



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño y simulación hidráulica del abastecimiento de agua potable en  
una Urbanización Alto del Molino Pisco – Ica.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

**AUTORES:**

Cruz Pareja, Alex Mauricio (ORCID: 0000-0003-3391-838X)

Lobos Gómez, Hernán (ORCID: 0000-0002-9424-9020)

**ASESOR:**

Dr. Zamora Mondragón, Jesús Elmer (ORCID: 0000-0001-6362-1603)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A nuestros padres: que con su motivación y apoyo incondicional nos fortalecieron a lo largo de nuestra carrera con la única finalidad de alcanzar las metas y objetivos trazados.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, damos gracias a Dios por darnos un día más de vida y a su hijo Jesús por acompañarnos a culminar nuestros estudios académicos satisfactoriamente.

Agradecer a nuestras familias, por creer y confiar aún en los tiempos más difíciles que nos han tocado vivir.

A todos los compañeros y docentes que fueron parte de los años de enseñanza en el desarrollo profesional.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Índice de anexos.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract .....	ix
I.INTRODUCCIÓN .....	1
II.MARCO TEÓRICO .....	5
III.MÉTODO.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2 Variables y operacionalización .....	15
3.3 Población, muestra y muestreo .....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.5 Procedimientos.....	18
3.6 Método de análisis de datos .....	18
3.7 Aspectos éticos .....	19
IV.RESULTADOS.....	20
VI.CONCLUSIONES.....	41
VII.RECOMENDACIONES .....	43
REFERENCIAS .....	45
ANEXOS .....	51

## Índice de tablas

Tabla 1 Ubicación de las Estaciones Meteorológicas al Área de estudio .....	21
Tabla 2 Redes proyectadas .....	23
Tabla 3 Periodo de diseño .....	24
Tabla 4 Datos de la Urbanización del Molino Alto-Ica.....	24
Tabla 5 Población proyectada.....	25
Tabla 6 Dotación de agua estimada.....	26
Tabla 7 Consumo por uso.....	26
Tabla 8 Caudales máximos estimados .....	26
Tabla 9 Factores y constantes a utilizar en el Diseño del Sistema de Agua .....	27
Tabla 10 Coeficiente de fricción en la fórmula de Hazen y Williams.....	28
Tabla 11 Resultados de la demanda de caudales .....	30
Tabla 12 Resultado de las presiones en los nudos .....	30
Tabla 13 Resultado de la velocidad en los tramos .....	31
Tabla 14 Simulación 01 .....	32
Tabla 15 Simulación 02.....	32
Tabla 16 Simulación 03.....	33
Tabla 17 Resultados de la velocidad en las 3 simulaciones .....	34

## Índice de figuras

Figura 1 Mapa de la Provincia de Pisco .....	21
Figura 2 Línea de conducción .....	22
Figura 3 Fórmulas .....	28
Figura 4 Características técnicas tubería a presión.....	29
Figura 5 Características técnicas tubería con rosca.....	29

## Resumen

La presente investigación lleva por título “Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanización Alto del Molino Pisco-Ica” pertenece a la línea de investigación Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento. Donde se muestra ciertos valores numéricos, teniendo como problema de la investigación si el diseño y la simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora el servicio en las redes de agua potable en dicha urbanización

Donde se muestra ciertos valores numéricos que no son los que la población exige para satisfacer sus demandas en sus suministros, teniendo como objetivo analizar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejorará el servicio de agua haciendo uso de los softwares WaterCAD y Epanet. Utilizando el método aritmético para hallar la población futura y optando por una dotación de 150 l/s, por ser una zona urbana y de clima cálido, ya que se tomó la sugerencia de SEDAPAL. Además, las presiones se mantenían en el intervalo que indica la norma del RNE. Llegando a la conclusión que estos softwares son herramientas muy valiosas en estos tipos de investigación porque arrojan resultados similares y recomendando que después de haber hecho un diseño se puede optimizar los resultados con varias simulaciones hasta obtener datos satisfactorios.

Palabras clave: Redes, agua potable, WaterCAD, Epanet.

