho
✓ Disponible para retiro



Nuevo

Tubo Pvc Agua Clase 10 Uf 63 Mm

S/ 40
en 12x S/ 3³³ sin interés
[Ver los medios de pago](#)

Publicación pausada

Información sobre el vendedor

Ubicación
Lima, Lima Metropolitana

Ingresar los costos y dimensiones de la tubería

WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 [MODELAMIENTO IBALAYA.wtg]

File Home Layout Analysis Components Review View Tools Report Bentley Cloud Services

Search Ribbon (F3)

CONNECT Advisor

Scenarios: Alternatives, Options, Compute, Summary

Notifications: Alerts, Fire, Flushing, Pipe, Darwin Energy, More

Pressure Zone, Criticality, Graphs FlexTables, Properties, Selection Sets, Queries, Contours, Refresh, SCADACONnect Simulator, SCADA

Calculation: Darwin Designer (MODELAMIENTO IBALAYA.wtg)

Element Symbology: <default>

Base

Design Events | Design Groups | Rehabilitation Groups | Cost/Properties | Design Type | Notes

DISEÑO OPTIMIZADO

New Pipe

- PVC NTP 389.002
- PVC NTP ISO 1452
- Rehabilitation

Material	Diameter (mm)	Darcy-Weisbach e (mm)	Unit Cost (\$/m)
PVC	22.90	0.0015	4.58
PVC	29.40	0.0015	5.88
PVC	38.00	0.0015	7.14
PVC	43.40	0.0015	8.56

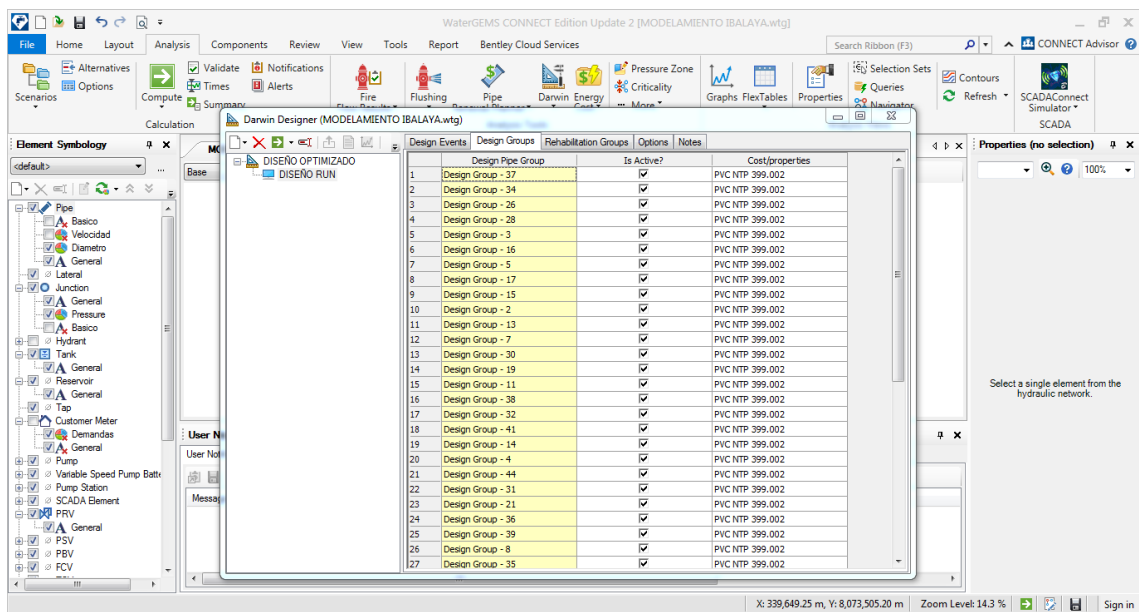
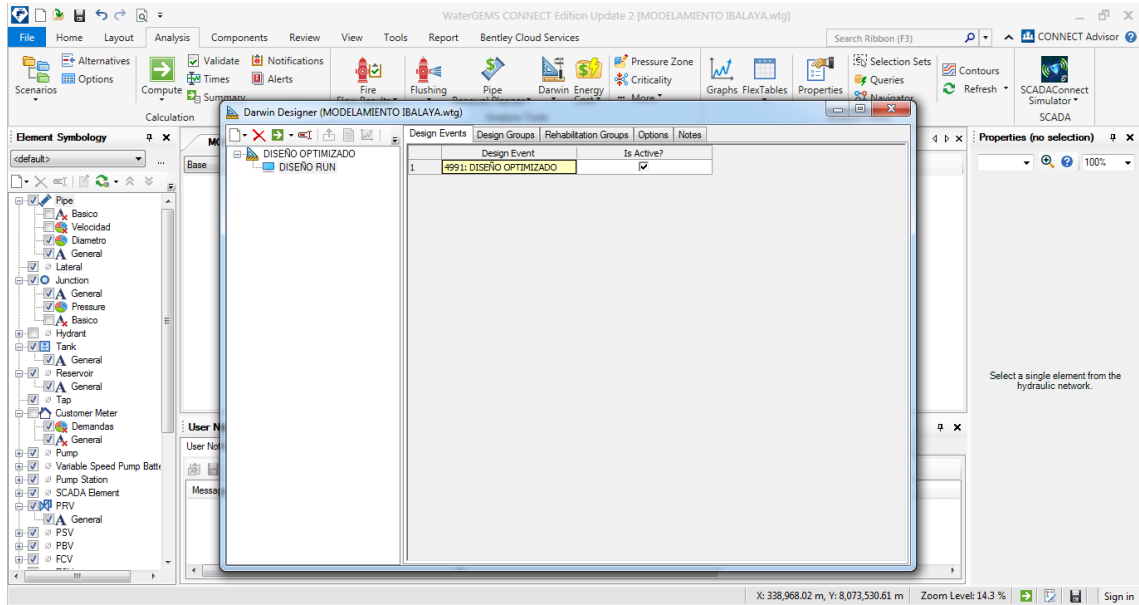
Properties (no selection)

Select a single element from the hydraulic network.

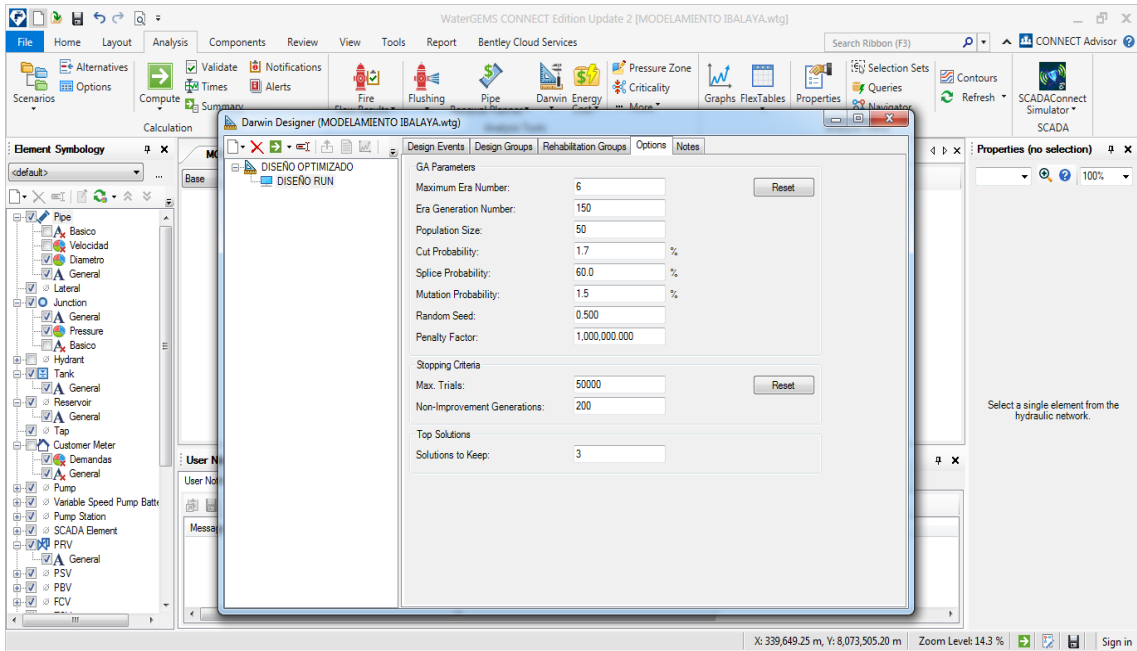
User Not, User Not, Message

X: 338,968.02 m, Y: 8,073,530.61 m Zoom Level: 14.3 % Sign in

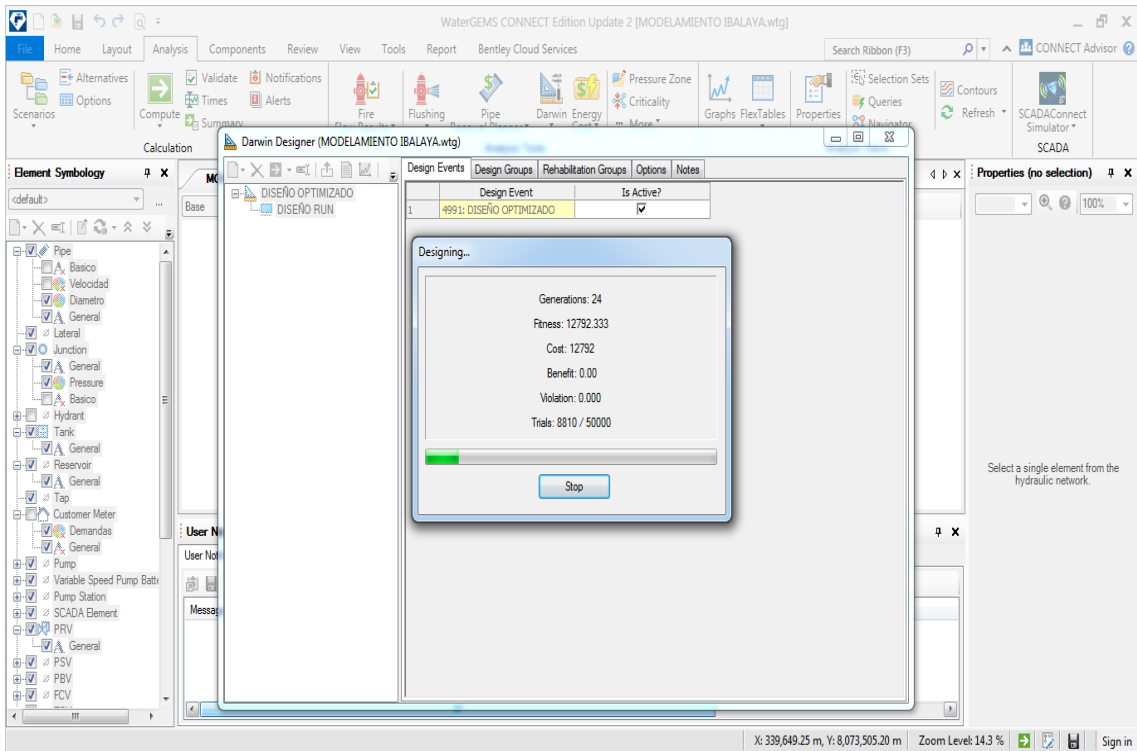
Crear el diseño

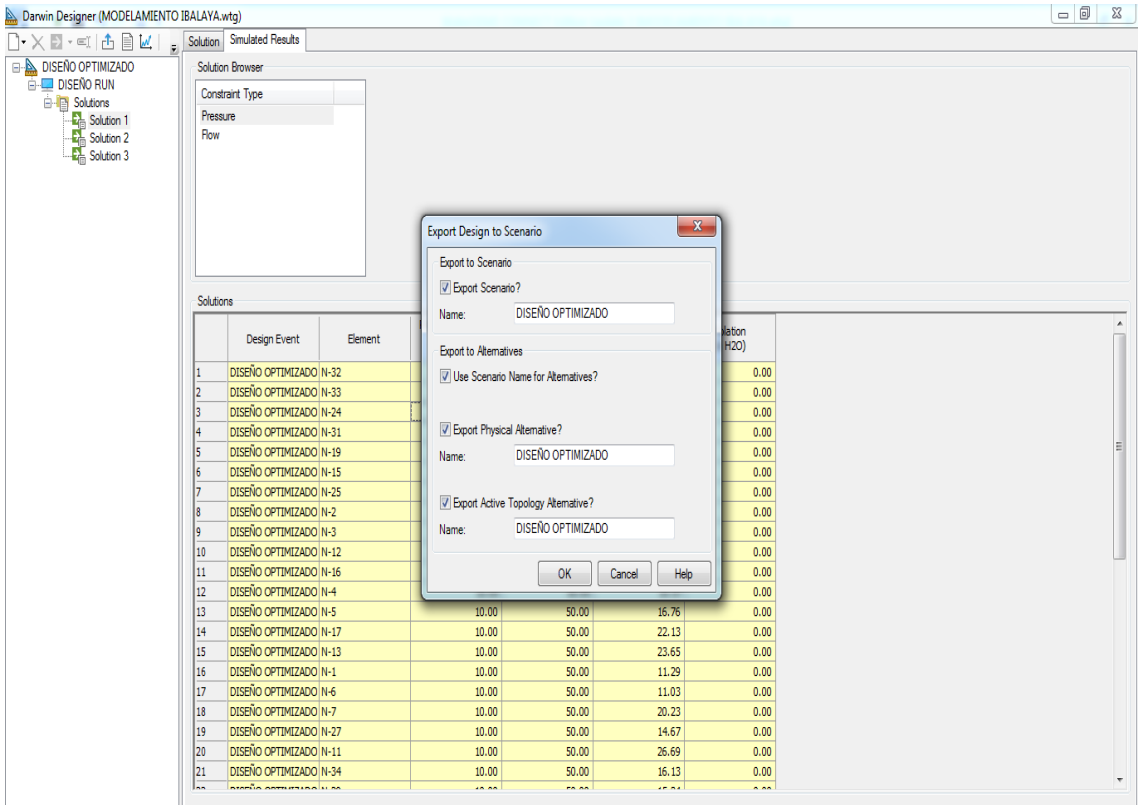
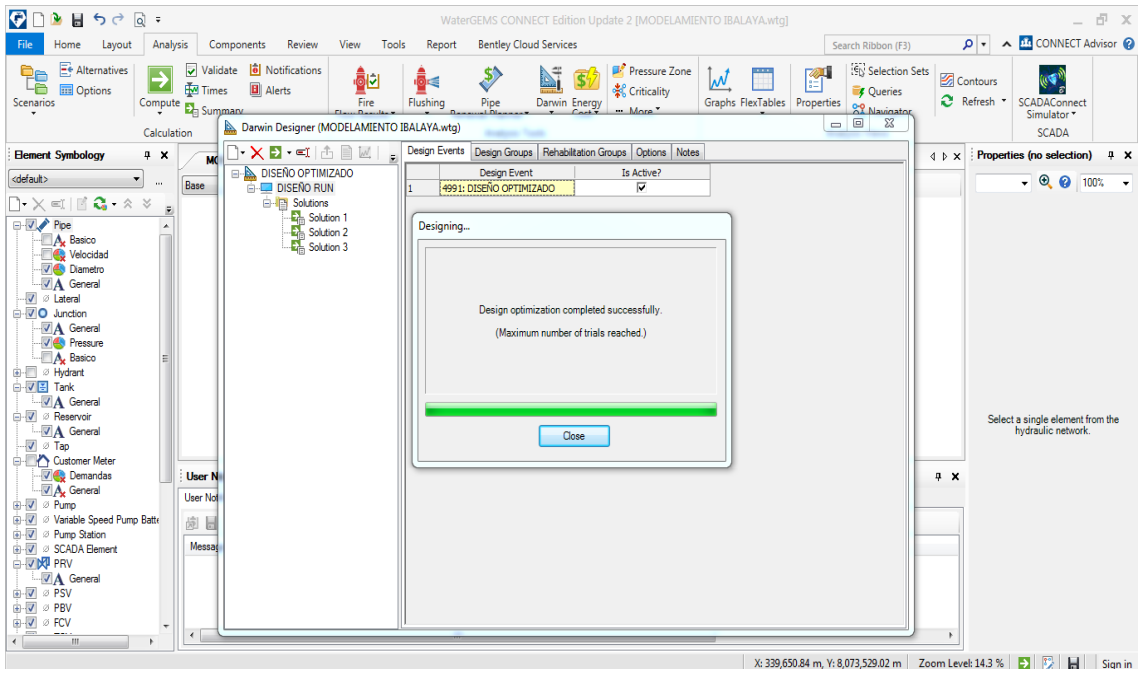


