



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE UTILIZANDO EL SOFTWARE WATERCAD EN
EL DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LA ETAPA I
DEL PROYECTO SAN ANTONIO DE MALA – DISTRITO DE
MALA**

**PRESENTADA POR
YOSELYN EDITH GUTIERREZ TENORIO
ELIZABETH MARIA HUAMANI VEGA**

**ASESOR
GONZALO FANO MIRANDA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2019



CC BY

Reconocimiento

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE UTILIZANDO EL SOFTWARE WATERCAD EN
EL DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LA ETAPA I
DEL PROYECTO SAN ANTONIO DE MALA- DISTRITO DE MALA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PRESENTADA POR

GUTIERREZ TENORIO, YOSELIN EDITH

HUAMANI VEGA, ELIZABETH MARIA

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a mi familia, a mis padres Ángel Justo Gutiérrez Hurtado y Victoria Tenorio Berrocal por estar siempre a mi lado, ya que sin ellos no hubiera logrado todos mis logros hasta ahora; a mi hermana Yudith y Vanesa por aconsejarme y estar siempre conmigo; a mis hermosos sobrinos Kiara Antonela y Ángel Jeiko; a mis cuñados Elías y Armando, a mi tía Paulina Hurtado y a mi abuelita Cipriana Alarcón que desde el cielo siempre me cuida, eternamente agradecida con cada una de estas personas. MCH.

Gutierrez Tenorio, Yoselin Edith

Gracias Papá Vega y Mamá Josefa, gracias Mamá Dina y Papá Fredi, gracias hermanos Sharon y Alonso, los quiero mucho. JMZQ, también a mi familia que somos 22 miembros los quiero mucho porque hemos aprendido bastante. Gracias.

Huamani Vega, Elizabeth Maria

Un agradecimiento especial para cada una de nuestras familias, por formarnos con buenos sentimientos, hábitos y valores.

A la Universidad San Martín de Porres por la excelente formación brindada, un agradecimiento especial al Ingeniero Gonzales Fano Miranda por apoyarnos en la realización de nuestra tesis ya que sin su apoyo no se hubiera logrado lo propuesto.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Situación problemática	14
1.1. Formulación del problema	16
1.1.1. Problema General	16
1.1.2. Problemas Específicos	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo General	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
Justificación e importancia	17
1.3. Viabilidad	18
1.4. Alcance y limitaciones de la investigación	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20

2.2.	Antecedentes de la investigación	22
2.2.1.	Tesis Nacionales	22
2.2.2.	Tesis Internacionales:	24
2.3.	Bases teóricas	27
2.3.1.	Agua potable en el Perú	27
2.3.2.	Levantamiento topográfico	29
2.3.3.	Sistema de abastecimiento de agua potable	30
2.3.4.	Software Watercad	38
2.4.	Definición de términos básicos	40
2.5.	Hipótesis	40
2.5.1.	Hipótesis general	40
2.5.2.	Hipótesis específicas	41
	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1.	Tipo de investigación	42
3.2.	Nivel de la investigación	43
3.3.	Diseño de la investigación	43
3.4.	Variables	43
3.4.1.	Variable independiente	43
3.4.2.	Variable dependiente	44
3.5.	Población y muestra	44
3.5.1.	Población	44
3.5.2.	Muestra	46
3.6.	Técnicas de investigación	46
3.7.	Instrumentos de recolección de datos	47
3.8.	Cronograma de Actividades	47

CAPÍTULO IV: DESARROLLO	49
4.1. Población total de beneficiarios	49
4.1.1. Población total de beneficiarios de volumen de reservorio	49
4.2. Cálculo de caudales de agua.	53
4.2.1. Volumen de almacenamiento	58
4.2.2. Ubicación del pozo subterráneo (Captación)	59
4.3. Cálculo de la cisterna	60
4.4. Cálculo de tuberías de Impulsión:	61
4.5. Cálculo con el software Watercad del sistema de abastecimiento de agua potable	62
CAPÍTULO V: RESULTADOS	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
FUENTES DE INFORMACIÓN	86
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Cronograma de actividades	40
Tabla 2: Lotes mayores de 90 m ²	42
Tabla 3: Lotes menores de 90 m ²	44
Tabla 4: Área total de parques	45
Tabla 5: Caudales para lotes con áreas menores de 90 m ²	46
Tabla 6: Caudal para lotes con áreas mayores de 90 m ²	47
Tabla 7: Caudal para los parques	48
Tabla 8: Cuadro de Resumen	50
Tabla 9: Volumen del reservorio	50
Tabla 10: Datos del reservorio	50
Tabla 11: Volumen de cisterna	51
Tabla 12: Datos de cisterna	52
Tabla 13: Datos de la cisterna	52
Tabla 14: Datos de la línea de impulsión	53
Tabla 15: Diámetro de la línea de impulsión	53
Tabla 16: Potencia de consumo de la bomba	54
Tabla 17: Potencia instalada de la bomba	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Volumen anual promedio de agua	21
Figura 2: Estación Total	24
Figura 3: Red de distribución de agua potable	25
Figura 4: Forma de captación del agua	26
Figura 5: Esquema del modelamiento	33
Figura 6: Población del proyecto San Antonio de Mala	37
Figura 7: Ubicación de la captación	51
Figura 8: Crear un proyecto nuevo en el software Watercad	55
Figura 9: Pasos para las propiedades del proyecto	56
Figura 10: Configurar las propiedades del proyecto	57
Figura 11: Unidades de la presión	58
Figura 12: Tipo de escala del dibujo	59
Figura 13: Configurar las opciones de etiquetado	59
Figura 14: Definir la ecuación	60
Figura 15: Opciones de calculadora	61
Figura 16: Edición de las opciones de la calculadora	61
Figura 17: Tipos de prototipos	62
Figura 18: Ingreso del diámetro	63
Figura 19: Edición de los datos del prototipo	64
Figura 20: Insertar plano de manzana	65
Figura 21: Inserción de nodos	66
Figura 22: Seleccionar Flex Tables	67

Figura 23: Insertar las elevaciones de los nodos	68
Figura 24: Seleccionar Demand Control Center	69
Figura 25: Ingresar los caudales unitarios	69
Figura 26: Cuadro de velocidades	70
Figura 27: Cuadro de presiones	71
Figura 28: Perfil de la presión vs. la elevación del primer tramo	71
Figura 29: Perfil de la presión vs. la elevación del segundo tramo	72
Figura 30: Perfil de la presión vs. la elevación del tercer tramo	72

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la incidencia del modelamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable con el software Watercad para el diseño de las redes de distribución del proyecto San Antonio de Mala. Se enfatiza el uso de dicho programa, ya que es uno de los más usados en el mercado debido a los resultados precisos que se obtiene.

El presente trabajo es de tipo aplicativo y tiene un diseño experimental, puesto que se formularán distintos modelos para, luego, medir su efecto en la variable independiente. Asimismo, su nivel de investigación es aplicativo, pues se resolverá un problema evaluando la intervención de los parámetros físicos del modelo para evaluar el proceso de resultados e impactos que se originan.

To start modeling, the data corresponding to the topographic survey was determined to obtain the land dimensions and the number of lots to calculate the population quantity. Based on these data, and using the criteria for the design of the drinking water system, modeling was carried out until the appropriate design was obtained, for which compliance with the speed and pressure was verified according to OS.50 Standard.

Palabras clave: Modelamiento, Caudal, Software Watercad, Presión, Velocidad.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the incidence of the modeling of a drinking water supply system with Watercad software for the design of the distribution networks of the San Antonio de Mala project. The use of this program is emphasized, since it is one of the most used in the market due to the precise results obtained.

The present work is of application type and has an experimental design because they are going to formulate different models to then measure their effect on the independent variable, their level of research is applicative because we are going to solve a problem by evaluating the intervention of the physical parameters of the model to evaluate the process results and impacts that originate.

To start modeling, the field data were determined, being the topographic survey to obtain the dimensions of the land and the number of lots to calculate the amount of the population. With this data and using the design criteria of a drinking water system, to model until obtaining the adequate design verifying that it complies with the speed and pressure according to the OS.50 standard.

Keywords: Modeling, Flow, Watercad Software, Pressure, Speed.

INTRODUCCIÓN

Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Estado tiene para asegurar a los habitantes, como mínimo, seis factores de condiciones de vida: la salud, educación, la identidad, servicios de agua potable y electrificación (PNUD, 2014).

Actualmente, las zonas contiguas al proyecto no cuentan con los servicios de agua potable. Por eso, utilizan agua de camiones, cisternas y agua de pozos subterráneos elaborados por los mismos pobladores para el sistema de regadío y quehaceres de la casa.

Las curvas de nivel y los trazos de lotización del proyecto San Antonio de Mala fueron proporcionados por parte de la empresa encargada del proyecto. Ello fue posible con la finalidad de poder calcular la densidad poblacional con respecto a la cantidad de lotes, multiplicando por el número de habitantes. Según la Norma OS.100, debe haber 6 habitantes por vivienda cuando se trata de habilitaciones nuevas.

En el Capítulo 1 se detalla la problemática situación social que presenta la zona de estudio, la cual fue una causa para elaborar el proyecto. De igual modo, se presenta tanto el objetivo principal de la presente tesis, así como los objetivos específicos, justificación, importancia, viabilidad, alcances y limitaciones de la misma.

En el Capítulo 2 se detallan los antecedentes que se obtuvieron de los trabajos realizados anteriormente. Por su parte, en el marco teórico se describen los conceptos que serán de utilidad para elaborar la presente tesis y los criterios que se tendrán en cuenta. Igualmente, la hipótesis que es el resultado que se va a obtener pudiendo ser afirmativa o negativa.

En el Capítulo 3 se detalla la metodología, para lo cual se presenta el tipo, nivel y el diseño de la investigación, la cual incluye encuestas y observaciones. Ello ayudará a entender si el presente proyecto es cuantitativo o cualitativo. De igual forma, se indica las escalas de medición.

En el capítulo 4 de resultados se presenta los hallazgos principales de la investigación. Estos resultados son expuestos de forma breve y clara, y responden a las hipótesis planteadas; además, incluyen figuras y tablas.

En el capítulo 5 de discusión se analiza e interpreta los resultados. De igual manera, se analiza las variables y se establece la relación entre ellas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

Según Inversión Agua para Lima (AquaFondo), Lima es una ciudad muy afortunada en lo referido a disposición de agua. Además, es una de las metrópolis con más agua dulce. La vertiente de Lima es la más importante para la provisión de agua y, a la vez, es la única que cuenta con tres vertientes siendo la Vertiente del Pacífico, Vertiente del Atlántico y la Vertiente del Titicaca.

Las enfermedades diarreicas surgen de la desnutrición infantil que son ocasionadas, principalmente, por la falta de agua de calidad en la población. Por tal razón, es un imperativo abastecer a la población rural con agua potable de calidad. A propósito de esta incidencia en la salud, se ha señalado que “un 30 por ciento de la desnutrición se da por ausencia de agua y desagüe de calidad en las localidades rurales” (Ortiz, 2013). La provincia de Cañete es una de las más alejadas de Lima que cuenta con servicios limitados en algunas zonas. Una de ellas la localidad de Mala.

Según INEI, a nivel nacional, el 89,4% de las personas tiene agua por red pública en los años 2017 - 2018. La distribución se efectúa de la siguiente manera: el 84,1% de las personas cuenta con acceso a agua por red pública al interior de la vivienda; mientras que el 3,9% fuera, pero dentro de la edificación; mientras que el 1,3% de las personas solo tiene acceso por pilón de uso público.

Si se compara con el análisis del periodo 2016 - 2017, se evidencia un incremento de 0,4% del acceso a agua por red pública dentro del hogar; en tanto que la que se realiza fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, no ha cambiado. A su vez, disminuyó en 0,2% la población que consume agua de pilón de uso público. En el 2002, se hizo un inventario de las aguas subterráneas en el Valle de Mala. En este registro se encontró 264 pozos, de los cuales 20 son tubulares, 237 a tajo abierto y 7 pozos mixtos.

Actualmente, el proyecto San Antonio de Mala no cuenta con agua potable. Sin embargo, en este proyecto se obtiene agua subterránea (pozo perforado) como punto de captación. Luego, el recurso pasa por la tubería de impulsión hasta llegar a un reservorio a través de un sistema de bombeo. Asimismo, el agua que se encuentra en el tanque de almacenamiento atraviesa por un sistema de gravedad para abastecer a las redes de distribución. El agua que se va a transportar debe abastecer a toda la población del proyecto San Antonio de Mala, Etapa 1. Cabe recalcar que las zonas colindantes al proyecto no cuentan con servicios de agua potable y tienen dificultades con la obtención de agua permanente, por lo cual, sus pobladores almacenan el recurso líquido en bidones de plástico o concreto o en cualquier depósito disponible.

Según la OMS (2006), si no se cuenta con una red de agua potable adecuada con agua apta para el consumo humano, se estaría dañando la salud de las personas que la ingieren por el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales, las cuales afectan principalmente a los niños.

El motivo de este proyecto es diseñar una red de abastecimiento de agua potable adecuado con el software Watercad, para abastecer a todos los beneficiarios del Proyecto San Antonio de Mala, Etapa 1.

1.2. Formulación del problema

Seguidamente, se detallan los problemas que abordará la tesis. Se distingue uno de tipo general y otros tres específicos.

1.2.1. Problema General

¿En qué medida incide el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala?

1.2.2. Problemas Específicos

¿En qué medida incide el levantamiento topográfico en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala?

¿En qué medida incide la densidad poblacional en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala?

¿En qué medida incide la formulación del modelo del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala?

1.3. Objetivos

La tesis se plantea dos tipos de objetivos: uno general y otro específico.

1.3.1. Objetivo General

La presente investigación tiene como propósito evaluar la incidencia del modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

1.3.2. Objetivos Específicos

En primer lugar, se busca evaluar la incidencia del levantamiento topográfico en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

En segundo lugar, la investigación se propone evaluar la incidencia de la densidad poblacional en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

Finalmente, se busca formular el modelo del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

Justificación e importancia

El tema de tesis surge por encontrar soluciones a las contingencias de abastecimiento de agua potable en el proyecto San Antonio de Mala Etapa 1, ya que actualmente se trata de una nueva habilitación y se encuentra en una zona poco accesible que pueda beneficiarse de una distribución de red pública de agua potable.

Por otra parte, este tema se justifica desde el punto de vista social en la medida que proporciona una alternativa de solución en el sistema de distribución de agua potable utilizando software Watercad. Igualmente, el proyecto es importante, ya que servirá como guía para realizar modelaciones a través del software Watercad, lo cual permitirá crear simulaciones hasta obtener los resultados adecuados.

1.4. Viabilidad

El presente proyecto cumple con los cinco factores básicos para la viabilidad de un proyecto. En tal sentido, se cuenta, en primer lugar, con el **tiempo** necesario para elaborar la investigación. Además, se dispone del **espacio** necesario, ya que hay acceso al proyecto San Antonio de Mala. Asimismo, las **condiciones económicas** no representan un impedimento para el estudio a realizar, al igual que las **fuentes de información**, ya que se cuenta con diverso material académico para su realización. Finalmente, contamos con accesibilidad al proyecto donde se realizará la investigación en cuanto a la **recolección de datos**.

1.5. Alcance y limitaciones de la investigación

Se puede mencionar el acceso a la zona de estudio a pie, puesto que no se encuentra transporte público hasta la entrada del proyecto San Antonio de Mala. Además, el acceso vehicular no es asfaltado, por lo cual se tiene que realizar mantenimiento a dicho camino cada 15 días. Por consiguiente, se tiene que llegar primero al paradero Bujama, que se encuentra en la misma pista Panamericana Sur. Luego, es necesario tomar colectivo hasta la mina Condestable que se encuentra en la antigua Panamericana Sur y detenerse en dicha zona. Posteriormente, se debe caminar hasta el proyecto San Antonio de Mala.