## **Abstract**

The present investigation is entitled “Design and hydraulic simulation of the drinking water supply system in the Alto del Molino Pisco-Ica Urbanization” belongs to the Design of Hydraulic and Sanitation Works research line. Where certain numerical values are shown, having as a research problem if the design and hydraulic simulation of drinking water supply improves the service in the drinking water networks in said urbanization. Where it shows certain numerical values that are not what the population requires to satisfy their demands on their supplies, with the objective of analyzing how the design and hydraulic simulation of drinking water supply will improve water service using WaterCAD software. and Epanet. Using the arithmetic method to find the future population and opting for an endowment of 150 l / s, as it is an urban area with a warm climate, since the suggestion of SEDAPAL was taken. In addition, the pressures were maintained in the range indicated by the RNE standard. Concluding that these softwares are very valuable tools in these types of research because they yield similar results and recommending that after having made a design, the results can be optimized with various simulations until satisfactory data is obtained.

Keywords: Networks, drinking water, WaterCAD, Epanet.



# **I. INTRODUCCIÓN**

Cairampoma y Villegas (2016) Existen informes de programas y organismos Internacionales y ONG, afirma que los gobiernos centrales, regionales y municipios deben garantizar a la población el consumo de agua potable por ser de suma importancia para La existencia del ser Humano, y con esto se puede garantizar la calidad de vida de la población. INEI (2019) De acuerdo a los datos estadísticos se tiene en el Perú, 2.64 millones de habitantes en las zonas rurales y 5.11 millones no tienen agua potable es en porcentajes que el 12% de habitantes no cuentan con instalaciones de agua potable en todo el Perú.

INEI (2019) en el área urbana, el 5,1% de su población, no tiene acceso a agua por red pública y consumen agua proveniente de camión-cisterna el 1,4%, de pozo el 1,0% y de río, acequia o manantial u otro suman el 2,7%.

Por otro lado, el 24,7% de las personas del área rural no tienen acceso a agua por red pública, de los cuales en mayor porcentaje (15,4%) acceden a agua por río, acequia o manantial, seguido de pozo (4,3%).

La problemática en la que se enfoca nuestra investigación, es de la postura y de la conducta de parte de las personas, frente al consumo desproporcionado de agua y de planificación de implementación, problemática que en su mayor cantidad son ubicables y reconocidos. En la actualidad se posee con las herramientas tecnológicas y científicas para desarrollar y poder determinar un planteada y elaborada técnicas teóricas, para una justa y racional uso del recurso

Hoyos y Tuesta (2017) las redes de distribución de agua potable, al encontrarse estas disminuidas o sobredimensionadas, las redes propuestas no se encontrarán acordes a la realidad y esto generará que el sistema propuesto falle en un tiempo menor al periodo óptimo de diseño, por diversos casos no previstos como, por ejemplo: bajas de presión, incorrecto dimensionamiento de las tuberías, fugas de agua, rupturas, entre otros.

Saldarriaga y Takahashi (2015) A pesar de numerosos desarrollos por parte de la comunidad científica en el tema de abastecimiento de agua, una enorme proporción de la población de los países en vías de desarrollo aún sufre de problemas de abastecimiento, bien sea por falta de acceso al servicio o por su mala calidad. De aquí que sea de vital importancia buscar diseños que permitan brindar el mejor servicio con los recursos que se encuentren

disponibles y operar el sistema de distribución de manera eficiente en términos hidráulicos y económicos.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora el servicio de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

PE1: ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejorará los caudales en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica?

PE2: ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las presiones en los nudos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica?

PE3: ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las velocidades en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica?

El estudio de la investigación se justifica teóricamente en que las conclusiones serán útiles para futuros estudios, aportando como una guía y apoyando como sustento teórico para los próximos estudios de los investigadores.

Por otro lado, tecnológicamente nuestra investigación se justifica ya que la utilización de estas herramientas (WaterCAD y Epanet) propiciará el uso común de los profesionales involucrados en el tema.

Socialmente se justifica porque beneficiará a la Urbanización el Alto Molino-Ica, generando una mejor calidad de vida para los pobladores, disminuyera enfermedades, contaminaciones al medio natural y aumentando, por otra parte, el costo de propiedades para cada familia que habitan.

Social, porque la aplicación y ejecución del documento presentado en enfoque público, centra su finalidad en el desarrollo de las metas establecidas para el bienestar y progreso de la población, mejorando la calidad de vida como derecho fundamental a una vida digna y saludable. (Invierte.pe, 2017) (Municipalidad Provincial de Jaén, 2018).