Ingresar las opciones de diseño



Procesar





Abrir el diseño optimizado

The screenshot displays the Bentley WaterGEMS CONNECT software interface. The title bar indicates the file name is "MODELAMIENTO IBALAYA.wtg". The ribbon menu includes tabs for File, Home, Layout, Analysis, Components, Review, View, Tools, Report, and Bentley Cloud Services. The Analysis ribbon is active, showing options for Validation, Notifications, Alerts, and Summary. The Analysis Tools section includes Fire Flow Results, Flushing, Pipe Renewal Planner, Darwin, Energy Cost, and Criticality. The Analysis Views section includes Graphs, FlexTables, Properties, Queries, Navigator, Contours, Refresh, and SCADACONNECT Simulator. The main workspace shows a hydraulic network diagram titled "DISEÑO OPTIMIZADO" with a zoom level of 100%. The network consists of green lines representing pipes and various nodes. A left-hand pane titled "Element Symbology" lists various hydraulic elements such as Pipe, Junction, Tank, Reservoir, and Pump, each with a corresponding symbol. A right-hand pane titled "Properties" contains the text "Select a single element from the hydraulic network." The status bar at the bottom shows coordinates (X: 339,115.73 m, Y: 8,073,217.02 m) and a zoom level of 11.4%.

WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 [MODELAMIENTO IBALAYA.wtg]

File Home Layout Analysis Components Review View Tools Report Bentley Cloud Services

Search Ribbon (F3) CONNECT Advisor

Alternatives Options Compute Summary Calculate

Validate Notifications Alerts

Layout Select By Polygon By Element By Attribute Drawing

Patterns Pump Definitions Controls

Demand Center

Graphs FlexTables Properties Refresh

Selection Sets Active Topology

ModelBuilder

Common Tools

Element Symbology

MODELAMIENTO IBALAYA.wtg

DISEÑO OPTIMIZADO

Properties: (select a single ele...)

VRP-1 100%

Select a single element from the hydraulic network.

Prototypes

Pipe

- PVC ISO-63mm
- PVC ISO-75mm
- PVC ISO-90mm
- PVC ISO-110mm
- PVC ISO-140mm
- PVC ISO-160mm
- PVC ISO-200mm
- PVC ISO-250mm
- PVC ISO-315mm
- PVC ISO-355mm
- PVC ISO-400mm
- PVC ITINTEC-3/4"
- PVC ITINTEC-1"
- PVC ITINTEC-1 1/4"
- PVC ITINTEC-1 1/2"
- PVC ITINTEC-2"
- PVC ITINTEC-2 1/2"
- PVC ITINTEC-3"
- PVC ITINTEC-4"
- PVC ITINTEC-6"

Background Layers

Background Layers

User Notifications Alerts and Alarms

Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message

X: 339,068.99 m, Y: 8,073,683.09 m Zoom Level: 19.7%

Sign in

Modelación y simulación para optimizar la red de distribución con EPANET

Se procede a ingresar diámetros comerciales

The screenshot displays the EPANET 2 interface with a network diagram and a dialog box for pipe data. The network diagram shows a complex distribution system with nodes labeled N-1 through N-40 and a reservoir labeled 'RESERVORIO'. The 'Dados dos Tubos' dialog box is open, showing a table of pipe data.

Diámetro	Rugosidade	Tipo	Custo (\$/m)
22.9	0.0015	PVC NTP 399.002	4.58
29.40	0.0015	PVC NTP 399.002	5.88
38	0.0015	PVC NTP 399.002	7.14
43.40	0.0015	PVC NTP 399.002	8.56
57	0.0015	PVC NTP ISO 1452	12.50

The dialog box also includes buttons for 'Abrir', 'Salvar', and 'Fechar'. The main window shows a map of the network with various nodes and pipes, and a status bar at the bottom indicating 'Auto-Compimento Dif LPS 100% X,Y: 339344.71, 8073691.41'.

Ingresar restricciones

The image shows the EPANET 2 software interface. The main window displays a network map with nodes labeled N-1 through N-39 and various pipe segments. A dialog box titled "Dados do Projeto" is open, showing configuration options for project data. The dialog includes sections for "Cota Piezométrica na Origem" (set to "Cota Fixa"), "Trechos Ignorados" (with a "Configurar..." button), and "Limites" (Maximum Velocity: 3 m/s, Minimum Velocity: 0 m/s, Maximum Pressure: 50 mca, Minimum Pressure: 10 mca). It also has tabs for "Cota de Cabeceira Fixa" and "Cota de Cabeceira Variável", with a checkbox for "Dividir último trecho para aproveitamento de pressão" (set to "Não"). A "Fechar" button is at the bottom of the dialog. The software title bar reads "EPANET 2 - MODELO EPANET.net" and the status bar shows "Auto-Comprimento Off LPS 100% X,Y: 339324.92, 8073694.49".

Dados do Projeto

Cota Piezométrica na Origem:
Cota Fixa

Trechos Ignorados:
Configurar...

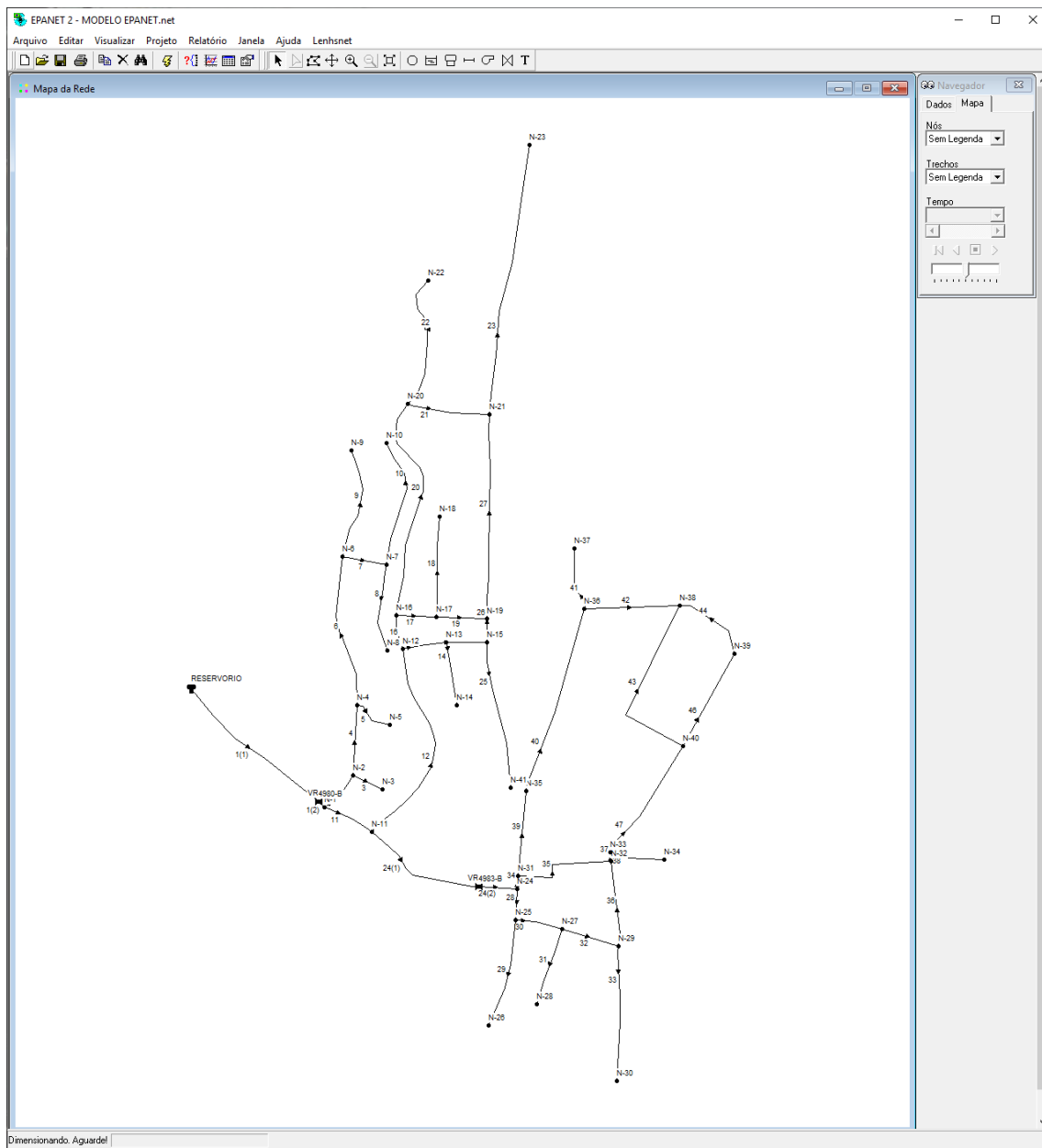
Limites:
 Sim Não Velocidade Máxima = 3 m/s
 Sim Não Velocidade Mínima = 0 m/s
 Sim Não Pressão Máxima = 50 mca
 Sim Não Pressão Mínima = 10 mca

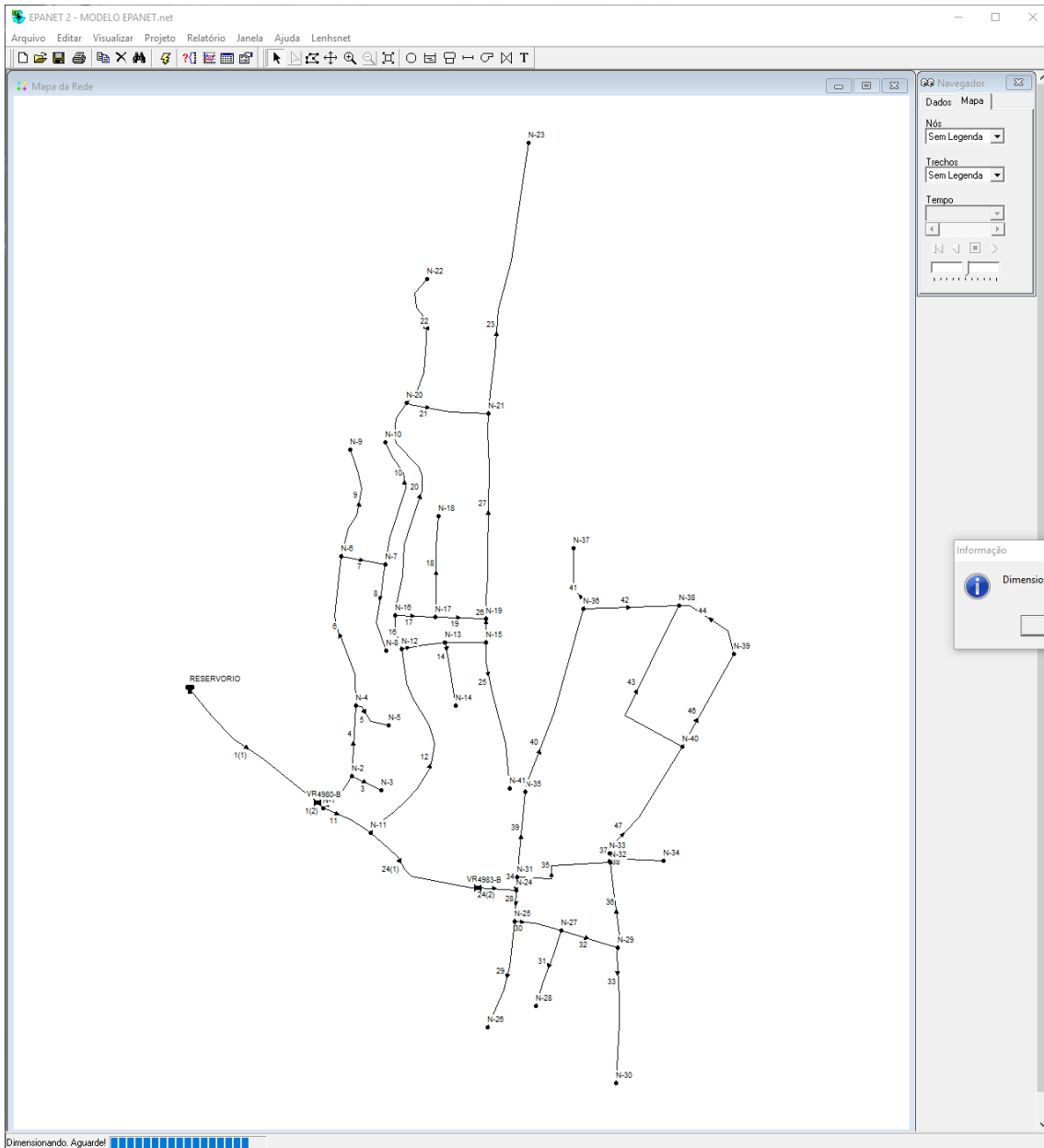
Cota de Cabeceira Fixa | Cota de Cabeceira Variável