Debe precisarse que, una vez que la población tenga los servicios de agua, estas, por sí mismas, no serán suficientes para reducir las tasas de morbilidad ni se podrá mejorar la condición de vida de los habitantes. Por eso, es preciso, además de implementar el proyecto, concientizar, capacitar y enseñar previamente a la población en torno a la educación sanitaria, mantenimiento y operación de las infraestructuras de agua potable y saneamiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) indica que, en el año 2015, el mundo superó algunos desafíos que eran difíciles de resolver hace 25 años. Además, se señala que, en dicho periodo, la población mundial aumentó en 2.000 millones (al pasar de 5.300 millones en el año 1990 a 7.300 millones en el año 2015), y que salieron de la pobreza extrema más de 1.000 millones de personas. Asimismo, obtuvieron acceso a saneamiento mejorado 2.100 millones y tuvieron acceso a una fuente mejorada de agua potable más de 2.600 millones.

En los países en vías de desarrollo, la financiación climática puede mejorar distintos aspectos de la calidad de vida de la población, al ampliar los medios de vida resistentes al clima, los cuales mejoran los sistemas de saneamiento y agua y, a su vez, garantizan la seguridad alimentaria. Estas inversiones se basan en el aumento de la resistencia climática a largo plazo de las sociedades y las economías para lograr el desarrollo humano, ya que resulta una manera más eficiente si se compara con basarse únicamente en programas de adaptación climática.

Según el INEI, en los Resultados del Censo de 2017: XII de Población y VII de Vivienda, la cantidad de viviendas particulares censadas con ocupantes

presentes en el país es de 7'698,900. De estas, el 78,3% cuenta con acceso al agua por red pública domiciliaria (67,1% viviendas tienen conexión a red pública dentro de la vivienda y el 11,3% cuenta con red pública fuera de la misma, pero dentro de la edificación). Por otra parte, el 4,7% de las viviendas particulares se abastecen de agua a través de pilón de uso público, mientras que el 7,3% de las viviendas particulares obtienen dicho recurso para consumo humano a través de pozo subterráneo. Por tanto, tomando en cuenta únicamente las viviendas particulares censadas, se puede sostener que solo una minoría de la población nacional en el año 2017 cuenta con acceso a agua a través de pilones de uso público o de pozos subterráneos.

Por ende, es evidente que ha habido una evolución continua o un mejoramiento en cuanto al abastecimiento de agua potable en la población mundial y también nacional. A partir de ello, se ha podido resolver distintos problemas asociados a la salud y se ha podido llegar cada vez más a las zonas menos favorecidas.

El progreso mundial, especialmente en materia de salud y calidad de vida, se debe en parte a que cada vez se le atribuye una mayor importancia al agua potable, ya que esta es esencial y necesaria para actividades cotidianas vitales. El agua es un insumo de primera necesidad. No obstante, para mejorar la calidad de vida de más personas es necesario llegar a las zonas distantes. Para ello, es necesario diseñar sistemas de abastecimiento de agua potable de buena calidad que permitan el desarrollo de la población.

Es preciso subrayar que el agua es un derecho humano de primer orden. Por tanto, su escasez y baja calidad afectan directamente la seguridad alimentaria, así como otros factores clave para la supervivencia y la salud humana tales como enfermedades diarreicas, desnutrición infantil, que constituyen causas importantes de mortalidad en la niñez.

2.2. Antecedentes de la investigación

Entre los antecedentes se destacan diversos trabajos tanto a nivel nacional como internacional.

2.2.1. Tesis Nacionales

En primer lugar, es pertinente destacar la tesis “Diseño del Sistema de Agua Potable y su Influencia en la Calidad de Vida de la Localidad de Huacamayo – Junín”, cuyo objetivo consiste en:

Determinar la influencia del diseño del sistema de agua potable en la calidad de vida de los pobladores de la localidad de Huacamayo, determinar el tipo de captación adecuado para este sistema, Analizar los parámetros de agua y comprobar que cumplan con el reglamento de calidad de agua para consumo humano según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA y determinar la demanda de consumo, puesto que esta localidad actualmente cuenta con sistema deficiente. El caudal de diseño se calculó para una población futura de 470 habitantes, teniendo un caudal promedio de 0.76 l/s, caudal medio diario de 0.99 l/s, caudal medio horario de 1.52 l/s, el agua de captación se obtuvo de un manantial realizando la prueba por el método volumétrico (v/t) se obtuvo un caudal de la fuente de 1.16 l/s, se calculó la línea de conducción con el Qmd y se obtuvo un diámetro de 1 ½ " y 852.3 m de longitud, el reservorio es apoyado, de concreto y de forma circular con un volumen de 25 m³ con dos horas de reserva, la tubería de aducción se diseñó con el Qmh con un diámetro de 2 " y una longitud de 936.67 m, además se construirán 3 cajas de válvulas de purga en los puntos bajos de la red para que no se acumule las impurezas (Maylle, 2017, p.15)

Por su parte, en la tesis “Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash”, los investigadores se plantean como objetivo lo siguiente:

Evaluar el sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, Teniendo como punto de captación Agua subterránea (pozos excavados) tajo abierto de 10m de profundidad, una línea de impulsión de 3720m. con un diámetro de 4”, un reservorio circular de 150 m³ de capacidad, una línea de aducción de 1890m. y una red de distribución que abastece a 325 viviendas en todo el Asentamiento Humano Héroes del Cenepa. Dicho proyecto se realizó mediante técnicas de Observación y análisis documental con sus respectivos instrumentos de medición que son las Ficha Técnicas y Protocolo de Laboratorio respectivamente llegando a la conclusión que conduce muy poco caudal, debido a que la matriz principal hasta la línea de aducción abastece a más de cinco pueblos y por ello se propone a realizar una captación de pozo tubular solo para dicho asentamiento humano, para esto se calculó el caudal (Illán, 2017, p.22).

Por otro lado, la tesis “Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del Asentamiento Humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad” se propone:

Solucionar el déficit actual de abastecimiento de agua y recolección de aguas residuales. El Asentamiento Humano Los Pollitos tiene 349 lotes de vivienda de las cuales habitan 2,082 pobladores. En la actualidad los pobladores consumen agua de 8 pilones existentes en el pueblo conectados a la red de agua potable en la calle Las Gardenias, sin embargo, se encuentra restringido su uso por que

se están limitados de poder usar agua permanentemente para sus viviendas en cantidad suficiente con lo cual corren el riesgo de contraer enfermedades infecciosas y parasitarias. El diseño del sistema de agua potable en el programa Watercad cumple con todas las consideraciones de la Norma OS.050, teniendo una presión máxima de 24.9 mH₂O < 50 mH₂O y presión mínima de 17.10 mH₂O > 10 mH₂O, cumple con la velocidad máxima siendo 3.17 m/s < 3.0 m/s, la diferencia es mínima es por eso que se considera como una velocidad, cumple con el diámetro mínimo en las tuberías principales de la red de distribución siendo 75 mm (Doroteo,2014,p.18).

2.2.2. Tesis Internacionales:

En el contexto internacional destacan trabajos como “Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, Parroquia Nambaloca, cantón Gonzanamá”, en Ecuador, cuyo objetivo es el siguiente:

Realizar el estudio y diseño del sistema de abastecimiento de agua para la población de San Vicente del Cantón Gonzanamá, actualmente la comunidad cuenta con 202 habitantes y la vida útil del sistema tendrá una población final de 251 habitantes. El tipo de suelo donde se implantará la captación y planta de tratamiento se encuentra formado de granos finos de arcillas inorgánicas de baja plasticidad y con una carga admisible de 0.771 kg/cm² y 1.20 kg/cm² respectivamente lo que presenta una buena resistencia. La línea de aducción del sistema de abastecimiento de agua potable se diseñó con tubería de Policloruro de vinilo (PVC) de diámetro de 1” (32 mm), la velocidad se encuentra en el rango recomendados por la normativa ecuatoriana de 0.45 – 2.5 m/s La pérdida de carga

se determina aplicando la ecuación Darcy Weisbach porque sus resultados son más conservadores (Alvarado,2013, p.15).

En la tesis “Diseño de las Obras de Mejoramiento del Sistema de agua potable para la población de Cuyuja como parte de las obras de compensación del proyecto hidroeléctrico Victoria”, también desarrollada en Ecuador, se establece el siguiente objetivo:

Diseñar las obras de mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de Cuyuja, mediante la evaluación del sistema existente garantizando el suministro de agua potable a la población de Cuyuja, los problemas encontrados son la falta de obra para las fuentes de captación, mantenimiento constante a los filtros en la planta de tratamiento, no tener micro medidores en la red domiciliaria, no tener un macro medidor a la salida de la planta de tratamiento, la principal fuente de abastecimiento será tomada del tanque de carga del proyecto hidroeléctrico ya que hoy en día pasa por varios problemas por falta del servicio referente a cantidad y calidad del agua potable necesario para el bienestar de la misma. Con la construcción de la nueva línea de conducción de agua cruda de 1700 metros aproximadamente a la planta de tratamiento de agua potable, se logrará abastecer del agua necesaria a la planta permitiendo tener la cantidad necesaria para dotar a la población, para lo cual se abastecerá de 1.87 lt/s con un diámetro de 63mm requeridos por la población (Quevedo, 2016, p.19).

De igual manera, la tesis “Diseño del sistema para el abastecimiento del agua potable de la comunidad de Mangacuzana, Cantón Cañar, Provincia de Cañar” tiene como objetivo:

Realizar el diseño definitivo del sistema para el abastecimiento de agua potable de la comunidad de Mangacuzana, Cantón Cañar, Provincia de Cañar, mediante cálculos e investigaciones en las normativas vigentes, se ha establecido un período de diseño de 20 años y una tasa de crecimiento poblacional de 1.22 %; obteniendo así una población futura de 357 habitantes. Se tiene un caudal medio de (0.32 l/s), caudal máximo diario (0.395l/s), caudal máximo horario (0.95 l/s), caudal de conducción a bombeo (1.24 l/s). Se determinó el caudal mínimo de las dos fuentes en época de estiaje, de 0.3 l/s de la vertiente de Cocha-Huaico 1 y de la vertiente Cocha-Huaico 2 de 0.5 l/s, con fines de uso múltiple un caudal total de 0,8 l/s. cumpliendo así el caudal mínimo de 2 veces el caudal máximo diario futuro calculado establecido por la norma. El agua tendrá un tratamiento por cloración automática y para la reserva un tanque de ferro cemento tipo INGCRIS con capacidad de 15 m³. Se diseñó una estación de bombeo la impulsión se realiza a través de una bomba sumergible de 1 HP con tubería PVC de 40mm hasta una altura dinámica de 18,95m con un caudal de 1.24 l/s. El diseño de la red de distribución se lo realizó con tubería PVC de rugosidad de 140, los diámetros utilizados varían desde los 50 mm hasta los 20 mm, las conexiones domiciliarias tienen un diámetro de 20 mm, las presiones soportadas en período estático no superan los 50 m.c.a. como lo indica la normativa, y en el análisis dinámico se encuentran entre 9 m.c.a y 45 m.c.a. La longitud total de tubería en la línea conducción es de 0.274 Km, la red de distribución suma un total 3,45 Km de tubería, teniéndose así una longitud total 3.72 Km de tubería de en todo el sistema (Taris, 2017, p.13).

2.3. Bases teóricas

Se desarrollan los conceptos que serán esenciales para la presente investigación.

2.3.1. Agua potable en el Perú

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), El Perú es uno de los 20 países más ricos del mundo en agua y uno de los más privilegiados al contar con 1.89% de la disponibilidad de agua dulce en el mundo. Pese a ello, es necesario tomar conciencia de este privilegio y cuidar el recurso. Sin embargo, el agua se encuentra distribuida de manera heterogénea en el territorio y no se ubica necesariamente en los lugares donde existe gran demanda.

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Perú tiene tres vertientes en su territorio: la vertiente del Pacífico, la del Amazonas y la del Titicaca. Estas tienen una disponibilidad de casi 2 billones de metros cúbicos de agua por año. Sin embargo, debido a su geografía, la del Pacífico solo cuenta con una disponibilidad de 2,2% de acceso a agua y es la que abastece a la mayor parte de la población, es decir al 66% de esta. A continuación, se muestra un mapa en el que se detalla esta distribución.

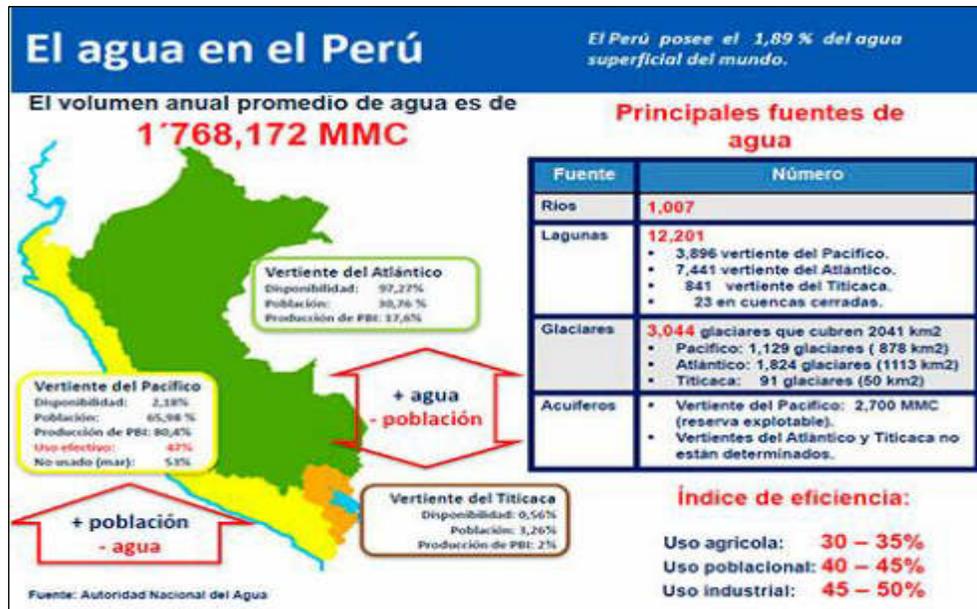


Figura 1: Volumen anual promedio de agua
 Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

En la imagen se aprecia que el Perú cuenta con tres vertientes, lo que implica una disponibilidad de casi dos billones de metros cúbicos de agua cada año. Sin embargo, por la vertiente del Pacífico, de la cual accede el 66% de la población, solo se cuenta con el 2.2 % de acceso de agua.

Por tal razón, la población peruana necesita tener acceso garantizado a agua potable, ya que es muy necesaria para el consumo humano y para otro tipo de actividades productivas. Así, es necesario analizar los efectos del cambio climático en las fuentes de agua, ya que pueden afectar directamente el abastecimiento de la misma a la población, además de la agricultura.

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM), son necesarios 50 litros de agua al día por habitante en el Perú, los cuales son destinados a cubrir necesidades esenciales tales como alimentación o aseo. Además, tomando como referencia al año 2013, el consumo unitario de agua de la población limeña fue de aproximadamente 171 litros diarios por habitante, y, según cálculos, esta cifra representa un gasto mayor al 150% de lo necesario.

Según PNUD (2012), Debe mencionarse que más de 1.100 millones de personas en todo el mundo carecen agua potable y aproximadamente 31 países padecen de escasez de agua potable, por la que 2 de cada 5 personas no cuentan con instalaciones adecuadas de saneamiento.