Finalmente, dicho estudio consecuentemente a la ejecución del proyecto generará mano de obras por lo que beneficiará el ingreso económico de las familias de la urbanización.

El objetivo general es analizar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejorará el servicio de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica.

OE1: Determinar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora los caudales en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica

E2: Determinar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las presiones en los nudos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica

OE3. Determinar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las velocidades en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Continuando, se hace mención de los antecedentes nacionales e internacionales como sustento teórico para nuestra investigación:

Mendoza y Durán (2019) realizó el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable aplicando softwares Epanet algoritmo Genético según los criterios del reglamento vigente a fin de localizar automáticamente válvulas reductoras de presión mediante Algoritmos. Se logró asignar los caudales de demanda de manera automática en todos los nodos de la red de distribución contribuyendo a la mejora en el proceso de diseño mediante el programa EPANET.

Segura (2019) por su parte realizó el diseño hidráulico del sistema proyectado de agua potable mediante el software WaterCAD, y para calcular la población usó el método aritmético. Los resultados se muestran en los reportes de hidrantes y CRPs, en donde se verifica las presiones dinámicas y estáticas en los hidrantes y en los CRPs; así mismo se hace una inspección de las velocidades y la longitud de los tramos de las tuberías presentadas en los reportes de tubería; para poder indicar donde se colocará válvulas de aire, las válvulas de control y las válvulas de purga.

Torres (2019) estudió la simulación hidráulica como propuesta del sistema de abastecimiento de agua potable, a partir de la determinación de los estudios básicos y llegando a la conclusión de que el sistema de abastecimiento por las condiciones topográficas no puede ser el convencional, por lo que plantea el sistema de bombeo con una bomba de impulsión con una potencia requerida en el estudio, además, obtuvo el diseño conforme a los requerimientos de la urbanización, de presiones y velocidades que exige el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Cotrado y Gutierrez (2019) Evaluaron una red existente de agua potable, en base a los datos obtenidos en campo y del expediente técnico de la obra en esa zona con los criterios de la normativa peruana de Obras de Saneamiento del RNE. Con los datos obtenidos tanto en campo como en gabinete se desarrolló el modelamiento de las redes principales y se empezó a comparar los caudales, las presiones y las velocidades de la red primaria de ese sector con datos reales

obtenidos de la EPS, ya que, por los años de servicio, la red de distribución no tendría los mismos resultados con los del modelamiento.

Ayamani (2018) en similar estudio planteó un diseño y simulación hidráulica en función al caudal, presión y continuidad como solución y mejoramiento de la distribución de red. Con las muestras recogidas del campo desarrolló el modelamiento de la simulación de la red calibrada y sectorizada a través del programa WÁTERCAD v8i, Los resultados se tiene un porcentaje aproximado de 72 % de eficiencia hidráulica en continuidad como también se obtuvo los resultados del caudal de entrega del 30% aproximadamente y la presión promedio ponderada del 25% aproximadamente.

Bances y Burga (2018) plantearon el diseño de abastecimiento de agua potable en zonas rurales de ámbito regional. Utilizaron como muestra 614 habitantes de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria. Como resultado concluyeron que con la aplicación del software WaterCAD todos los parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica de Diseño. Asimismo, recomendaron WaterCAD como una solución para modelación hidráulica y análisis de calidad de agua para sistemas de distribución de agua.

Hernández, Manzanares, Vladimir, Serrano y Arístides (2018) compararon los resultados entre el método de Hunter, utilizado tradicionalmente para el diseño de sistemas de distribución de agua potable en edificaciones, con la aplicación del software EPANET, Demostró por medio de la comparación entre ambos métodos, que el diseño de sistemas de distribución de agua potable en edificios es viable por medio de la asistencia del programa EPANET, ya que con la ayuda de esta herramienta se puede facilitar y agilizar los cálculos necesarios para el diseño.

Villegas (2017) planteó una nueva metodología computacional para el dimensionamiento de sistemas de distribución de agua potable. Con el objeto de garantizar un confiable y eficiente diseño aplicándose a través de software de análisis hidráulico como el WaterGems; y análisis topográfico y catastral con el software AutoCAD Civil 3D. Como conclusión el criterio de optimización económica

implica la selección de la combinación más económica de un conjunto de diámetros comerciales de tuberías de un material determinado, así mismo, la automatización de procesos de cálculo implica aplicar metodologías eficientes y rápidas para procesos repetitivos de cálculo de parámetros que conforman la red de abastecimiento.