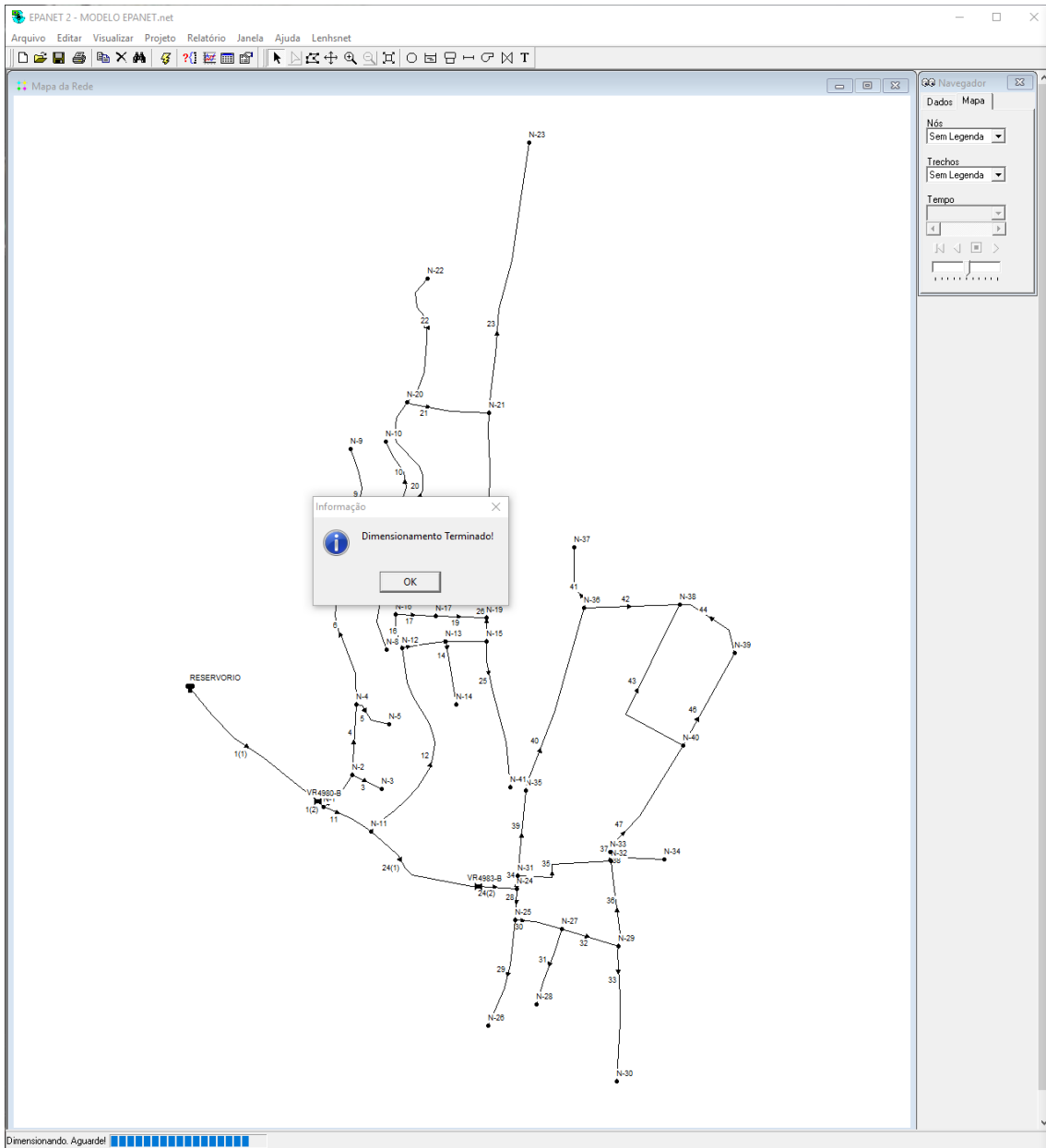
Dividir último trecho para aproveitamento de pressão:
 Sim Não