Según la FAO (2010), Las aguas subterráneas abastecen de agua potable, por lo menos, al 50% de la población mundial. Ello representa el 43% de toda el agua utilizada para el riego.

Según UNESCO (2012), A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas.

2.3.2. Levantamiento topográfico

Es un conjunto de trabajos que se ejecutan sobre el terreno con el fin de obtener una correcta representación gráfica o plano de un determinado lugar. Es la primera fase del trabajo que se realiza y en ella se tiene en cuenta las características geográficas, geológicas y físicas del terreno. En otras palabras, consiste en la recolección de datos para reflejar con mayor detalle y exactitud el plano del terreno.

Existen diferentes instrumentos para el levantamiento topográficos que miden distancias, desniveles, coordenadas y ángulo. También, se dispone de instrumentos óptico-mecánicos como los teodolitos, los taquímetros y brújulas taquimétricas. Además, debido al avance tecnológico y el auge del GPS (Global Positioning System), ha surgido el instrumento electro-óptico como resultado de incorporar un medidor de distancias (distanciómetro) a un teodolito electrónico, siendo la estación total para calcular el tiempo real de las distancias elevaciones, desniveles en distintos puntos.



Figura 2: Estación Total

Fuente: Construyored

En la imagen anterior se observa una estación total sobre un terreno, dispuesta para medir los desniveles del terreno.

2.3.3. Sistema de abastecimiento de agua potable

Este sistema de obras de ingeniería permite llevar el agua potable hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural en la que reside población relativamente densa. La elección de la fuente, sea superficial, subterránea o de lluvia, debe cumplir las condiciones mínimas en cuanto a calidad, cantidad y ubicación. Esta fuente se puede clasificar de la siguiente manera:

- a) Aguas de lluvias, las cuales son almacenadas en un recurso arquitectónico para almacenar el recurso.
- b) Agua de los manantiales naturales, que proviene de las aguas superficiales que se acumulan producto de las aguas subterráneas.
- c) Agua subterránea, la cual es captada a través de pozos o galerías filtrantes.
- d) Aguas superficiales, las cuales son tratadas previamente y provienen de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales.
- e) Agua de mar, siempre y cuando atravesase por el proceso de desalinización.

Se compone de la siguiente manera:

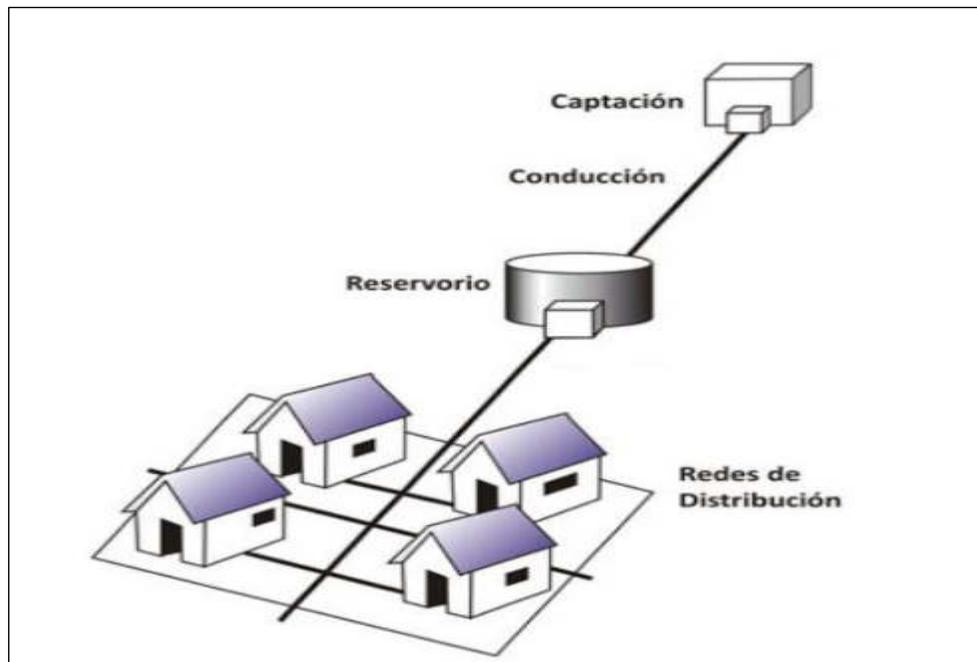


Figura 3: Red de distribución de agua potable

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados

En la imagen anterior se observa la línea de conducción desde el punto de captación hasta el reservorio. Posteriormente, se alimenta a las redes de distribución para, en última instancia, satisfacer la necesidad de un sistema de agua potable para la población. Seguidamente se describe cada una de estas etapas.

a) Captación

Consiste en recolectar el agua proveniente de distintas fuentes y almacenarlas para ser usadas posteriormente de forma beneficiosa. El agua captada de una cuenca es conducida a reservorios y puede aumentar significativamente el suministro de esta para la agricultura, uso doméstico, el riego de huertos y bebederos de animales.

El diseño de estas obras tiene que garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario y protegerse a la fuente de contaminación. (Reglamento Nacional de Edificaciones OS.010, 2019).

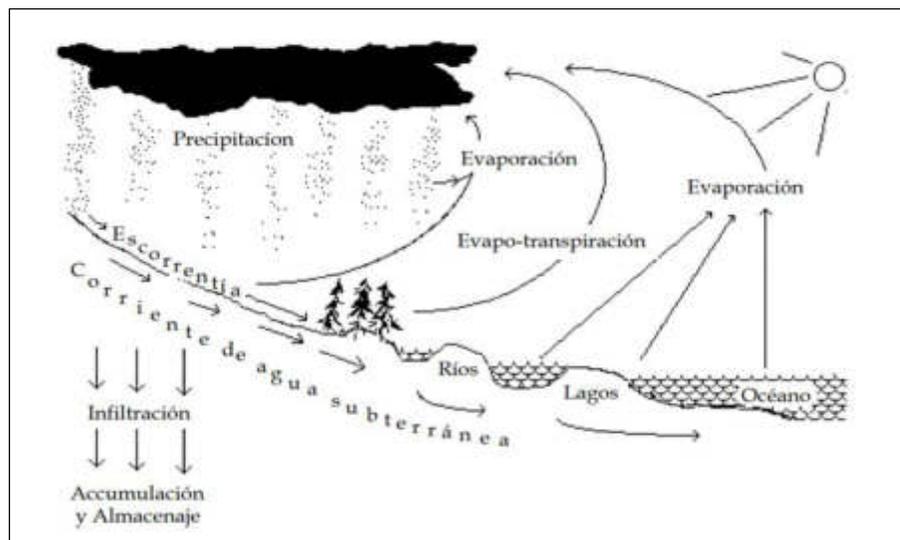


Figura 4: Forma de captación del agua

Fuente: Libro de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado

En la anterior imagen el agua de captación circula de diversas formas. Todas ellas se resumen en un concepto, que se conoce como ciclo hidrológico. Este consiste en el movimiento normal del agua, ascendente, primero, debido a la evaporación y descendente, debido a las precipitaciones y, después, en forma de escorrentía superficial y subterránea.

Para la captación de aguas superficiales en lo posible, no se deberá cambiar el flujo natural de la fuente de agua a la hora de ejecutar obras de toma en el curso de la misma. Dicho flujo debe estar por debajo de los niveles mínimos de agua en periodos de estiaje y debe ubicarse en zonas que no causen erosión o sedimentación. Además, toda toma debe contar con un sistema de regulación, control y de elementos necesarios para filtrar el paso de sólidos, de forma que puedan ser removidos fácilmente. Asimismo, el excedente de agua en el momento de su captación, deberá retomar su curso natural. La toma deberá ubicarse de tal manera que las variaciones de nivel no afecten el funcionamiento normal de la captación. (Norma OS.010, 2019).

a) Captación de aguas subterráneas

Se determinará por medio de un estudio a través del cual se evaluará la disponibilidad del recurso de agua en calidad, cantidad y oportunidad para su fin requerido. (Norma OS.010, 2019).

b) Captación de manantiales

Según el especialista Julián Pérez Porto (2018), un manantial es un lugar en el que el agua originada de las precipitaciones es retenida a cierto nivel, la cual atraviesa de forma natural entre rocas o piedras de la tierra. El manantial puede ser una fuente de agua temporal o permanente.

c) Captación por pozos subterráneos

Se trata del agua existente bajo la superficie del terreno. En otras palabras, es el agua que se encuentra bajo el nivel freático de forma que los poros y las fisuras del terreno quedan completamente saturadas. (Instituto Geológico y Minero de España, 2009).

El uso de las aguas subterráneas se determinará por medio de un estudio en el cual se evaluará la disponibilidad del recurso de agua de acuerdo a criterios como la cantidad, calidad y oportunidad para el fin requerido. (Norma OS.010, 2019).

- Pozos excavados

Es la penetración, en forma manual, del terreno. Su diámetro mínimo es el que permite el trabajo de un operario en su fondo. (Norma OS.010, 2019, p.9)

- Pozos perforados

Los pozos de este tipo se originan a partir de penetrar el terreno utilizando maquinaria. En este caso la perforación puede ser iniciada con un ante pozo hasta una profundidad conveniente y, luego, se continúa con el equipo de perforación. (Norma OS.010, 2019, p.8).

d) Captación por galerías filtrantes

Según Luis Roberti Pérez (2018), las galerías filtrantes son obras hidráulicas construidas de forma horizontal y con cierta pendiente (a diferencia de los pozos). Sirven para captar y extraer, en toda su longitud, aguas subterráneas. Se clasifican en galerías como zanjas, trincheras y drenes. Además, necesitan de suelos permeables para que permitan así la recolección de suficiente agua que es conducida hasta el lugar donde una pequeña comunidad rural se abastece.

e) Conducción

Las obras de conducción son las estructuras y elementos que sirven para trasladar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento. La estructura debe tener capacidad para conducir el caudal máximo diario como mínimo. (Norma O.S 010, 2019, p.5).

- Conducción por gravedad

Es aquella que permite que se transporte el agua desde el punto de captación de la fuente hasta el tanque de almacenamiento, sin un bombeo mecanizado y en condiciones seguras e higiénicas. Un sistema de conducción por gravedad está conformado por canales, tuberías, accesorios como válvulas de aire y válvulas de purga. (Roberti, 2018, p.30).

- Conducción por bombeo

Este método es necesario cuando se requiere aumentar energía para llegar a obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. La conducción por bombeo se usa generalmente cuando el nivel del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para poder lograr el transporte del agua. (Agustín Saldarriaga, 2017, p.17).

f) Reservorio

Las estructuras de almacenamiento de agua son de vital importancia para la calidad en el abastecimiento de este recurso a la población, ya que permiten el abastecimiento de manera continua y sin interrupciones a la población, a pesar de su demanda según el transcurso del día. Sin embargo, los siniestros ocasionados por los reservorios no se basan únicamente en el no poder satisfacer las necesidades de la población, sino que, ante un sismo severo, puede suscitarse pérdidas de vidas humanas y daños materiales, ante una repentina falla en la estructura del reservorio y una salida del agua (Walde, 2013).

En la actualidad se pueden encontrar dos tipos de reservorios que se diferencian por su ubicación o el tipo de material que se elabora. Así, debido a su ubicación en el terreno, estos pueden ser:

- Apoyados (enterrado, semienterrado o superficial)
- Elevados

Asimismo, teniendo en cuenta el tipo de material usado en su fabricación, se destacan los siguientes:

- Concreto armado
- Metálico
- Ferrocemento
- P.V.C.
- Madera

Los reservorios de concreto armado son los más comunes debido a que cuentan con más ventajas en comparación al resto de materiales. Algunas de estas ventajas son la impermeabilidad, la capacidad de adecuarse al encofrado utilizado, la resistencia de diseño alcanzada, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión, la resistencia a la flexión y la resistencia a fuerzas cortantes, ya que el concreto armado tiene la propiedad de absorber deformaciones diferenciales debido a su rigidez.

Según la forma del reservorio, estos se pueden clasificar en circulares, cuadrados y rectangulares. Los dos últimos están sometidos a fuerzas de flexión y a fuerzas cortantes, así como a cargas triangulares o trapezoidales distribuidas en sus caras.

Por otro lado, los reservorios que tienen forma circular se encuentran sometidos únicamente a fuerzas de tracción y a fuerzas de compresión. Debido a esto, este

tipo de reservorios requieren menor cantidad de materiales, aunque su costo (por el encofrado) es mayor.

g) Línea de impulsión

Transporta el agua desde la captación hasta el reservorio. Esto lo realiza mediante la impulsión del agua utilizando diversos equipos como tuberías, válvulas, accesorios, obras de arte, entre otros.

h) Línea de aducción

Es la línea entre el reservorio y el inicio de la red de distribución.

Las presiones máximas y mínimas serán de 50 y 10 metros de columna de agua respectivamente. El caudal conducido por esta línea es el máximo horario. Asimismo, la línea de aducción debe ser de la forma más segura y simple posible. Esto implica que debe ser idealmente de forma recta, y debe colocarse de forma que se eviten zonas de desastres naturales como deslizamientos o inundaciones. Además, se debe realizar construcciones de cajas rompe presión con el objetivo de evitar presiones excesivas en caso sea necesario. Adicionalmente se utilizarán válvulas de aire. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019, p.4).

i) Red de distribución

Es la red, la cual está formada por distintas tuberías, codos, accesorios, entre otros. Todos estos transportan el agua hacia cada vivienda o hacia cada punto de toma de agua pública. La frecuencia del servicio de agua a la población debe ser continuo, es decir, proporcionado las 24 horas del día de cada uno de los 365

días del año. Además, debe asegurar una presión y una cantidad de agua adecuada y satisfactoria. Para el diseño es necesario haber definido antes la fuente de abastecimiento, así como la ubicación del reservorio de almacenamiento de la misma. Una vez que todos los requisitos sean completados correctamente, se podrá proceder con el diseño de la red de distribución de agua. Lo primordial será el aseguramiento de un suministro de agua constante, eficiente y continuo durante todo el periodo de diseño.

2.3.4. Software Watercad

Se define como un software que permite modelar sistemas de distribución y conducción de líquidos a presión para analizar su comportamiento hidráulico o efectuar su dimensionamiento. Su aplicación es amplia en el abastecimiento de agua para consumo humano, distribución de agua para riego, sistemas contra incendio, conducción de diversos líquidos a presión, etc. Actualmente existe una variedad de programas que se utilizan para el modelamiento de redes de agua: desde los que son libres como Loop y Epanet hasta los comerciales como Mike Net, Pipe 2000, Sara, H2onet, Watercad, entre otros. (Marco Sánchez Merlo, 2013, p.37).

Cada uno se diferencia por el sistema operativo sobre el que trabajan (MS DOS, MS Windows, etc.). Por otro lado, se dispone de aplicaciones de los modelos matemáticos. Estas permiten las siguientes tareas:

- Determinar el comportamiento hidráulico
- Visualizar el estado de la red y detectar los problemas que se presenten
- Planificar mejoras para la red
- Mejorar las condiciones de operación de la red
- Determinar y controlar la cantidad de agua que llega

El software Watercad también permite determinar lo siguiente:

- Los flujos de agua en las tuberías, bombas y válvulas
- La presión en cada nudo
- El nivel de agua en cada tanque
- El tiempo de permanencia del agua
- La pérdida de carga total
- Diámetros optimizados
- Calibrar nuestro modelo a partir de los datos de campo
- Genera pruebas sucesivas que nos permite rastrear la configuración y los resultados
- Determinar los flujos de agua en las tuberías, bombas y válvulas
- Analizar cualquier tipo de red ya sea para sistemas abiertos (ramales abiertos, parrillas) y sistemas cerrados (mallas).
- Analizar cualquier tipo de fluido de agua, sea para riego, agua caliente o agua contraincendios.
- No permite, sin embargo, solventar ante situaciones que generen cortes de agua.