Bravo (2017) realizó una modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable, aplicó el programa informático EPANET. Los resultados obtenidos, analizando la situación

actual de las redes en donde se las evalúa como irregulares, debido a que en los nudos lejanos del sistema le falta presión y no abastece continuamente a los sitios, por lo que se recomienda que en estos sitios se construya un tanque de almacenamiento para su abastecimiento.

Florian (2017) en su estudio de investigación propuso un diseño óptimo de distribución de agua potable a través del uso de un modelo de simulación digital. Par lo cual primero hizo el diagnóstico de la RDAP, la construcción del modelo digital, la calibración del modelo digital y la propuesta de optimización. Para tener un modelo digital calibrado más preciso es necesario contar con datos de caudales horarios, diarios o mensuales.

Alayo y Espinoza (2016) planteo una simulación hidráulica de línea de conducción y red de distribución de agua potable a través del programa WaterCAD con la finalidad de dar información respecto del comportamiento de la red de distribución y línea de conducción de agua potable. Obtuvieron resultados muy confiables y diámetros de tuberías muy exactas según la demanda.

Tekle (2016) evaluó el rendimiento hidráulico de la red de distribución de suministro de agua. Utilizó datos primarios y secundarios además el software waterCADV8i, ArcGIS versión 9.3, EndeNotex2 y el (GPS) Garmin72. Como resultado concluyó cuando el flujo se mueve muy lentamente en las tuberías, los materiales muy metálicos permanecen en la pared interna de las tuberías y causan problemas de calidad del agua. Asimismo, recomendó se debe realizar un estudio relacionado con la asignación espacial de la demanda y la detección de fugas del sistema.



Lagunas (2015) planteo simular la red de distribución de agua potable por medio de un programa de simulación de Fluidos (EPANET) utilizando datos proporcionados de un estudio de campo para reproducir las condiciones generales del sistema de distribución de agua durante un lapso de 24 horas, los resultados se analizarán proponiendo posibles modificaciones tanto en componentes como en procesos de operación.

Fitaye (2015) estudió mejorar el sistema de distribución de suministro de agua y controlar su funcionamiento. Utilizó el software Water CAD como herramienta para modelar el análisis del sistema de distribución de agua. Como resultado obtuvo un rendimiento hidráulico actual desfavorable, que requiere la disminución de presión para controlar las ocurrencias de presiones máximas para partes aisladas de la red.

Tessema (2015) estudió el rendimiento hidráulico del agua, redes de suministro teniendo los efectos de las condiciones locales de operación. Utilizó un software de simulación hidráulica con SIG. Como resultado concluyó que la red está expuesta a valores relativamente altos y bajos de presión y velocidad, que tienen efectos negativos en el rendimiento de la red y en la calidad del agua del sistema. Asimismo, recomendó desarrollar una base de datos geográficos para todo el sistema sea esencial.

Nitin y Mandar (2015) Estudio y revisaron varios softwares disponibles para diseñar y modelar las redes de distribución de agua. Como resultado concluyeron que la elección de los softwares de diseño depende completamente de la disponibilidad de los datos, el tiempo, las implicaciones financieras, los recursos, la aplicabilidad, la compatibilidad y el alcance general del proyecto. Asimismo, recomendaron reemplazar los métodos tradicionales y obsoletos de diseñar redes de distribución de agua con sistemas precisos, rápidos, softwares y métodos basados en computadora.

Surani y Dihora (2015) estudio varias literaturas sobre estrategia de combinar el uso de SIG y varios modelos de simulación hidráulica como EPANET, WaterCAD, etc. Utilizaron la aplicación de SIG en planificación y gestión de recursos. Como resultado concluyeron tipo de estudio con el uso de SIG, da un resultado preciso,

la visualización de la red de suministro de agua es mucho mejor para la comprensión.

Por otra parte, como sustento de nuestra investigación mencionaremos las bases teóricas de nuestro estudio en los siguientes párrafos:

Vieerendel (2009) menciona las partes del sistema de abastecimiento de agua potable como: obras de captación, tuberías o canales de conducción, redes de distribución.