Fechar

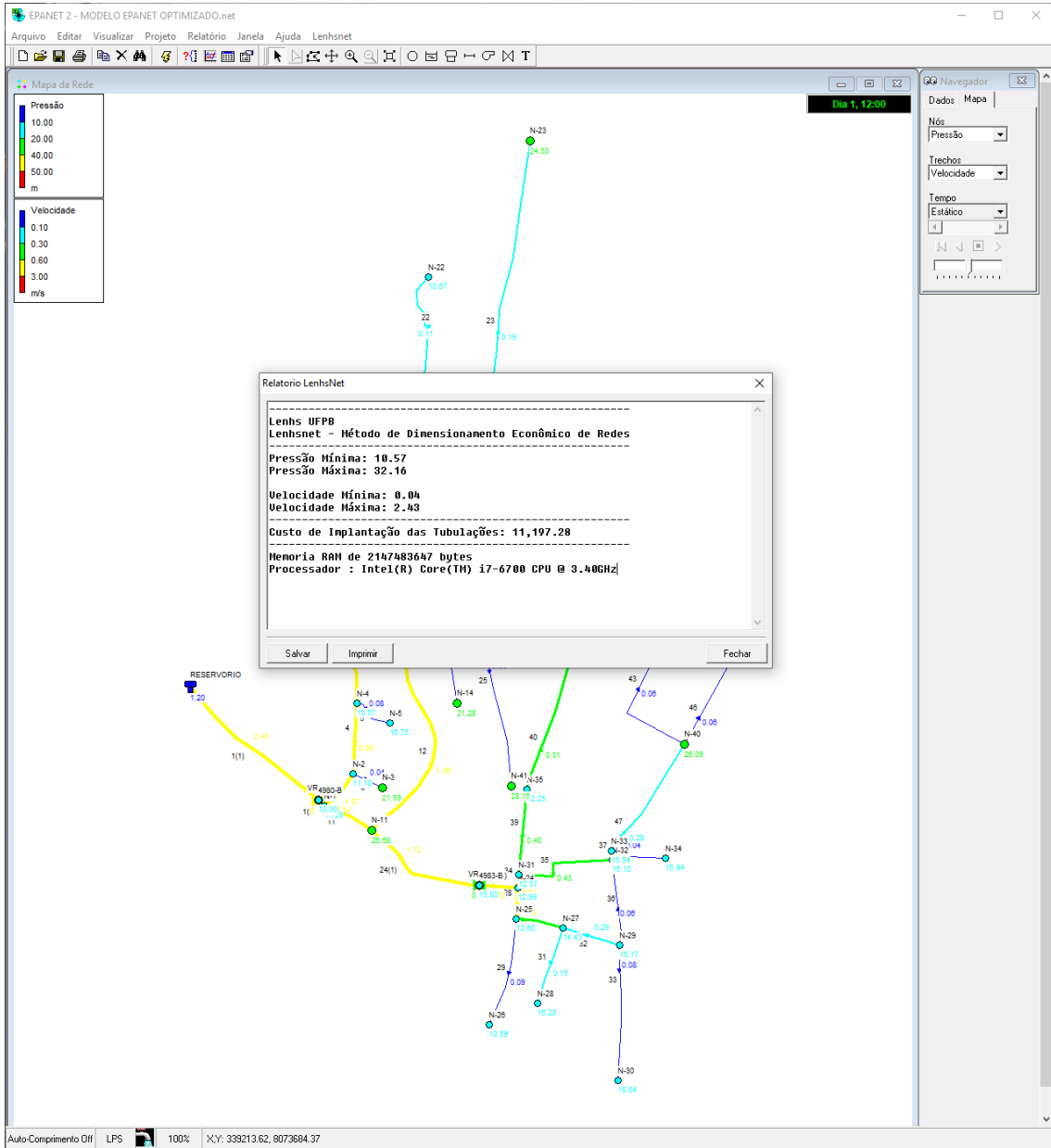
Se empieza a dimensionar la red



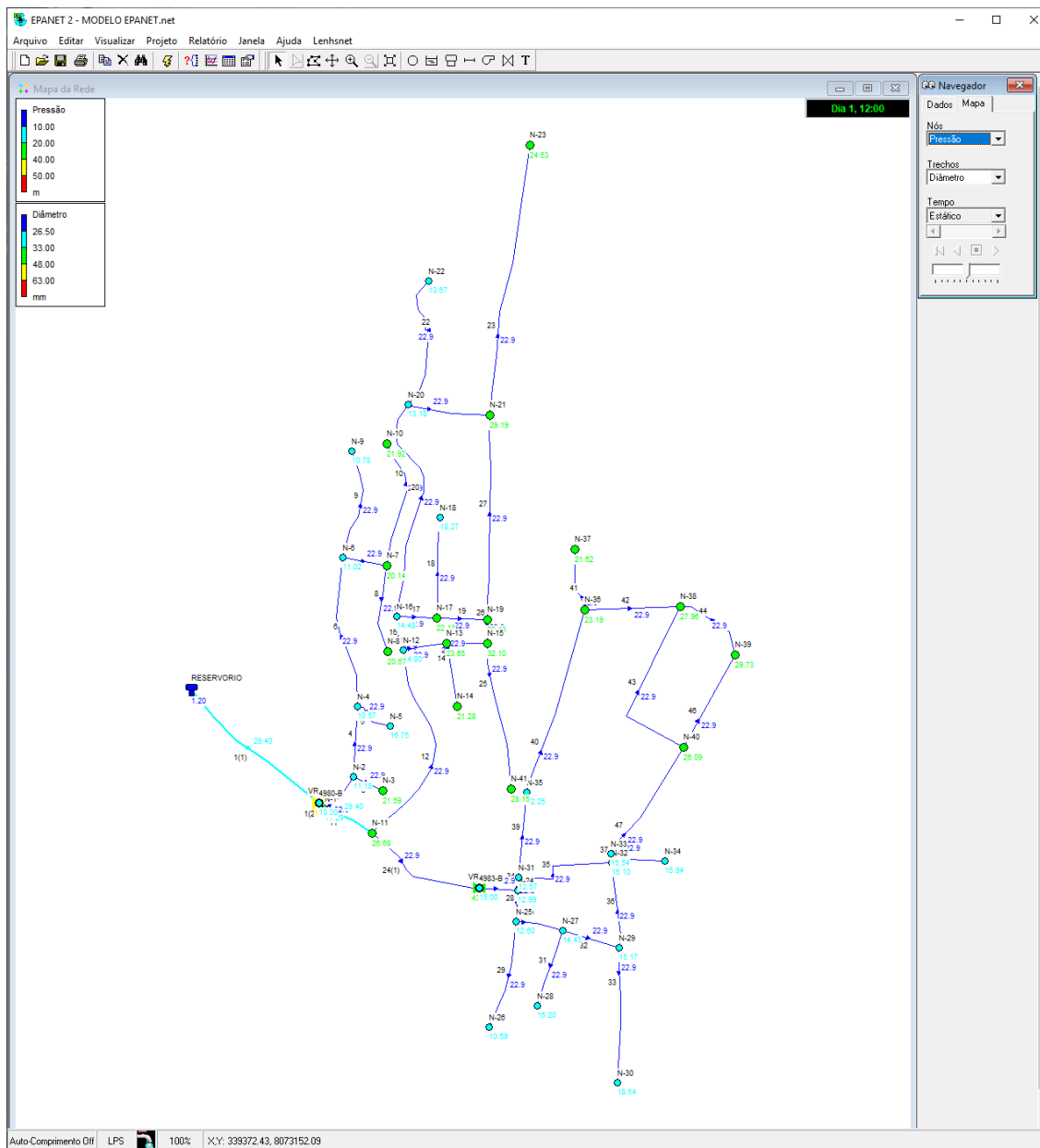




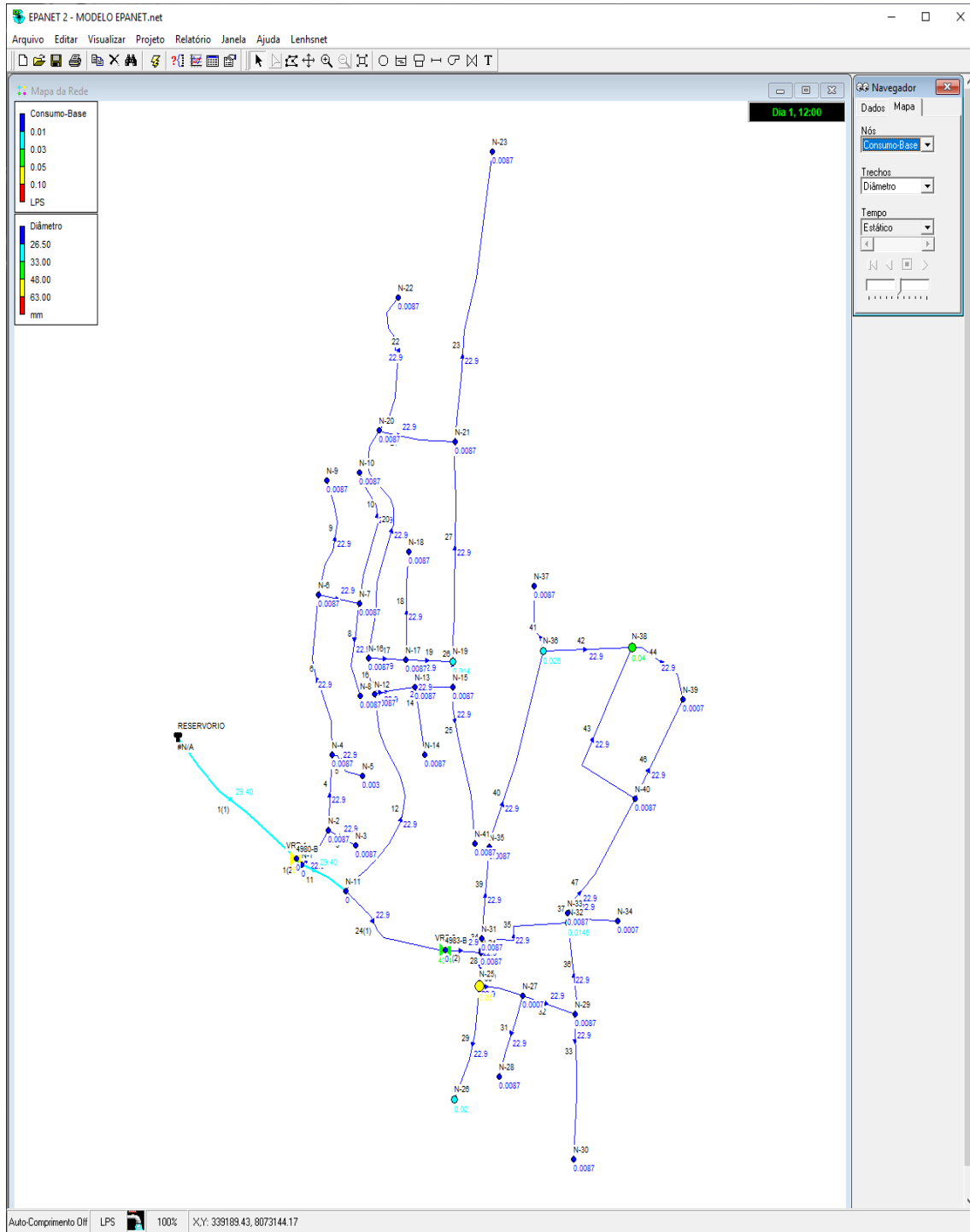
Costo de las tuberías



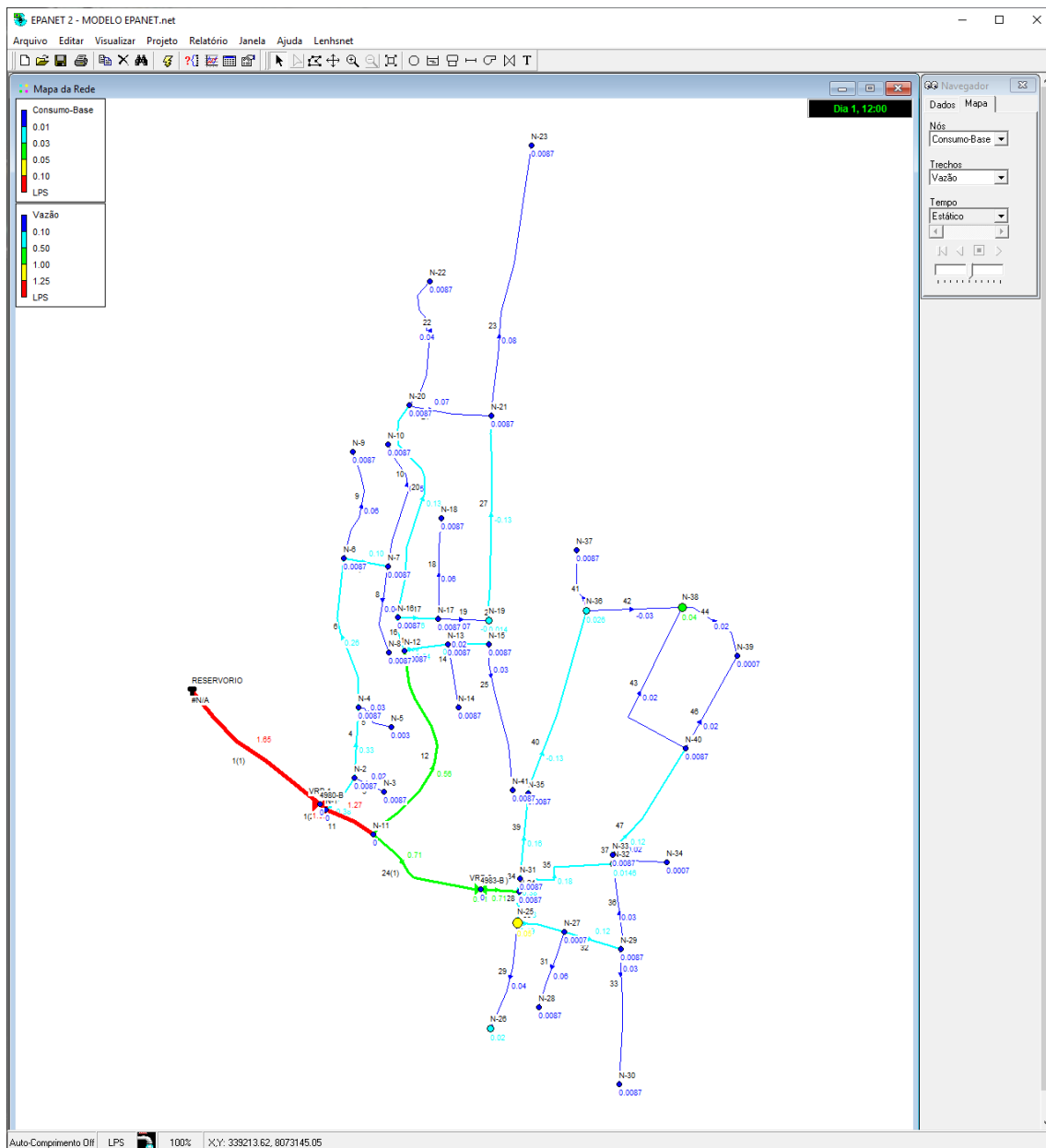
Visor de Epanet presión y diámetro



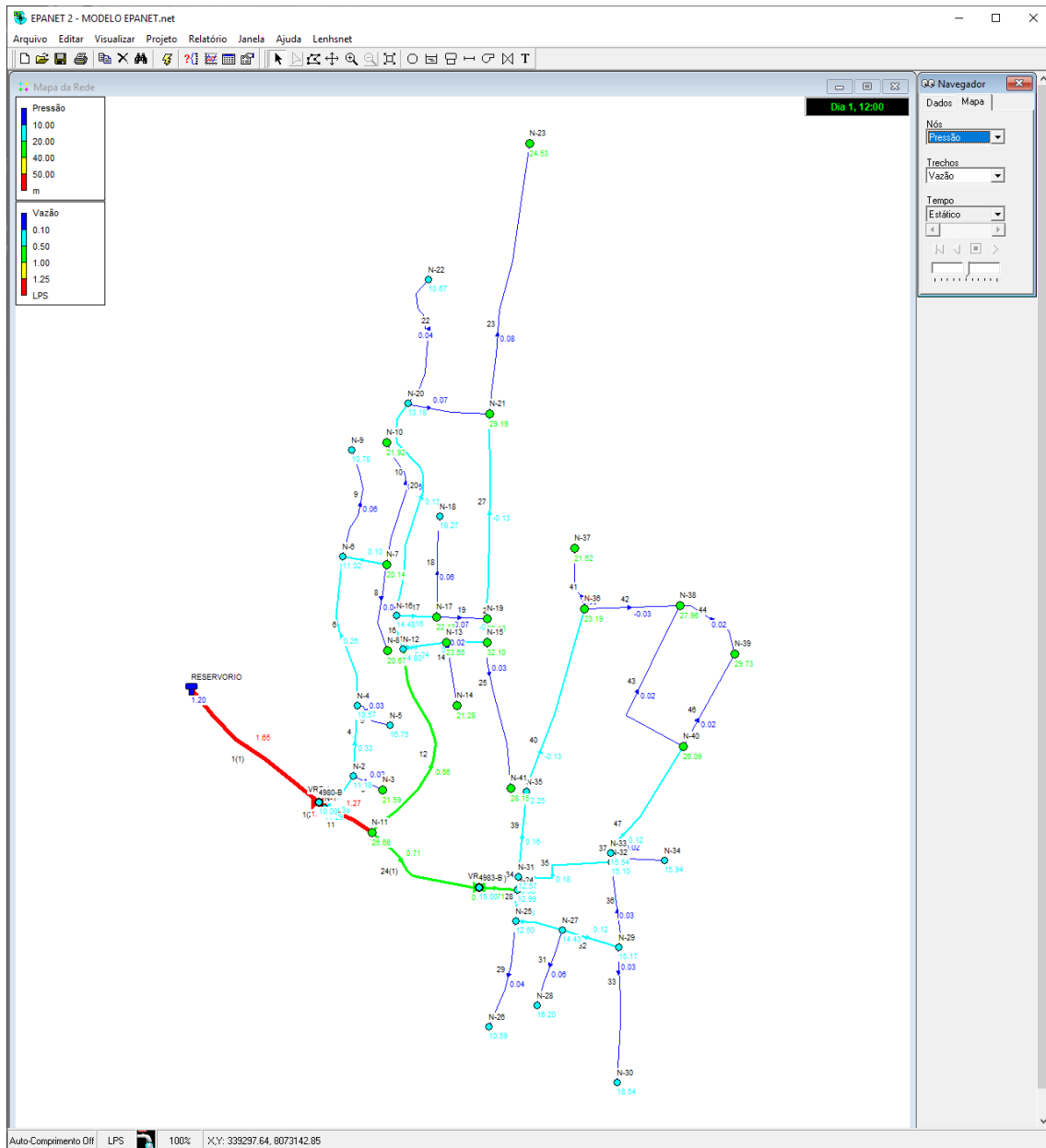
Visor de Epanet demanda y diámetro



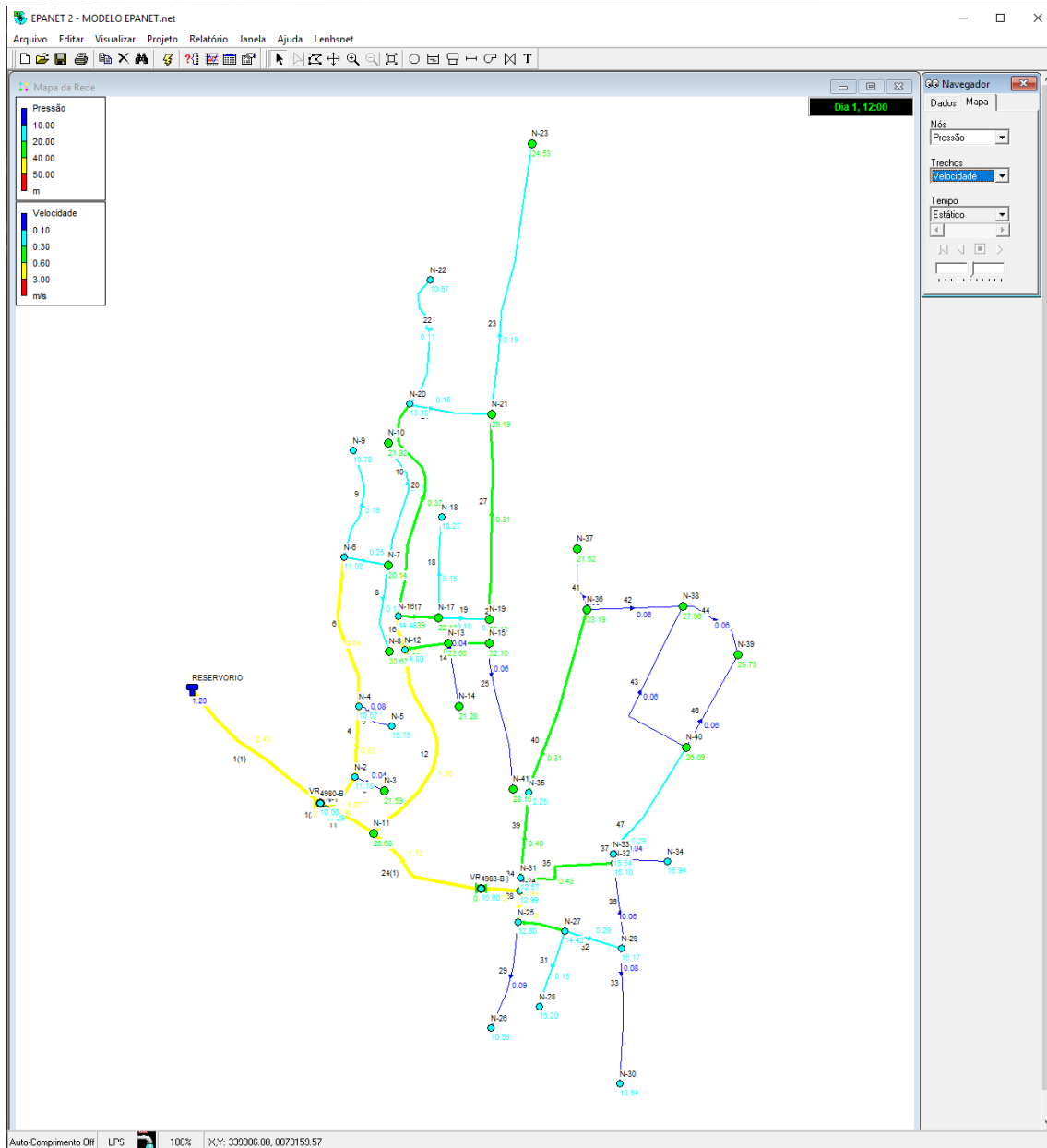
Visor demanda y caudal



Visor de Epanet pressão y caudal



Visor de Epanet presión y velocidad



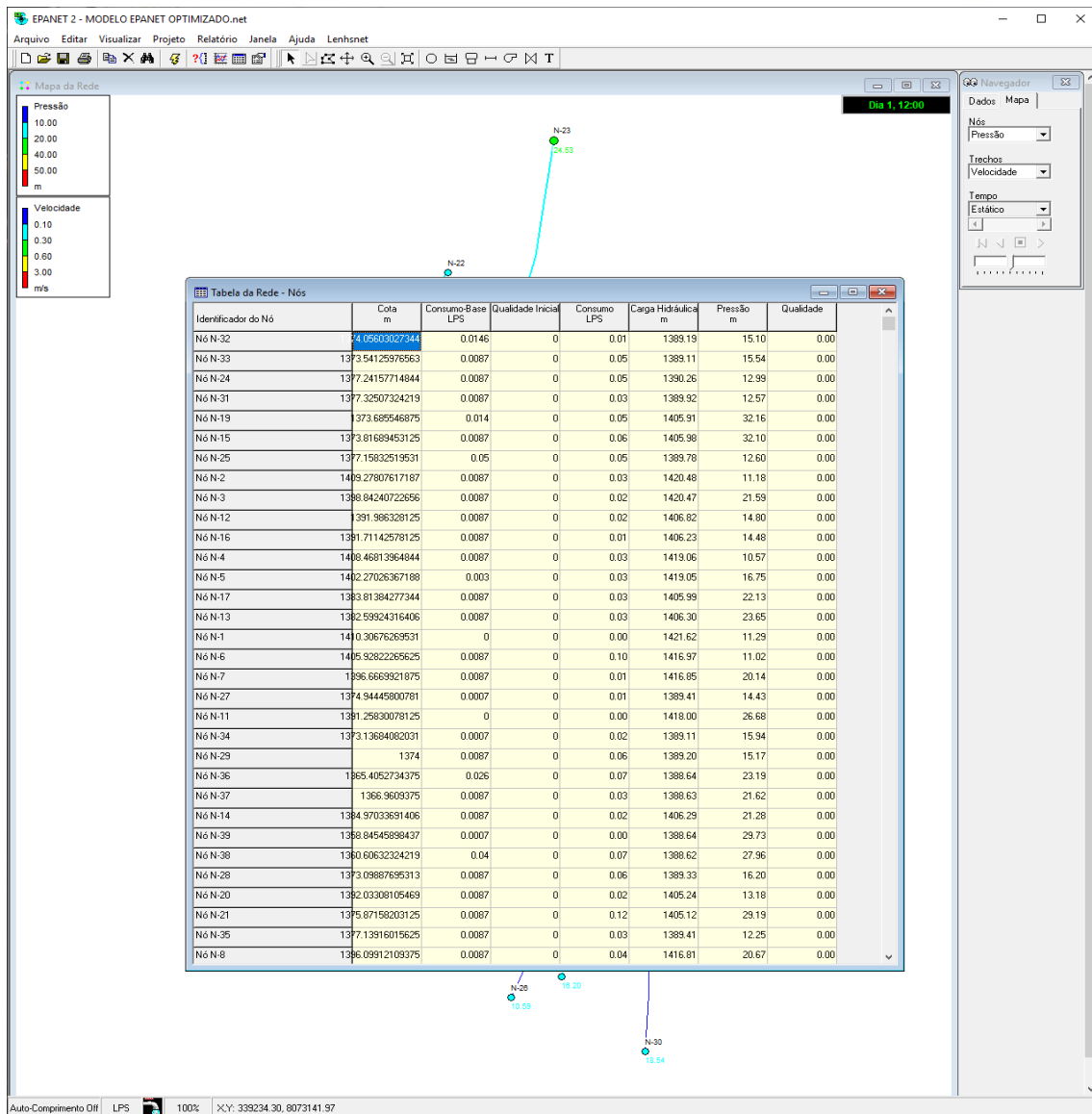


Tabla de nodos en Epanet
Fuente :Epanet

EPANET 2 - MODELO EPANET OPTIMIZADO.net

Arquivo Editar Visualizar Projeto Relatório Janela Ajuda Lenhset

Mapa da Rede

Pressão

Velocidade

Diã 1, 12:00

Navegador

Dados Mapa

Nós

Trechos

Tempo

Estático

Tabela da Rede - Trechos

Identificador do Trecho	Comprimento m	Diãmetro mm	Rugosidade mm	Coef.R.E.scoam	Coef.R.Paredes	Vazão LPS	Velocidade m/s	Perda de T. m/kr
Tubulação 37	6527506861161	22.9	0.0015	0	0	0.19	0.46	
Tubulação 34	69975425214172	22.9	0.0015	0	0	0.38	0.91	
Tubulação 26	130898901714245	22.9	0.0015	0	0	-0.10	0.25	
Tubulação 28	168872711117844	22.9	0.0015	0	0	0.28	0.68	
Tubulação 3	17370429527625	22.9	0.0015	0	0	0.02	0.04	
Tubulação 15	182394896627041	22.9	0.0015	0	0	0.30	0.73	
Tubulação 5	223406803814304	22.9	0.0015	0	0	0.03	0.08	
Tubulação 17	216478739423964	22.9	0.0015	0	0	0.16	0.39	
Tubulação 15	218536447790496	22.9	0.0015	0	0	0.19	0.46	
Tubulação 2	283773170592884	22.9	0.0015	0	0	0.38	0.92	
Tubulação 13	236341082584601	22.9	0.0015	0	0	0.24	0.59	
Tubulação 7	240182296242311	22.9	0.0015	0	0	0.10	0.25	
Tubulação 30	255023038782092	22.9	0.0015	0	0	0.19	0.46	
Tubulação 19	273936432219692	22.9	0.0015	0	0	0.07	0.18	
Tubulação 11	290453982817147	29.40	0.0015	0	0	1.27	1.87	1
Tubulação 38	301422160640478	22.9	0.0015	0	0	0.02	0.04	
Tubulação 32	317025422881686	22.9	0.0015	0	0	0.12	0.29	
Tubulação 41	348653147075322	22.9	0.0015	0	0	0.03	0.08	
Tubulação 14	341491635250566	22.9	0.0015	0	0	0.02	0.04	
Tubulação 4	377334296849731	22.9	0.0015	0	0	0.33	0.80	