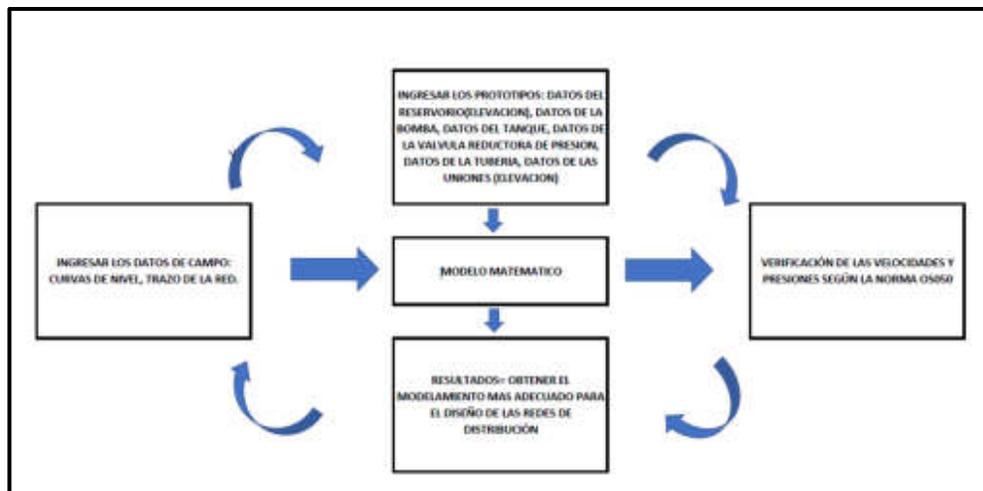


Figura 5: Esquema del modelamiento

Fuente: Elaborado por los autores

2.4. Definición de términos básicos

La investigación emplea siglas de instituciones y conceptos que deben ser precisados. Entre estos se pueden mencionar las siguientes:

- **EPS:** Empresa Prestadora de Saneamiento
- **EMAPA:** Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado
- **INRENA:** Instituto Nacional de Recursos Naturales
- **RAE:** Real Academia Española
- **SUNASS:** Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
- **PRESIÓN:** Es la cantidad de fuerza ejercida por unidad de área
- **MODELAMIENTO:** Visualizar un modelado con respecto a la utilización de una herramienta.
- **VELOCIDAD:** Distancia recorrida por cada unidad de tiempo.
- **CAUDAL:** Cantidad de agua que fluye en una fuente
- **GRADIENTE HIDRÁULICA:** Línea resultante de las elevaciones, llamada línea piezométrica.
- **FINANCIACIÓN CLIMÁTICA:** Está a cargo de las Entidades nacionales, regionales e internacionales para reducir el calentamiento mundial.

2.5. Hipótesis

La tesis se plantea dos tipos de hipótesis: una general y otra específica, las cuales se detallan a continuación.

2.5.1. Hipótesis general

El modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable, utilizando el software Watercad, incide directamente en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

2.5.2. Hipótesis específicas

El levantamiento topográfico incide directamente en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

La densidad poblacional incide directamente en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

La formulación del modelo incide directamente en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Los tipos de investigación se pueden dividir en descriptivos, correlacionales, explicativos y aplicativas. La orientación de la presente investigación es aplicativa porque se busca resolver un problema que consiste en la evaluación del modelamiento del sistema de agua potable para el diseño de las redes de distribución del proyecto San Antonio de Mala, Etapa 1. (Dankhe, 1986, p41).

De otra parte, el enfoque es cuantitativo porque se obtiene datos numéricos con respecto al modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable para el diseño de las redes de distribución con el software Watercad.

Además, la investigación es explicativa porque se aclara cada uno de los pasos que se realizan para el modelamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable con el software Watercad.

3.2. Nivel de la investigación

Es de tipo aplicativo ya que se resuelve un problema evaluando la intervención de los parámetros físicos del modelo para evaluar el proceso resultados e impactos que se originan.

3.3. Diseño de la investigación

Se clasifica de acuerdo a tres aspectos:

- Según el propósito del estudio, se puede considerar experimental porque se formulan distintos modelos para luego medir su efecto en la variable independiente.
- Según el número de mediciones, se trata de una investigación longitudinal, pues se va a realizar más de una medición en las simulaciones de los diseños hasta obtener el diseño que cumpla con las presiones y velocidades según la Norma OS 050.
- Según la planificación de la medición de la variable, el estudio es prospectivo, ya que servirá para un futuro.

3.4. Variables

Se describen las dos variables que se emplearán en la investigación.

3.4.1. Variable independiente

La variable independiente es el diseño de redes de distribución.

3.4.2. Variable dependiente

La variable dependiente es el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable con el software Watercad.

3.5. Población y muestra

En esta sección se describe la totalidad de elementos que son objeto de la investigación (población) y la muestra considerada para la misma.

3.5.1. Población

Está conformada por todos los habitantes del proyecto San Antonio de Mala.

- **Ubicación**

El proyecto San Antonio de Mala está ubicado a la altura del Km 90 de la antigua Panamericana Sur. La localización exacta se detalla a continuación:

Región: Lima

Provincia: Cañete

Distrito: Mala

Localidad: Bujama Alta

Latitud Sur: 12°41'31.30"S

Longitud Oeste: 76°36'48.28"O

Altitud Promedio: 30 m.s.n.m.



Figura 6: Población del proyecto San Antonio de Mala

Fuente: Google Earth

- **Límite del área de estudio**

Está delimitada de la siguiente manera:

Por el frente: Con camino a mina Condestable.

Por la derecha: Con tres tramos de la comunidad campesina

Por la izquierda: Con dos tramos de la comunidad campesina

Por el Fondo: Con la comunidad campesina

- **Transporte y Comunicaciones**

El acceso hacia el proyecto de San Antonio de Mala es por vía terrestre desde la ciudad de Lima, hasta llegar al km 90 de Bujama Alta. Luego, se continúa por la carretera hacia el proyecto. En cuanto a la comunicación, la zona cuenta con los servicios de telefonía celular.

- **Topografía**

La zona de estudio tiene una topografía variada. La cota mínima es igual a 40 m y la cota máxima 126 m. Estos datos son obtenidos de las curvas de nivel del proyecto de San Antonio de Mala.

El tipo de suelo del proyecto de San Antonio de Mala es arenoso, su clima es subtropical-árido y su temperatura varía entre los 14 a 21 grados centígrados en meses de invierno y 26 a 30 grados en meses de verano. Asimismo, la temperatura promedio anual fluctúa entre los 21 y 24 grados centígrados. Así, “Por su cercanía al litoral presenta una excesiva humedad atmosférica, pero sin lluvias regulares y durante el invierno hay cierta nubosidad en la pártela de Mala (Dignidad, Santa Rosa) que provocan precipitaciones escasas conocidas como garúas, estas caen con mayor intensidad en las colinas” (Municipalidad Distrital de Mala, 2011).

3.5.2. Muestra

Está conformada por todos los habitantes de la etapa I del proyecto San Antonio de Mala.

3.6. Técnicas de investigación

Para obtener información del proyecto se realiza de manera directa, esto es, a través de una inspección ocular en la zona y el entorno. De esta forma, se busca determinar las características y estado actual del proyecto San Antonio.

De igual manera, se realizaron entrevistas en las zonas aledañas del proyecto para obtener información sobre el consumo actual de agua potable en las viviendas.

3.7. Instrumentos de recolección de datos

En principio, fue imprescindible realizar una visita presencial al proyecto San Antonio. En esta se efectuó una inspección ocular de la zona para la realización de los diferentes estudios como los de suelo, levantamiento topográfico y pruebas de bombeo para la captación de agua.

En la recopilación de información del levantamiento topográfico y datos de campo, se utilizaron los siguientes instrumentos: una estación total marca SOUTH y modelo NTS-342R6A, GPS, trípode de aluminio, mira, block de notas, cámara fotográfica. Igualmente, se elaboró una ficha de la cantidad de lotes para calcular la población para poder realizar los trabajos de gabinete y realizar los cálculos. También, se empleó software de Ingeniería, biografías y cuaderno de notas.

3.8. Cronograma de Actividades

El desarrollo de las actividades se especifica en el siguiente cuadro.

Tabla 1: Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																			
MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON EL SOFTWARE WATERCAD PARA LAS VIVIENDAS DEL PROYECTO SAN ANTONIO DE MALA- DISTRITO DE MALA-LIMA-PERÙ																			
DESCRIPCION	MES 1 - MARZO					MES 2 - ABRIL				MES 3 - MAYO				MES 4 - JUNIO				MES 5 - JULIO	
	3-Mar	10-Mar	17-Mar	24-Mar	31-Mar	7-Abr	14-Abr	21-Abr	28-Abr	5-May	12-May	19-May	26-May	2-Jun	9-Jun	16-Jun	23-Jun	30-Jun	7-Jul
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Plan de Tesis	■																		
Elaboracion del Título		■																	
Elaboración de la Matriz de Consistencia			■	■															
Recopilación de información					■	■	■												
Procesamiento de información								■	■										
Análisis de la información										■	■								
Elaboracion del informe												■	■						
Revisión del Informe														■	■	■	■	■	
Presentación del Proyecto																			■

Fuente: Elaborado por las autoras

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

4.1. Población total de beneficiarios

4.1.1. Población total de beneficiarios de volumen de reservorio

El proyecto San Antonio en el distrito de Mala está conformado por 10830 lotes menores de 90 metros cuadrados y 1200 lotes mayores a 90 metros cuadrados que aún se encuentran sin habitar.

La población futura para el periodo de diseño considerado deberá calcularse de acuerdo a dos criterios: Tratándose de asentamientos humanos existentes, el crecimiento deberá ser acorde con el plan regulador y los programas de desarrollo regional, si los hubiere. En caso de no existir estos, se deberá tener en cuenta las características de la ciudad, los factores históricos, socioeconómicos, su tendencia de desarrollo y otros que se pudieren obtener, Asimismo, Tratándose de nuevas habilitaciones para viviendas, deberá considerarse por lo menos una densidad de 6 hab./vivienda. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.0100, 2019, p.3).

En tal sentido, los habitantes para lotes menores de 90 metros cuadrados son 6498 y, para lotes mayores, de 90 metros cuadrados, 7200.

Tabla 2: Lotes mayores de 90 m2

AREAS MAYORES DE 90 M2			
LOTES	CANTIDAD DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL (Habitantes)	POBLACIÓN
A1	22	6	132
B1	30	6	180
C1	30	6	180
F1	24	6	144
E2	16	6	96
E2	19	6	114
E2	15	6	90
E2	23	6	138
I1	18	6	108
I1	30	6	180
I1	29	6	174
I1	19	6	114
E1	26	6	156
E1	27	6	162
E1	26	6	156
G1	32	6	192
G1	29	6	174
G1	30	6	180
H1	14	6	84
H1	19	6	114
H1	25	6	150
H1	21	6	126
A2	34	6	204
A2	30	6	180
A2	29	6	174
A2	34	6	204
C2	36	6	216
C2	22	6	132

C2	29	6	174
C2	25	6	150
C2	26	6	156
C2	19	6	114
C2	36	6	216
C2	27	6	162
B2	19	6	114
B2	26	6	156
B2	28	6	168
B2	24	6	144
B2	29	6	174
B2	24	6	144
B2	20	6	120
B2	25	6	150
B2	14	6	84
B2	16	6	96
B2	19	6	114
B2	35	6	210
A5	31	6	186
A5	19	6	114
NÚMERO DE HABITANTES	1200	7200	

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 3: Lotes menores de 90 m2

AREAS MENORES DE 90 M2			
LOTES	CANTIDAD DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL (Habitantes)	POBLACIÓN
C1	38	6	228
C1	46	6	276
C1	40	6	240
C1	45	6	270
B2	40	6	240
B2	46	6	276
B2	37	6	222
B1	39	6	234
B1	42	6	252
B1	45	6	270
A2	48	6	288
B3	45	6	270
B3	49	6	294
B3	46	6	276
A3	50	6	300
A3	49	6	294
A3	35	6	210
A4	45	6	270
A4	40	6	240
A4	46	6	276
A4	48	6	288
B4	39	6	234
B4	43	6	258
B4	45	6	270
B4	37	6	222
NÚMERO DE HABITANTES	1083	6498	

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 4: Área total de parques

AREAS VERDES	ÁREA (M2)	DOTACIÓN PARA PARQUE (L/DIA POR M2)	DOTACIÓN PARA PARQUE (L/S)
PARQUE 1	4500	2	0.10
PARQUE 2	7000	2	0.16
PARQUE 3	6000	2	0.14
CAUDAL PROMEDIO			0.41
CAUDAL MAXIMO DIARIO			0.58
CAUDAL MAXIMO HORARIO			0.81

Fuente: Elaborado por las autoras

Se calcula una población futura mediante uno de los métodos de crecimiento, sin embargo, en el presente proyecto no se considera por encontrarse en proceso de habilitación.

4.2. Cálculo de caudales de agua.

Se calcula teniendo en cuenta la cantidad de población que se va a considerar en la zona de estudio.

Si se comprobara la inexistencia de estudios de consumo y no se justifica su ejecución, se considerará, por lo menos, para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab./d, en clima frío y de 220 l/hab./d en clima templado y cálido. Por su parte, para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m², las dotaciones serán de 120 l/hab./d en clima frío y de 150 l/hab./d en clima templado y cálido. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.0100 ,2019, p.4).

Según la Norma IS 010 (2019), “la dotación de agua para áreas verdes será de 2 L/d por m2. No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación” (p.3).

Tabla 5: Caudales para lotes con áreas menores de 90 m2

LOTES MENORES DE 90 M2		
POBLACIÓN PARA ÁREA MENOR DE 90 (m2)	6498	habitantes
POBLACIÓN TOTAL	6498	habitantes
DOTACIÓN PARA ÁREA MENOR DE 90 (m2)	150	Lt/hab/dia
CAUDAL PROMEDIO $Q_p = \frac{\text{POBLACION} \times \text{DOTACION}}{86400}$	11.282	lps
CAUDAL MAXIMO DIARIO $Q_{md} = K_1 \times Q_m ; K_1=1.3$	14.67	lps
CAUDAL MAXIMO HORARIO $Q_{mh} = K_2 \times Q_m ; K_2=2$	22.57	lps

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 6: Caudal para lotes con áreas mayores a 90 m2

LOTES MAYORES DE 90 M2		
POBLACIÓN PARA ÁREA MAYOR DE 90 (m2)	7200	habitantes
POBLACIÓN TOTAL	7200	habitantes
DOTACIÓN PARA ÁREA MAYOR DE 90 (m2)	220	Lt/hab/dia
CAUDAL PROMEDIO $Q_p = \frac{\text{POBLACION} \times \text{DOTACION}}{86400}$	18.334	lps
CAUDAL MAXIMO DIARIO $Q_{md} = K_1 \times Q_m ; K_1=1.3$	23.84	lps
CAUDAL MAXIMO HORARIO $Q_{mh} = K_2 \times Q_m ; K_2=2$	36.67	lps

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 7: Caudal para los parques

AREAS VERDES	ÁREA (M2)	DOTACIÓN PARA PARQUE (L/DIA POR M2)	DOTACIÓN PARA PARQUE (L/S)
PARQUE 1	4500	2	0.10
PARQUE 2	7000	2	0.16
PARQUE 3	6000	2	0.14
CAUDAL PROMEDIO			0.41
CAUDAL MAXIMO DIARIO			0.53
CAUDAL MAXIMO HORARIO			0.81

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 8: Cuadro de Resumen

CAUDALES DE AGUA		
CAUDAL PROMEDIO (Q_p)	30.021	lps
CAUDAL MAXIMO DIARIO (Q_{md})	39.037	lps
CAUDAL MAXIMO HORARIO (Q_{mh})	60.050	lps

Fuente: Elaborado por las autoras

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma OS.050 (2019) “El caudal de Diseño para Sistema de agua potable se determinarán para el inicio y fin del periodo de diseño. El diseño del sistema se realizará con el valor correspondiente al caudal máximo horario futuro” (p.2).