NTD (2018) Entre los criterios básicos o parámetros de diseño que se debe tener en cuenta son: Periodo de diseño, población de diseño, Dotación, consumo: (Variación de consumo: Consumo promedio anual, Consumo máximo diario, consumo máximo horario), Volumen y almacenamiento, Caudales de diseño, Caudal de bombeo, Caudal en la red de distribución y Presiones de servicio. (ver anexo 9 diagrama de flujo)

Vieerendel (2009) para el proyecto de sistema de distribución considera los siguientes pasos: elección para el almacenamiento y distribución, Determinación de presiones, colocación de

válvulas, determinar la capacidad del reservorio y diámetro del sistema, trazo de las redes (sistema de circuito abierto, sistema de circuito cerrado), designación de tuberías, circuitos de un sistema cerrado y dispositivos reductores de presión.

Castañeda, y Quispe (2016) Para determinar su funcionamiento hidráulico una red de distribución puede dividirse en red primaria, la cual rige el funcionamiento de la red, y la secundaria.

Jimenez (2015) Así mismo el agua que se distribuye a los usuarios en función a las condiciones locales de varias formas: por Gravedad, por Bombeo y Distribución Mixta.

Valdez (1994) una red de distribución está compuesto de siguientes elementos: Tuberías, Piezas especiales, válvulas, Hidrantes, Cámara rompe presión y Reservorios o tanques

Vieerendel (2009) considera para el análisis hidráulico los siguientes puntos: Esquema del circuito primario. - Área abastecida por cada tubería. - Determinación del gasto máximo por tramo. - Ubicación de los puntos de salida. - Cálculo o estimación tentativa de los diámetros. - Determinación de las pérdidas de carga. - Determinación de las presiones de acuerdo a las pérdidas de carga halladas y las cotas topográficas.

Saldarriaga (1998) la energía que se pierde en el proceso del movimiento del fluido a causa de la fricción entre la pared del ducto y el fluido es analizada a través de una Ecuaciones de fricción.

Echavarria (2017) Hay varias ecuaciones, teóricas y empíricas, que nos permiten estimar las Pérdidas por Fricción asociadas con el flujo a través de determinada sección de una conducción. Entre las de uso más común tenemos: Ecuación de Manning, La ecuación de Darcy, La ecuación de Williams Hazen (las formulas empiricas se observan en el gráfico 3)

NTD (2018) por otro lado, un aspecto que se debe tener en cuenta en el análisis hidráulico es el coeficiente de rugosidad que expresa la Influencia del material y la edad de una tubería, en la velocidad de flujo en el tubo. Utilizado en la fórmula Hazen-Williams, este coeficiente varía entre valores de 100 a 150. (ver tabla 10 coeficiente de fricción en la fórmula de Hazen-Williams).

NTD (2018) la velocidad de flujo o la relación de la distancia recorrida al tiempo de Recorrido, generalmente es expresado en pies por segundo (pies/seg) o metros por segundo (m/ s). Por conveniencia, una velocidad de flujo medio  $V$  en cualquier sección transversal se

define como la relación de la descarga  $Q$  respecto a su área de sección transversal

A. Ecuación de velocidad:  $V = \frac{Q}{A}$

OS.050 del RNE (2018) en cualquier punto de la red, la presión estática no será mayor de 50 m. y la presión dinámica no será menor de 10 m. esto en condiciones de máxima horaria. La presión mínima será 3,50 m a la salida de la pileta (abastecimiento de agua por piletas).

Cotrado y Gutierrez (2015) en sistemas de distribución de agua potable las presiones pueden ser entre 15 a 30 mca (metros columna de agua) (150 a 300 kPa) en sectores residenciales con edificios de incluso cuatro pisos de altura, y hasta 40 a 50 mca (400 a 500 kPa) en sectores comerciales e industriales.

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

Para la Simulación Hidráulica de la red de distribución de agua potable se utilizó dos softwares:

Mendoza y Durán (2019) Epanet es un programa orientado a los sistemas de distribución de agua potable; realiza simulaciones hidráulicas estáticas y en periodos extendidos de comportamiento hidráulico. Tiene la capacidad de calcular el caudal y velocidad que circula a través de cada una de las tuberías, la presión en los nodos y el nivel de agua en cada reservorio o tanque.

WaterCAD, Huayra y Layme (2018) es un software de análisis, modelación y gestión de redes a presión. (Valenzuela, 2017) además permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: Línea (tramos de tuberías), Punto (Nodos de Consumo, Tanques, Reservorios, Hidrantes) e Híbridos (Bombas, Válvulas de Control, Regulación, etc.).