Tubulação 44	432242120266424	22.9	0.0015	0	0	0.02	0.06	
Tubulação 31	426316455619301	22.9	0.0015	0	0	0.06	0.15	
Tubulação 21	443798483421428	22.9	0.0015	0	0	0.07	0.18	
Tubulação 36	460747441077942	22.9	0.0015	0	0	0.03	0.06	
Tubulação 39	458393967278788	22.9	0.0015	0	0	0.16	0.40	
Tubulação 8	477000500075975	22.9	0.0015	0	0	0.04	0.11	
Tubulação 35	58825769093955	22.9	0.0015	0	0	0.18	0.43	
Tubulação 42	516196494763631	22.9	0.0015	0	0	-0.03	0.06	
Tubulação 18	58401698328039	22.9	0.0015	0	0	0.06	0.15	
Tubulação 46	570145434671271	22.9	0.0015	0	0	0.02	0.06	
Tubulação 9	603640779955884	22.9	0.0015	0	0	0.06	0.15	

Auto-Compimento Off LPS 100% XY: 339335.04, 8073142.41

Tabla de tuberías en Epanet
Fuente :Epanet

**Anexo N°6
TURNITIN**

Tesis Turnitin

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repository.ucatolica.edu.co

Fuente de Internet

3%

2

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

2%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repository.usta.edu.co

Fuente de Internet

1%

7

documentop.com

Fuente de Internet

1%

8

cybertesis.uni.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

repositorio.uladech.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Anexo N°7
PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRAFICO

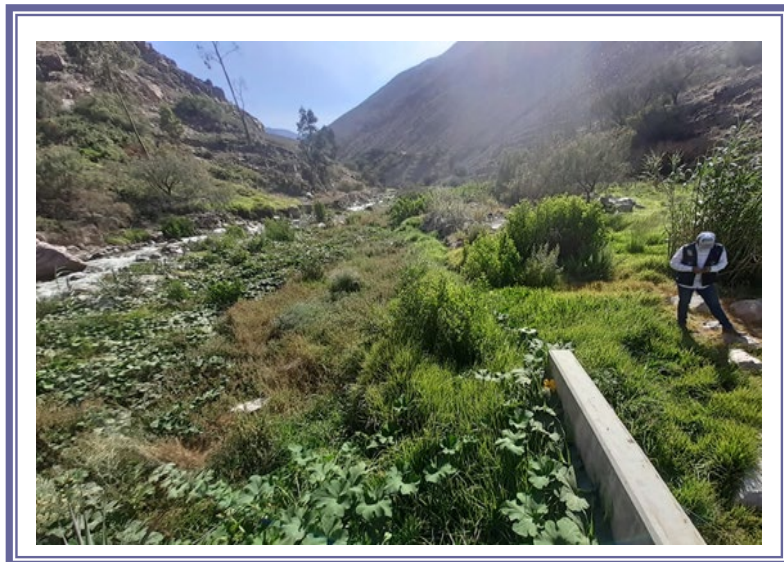


FOTO N° 01: CAPTACIÓN (Progresiva 0+000 - Ref. puente Cambaya),



FOTO N° 02: DESARENADOR (Progresiva 0+250, aprox. - Ref.

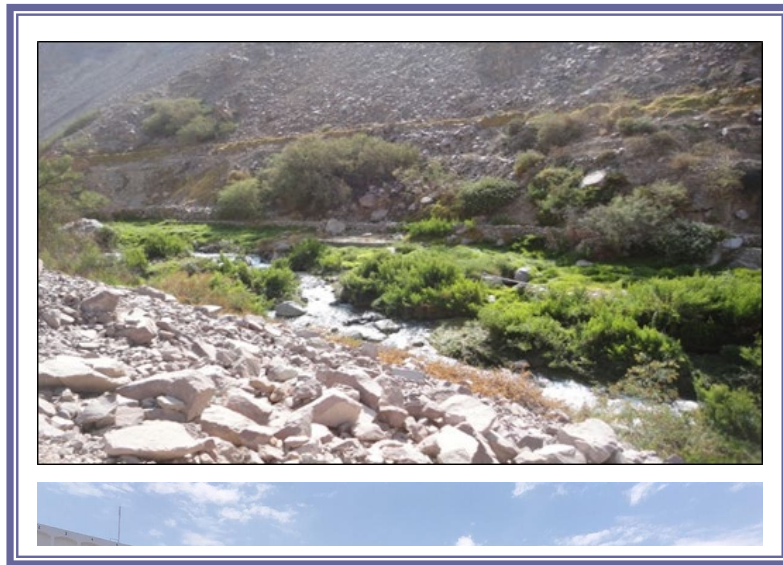


FOTO N° 03: Línea de Abducción de Ilabaya



FOTO N° 04: Línea de Abducción de Ilabaya



FOTO N° 05: Planta de Tratamiento de Agua de Ilabaya.



FOTO N° 06: Caseta de cloración de agua con tanque de 600ml.



FOTO N° 07: cámara de válvula de aire n° 1 - progresiva



FOTO N° 08: Reservorio que alimenta la red de Ilabaya



FOTO N° 09: se consideró el reservorio existente el cual está en funcionamiento actualmente con tubería de PVC de 63mm.



FOTO N° 10: Reservorio de 50 m³ de concreto. las conexiones, de tubería HDPE de 90 mm a 63mm.