El proyecto San Antonio requiere de 60.050 lps, equivalente a 5.188 m³/día para satisfacer la demanda de agua a la población.

NUDOS	AREA DE INFLUENCIA (m2)	CAUDAL UNITARIO (l/s/m2)	CAUDAL NUDO (L/S)
1	4192.79	0.000371	1.56
2	6175.00	0.000371	2.29
3	3991.69	0.000371	1.48
4	4440.85	0.000371	1.65
5	2987.00	0.000371	1.11
6	4493.66	0.000371	1.67
7	2085.73	0.000371	0.77
8	2987.00	0.000371	1.11
9	3149.53	0.000371	1.17
10	3208.26	0.000371	1.19
11	3001.16	0.000371	1.11
12	2795.19	0.000371	1.04
13	3172.29	0.000371	1.18
14	3145.54	0.000371	1.17
15	2836.23	0.000371	1.05
16	3162.26	0.000371	1.17
17	2618.49	0.000371	0.97
18	3050.11	0.000371	1.13
19	3204.13	0.000371	1.19
20	4416.36	0.000371	1.64
21	5092.28	0.000371	1.89
22	59059.18	0.000371	21.93
23	4416.37	0.000371322	1.64
24	2414.38	0.000371322	0.90
25	3902.35	0.000371322	1.45
26	3719.89	0.000371322	1.38
27	4257.74	0.000371322	1.58
28	2378.23	0.000371322	0.88
29	7231.31	0.000371322	2.69

4.2.1. Volumen de almacenamiento

La cantidad de agua es de 1405.296 m³/día. Para determinar el volumen de almacenamiento del reservorio a construirse, se consideró siguiente:

Siendo la demanda de agua diaria de 1405.296 m³/día y considerando además un volumen de reserva adicional a dicha demanda equivalente al 50% del volumen de la demanda de agua diaria, se obtiene que:

Tabla 9: Volumen del reservorio

Datos del Reservorio		
VOLUMENES	CANTIDAD	UNIDAD
MDD	912.67	m ³ /día
Volumen de regulación (25%MDD)	228.17	m ³ /día
Volumen de reserva (33%Vreg)	75.30	m ³ /día
VOLUMEN DEL RESERVORIO	1217.00	m³/día

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 10: Datos del reservorio

Datos del Reservorio		
Diametro	17.8	m
Altura de lamina de agua	4.9	m
Cota de Terreno	126.80	msnm
Cota de Fondo de Reservorio	126.80	msnm
Cota de Nivel de Agua	129.80	msnm
Cota de Tapa de Reservorio	130.30	msnm
Clasificación	Reservorio	
Ubicación	Apoyado	
Geometria	Circular	
Materiales	Concreto Armado	

Fuente: Elaborado por las autoras

4.2.2. Ubicación del pozo subterráneo (captación)

El pozo subterráneo se encuentra en Bujama Alta, con las siguientes coordenadas.

- Latitud: 12°41'22.00"S
- Longitud: 76°36'35.81"O



Figura 7: Ubicación de la captación

Fuente: Google Earth

4.3. Cálculo de la cisterna

Tabla 11: Volumen de cisterna

Datos de la cisterna		
DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
Largo	16.4	m
Ancho	16.4	m
Altura de lamina de agua	4.5	m
Altura de Sumergencia	0.1	m
Volumen Considerada Para Sumergencia	27.0	m ³
VOLUMEN DE LA CISTERNA	1244.0	m³/día

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 12: Datos de cisterna

Datos de la cisterna		
DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
Largo	16.4	m
Ancho	16.4	m
Altura de lamina de agua	4.5	m
Altura de Sumergencia	0.1	m
Volumen Considerada Para Sumergencia	27.0	m ³
VOLUMEN DE LA CISTERNA	1244.0	m³/día

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 13: Datos de la cisterna

Datos de la cisterna		
Cota de Bomba	54.40	msnm
Cota de Terreno	54.00	msnm
Nivel de Agua	53.10	msnm
Cota de Fondo CP01	48.50	msnm
Por su Clasificación	Cisterna	
Por su Ubicación	Enterrado	
Por su Geometría	Cuadrada	
Por sus Materiales	Concreto Armado	

Fuente: Elaborado por las autoras

4.4. Cálculo de tuberías de Impulsión:

DATOS:

Tabla 14: Datos de la línea de impulsión

LINEA DE IMPULSION		
Longitud de la Línea de Impulsión	609.00	m
Qpromedio	8.13	ltrs/seg
Qmd	10.56	ltrs/seg
Periodo de Bombeo	33.00	horas

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 15: Diámetro de la línea de impulsión

DATOS		
n	1.38	
Qb=	7.68	lts/seg
Qb=	0.01	m ³ /seg
Do (m)	0.123	m
Do "	4.86	"
Diámetro Tentativo (Do)	6	"

Fuente: Elaborado por las autoras

Cálculos para la potencia de la bomba:

Tabla 16: Potencia de consumo de la bomba

POTENCIA DE CONSUMO (Pc)			
DIAMETRO (")	Qb (lt/sg)	HDT(m)	Pc(Hp)
6	7.68	76.23	11.16
8	7.68	75.61	11.06
10	7.68	75.48	11.04

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 17: Potencia instalada de la bomba

POTENCIA INSTALADA (Pi)		
DIÁMETRO (")	Pc (Hp)	Pi (Hp)
6	11	13
8	11	13
10	11	13

Fuente: Elaborado por las autoras

Para realizar el diseño de la línea de conducción, se debe hallar el diámetro de tubería más adecuado para transportar el caudal del mismo. Asimismo, para determinar la selección de dicho diámetro, se debe tener en cuenta varios criterios que se designan en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.0100: la velocidad máxima será de 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.

4.5. Cálculo con el software Watercad del sistema de abastecimiento de agua potable

- 1) Crear nuevo proyecto:

Abrir el software Watercad y crear un nuevo proyecto seleccionando la opción Create New Project.

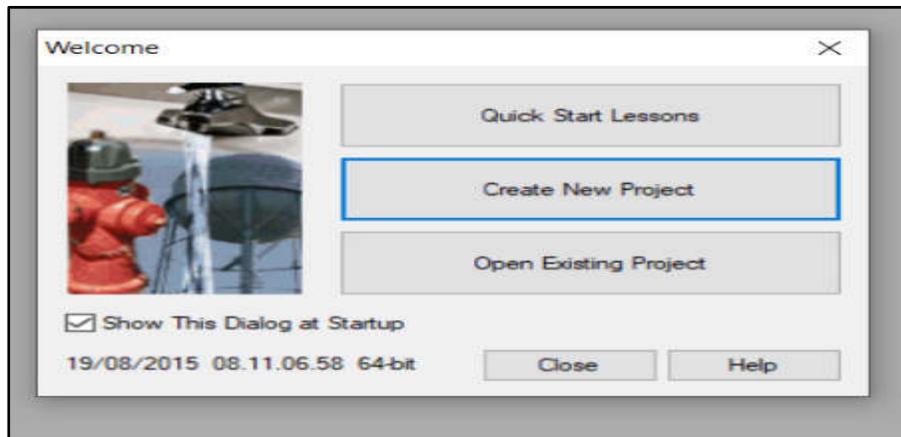


Figura 8: Crear un proyecto nuevo en el software Watercad

Fuente: Software Watercad

2) Colocar nombre del proyecto:

Luego, ingresar a la opción File y hacer click en la opción Project Properties.

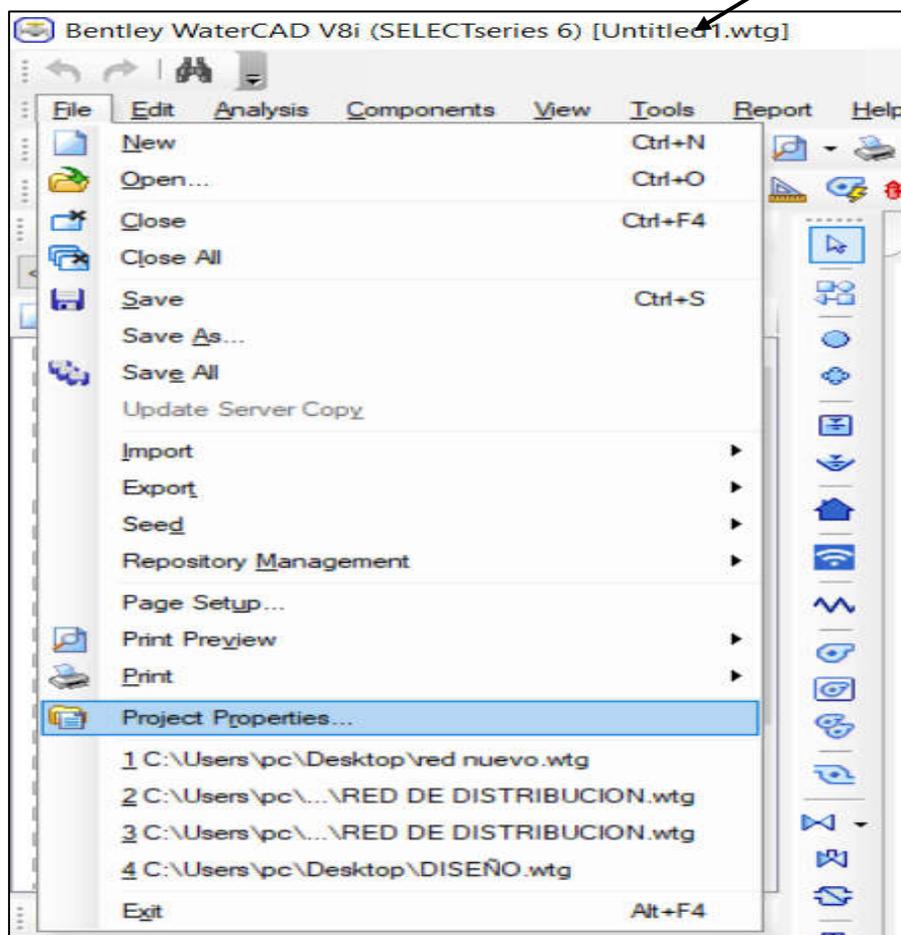


Figura 9: Pasos para las propiedades del proyecto

Fuente: Software Watercad

Colocar nombre del proyecto, el nombre de las personas que diseñarán la red, así como una breve descripción del proyecto y la fecha en que se elaborará.

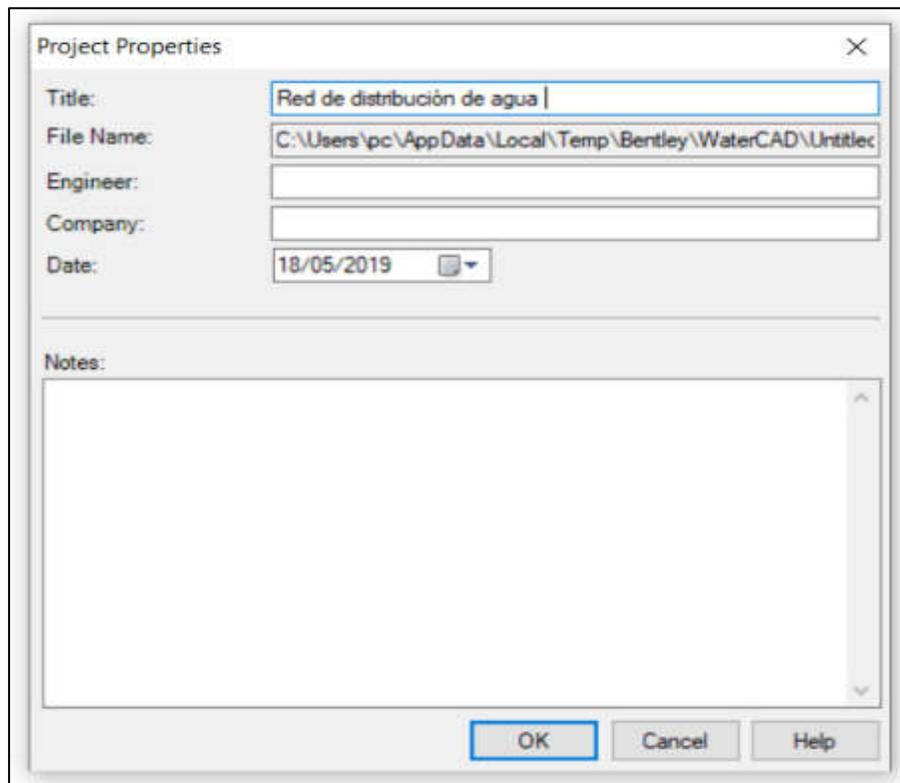


Figura 10: Configurar las propiedades del proyecto

Fuente: Software Watercad

1) Configuración de las unidades:

Acerca de las opciones, es necesario definir el sistema de unidades e ir a la opción Tools. Posteriormente, se debe seleccionar Options. Ahí se abrirá una ventana en la que se debe cambiar al sistema internacional, así como el proyecto actual y los próximos proyectos. Además, se establecen las unidades más utilizadas como el diámetro(in), elevación (m), caudal (l/s), velocidad (m/s) y presión (mH₂O).

Options

Global Project Drawing Units Labeling ProjectWise Engine

Save As... Load... Reset Defaults ▾

Default Unit System for New Project SI

	Label	Unit	Display Precision	Format
26	Diameter	in	1	Number
27	Diameter - Large	m	2	Number
28	Diffusivity	m ² /s	3	Scientific
29	Discharge Coefficient	m ³ /s/(m H2O) ^{^C}	3	Number
30	Efficiency Coefficient	%	2	Number
31	Elevation	m	2	Number
32	Emitter Coefficient	L/s/(m H2O) ^{^n}	3	Number
33	Energy	kWh	1	Number
34	Energy per Unit Volume	kWh/ML	4	Number
35	Energy Use per Power	kWh/kW	3	Number
36	Flow	L/s	0	Number
37	Flow - Small	L/s	2	Number
38	Force	N	3	Number
54	Pipe Slope	m/m	3	Number
55	Population	Capita	0	Number
56	Power	kW	1	Number
57	Pressure	m H2O	0	Number
58	Pressure Loss	kPa	1	Number
59	Pressure Loss Gradient	Pa/m	2	Number
60	Ratio		3	Number
81	Time - Medium	days	1	Number
82	Time - Short	sec	1	Number
83	Time - Synthetic		3	Number
84	Time - Very Short	sec	6	Number
85	Torque	N*m	3	Number
86	Valve Open Close Rate Coeff...	%/s/(m H2O)	3	Number
87	Velocity	m/s	2	Number
88	Viscosity - Kinematic	m ² /s	3	Scientific
89	Volume	L	1	Number

Figura 11: Unidades de la presión

Fuente: Software Watercad

Más adelante, se debe ingresar a la ventana Drawing para cambiar la opción en la que se va a trabajar, sea a escala o de forma esquemática. Cabe precisar que,

en el presente proyecto, se trabajará bajo la primera para así tener las medidas reales de las tuberías.