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Borja (2016) “una investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática, está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal” (p10).

Hernandes, Fernandes y Baptista. (2014) los tipos de investigación se pueden clasificar en descriptivos, correlacionales, explicativos y aplicativas.

Oliva (2018) “El estudio actual agrupa todas las condiciones metodológicas de una investigación de tipo aplicada, lo cual se requiere entender los fenómenos y/o aspectos de la realidad y estado actual” (p.37).

La orientación de la presente investigación es aplicada porque se busca resolver un problema que consiste en la evaluación del modelamiento de la red de agua potable para el diseño del sistema de distribución de la Urbanización el Alto Molino Pisco- Ica

Hernández (2014) “El diseño de la investigación es no experimental porque manifiesta que en este diseño se observan los fenómenos tal cual, en su contexto natural, para analizarlos” (p.27).

Oliva (2018) Este tipo de investigación es de tipo no experimental, por lo que su estudio se fundamenta en la percepción de los acontecimientos sucedidos in situ. Es una investigación no experimental, se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, en este caso el diseño de la red de distribución más beneficiosa para el caserío. (p. 37)

Además, conforme a la necesidad para demostrar la hipótesis es no experimental 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 y Epanet.

Borja (2016) un enfoque cuantitativo plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Es tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso

de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (p.11y12)

Pasapera (2018) “Según su énfasis de naturaleza se clasifica como Cuantitativa, ya que cuantifica las variables del análisis y diseño hidráulico” (p. 47).

Este informe tiene un enfoque cuantitativo porque cuantifica la variable de análisis y se hace uso de la simulación del sistema de abastecimiento de agua potable para el diseño de las redes de distribución con el software WaterCAD y Epanet.

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.

Peña (2018) “Según la planificación de la medición de la variable, el estudio es prospectivo, ya que servirá para un futuro” (p.35).

### **3.2 Variables y operacionalización**

Variable Independiente:

Diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable

Alayo y Espinoza (2016) Es un conjunto de infraestructura, equipos y servicios destinados al suministro de agua para el consumo humano (Domestico, servicios públicos, industria y otros). El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico. Es decir, apta para el consumo humano. (p.13)

Malavi (2017) Abastecimiento de agua: consiste en suministrar de agua potable a una población a través de tuberías accesorios y diferentes a elementos, desde un punto de captación hasta las tomas domiciliarias. Modelamiento o simulación hidráulica: consiste en plasmar los datos obtenidos en campo, en un software que pueda reflejar como actuara la red antes de la instalación de los elementos del sistema de abastecimiento de agua. (p.21)

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

A continuación, se detalla los conceptos asociados a población, muestra, muestreo y unidad de análisis:

A. Población:

Está constituida por todas las viviendas de la urbanización el alto Molino Pisco-Ica.

Ubicación: EL proyecto de la Urbanización el Alto Molino Pisco- Ica está ubicado a 5 km de la panamericana sur. La localización se detalla a continuación:

Región: Ica

Provincia: Pisco

Distrito: Pisco

Localidad: Urbanización el Alto Molino

Hemisferio sur

Zona 18

Altitud promedio 30 m.s.n.m

B. Muestra: está conformada por Mz B1, Mz B2 y Mz B3 (85 viviendas) una muestra no probabilística intencional.

C. Muestreo: la técnica estadística utilizada para la obtención es la muestra no probabilística intencional o por conveniencia,

D. Unidad de análisis: son cada una de las viviendas que tienen la misma característica y que serán sujetos de medición

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para este informe de investigación se ha considerado las siguientes técnicas e instrumentos:

- Técnica de observación
- Técnica de encuesta



- Programas de ingeniería
- Hojas de cálculo y normas vigentes

Entrevista, técnica de observación de información mediante el dialogo mantenido en un encuentro formal y planeado, entre una o más personas entrevistadoras y una o más entrevistadas, en el que se transforma y sistematiza la información conocida por estas, de forma que sea un elemento útil para el desarrollo de un proyecto.

- Los datos necesarios para cálculo de la red de abastecimiento serán brindados por la Municipalidad Distrital de Pisco, que actualmente se encuentra administrando los servicios a través del Área Técnica Municipal.
- Para la obtención de la población se usarán como fuentes los censos realizados por la INEI en el año 2017 proyectando mediante datos estadísticos para un periodo de abastecimiento de 20 años.