FOTO N° 11: RESERVORIO DE ILABAYA EXISTENTE



FOTO N° 12: Cerco perimétrico del reservorio de Ilabaya

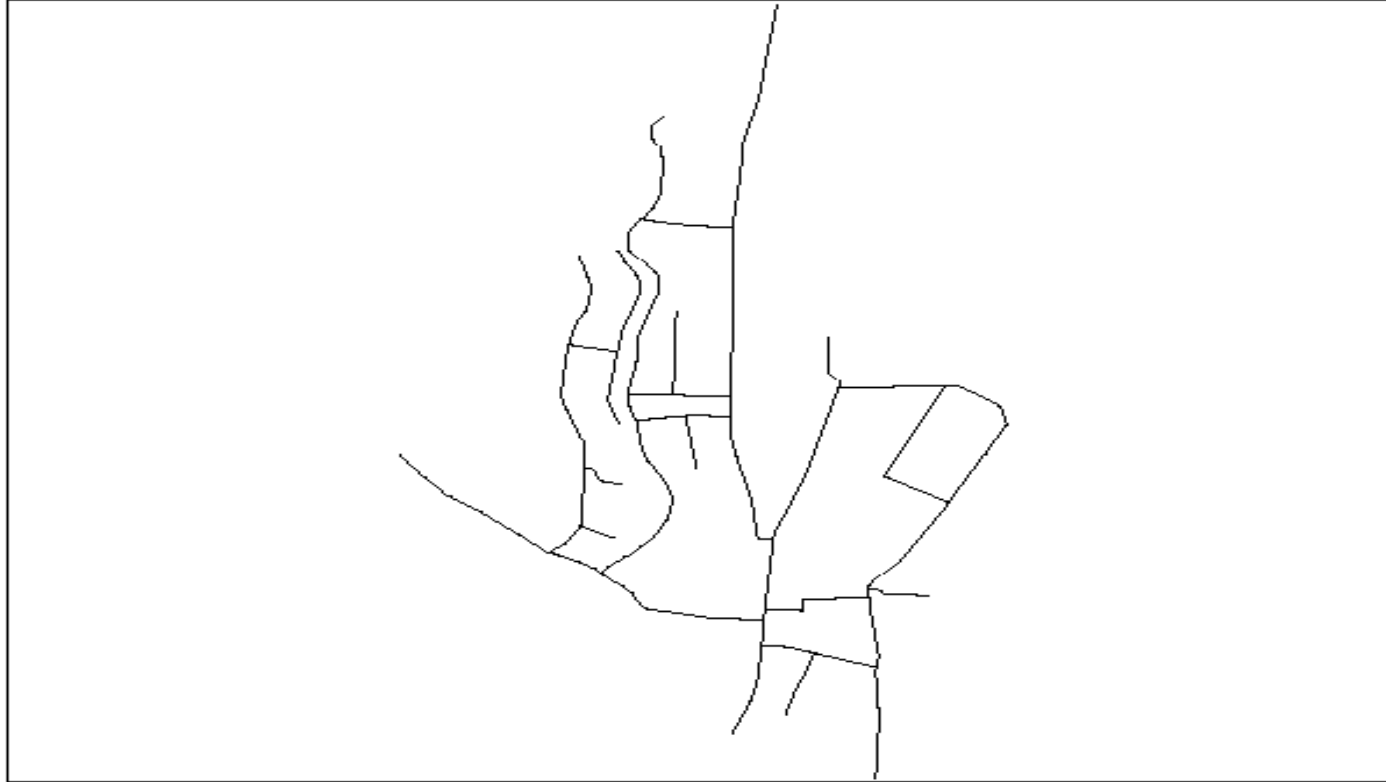


FOTO N° 13: Cerco perimetrico del reservorio de Ilabaya

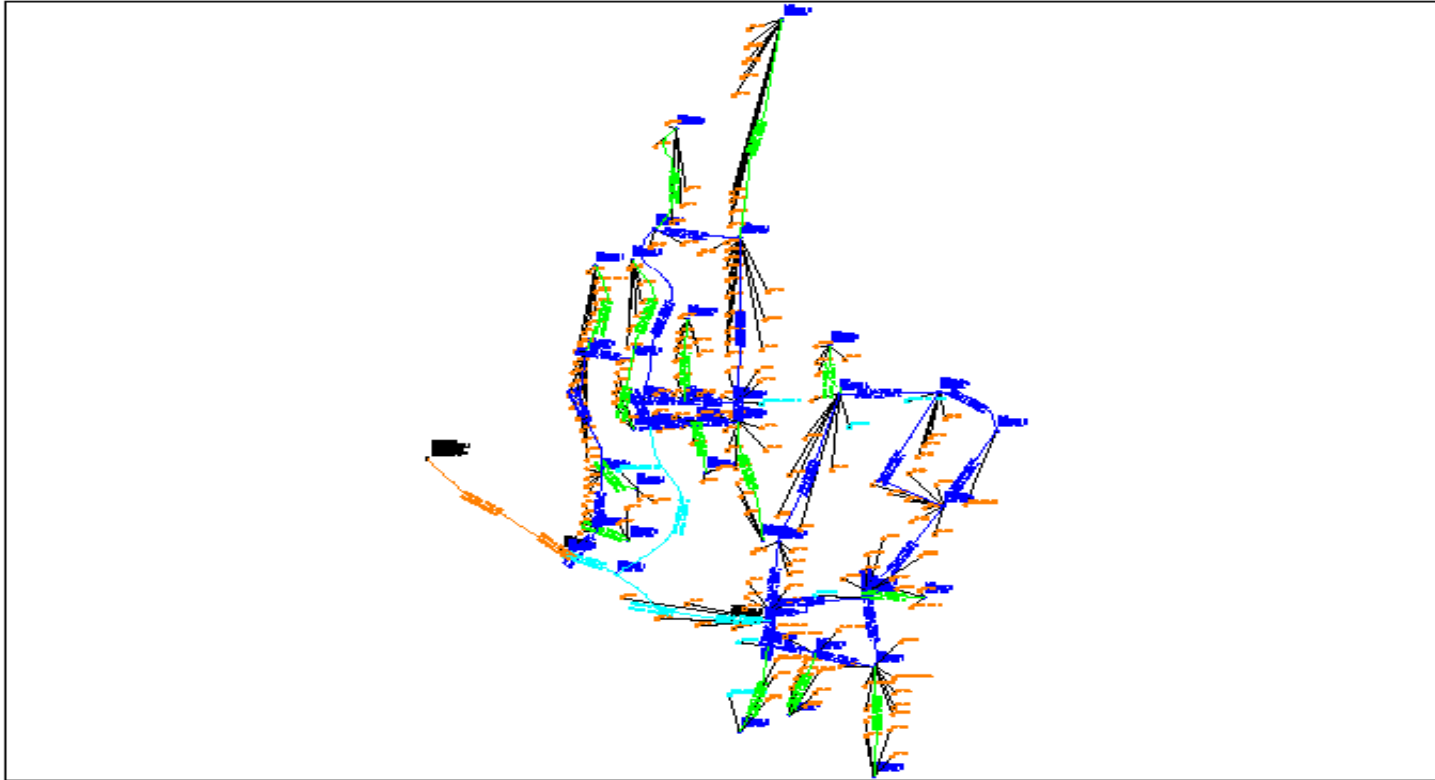
Anexo N°7
PLANOS



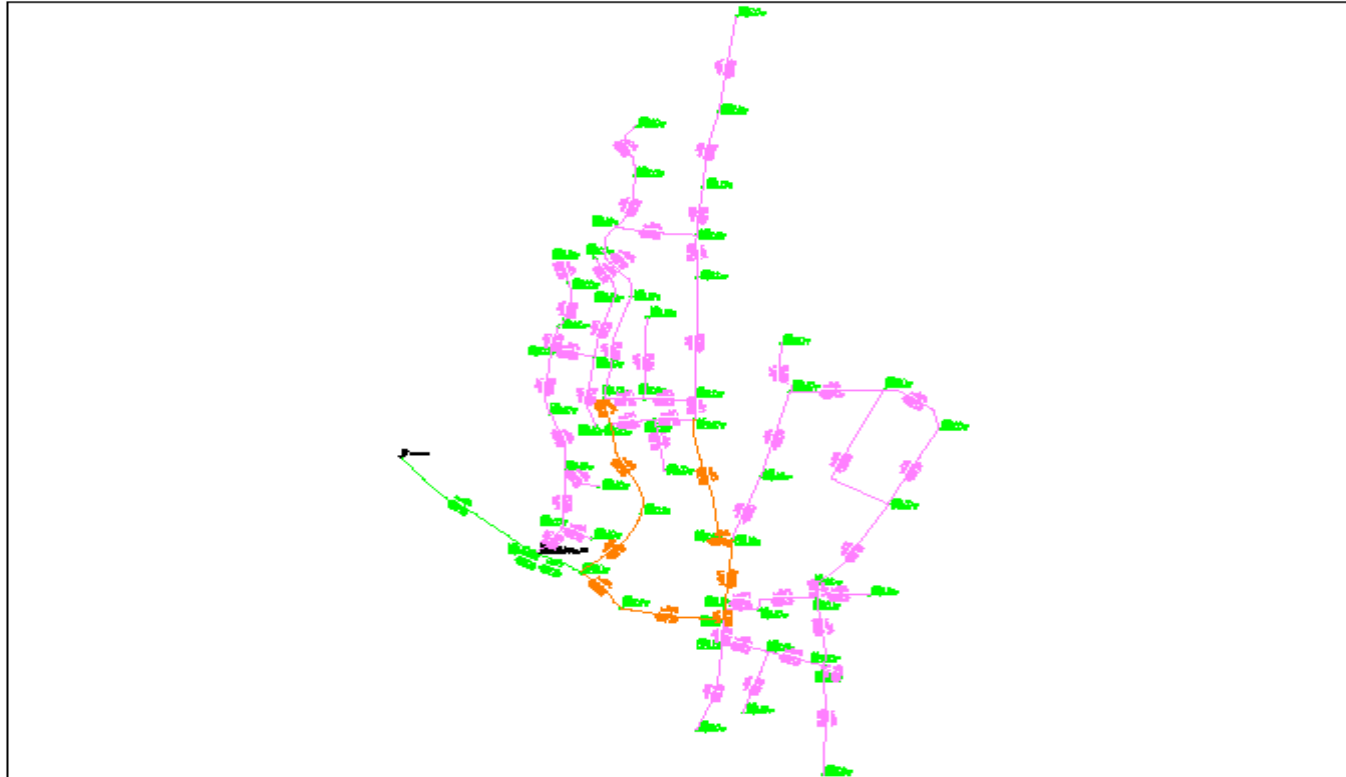
Plano N 01.- Curvas de nivel topográfica de Ilabaya capital



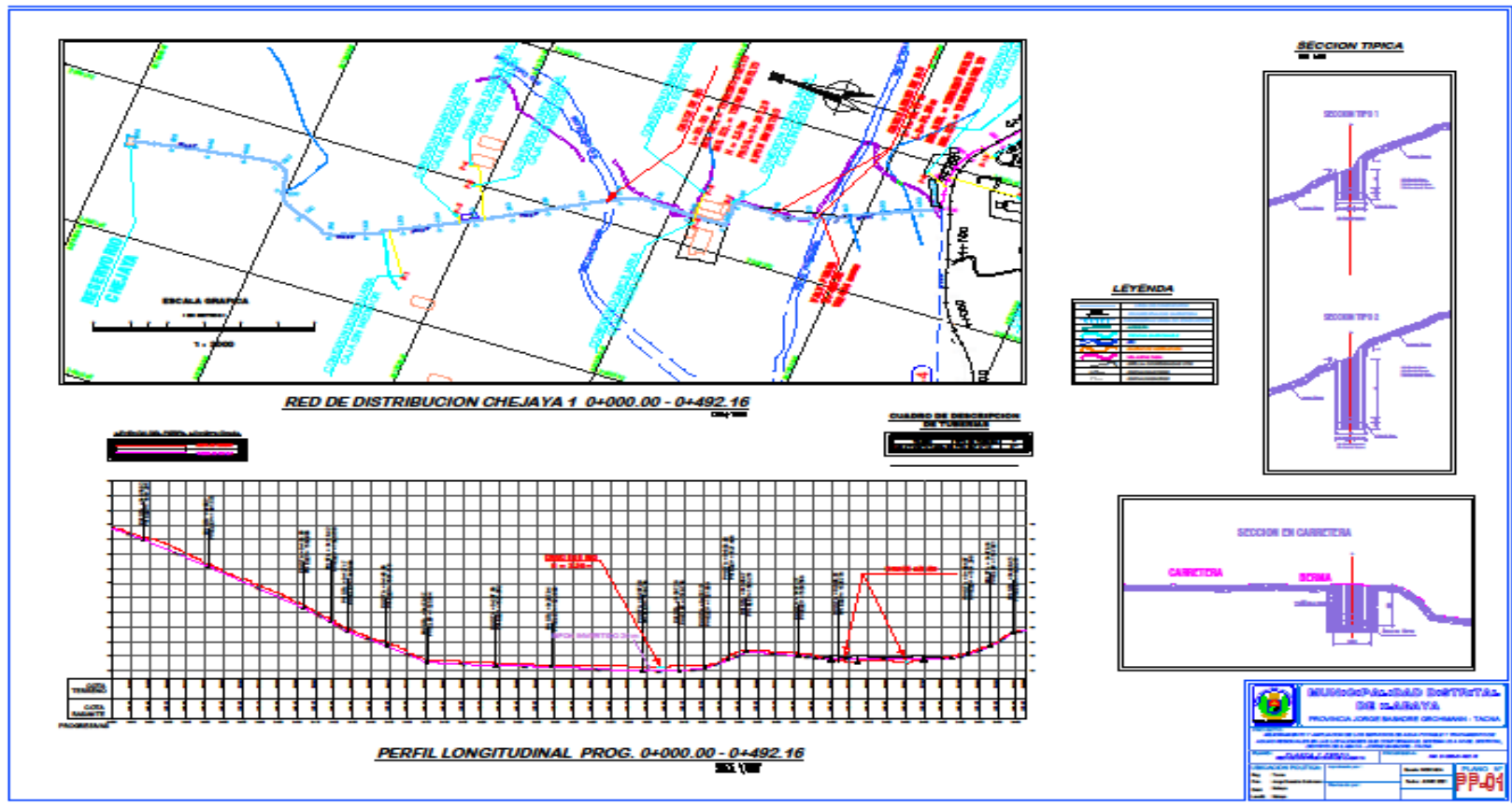
Plano N 02.- Trazado y dimensionamiento de la red de distribución de agua



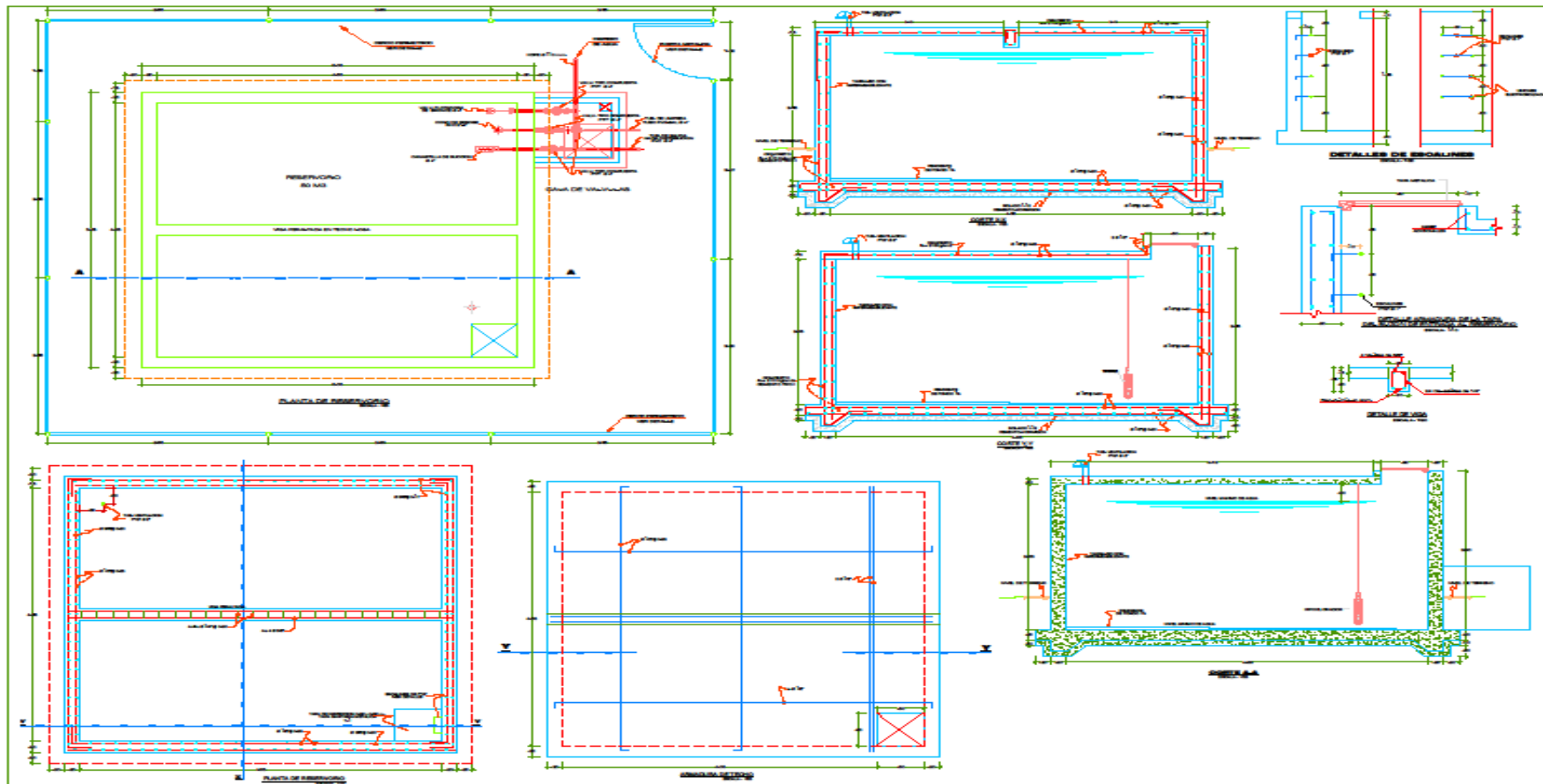
Plano N 03.- Modelado de Distribución de la red de agua Autocad



Plano N 04.- Distribución de la red de agua en Watercad/watergems



Plano N 05.- Red de distribución de Agua Chejaya



Plano N 06.- Reservorio 1

Anexo N°7
DOCUMENTOS VARIOS

Padrón de beneficiarios del distrito de Ilabaya Capital;

PADRÓN DE BENEFICIARIOS - ILABAYA					
DISTRITO: ILABAYA		PROVINCIA: Jorge Basadre		REGIÓN: TACNA	
NUMERO	ITEM	APELLIDOS	NOMBRES	FECHA NACIMIENTO	DNI
1	1	Butron Chagua	Segundo	30/07/1962	00457647
2	Conviviente	Mamani	Isabel Angela		
3	Hijo	Butron Mamani	Brayen		
4	2	Casas Juarez	Yeni Milagros	11/06/1970	00490306
5	Conviviente	Pino Cabrera	Oswaldo		
6	Hija	Pino Casas	Valeria		
7	Hija	Pino Casas	Celina		
8	3	Mamani Copa	Hermelinda Victoria	23/12/1961	00458333
9	Hijo	Loza Mamani	Julio Cesar		
10	4	Copa Chura	Raquel pabla	09/09/1958	00458008
11	Conviviente	Mamani Huacho	Raul		
12	Hija	Mamani Copa	Imelda		
13	Hija	Mamani Copa	Karina		
14	Hija	Mamani Copa	Maria		
15	5	Mamani Mamani	Carmen	16/07/1956	00415517
16	Conviviente	Bonifacio Sanjinez	Salvador		
17	Hijo	Bonifacio Mamani	Percy Diego		
18	6	Tuco Mamani	Amelia	30/04/1988	45026320
19	Conviviente	Incacutipa Paria	Edwin		
20	Hija	Incacutipa Tuco	Amira		
21	7	Guevara Lupaca	Betrecia	23/08/1965	00457917
22	Hija	Corasi Guevara	Jidemi		
23	Hijo	Corasi Guevara	Reinan		
24	8	Mamani Flores	Humberto Nadal	07/10/1936	00458774
25	Esposa	Copa García	Felicitas		
26	9	Labra Quispe	Maricia	08/11/1971	80309672
27	Conviviente	Jarro Zacari	Edilberto		
28	Hija	Jarro Labra	Madhelyn		
29	10	Ramos Garcia	Ana	17/01/1975	00793955
30	Conviviente	Lima Chambilla	Jeovan		
31	Hijo	Lima Ramos	Herbert		
32	Hijo	Lima Ramos	Jean		
33	Hijo	Lima Ramos	Frans		
34	Hijo	Lima Ramos	Santos		
35	11	Incacutipa Paria	Eloy	01/07/1955	00457602
36	Hijo	Encacutipa Estrada	Deniss		
37	Hijo	Encacutipa Ticona	Erick		
38	12	Calabilla Mamani	María	31/12/1970	00492643
39	Esposo	Incacutipa Paria	Marcos		
40	Hijo	Lipa Calabilla	Abraham		
41	Hija	Incacutipa Calabilla	Mariel		
42	13	Mansilla Chambilla	Tomás	29/12/1950	00458015
43	Convivinete	Mamani Mamani	Teresa		