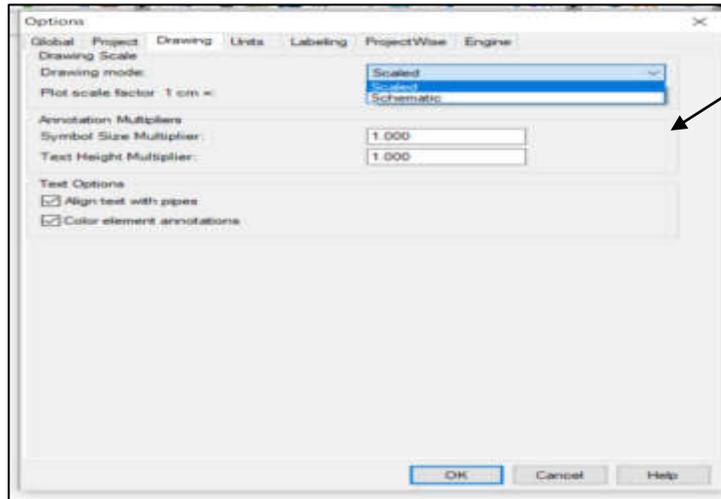


Figura 12: Tipo de escala del dibujo

Fuente: Software Watercad

Luego, es necesario abrir la ventana Labeling y, en opción Junction, seleccionar "N". Por su parte, en Tank, se debe colocar "R"; y en Pipe, "T".

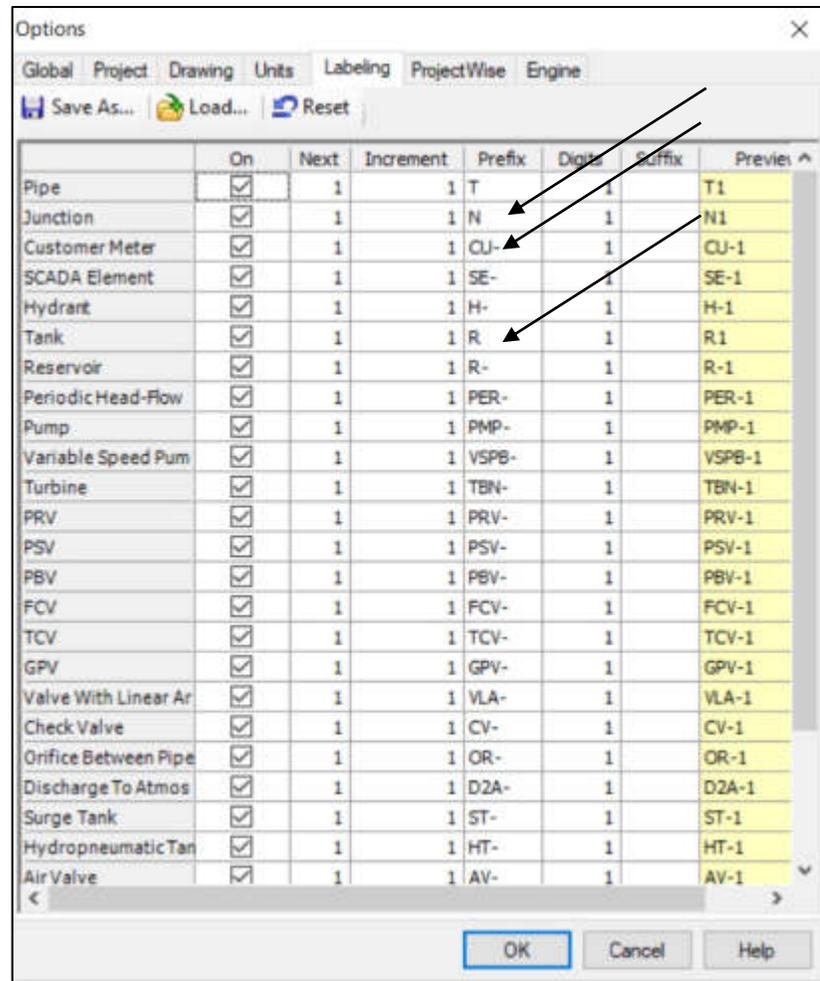


Figura 13: Configurar las opciones de etiquetado

Fuente: Software Watercad

2) Definir la ecuación

Click en Analysis, luego en Calculation Options.

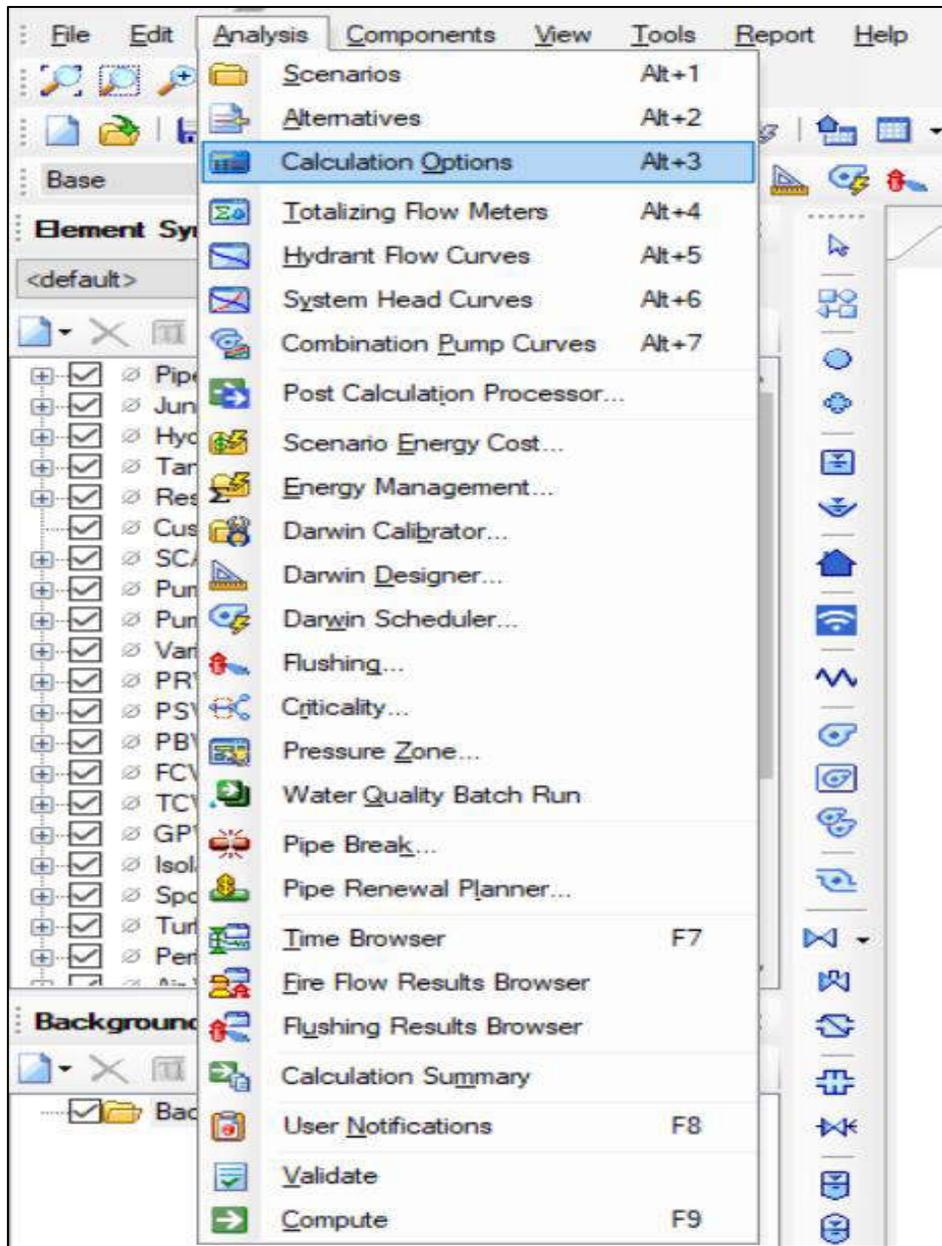


Figura 14: Definir la ecuación

Fuente: Software Watercad

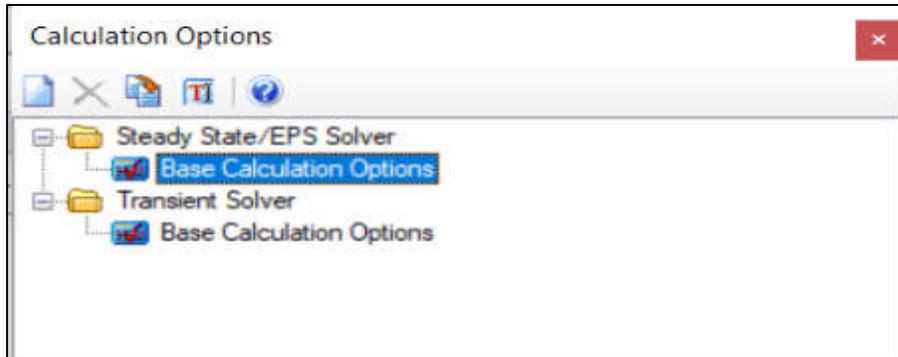


Figura 15: Opciones de calculadora

Fuente: Software Watercad

En Calculation Options se escoge la forma estática, ya que el modelo es real y trabajaremos con la longitud de cada tramo. Además, con la ventana de Base Calculation Options abierta se escoge la ecuación de pérdida de carga con la que se va a trabajar. En nuestro proyecto se utilizará el método de Hazen - Williams, un tipo de análisis estático y el líquido de agua en 20° C.

Friction Method	Hazen-Williams
Output Selection Set	<All>
Calculation Type	Hydraulics Only
Adjustments	
Demand Adjustment	None
Unit Demand Adjustment	None
Roughness Adjustment	None
Calculation Flags	
Display Status Messages	True
Display Calculation Results	True
Display Time Step Calculations	True
Calculation Times	
Simulation Start Date	01/01/2000
Time Analysis Type	Steady State
Use simple controls	True
Is EPS Snapshot?	False
Start Time	00:00:00
Hydraulics	
Engine Compatibility	WaterGEMS 2.00.12
Use Linear Interpolation	False
Convergence Check 1	2
Convergence Check 2	10
Damping Limit	0.000
Trials	40
Accuracy	0.001
Emitter Exponent	0.500
Liquid Label	Water at 20C(68F)
Liquid Kinematic Viscosity	1.004e-006
Liquid Specific Gravity	0.998
Minimum Possible Friction	-97

Figura 16: Edición de las opciones de la calculadora

Fuente: Software Watercad

3) Tipo de Prototipos:

Se debe hacer click en View y seleccionar Prototypes.

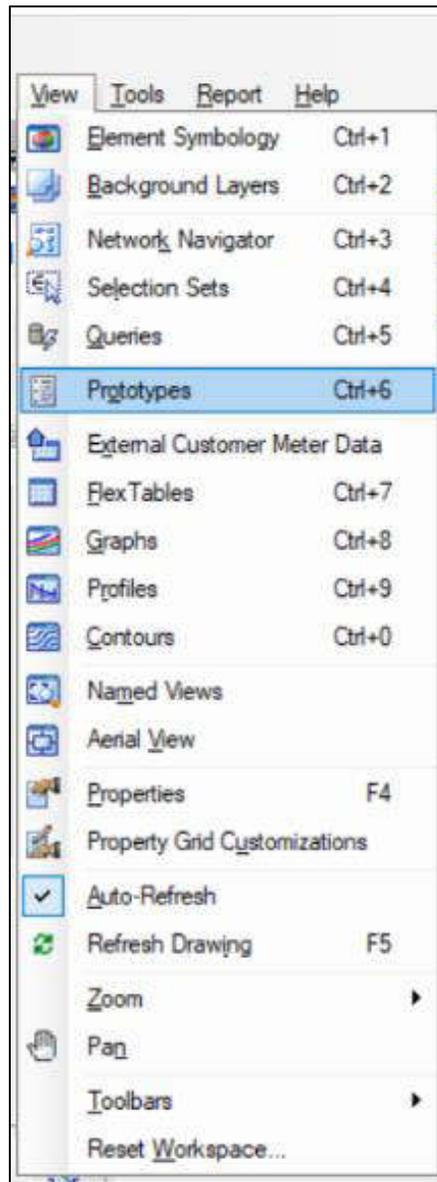


Figura 17: Tipos de prototipos

Fuente: Software Watercad

Más adelante, elegir tipo de prototipos que vamos a utilizar, que en este proyecto sería Pipe.

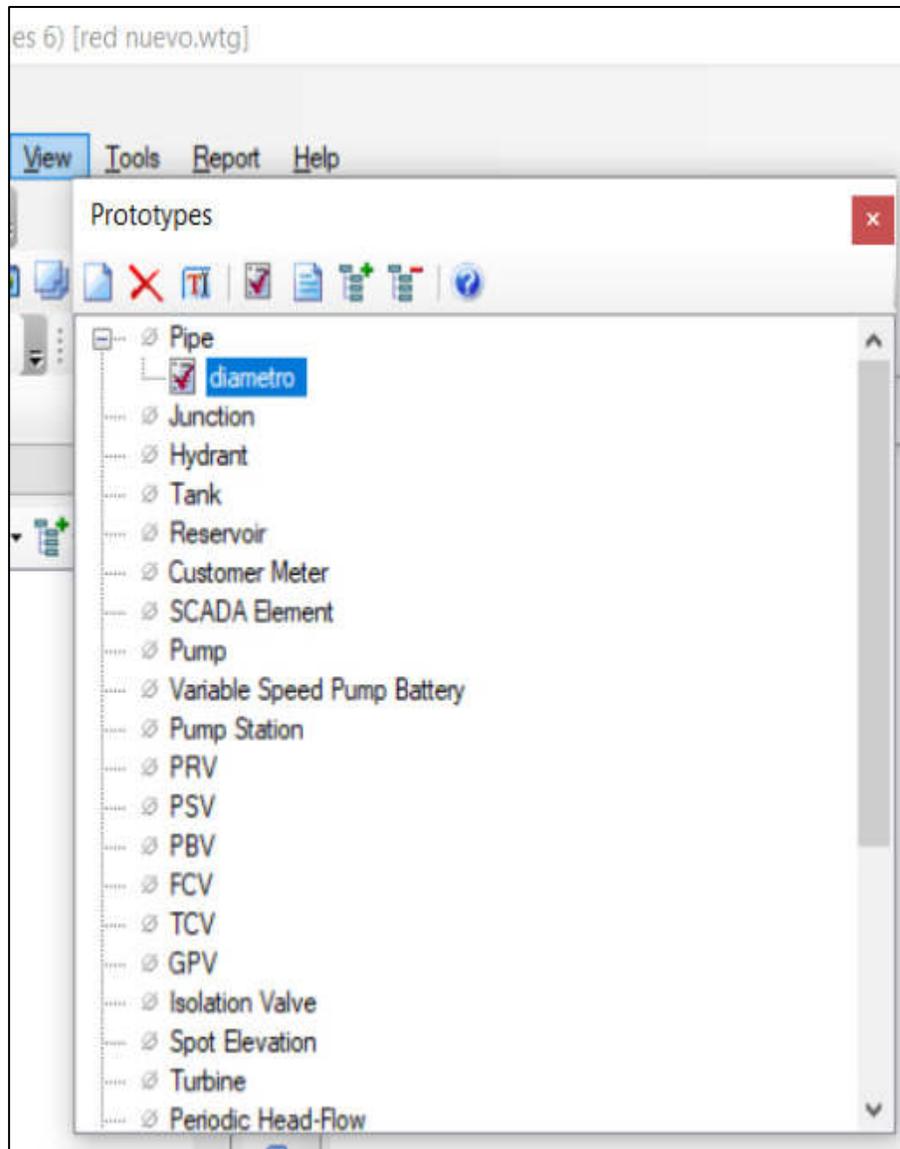


Figura 18: Ingreso del diámetro

Fuente: Software Watercad

Se coloca tuberías de 152.4 mm de diámetro (6”), de material Ductile Iron, con el método de Hazen Williams de (C=130). Cada uno de estos valores es cambiaran por tuberías de 4” de diámetro, material PVC y un Hazen-Williams de 150 (C = 150), siendo estos los recomendables para el modelamiento.

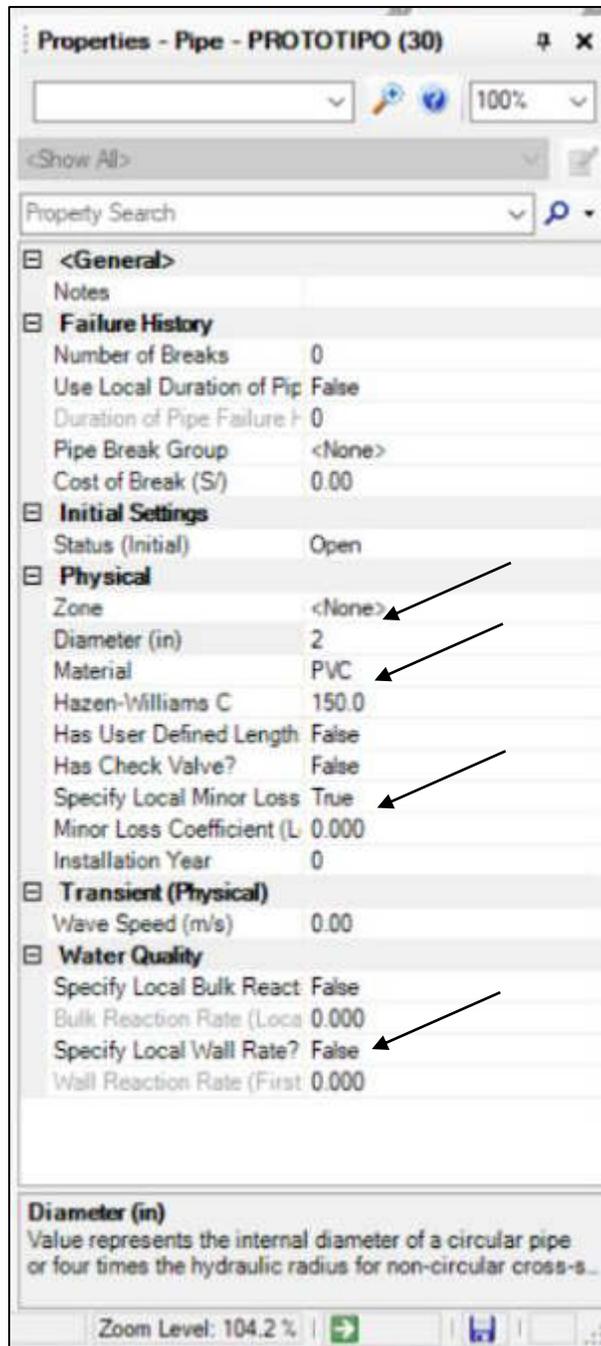


Figura 19: Edición de los datos del prototipo

Fuente: Software Watercad

4) Insertar plano de manzaneo

En View, se debe seleccionar Background Layers. Luego, hacer click derecho en New, en File.

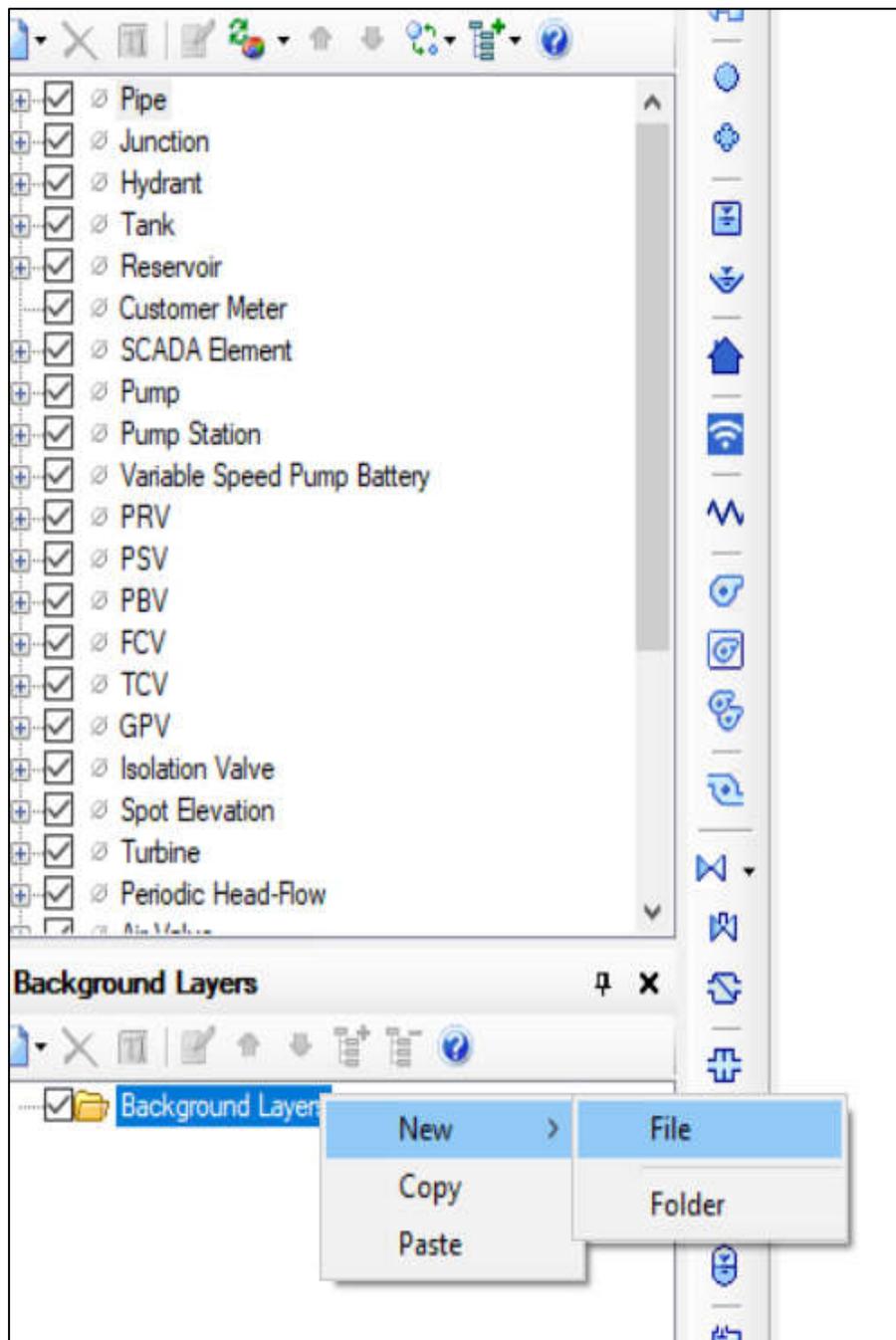


Figura 20: Insertar plano de la manzana

Fuente: Software Watercad

Con el plano de lotización insertado, se empieza a colocar los nodos con las tuberías en el programa Watercad

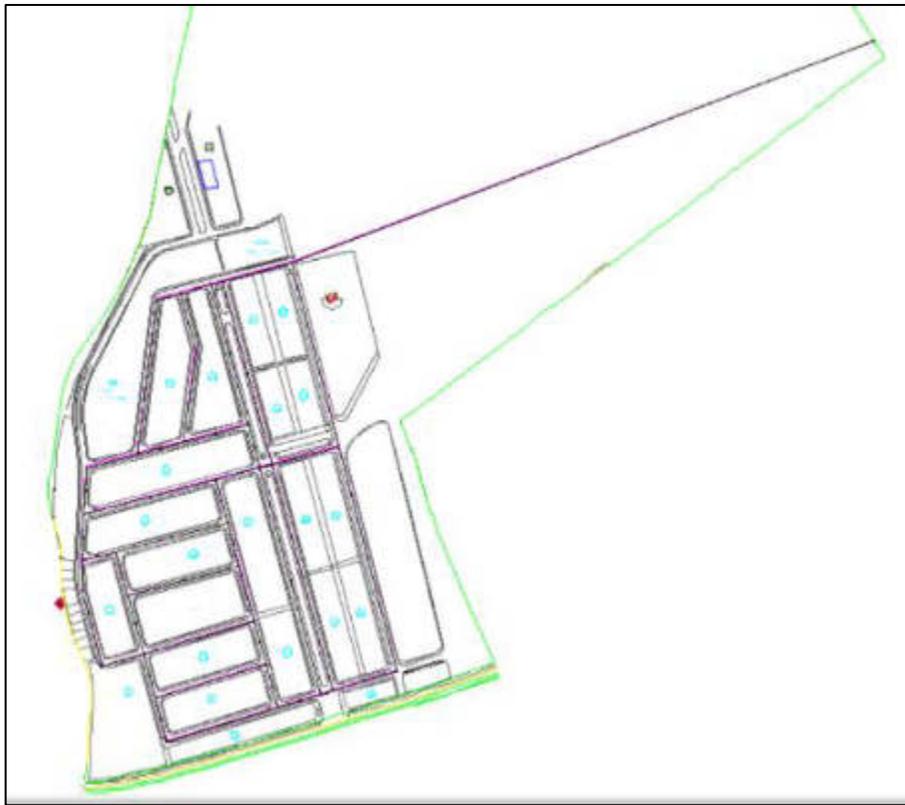


Figura 21: Inserción de nodos
Fuente: Software Watercad

5) Elevación de nodos

Para insertar las elevaciones en los nodos en la ventana View, se debe seleccionar Flex Tables.

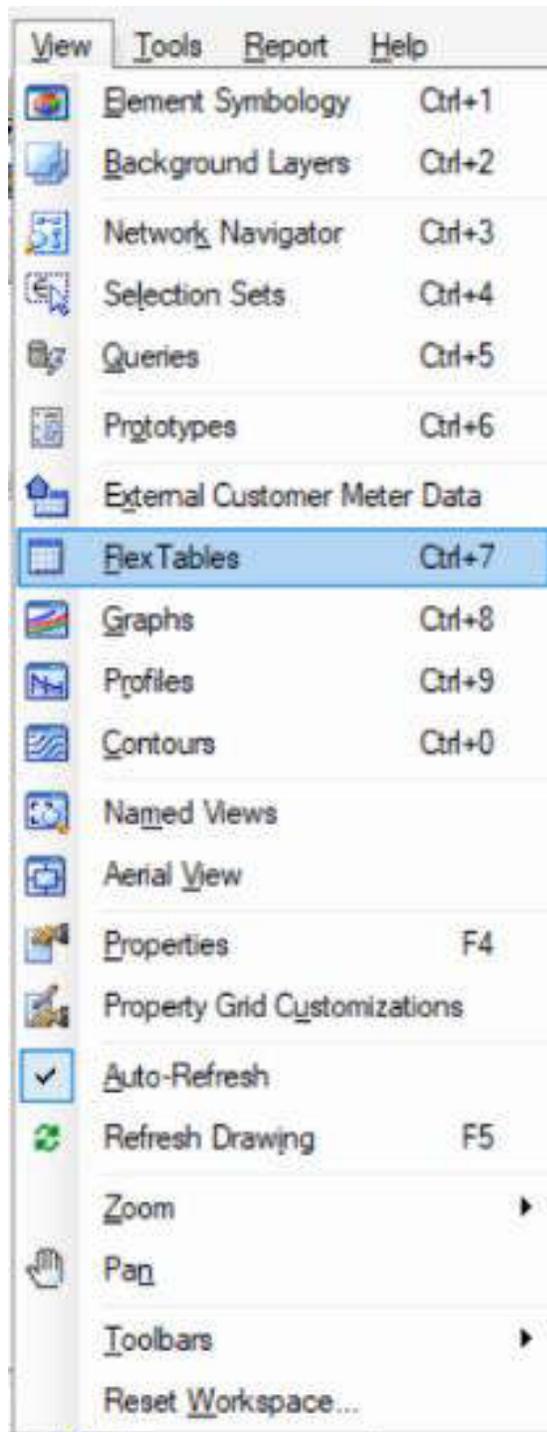


Figura 22: Seleccionar Flex Tables

Fuente: Software Watercad

Igualmente, es preciso insertar las elevaciones de cada nodo como indique el plano topográfico.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (l/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
34: N1	34	N1	58.80	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
35: N2	35	N2	56.30	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
37: N3	37	N3	54.60	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
38: N4	38	N4	53.60	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
40: N5	40	N5	55.10	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
42: N6	42	N6	57.40	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
44: N7	44	N7	59.60	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
46: N8	46	N8	61.50	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
48: N9	48	N9	54.00	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
50: N10	50	N10	55.10	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
52: N11	52	N11	50.90	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
54: N12	54	N12	49.40	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
56: N13	56	N13	50.80	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
58: N14	58	N14	50.30	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
60: N15	60	N15	44.20	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
62: N16	62	N16	42.50	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
64: N17	64	N17	50.70	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
66: N18	66	N18	50.50	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
68: N19	68	N19	49.40	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)
70: N20	70	N20	52.70	<None>	<Collection:>	(N/A)	(N/A)	(N/A)

Figura 23: Insertar las elevaciones de los nodos

Fuente: Software Watercad

6) Demanda unitaria en cada nodo

Seleccionar la opción Tools y luego Demand Control Center para indicar las demandas .

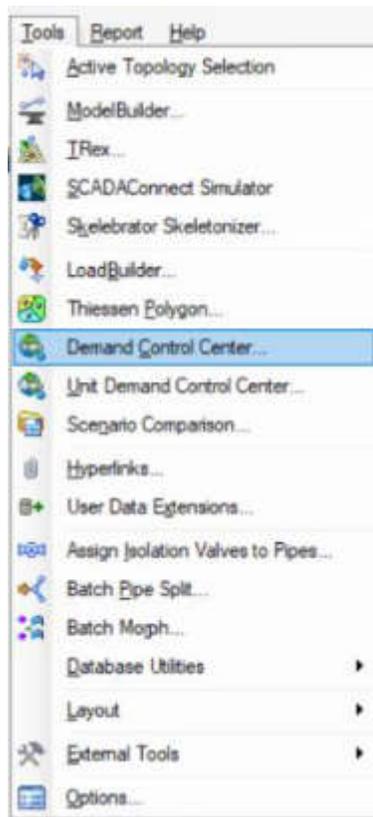


Figura 24: Seleccionar Demand Control Center

Fuente: Software Watercad

Asimismo, es necesario ingresar los caudales unitarios en el programa Watercad.

The screenshot shows the 'Demand Control Center' window with a table of customer meters. The table has five columns: ID, Label, Demand (Base) (L/s), Pattern (Demand), and Zone. There are 19 rows of data, each representing a different meter. The 'Demand (Base) (L/s)' column contains numerical values, and the 'Pattern (Demand)' column contains the word 'Fixed'. The 'Zone' column contains '<None>' for all entries.

ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
1	34 N1	0.86	Fixed	<None>
2	35 N2	0.87	Fixed	<None>
3	37 N3	0.92	Fixed	<None>
4	38 N4	0.93	Fixed	<None>
5	40 N5	0.58	Fixed	<None>
6	42 N6	3.73	Fixed	<None>
7	44 N7	0.58	Fixed	<None>
8	46 N8	0.76	Fixed	<None>
9	48 N9	1.60	Fixed	<None>
10	50 N10	1.95	Fixed	<None>
11	52 N11	1.60	Fixed	<None>
12	54 N12	1.55	Fixed	<None>
13	56 N13	1.57	Fixed	<None>
14	58 N14	1.24	Fixed	<None>
15	60 N15	1.00	Fixed	<None>
16	62 N16	0.50	Fixed	<None>
17	64 N17	2.70	Fixed	<None>
18	66 N18	2.43	Fixed	<None>
19	68 N19	0.89	Fixed	<None>

Figura 25: Ingresar los caudales unitarios
Fuente: Software Watercad

Luego de haber efectuado lo anterior, se obtienen los resultados.