44	Hija	Mansilla Mamani	Erika		
45	14	Paria Pérez	Honorata Domitila	10/09/1936	00457611
46	Conviviente	Mamani Escobar	Doroteo		
47	15	Mamani Paria	Rosa	18/11/1960	00458196
48	Esposo	Parihuana Choque	Edilberto		
49	Hijo	Parihuana Mamani	Edilberto		
50	Hija	Parihuana Mamani	Rosa		
51	16	Mamani Ticona	Rocio Pilar	15/10/1986	44099775
52	Conviviente	Mamani Quispe	Wilson		
53	Hija	Mamani Mamani	Josselyn		
54	17	Mori Mamani	Julia	29/06/1957	00458243
55	Esposo	Calderon Calderon	Hector		
56	Hija	Calderon Mori	Nayda		
57	18	Romero Cutipa	Rufina	02/01/1965	00400294
58	Hija	Apcho Romero	Yakelina		
59	19	Garcia Calderon	Saturnino	09/11/1949	01870720
60	Conviviente	Salazar Calizaya	Celia		
61	Hijo	Garcia Salazar	Nino		
62	Hija	Garcia Salazar	Briset		
63	20	Mori Mamani	Lourdes	12/10/1966	00458236
64	Hijo	Mori Mamani	Manuel Isaias		
65	21	Villanueva Villanueva	Guillermo	25/06/1940	04647438
66	Esposa	Vega de Villanueva	Grimalda		
67	22	Incacutipa Moquera	Silbastin	28/12/1929	00498376
68	Esposa	Paria Perez	Teresa		
69	Hijo	Incacutipa Paria	Felipe		
70	23	Marino Huaman	Wilder	04/12/1981	08142108
71	Conviviente	Ramos Estrada	Sonia		
72	Hijo	Marino Ramos	Dayvit		
73	24	García Calderon	Celestina	03/03/1944	00458249
74	Conviviente	Quispe Quispe	Eduardo		
75	25	Quispe Gutierrez	Felipa	21/10/1946	00458246
76	Conviviente	Ramos Panty	Máximo		
77	26	Miranda Villanueva	Luis Beltran	12/09/1931	00458074
78	Conviviente	Ticona Serrano	Judas		
79	27	Copa Garcia	Sergio	24/02/1952	00458004
80	Hijo	Copa Corasi	Juan Carlos		
81	28	cutipa Mamani	Albina	01/05/1947	04587709
82	29	Checalla Choque	Carlos	18/10/1949	00458062
83	Hijo	Chacalla Copa	Javier		
84	Hija	Chacalla Copa	Janeth		
85	30	Corasi Flores	Rufina	07/04/1968	00457683
86	Conviviente	Guevara Mamani	Luis		
87	Hijo	Guevara Corasi	Ivan		
88	Hijo	Guevara Corasi	Kenni		
89	Hijo	Guevara Corasi	Lenin		
90	Hijo	Guevara Corasi	Jhosseph		
91	31	Calderon Mamani	Alejandro	27/02/1952	00458058
92	Esposa	Checalla Choque	Lucila		

93	32	Estrada Estrada	Lila	11/12/1961	00457644
94	33	Estrada Flores	Efrain	19/10/1953	00458176
95	34	Garcia Calderon	Fortunata	28/02/1942	00753899
96	Esposo	Juanillo	Juan		
97	35	Vega Alvarado	Alberto	09/12/1968	00486900
98	Conviviente	Calderon Mori	Nely		
99	Hijo	Vega Calderon	Jans		
100	Hijo	Vega Calderon	Nicolas		
101	36	Ramos Estrada	Sara	05/05/1974	00457801
102	Esposo	Mamani Paria	Julian		
103	Hijo	Mamani Ramos	Yhonatan		
104	37	Copa de Cussi	Matilde	28/08/1952	00429998
105	Esposo	Cussi Copa	Alberto		
106	38	Meza Meza	Lilian	17/07/1970	29418262
107	Esposo	Morales Ordoñez	Noel		
108	39	Copa Chura	Máxima	15/04/1954	00458042
109	Esposo	Vargas Ramos	Reynaldo		
110	Hija	Vargas Copa	Sugeey		
111	40	Solis Cornejo	Juana	26/06/1932	00458538
112	41	Mamani Copa	Hermelinda Victoria	23/12/1961	00458333
113	Hijo	Loza Mamani	Julio Cesar		
114	42	Pino Cabrera	Nestor	21/10/1964	00404312
115	Esposa	Flores Tito	Eudocia		
116	Hijo	Pino Flores	Ailan		
117	Hija	Pino Flores	Adelfrlea		
118	43	Pingo Sanchez	Maria del Carmen	28/06/1963	06079323
119	Esposo	Paria Machaca	Rolando		
120	44	Paria	Juana Sabina	02/02/1956	00568292
121	Esposo	Murillo Murillo	Eloy		
122	45	Mamani Mamani	Catalina	29/04/1960	00458796
123	Conviviente	Moquera Copa	Florentino		
124	Hijo	Moquera Mamani	Luis		
125	46	Copa Corasi	Veronica Clariel	20/12/1980	41960414
126	Hija	Cuahila Copa	Marisel		
127	47	Quispe Mamani	Luzmila	20/11/1980	40628262
128	Hijo	Ramos Quispe	Luis		
129	Hijo	Ramos Quispe	Alberto		
130	Hija	Ramos Quispe	Leslie		
131	48	Garcia Mamani	Wilma Julia	25/05/1988	45064123
132	Conviviente	Mamani Mamani	Wilmer		
133	Hijo	Mamani Garcia	Brando		
134	49	Pacheco García	Gladys	26/10/1972	29641620
135	Conviviente	Llacho Perez	Alejandro		
136	Hijo	Llacho Pacheco	Luis Eduardo		
137	Hija	Llacho Pacheco	Judith		
138	Hijo	Llacho Pacheco	Marcos Nestor		
139	Hijo	Llacho Pacheco	Jhony Alex		
140	Hijo	Llacho Pacheco	Victor Enrique		
141	Hijo	Llacho Pacheco	José Miguel		

142	Hija	Llacho Pacheco	Edith Lizbeth		
143	50	Ala Ccasa	Alfonsa	29/06/1950	80309098
144	Esposo	Castro Maron	Andres		
145	51	Castro Ala	Jhon Letgard	08/09/1982	41885376
146	52	Mamani Llaca	Alfonso	07/04/1976	00457934
147	Conviviente	Castro Ala	Maria		
148	Hija	Mamani Castro	Gabriela		
149	53	Cuahila Paria	Angela	21/03/1975	00457864
150	Conviviente	Apaza Rodrigo	Gabriel		
151	Hijo	Apaza Cuahila	Renzo		
152	Hija	Apaza Cuahila	Ivonne		
153	54	Incacutipa Quispe	Uverlinda	31/01/1983	41874465
154	Conviviente	Suca Quea	Guido		
155	Hija	Suca Incacutipa	Angheli		
156	55	Cotera Salazar	Erica	09/07/1986	44803332
157	Conviviente	Mamani Gomez	Edgar		
158	Hija	Mamani Cotera	Angie Nicol		
159	Hija	Mamani Cotera	Camila Lizane		
160	56	Castro Ala	Isidora	04/04/1978	41124580
161	57	Mamani Cruz	Santos	16/05/1959	00457851
162	Conviviente	Copa Cardenas	Gregoria		
163	Hija	Mamani Copa	Kelly		
164	58	Mamani Copa	Roy	15/10/1982	42187090
165	Conviviente	Corasi Guevara	Jidemi		
166	Hija	Mamani Corasi	Jade		
167	59	Ordoñez Miranda	Arnold	02/04/1969	40123525
168	Esposa	Ramos Castro	Celia		
169	Hijo	Ordoñez Ramos	Randall		
170	Hijo	Ordoñez Ramos	Flavio		
171	60	Calderon de Cornejo	Angela	08/05/1936	00458643
172	Esposo	Cornejo	Mauricio		
173	61	Estrada Flores	Filomena	14/11/1955	00457938
174	Hija	Cutipa Estrada	Luzbenia		
175	Hija	Cutipa Estrada	Yenifer		
176	62	Aguilar Checalla	Elvira Deysi	30/08/1982	41505811
177	Esposo	Medina Cusi	Carlos		
178	Hija	Medina Aguilar	Milagros		
179	63	Cutipa Estrada	Nely	14/08/1977	40932288
180	Esposo	Cuayla Mamani	Dilberto		
181	Hija	Cuayla Cutipa	Daniela		
182	Hija	Cuayla Cutipa	Nelly		
183	64	Ramos Percca	Hermelinda	21/03/1980	42754134
184	Conviviente	Mamani	José Froilan		
185	Hijo	Mamani Ramos	Richard		
186	Hijo	Mamani Ramos	Franco		
187	65	Copa Mamani	Willy	28/12/1972	00797781
188	66	Chire Alvarado	Idele	26/01/1959	00406123
189	Conviviente	Centon Ccama	Jaime		
190	67	Castro Ala	Cesar	07/05/1980	41479077

191	Conviviente	Mamani Gutierrez	Edith Lizbeth		
192	Hija	Castro Mamani	Jadelin		
193	Hijo	Castro Mamani	Alvaro		
194	68	Mamani Quispe	Wilson	28/01/1982	43232174
195	Conviviente	Mamani Ticona	Rocio		
196	69	Castro Ala	Marisol	24/07/1966	00457969
197	Hija	Copa Castro	Royce		
198	70	Checalla Choque	Lucila	24/05/1961	00458077
199	Esposo	Calderon Mamani	Alejandro		
200	Hija	Calderon Checalla	Floricelda		
201	Hijo	Calderon Checalla	Leonidas		
202	71	Benito Perez	Reynaldo	11/12/1986	44720932
203	Esposa	Mamani Quenta	Graciela		
204	72	Guevara Corasi	Ivan	16/11/1988	45462436
205	73	Copa Garcia	Rosalía	01/04/1942	00458349
206	74	Copa Garcia	Sergio	24/02/1952	00458004
207	75	Cutipa Mamani	Sabino	20/01/1963	00458306
208	Esposa	Mamani Mamani	Delfina		
209	Hijo	Cutipa Mamani	Juan Carlos		
210	76	Mamani Mamani	Angelino	24/07/1976	00457891
211	Conviviente	Vizcarra Quispe	Cristina		
212	77	Choque Sosa	Felipe	30/08/1953	00457769
213	Esposa	Mallma Mendoza	Leandra		
214	Hijo	Choque Mallma	Alfredo		
215	78	Calaville Ponce	Marcos	11/06/1941	00458551
216	79	Osco Mamani	Paulina	24/06	
217	Esposo	Llaca Quispe	Juan		
218	80	Pino Cabrera	Georgina	23/04/1947	00429866
219	Hijo	Moquera Pino	Javier		
220		Ramirez Marquina	Zoraida		
221	81	Vargas Quispe	Abdon	29/07/1947	00458692
222	Esposa	Copa Escobar	Gilma		
223	82	Copa Chura	Raquel	09/09/1958	00458008
224	Conviviente	Mamani Huacho	Raúl		
225	Hijo	Mamani Copa	Edgardo		
226	83	Incacutipa Paria	Marcos	03/08/1962	00467765
227	Conviviente	Calabilla Mamani	Maria		
228	84	Calderon Mamani	José	08/02/1942	15404592
229	85	Cornejo Estrada	Judith	13/05/1936	00409204
230	Esposo	Contreras Ibarra	Alfonso		
231	Hijo	Contreras Cornejo	Hector		
232	86	Pino Hidalgo	Baltazar	06/01/1948	00458006
233	87	Pino Cabrera	Emérita	16/11/1960	00400868
234	88	Mamani Calderon	Hayde	26/01/1967	00457666
235	Esposo	Cutipa Mamani	Remigio		
236	Hija	Neyra Murillo	Liliana		
237	Hijo	Neyra Murillo	Junior		
238	89	Calderon Mamani	Maria	05/12/1949	00458589
239	Conviviente	Alvarado Tolentino	Mario		

240	90	Pino Cabrera	Luzgarda	20/11/1962	00477720
241	Esposo	Camacho Rondon	Hector		
242	91	Vargas Liendo	Gaudri	23/08/1978	40017109
243	Conviviente	Martorell	Alexander		
244	Hijo	Martorell Vargas	Axel		
245	92	Guevara Mamani	Rut	22/06/1972	00457919
246	Conviviente	Cahuana Choque	Tomas		
247	Hijo	Cahuana Guevara	Ronaldo		
248	93	Ramos Choque	Meliton	03/10/1973	01301609
249	Conviviente	Quispe Cuevas	Venerando		
250	94	Garcia Calderon	Francisco	04/06/1942	00458142
251	Conviviente	Mamani Mamani	Genara		
252	95	Ramos Aycachi	Alejandro	03/05/1963	00457243
253	Conviviente	Ramos Condori	María		
254	96	Castro Maron	Andres	30/11/1938	00458763
255	Esposa	Ala de Castro	Alfosa		
256	97	Fuentes Llaca	David	24/09/1961	00458379
257	98	Fuentes Casas	Fermín	10/04/1933	00458017
258	Conviviente	Llaca Alvarado	Saturnina		
259	99	Llaca Quispe	Juan	13/02/1935	00458269
260	Esposa	Osco Mamani	Paulina		
261	101	I.E. Gustavo Antonio Pinto Zeballos			
262	102	I.E.I. N° 311 - Ilabaya			
263	103	Gobernación - Ilabaya			
264	104	Juzgado de Paz de Ilabaya			
265	105	Vaca Yufra	Froilan Agustin	04/05/1947	00420519
266	Esposa	Puma Champi	Victoria		
267	106	Copa Cardenas	Irisberto Adan	16/03/1970	00460299
268	Esposa	Aste Benitez	Aída		
269	Hija	Copa Aste	Giarlley		
270	Hija	Copa Aste	Alessa		

Nicoll

SISTEMA DE EMPALME:

Espiga y campana con
Cemento Solvente.