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Velocity (m/s)	Flow (L/s)	Headloss Gradient (m/m)
T31	60	N27	N8	2.5	0.08	-0.27	0.000
T19	102	N13	N19	2.5	0.55	1.75	0.005
T18	101	N14	N18	2.5	0.56	1.78	0.005
T12	40	N13	N12	2.5	0.70	2.23	0.008
T37	31	N23	N17	2.5	0.72	2.28	0.009
T6	10	N6	N7	6.0	0.96	17.44	0.005
T26	38	N22	N19	2.5	1.10	3.49	0.019
T32	42	N27	N26	2.5	1.16	3.69	0.021
T35	120	N16	N24	2.5	1.28	4.05	0.025
T49	63	N1	N6	6.0	1.33	24.19	0.010
T8	39	N8	N9	2.5	1.34	4.25	0.027
T17	102	N15	N17	2.5	1.37	4.33	0.028
T29	137	N29	N26	2.5	1.37	4.35	0.029
T30	133	N28	N27	2.5	1.41	4.47	0.030
T38	96	N23	N22	2.5	1.56	4.94	0.036
T5	167	N6	N5	2.5	1.61	5.08	0.038
T22	40	N17	N18	2.5	1.65	5.24	0.040
T23	53	N18	N19	2.5	1.72	5.43	0.043
T28	22	N28	N29	2.5	1.75	5.53	0.045
T4	206	N5	N4	2.5	1.76	5.56	0.045
T9	207	N9	N10	2.5	1.76	5.58	0.045
T13	50	N14	N13	2.5	1.77	5.61	0.046
T7	128	N7	N8	2.5	1.78	5.62	0.046
T11	39	N11	N12	2.5	1.80	5.69	0.047
T34	41	N25	N24	2.5	1.80	5.70	0.047
T1	168	N1	N2	6.0	1.88	34.24	0.018
T20	102	N12	N20	2.5	1.90	6.03	0.052
T10	40	N10	N11	4.0	1.93	15.61	0.031
T2	204	N2	N3	3.0	1.93	8.78	0.043
T33	46	N26	N25	2.5	2.17	6.87	0.067
T3	59	N3	N4	2.5	2.31	7.30	0.075
T16	41	N9	N16	4.0	2.35	19.07	0.045
T27	28	N7	N28	3.0	2.42	11.05	0.066
T50	11	N4	N10	3.0	2.46	11.21	0.068
T36	41	N24	N23	2.5	2.56	8.12	0.091
T37	11	N5	N9	4.0	2.66	21.58	0.056
T14	39	N15	N14	2.5	2.71	8.58	0.101
T21	102	N11	N21	2.5	2.78	8.81	0.106
T36	61	N2	N5	4.0	2.86	23.16	0.064
T25	40	N20	N21	3.0	2.88	13.12	0.091
T15	39	N16	N15	3.0	3.08	14.04	0.103
T24	40	N19	N20	2.5	3.09	9.79	0.128
T54	548	R1	N1	6.0	3.29	59.99	0.052

Figura 26: Cuadro de velocidades

Fuente: Software Watercad

En la figura mostrada se observa que las velocidades cumplen la Norma OS.50, de tal manera que son mayores a 0.6 a 3.0 m/s.

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
86	N12	50.50	1.89	80.31	30
82	N13	50.70	1.64	80.64	30
89	N21	41.40	21.93	71.34	30
48	N10	52.00	1.19	83.38	31
36	N4	52.60	1.65	84.12	31
50	N11	49.40	1.11	82.15	33
80	N14	50.10	1.19	82.95	33
112	N20	41.30	2.69	74.96	34
34	N3	54.00	1.48	88.52	34
78	N15	50.30	1.13	86.91	37
44	N8	55.10	1.11	93.86	39
46	N9	54.00	1.17	92.79	39
38	N5	54.60	1.11	93.42	39
107	N19	41.20	0.88	80.10	39
32	N2	58.00	2.29	97.32	39
105	N18	42.80	1.58	82.40	40
102	N17	44.30	1.38	84.01	40
76	N16	50.80	0.97	90.97	40
60	N28	57.20	1.04	97.86	41
31	N1	59.00	1.56	100.40	41
72	N25	48.40	1.17	89.88	41
40	N6	58.20	1.67	99.79	42
42	N7	58.10	0.77	99.74	42
95	N22	39.10	1.45	80.83	42
91	N24	46.20	1.64	87.96	42
93	N23	42.50	0.90	84.28	42
68	N27	50.80	1.05	93.85	43
62	N29	53.60	1.18	96.88	43
64	N26	49.40	1.17	92.97	43

Figura 27: Cuadro de presiones

Fuente: Software Watercad

En la figura mostrada se observa que las presiones también cumplen la norma, pues son mayores a 10 a 50 mH2O y tienen elevaciones entre 39.1 a 59 m.



Figura 28: Perfil de la presión vs. la elevación del primer tramo
 Fuente: Software Watercad

En la presente imagen se observa las presiones vs. la elevación de los nudos del primer tramo de los nudos.



Figura 29: Perfil de la presión vs. la elevación del segundo tramo
 Fuente: Software Watercad

En la presente imagen se observa las presiones vs. la elevación de los nudos del segundo tramo de los nudos.

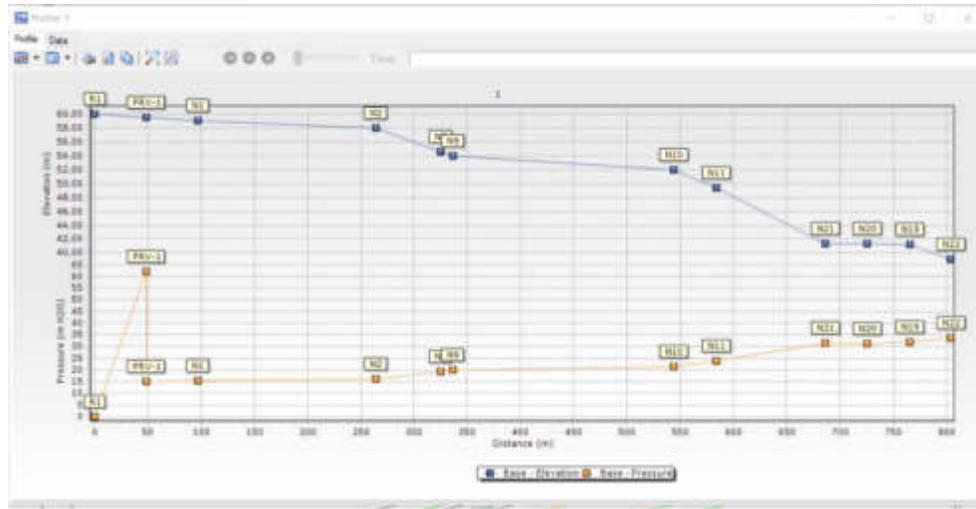


Figura 30: Perfil de la presión vs. la elevación del tercer tramo

Fuente: Software Watercad

En la presente imagen se observa las presiones vs. las elevaciones de los nodos del tercer tramo de los nudos.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

Según la tesis “Diseño del Sistema de Agua Potable y su Influencia en la Calidad de Vida de la Localidad de Huacamayo – Junín” se diseñó una red de agua para una población de 470 habitantes con un caudal de diseño de 0.99 l/s. En cambio, la presente tesis se proyectó para una población de 13,698 habitantes con un caudal de diseño de 60 l/s. Como consecuencia, se evidencia que la población es directamente proporcional al caudal de diseño.

Por su parte, la tesis “Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del Asentamiento Humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad” se indica que es un programa. Sin embargo, en la presente tesis se demuestra que el Watercad no es un programa sino un software siendo más completo.

De la misma forma, la tesis “Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroe del Cenepa, distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash” tiene una línea de impulsión de 3720m, con un diámetro de 4”, un reservorio circular de 150 m³ de capacidad. En contraste, la presente tesis propone una tubería de impulsión de 609 m con un diámetro de 10” con una capacidad de 4495 m³/día.

CONCLUSIONES

El modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable se realizó utilizando el software Watercad, el cual incide directamente en el diseño de las redes de distribución, porque, simulando diferentes modelos en dicho software, se llega a obtener el más adecuado, el cual cumple con los requisitos de velocidad y presión.

El levantamiento topográfico incide directamente en el modelamiento de abastecimiento de agua potable, ya que las curvas de nivel (cotas) se ingresan antes de comenzar el modelamiento, lo cual incidirá en todo el modelamiento.

La formulación del modelo incide directamente en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable, dado que se generan distintos modelos en el software Watercad hasta obtener el que cumpla con los requisitos de la Norma OS.50, tales como velocidades mayores de 0.6 a 3.0 m/s y una presión de 10 mh₂O a 50 mh₂O.

RECOMENDACIONES

Antes de comenzar a modelar en el software Watercad se recomienda verificar las unidades con las que se está trabajando. De esta forma, se evitará datos erróneos durante el modelamiento.

Por otra parte, antes de comenzar a modelar en Watercad es necesario conocer el funcionamiento del mismo para no tener inconvenientes más adelante. Asimismo, si es necesario, se recomienda llevar algún curso o capacitación sobre el software.

Se recomienda trabajar bajo la Norma OS.010, la Norma OS.050 y la Norma OS.0100, con lo cual se cumple la normatividad vigente sobre el tema.

Se recomienda comenzar con el cumplimiento de las velocidades en los flujos de tubería y, después, con la presión en cada uno de los nodos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alvarado, E (2013). *Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, Parroquia Nambaloca, cantón Gonzanamá*. Universidad Técnica Particular de Loja.

Bernabé, A. (2017). *¿Cuál es el problema del agua en Perú?* BioGuía. Recuperado de https://www.bioguia.com/entretenimiento/cual-es-el-problema-del-agua-en-peru_29281847.html

Certicalia (2019). *¿Qué es el levantamiento topográfico?* Certicalia. Recuperado de <https://www.certicalia.com/levantamiento-topografico/que-es-el-levantamiento-topografico>

Doroteo, F (2014). *Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del Asentamiento Humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento básico*. Lima: INEI.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Perú: Perfil Sociodemográfico: Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de*

Vivienda y III de Comunidades Indígenas (Informe Nacional). Recuperado de

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf?fbclid=IwAR2121-twt049Gx2WCbgF9toUIXInR8OxTCYHC117n6rWxAF9wclghWFGAU

Illán, V. (2017). *Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del Asentamiento Humano Héroes del Cenepa, Distrito de Buenavista Alta, Provincia de Casma, Ancash*. Universidad Cesar Vallejo.

Maylle, A. (2017). *Diseño del Sistema de Agua Potable y su Influencia en la Calidad de Vida de la Localidad de Huacamayo – Junín*. Universidad Cesar Vallejo.

OXFAM (2019). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable*. Recuperado el 06 de junio de 2014, de <https://peru.oxfam.org/qu%C3%A9-hacemos-ayuda-humanitaria/entre-7-y-8-millones-de-peruanos-no-tienen-acceso-agua-potable>

Pérez, J. (2018). *Definición de manantial*. Recuperado de <https://definicion.de/manantial/>

Pérez, L. (2018). *Gestión de agua y saneamiento sostenible: Galerías filtrantes (Informe)*. Recuperado de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/galer%C3%ADas-filtrantes>

Pérez, L. (2018). *Gestión de agua y saneamiento sostenible: Conducción por gravedad (Informe)*. Recuperado de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conducci%C3%B3n-por-gravedad>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2016). *Informe sobre Desarrollo Humano 2016 (Informe)*. Recuperado de <https://www.undp.org/content/dam/peru/docs/Gobernabilidad%20democr%C3%A1tica/HDR16%20Overview%20Spanish.pdf>

Quevedo, T (2016). *Diseño de las Obras de Mejoramiento del Sistema de agua potable para la población de Cuyuja como parte de las obras de compensación del proyecto hidroeléctrico Victoria*. Pontifica Universidad Católica del Ecuador.

Redacción EC (23 de marzo de 2018). *Día del agua: ¿Cuánto de este recurso utilizamos los peruanos a diario? El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/dia-mundial-agua-utilizamos-dia-peru-evitar-noticia-506428>

Redacción (2016). *Así está el Perú: 88% del agua consumible está en nuestra Amazonía. RPP Noticias*. Recuperado de <https://rpp.pe/politica/elecciones/asi-esta-el-peru-88-del-agua-consumible-esta-en-nuestra-amazonia-noticia-943718>

ANEXOS

Anexo 4: Pozo subterráneo



Fuente: Elaborado por los autores

Anexo 5: Punto de captación



Fuente: Elaborado por los autores

Anexo 4: Calicata



Fuente: Elaborado por los autores

Anexo 6: Matriz de consistencia

MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE UTILIZANDO EL SOFTWARE WATERCAD EN EL DISEÑO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LA ETAPA I DEL PROYECTO SAN ANTONIO DE MALA- DISTRITO DE MALA							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	METODOLOGIA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS					
¿En que medida incide el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala?	Evaluar la incidencia del modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala	El modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad incide directamente en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala	Variables independiente: Diseño de redes de distribución	Densidad Poblacional	N° de habitantes	Diseño: Es Experimental porque se van a formular distintos modelos para luego medir su efecto en la variable independiente. Tipo: Es de tipo Aplicada porque vamos a resolver un problema que consiste en evaluar el modelamiento de un sistema de agua potable. Enfoque: Cuantitativo por vamos a obtener resultados numéricos.	
					Caudal promedio		
				Estudios Topograficos	Caudal diario		
					Caudal horario		
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS			Curvas de nivel	POBLACION Y MUESTRA	
					Áreas		
					Coefficient de rugosidad		
					Longitud de la tubería		
¿En que medida incide el levantamiento topografico en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala?	Evaluar la incidencia del levantamiento topografico en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala	El levantamiento topografico incide directamente en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala	Variable s dependiente: Modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable		Velocidades	Población: Para la presente investigación la población seran todos los habitantes del Proyecto San Antonio de Mala del distrito de Mala. Muestra: Son los habitantes de la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala, distrito de Mala.	
¿En que medida incide la densidad poblacional en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala?	Evaluar la incidencia de la densidad poblacional en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala	La densidad poblacional incide directamente en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes de distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala			Presión		Diámetro
							Velocidad
							Cotas
¿En que medida incide la formulación del modelo del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala?	Formular el modelo del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala?	La formulación del modelo incide directamente en el modelamiento del Sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el Software Watercad en el diseño de las redes distribución en la Etapa I del proyecto San Antonio de Mala- Distrito de Mala?		Modelamiento en el Software Watercad	Diámetro de las tuberías	PROCEDIMIENTO 1) Tener el levantamiento topografico de la zona de estudio para obtener las cotas del terreno. 2) Obtener el número de lotes para calcular la cantidad de la población y tener el caudal necesario para abastecer la población. 3) Con los datos obtenidos de campo se procede a modelar el comportamiento real con el Software Watercad ingresando los parametros físicos al modelo (rugosidad, demandas, fugas, controles, niveles de tanque, etc), para generar modelos sucesivos hasta obtener el diseño de agua potable mas adecuado, el que cumpla con los parametros de velocidad y presión según la norma	

Fuente: Elaborado por los autores