PESADO

MEDIO

REGULAR

Diámetro de tubería	Tiempo de Cemento Solvente	Viscosidad Mínima	Espesor de film (mm)
12 - 63 mm	Regular	90 a +	0,15
75 - 160 mm	Medio	500	0,3
200 - 315 mm	Pesado	1600	0,6

CEMENTO SOLVENTE PARA TUBO Y CONEXIONES DE PVC-U

PEGAMENTO SOLVENTE REGULAR QUE PUEDE SER UTILIZADO COMO PEGAMENTO MEDIO, POR SU ALTO NIVEL DE VISCOSIDAD.

Tamaño: 1/32Gln - 1/16Gln - 1/8Gln - 1/4Gln - 1Gln
Para conexiones desde 1/2" hasta 4".

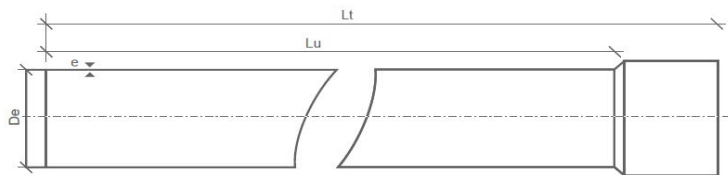
RENDIMIENTO APROXIMADO DEL PEGAMENTO

DIÁMETRO NOMINAL		EMPALMES 1/4 GALON
NTP - ISO (mm)	NTP (pulg)	
40	1 1/2"	90
63	2"	80
75	2 1/2"	60
90	3"	50
110	4"	35
160	6"	15
200	8"	5
250	10"	5
315	12"	2

TUBOS PVC-U PRESIÓN NTP 399.002



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



Diámetro Nominal Dn (pulg)	Diámetro Externo De (mm)	Diámetro Interno Di (mm)	Espesor Mínimo e (mm)	Longitud Total Lt (m)	Longitud Útil Lu (m)	Diámetro Nominal Dn (pulg)	Diámetro Externo De (mm)	Diámetro Interno Di (mm)	Espesor Mínimo e (mm)	Longitud Total Lt (m)	Longitud Útil Lu (m)
PN 5 bar (Clase 5)						PN 7,5 bar (Clase 7,5)					
2	60,0	56,4	1,8	5	4,94	1 1/4	42,0	38,4	1,8	5	4,95
2 1/2	73,0	69,4	1,8	5	4,93	1 1/2	48,0	44,4	1,8	5	4,95
3	88,5	84,1	2,2	5	4,92	2	60,0	55,4	2,2	5	4,94
4	114,0	108,4	2,8	5	4,90	2 1/2	73,0	67,8	2,6	5	4,93
6	168,0	159,8	4,1	5	4,85	3	88,5	82,1	3,2	5	4,92
8	219,0	208,4	5,3	5	4,83	4	114,0	105,8	4,1	5	4,90
10	273,0	259,6	6,7	5	4,79	6	168,0	155,8	6,1	5	4,85
12	323,0	307,2	7,9	5	4,75	8	219,0	203,2	7,9	5	4,83
---	---	---	---	---	---	10	273,0	253,2	9,9	5	4,79
---	---	---	---	---	---	12	323,0	299,6	11,7	5	4,75

PN 10 bar (Clase 10)						PN 15 bar (Clase 15)					
1/2	21,0	17,4	1,8	5	4,97	1 1/4	42,0	36,2	2,9	5	4,95
3/4	26,5	22,9	1,8	5	4,96	1 1/2	48,0	41,4	3,3	5	4,95
1	33,0	29,4	1,8	5	4,95	2	60,0	51,6	4,2	5	4,94
1 1/4	42,0	38,0	2,0	5	4,95	2 1/2	73,0	62,8	5,1	5	4,93
1 1/2	48,0	43,4	2,3	5	4,95	3	88,5	76,1	6,2	5	4,92
2	60,0	54,2	2,9	5	4,94	4	114,0	98,0	8,0	5	4,90
2 1/2	73,0	66,0	3,5	5	4,93	6	168,0	114,6	11,7	5	4,85
3	88,5	80,1	4,2	5	4,92	8	219,0	188,4	15,3	5	4,83
4	114,0	103,2	5,4	5	4,90	10	273,0	235,0	19,0	5	4,79
6	168,0	152,0	8,0	5	4,85	12	323,0	278,0	22,5	5	4,75
8	219,0	198,2	10,4	5	4,83	---	---	---	---	---	---
10	273,0	247,0	13,0	5	4,79	---	---	---	---	---	---
12	323,0	292,2	15,4	5	4,75	---	---	---	---	---	---

Tipo de tuberías acuerdo a Norma Técnica 399.002

Nicoll

NORMA DE FABRICACIÓN

- NTP 399.003
- Gama de diámetros: 1 1/2" a 6"
- Clases: Liviana (CL) y pesada (CP)

TUBOS PARA INSTALACIONES SANITARIAS NTP 399.003



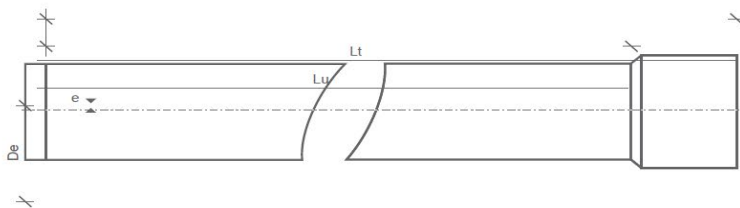
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Diámetro Nominal Dn (pulg)	Diámetro Externo De (mm)	Diámetro Interno Di (mm)	Espesor Mínimo e (mm)	Longitud Total Lt (m)	Longitud Util Lu (m)	Diámetro Nominal Dn (pulg)	Diámetro Externo De (mm)	Diámetro Interno Di (mm)	Espesor Mínimo e (mm)	Longitud Total Lt (m)	Longitud Util Lu (m)
CLASE LIVIANA (CL) **						CLASE PESADA (CP) **					
1 1/2"	41	38,4	1,3	3	2,96	3"	80	76,0	2,0	3	2,93
2"	54	51,4	1,3	3	2,95	4"	105	99,8	2,6	3	2,91
3"	80	77,2	1,4	3	2,92	6"	168	159,8	4,1	5	4,85
4"	105	101,6	1,7	3	2,91	---	---	---	---	---	---
6"	168	162,4	2,8	5	4,85	---	---	---	---	---	---

CONSULTAS TÉCNICAS

Contamos con un departamento de Asistencia Técnica, el cual lo puede asesorar en el momento del proyecto y de la instalación de nuestro producto.

Teléfono: 219 4500



E.T.PRESIÓN / INSTALACIÓN SANITARIA - JUNIO 2016.

Nicoll Perú S.A.

an *O*Aliaxis company

LIMA

Ca. Venancio Ávila 1990, Urb. Chacra Ríos Lima 01
Central Telefónica: (01) 219-4500 Fax: (01) 337-7777

HUANCAYO

Calle Real Nro. 1595 Azapampa - Chilca
Central Telefónica: (064) 227-579 (064) 232-870

LURÍN

Carretera Panamericana Sur Km. 31
Teléfonos: (01) 430-1855 / 430-1080

LAMBAYEQUE

Carretera Panamericana Norte Km. 779
Teléfono: (074) 281-608

AREQUIPA

Variante de Uchumayo, Km 1.5 - Distrito de Sachaca
Teléfonos: (054) 470-046 / 470-043

www.nicoll.com.pe
ventas@nicoll.com.pe



Resolución Ministerial

N° 192-2018-VIVIENDA

Lima, 16 MAYO 2018

VISTOS: El Memorandum N° 238-2018/VIVIENDA/VMCS/PNSR/DE de la Dirección Ejecutiva del Programa Nacional de Saneamiento Rural; el Informe N° 088-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DS de la Dirección de Saneamiento; el Memorandum N° 326-2018-VMCS/VIVIENDA-DGPRCS de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento; el Informe N° 424-2018-VIVIENDA/OGAJ de la Oficina General de Asesoría Jurídica; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 6 de la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, concordante con el artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento (Ley Marco), establece que este Ministerio es el órgano rector de las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, las cuales son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización, y en todo el territorio nacional;

Que, el artículo 2 de la Ley Marco establece que los servicios de saneamiento están conformados por sistemas y procesos que comprenden la prestación regular de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso y disposición sanitaria de excretas, en los ámbitos urbano y rural; declarando en el párrafo 3.1 del artículo 3 de la citada Ley, de necesidad pública y de preferente interés nacional la gestión y la prestación de los servicios de saneamiento con el propósito de promover el acceso universal de la población a los servicios de saneamiento sostenibles y de calidad, proteger su salud y el ambiente, la cual comprende a todos los sistemas y procesos que integran los servicios de saneamiento, a la prestación de los mismos y la ejecución de obras para su realización;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA, se aprueba la Política Nacional de Saneamiento, como instrumento de desarrollo del sector saneamiento, la cual tiene como objetivo principal alcanzar el acceso y la cobertura universal a los servicios de saneamiento de manera sostenible y con calidad, orientado al cierre de brechas y, como consecuencia de ello, alcanzar la cobertura universal y sostenible de los servicios de saneamiento en los ámbitos urbano y rural, teniendo como uno de sus Ejes de Política la optimización de las soluciones técnicas;





Que, de acuerdo al literal b) del artículo 84 del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA, la Dirección de Saneamiento es competente para elaborar y proponer lineamientos de política y el plan nacional en materia de saneamiento, en concordancia con la normatividad vigente;



Que, mediante la Resolución Ministerial N° 108-2011-VIVIENDA, modificada por la Resolución Ministerial N° 201-2012-VIVIENDA y la Resolución Ministerial N° 189-2017-VIVIENDA, fueron aprobados los Lineamientos para la Formulación de Programas o Proyectos de Agua y Saneamiento para los Centros Poblados del Ámbito Rural, estableciendo condiciones generales para formulación de programas y proyectos entre ellos aspectos para la construcción de sistemas de agua potable y saneamiento como la instalación sanitaria intradomiciliaria;



Que, mediante la Resolución Ministerial N° 173-2016-VIVIENDA, modificada por la Resolución Ministerial N° 189-2017-VIVIENDA y la Resolución Ministerial N° 265-2017-VIVIENDA, que aprueba la Guía de Opciones Tecnológicas para Sistemas de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y Saneamiento en el Ámbito Rural, estableciendo además de los requerimientos técnicos mínimos para el diseño de los proyectos de saneamiento, el contenido mínimo de los proyectos a nivel de estudio de pre inversión e inversión de acuerdo al Sistema Nacional de Inversión Pública;



Que, la Dirección de Saneamiento de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, en atención a lo dispuesto en la Primera Disposición Complementaria Final del Reglamento de la Ley Marco, aprobado por el Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA, se encuentra facultada para emitir las normas sectoriales complementarias, en este caso, para el ámbito rural;



Que, en efecto, la Dirección Ejecutiva del Programa Nacional de Saneamiento Rural, a través del Memorándum N° 238-2018/VIVIENDA/VMCS/PNSR/DE del 6 de febrero de 2018, sustentado en el Informe Técnico Legal N° 001-2018-VIVIENDA/VMCS/PNSR/KPG-LSJ-IBE-NLL, elaborado el Grupo de Trabajo conformado para tal efecto, emite opinión favorable sobre la guía de diseños tipo y modelos estandarizados de componentes de los sistemas de saneamiento en el ámbito rural y recomienda su aprobación;

Que, asimismo, la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, a través del Memorándum N° 326-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS del 6 de abril de 2018, ratifica el contenido del Informe N° 088-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DS, por medio del cual el Director de Saneamiento sustenta el aspecto técnico legal del proyecto de Resolución Ministerial que aprueba la "Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas



Resolución Ministerial

para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”, y propone la derogatoria de las Resoluciones Ministeriales N° 108-2011-VIVIENDA y N° 173-2016-VIVIENDA, así como sus modificatorias;

Que, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA; y, el Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA, Reglamento de la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobación

Apruébese la “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”, la cual en Anexo forma parte integrante de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 2.- Alcance

Establézcase que la presente norma es de aplicación para la formulación y elaboración de los proyectos de los sistemas de saneamiento en el ámbito rural, en los centros poblados rurales que no sobrepasen de dos mil (2,000) habitantes.

Artículo 3.- Difusión

Dispóngase que la Dirección de Saneamiento de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento realiza las acciones que sean necesarias para la difusión de la norma técnica de diseño que se aprueba en el artículo 1 de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 4.- Publicación

La presente Resolución Ministerial y su Anexo, se publican en el portal institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- Instalaciones intradomiciliarias

Tratándose de proyectos que ejecute el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través del Programa Nacional de Saneamiento Rural, en el marco de sus



intervenciones, la instalación intradomiciliaria se financiará con recursos de dicho Programa; pudiendo contar con el aporte del beneficiario y/o el cofinanciamiento de otras Entidades Públicas, de acuerdo a los Lineamientos que establezca el mencionado Programa.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Proyectos en fase de ejecución del Ciclo de Inversión del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones

Los proyectos a que se refiere el artículo 2 de la presente Resolución Ministerial, que a la fecha de entrada en vigencia de la presente norma se encuentran en la fase de ejecución del Ciclo de Inversión del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, se rigen por las normas vigentes a la fecha de su presentación, no siendo aplicable a estos la norma aprobada en el artículo 1 de la presente Resolución Ministerial.

La presente norma es de aplicación inmediata para los proyectos que no han iniciado la fase de formulación a nivel de expediente técnico.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación

Derógase la Resolución Ministerial N° 173-2016-VIVIENDA, que aprueba la Guía de Opciones Tecnológicas para Sistemas de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y Saneamiento en el Ámbito Rural, modificada por la Resolución Ministerial N° 189-2017-VIVIENDA y la Resolución Ministerial N° 265-2017-VIVIENDA; y, la Resolución Ministerial N° 108-2011-VIVIENDA, que aprueba los Lineamientos para la Formulación de Programas o Proyectos de Agua y Saneamiento para los Centros Poblados del Ámbito Rural, modificada por la Resolución Ministerial N° 201-2012-VIVIENDA y la Resolución Ministerial N° 189-2017-VIVIENDA.

Regístrese, comuníquese y publíquese


JAVIER PIQUÉ DEL POZO
Ministro de Vivienda,
Construcción y Saneamiento