### **Instrumento de recolección de datos**

El instrumento para la técnica de observación se toma en este informe de investigación a partir de unos estudios ya realizados. Se efectuó una inspección ocular de la zona para la realización de los diferentes estudios como de suelo, levantamiento topográfico.

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.

Por otro lado, el instrumento para la técnica entrevista no estructura se tomó para este informe de investigación a partir de datos existentes: como libreta de notas

### **3.5 Procedimientos**

El trabajo de investigación se procedió de la siguiente manera:

- Levantamiento topográfico
- Trabajos en gabinete: Procesamiento de datos recogidos, con softwares AutoCAD: Programa de diseño de dibujo asistido por computadora que permitirá plasmar el diseño de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable. AutoCAD Civil 3D: Acelerar las tareas de diseño de perfiles hidráulicos de las líneas de conducción y aducción.
- Cálculos de periodo de diseño, Población de diseño, Dotación y Variación de consumo.

Calculo hidráulico con los softwares: WaterCAD: es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riesgo). permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: línea (tramos de tuberías), Punto (nodos de consumo,

- tanques, reservorios, hidrantes) e Híbridos (bombas, válvulas de control, regulación, etc.) diseño de la red de distribución de agua potable EPANET:
- Procesamiento de datos: Word 2016, Excel 2013: Procesamiento de datos numéricos y de diseño, tablas estadísticas y gráficos.

### **3.6 Método de análisis de datos**

La metodología fue la siguiente:

Métodos estadísticos

Para seleccionar la muestra

Muestreo; no probalístico intencional o por conveniencia.

Para la validación de los instrumentos tales serán validados mediante juicio de expertos

Se realizó el levantamiento topográfico de la urbanización, se calculó los siguientes parámetros: (caudal máximo horario, caudal máximo diario, demanda, dotación, población), necesarios para la simulación hidráulica.

Se obtuvo de los registros proporcionados por la EPS MAPISCO S.A. sobre el caudal de producción de la planta posible punto de abastecimiento para la urbanización el Molino Alto de Pisco-Ica, se realizó la simulación hidráulica en el software WaterCAD V8i y Epanet. se obtuvieron los datos del modelo de simulación hidráulico de la red de distribución de agua potable, dentro de ese marco las técnicas e instrumentos para la recolección de datos fueron hojas Excel exportados del software (ver anexo 01), diferenciadas para los parámetros de presión y velocidad, en los diferentes periodos de simulación. Cabe mencionar que los datos exportados del software garantizan la confiabilidad, validez y objetividad de los datos utilizados en la presente investigación

### **3.7 Aspectos éticos**

Para el desarrollo del informe se realizó la búsqueda de tesis, artículos científicos con títulos similares a nuestra investigación citándoles de la manera más original sin alterarla de acuerdo al estilo APA que nos pide la universidad. Los resultados que se obtengan serán veraces y verificables teniendo una responsabilidad social y científica.

Además, como ética profesional establecida en los criterios y conceptos deontológicos de una conducta profesional especializado en ingeniería (Colegio de Ingenieros del Perú, 2018)

Se contará con el programa TURNITIN el cual verificará la originalidad del trabajo.

## **IV. RESULTADOS**

## 4.1. Sistema de abastecimiento de agua potable

### 4.1.1 Área de estudio

La zona de estudio (Sector Alto El Molino) se encuentra al Sur del Departamento de Lima y al Este de la Ciudad de Pisco.

Topográficamente el terreno es plano. Más hacia al Este comienzan a desarrollarse elevaciones de poca altura las mismas que aumentan en altura conforme se aproximan a la Cordillera Occidental de los Andes.

Tabla 1 Ubicación de las Estaciones Meteorológicas al Área de estudio

Ubicación de las Estaciones Meteorológicas Cercanas al Área de estudio			
Estación	Latitud	Longitud	Altitud
Estación DHN – Puerto de Pisco	14°42' Sur	76°17' Oeste	12 m.s.n.m
Estación CORPAC	14°45' Sur	76°17' Oeste	6 m.s.n.m
Estación La Puntilla	13°49' 1"	76°14' 1"	8 msnm
Estación LETRAYOC	13°49'	75°46'	630 msnm

Fuente: SENAMHI

Figura 1 Mapa de la Provincia de Pisco



Fuente: google

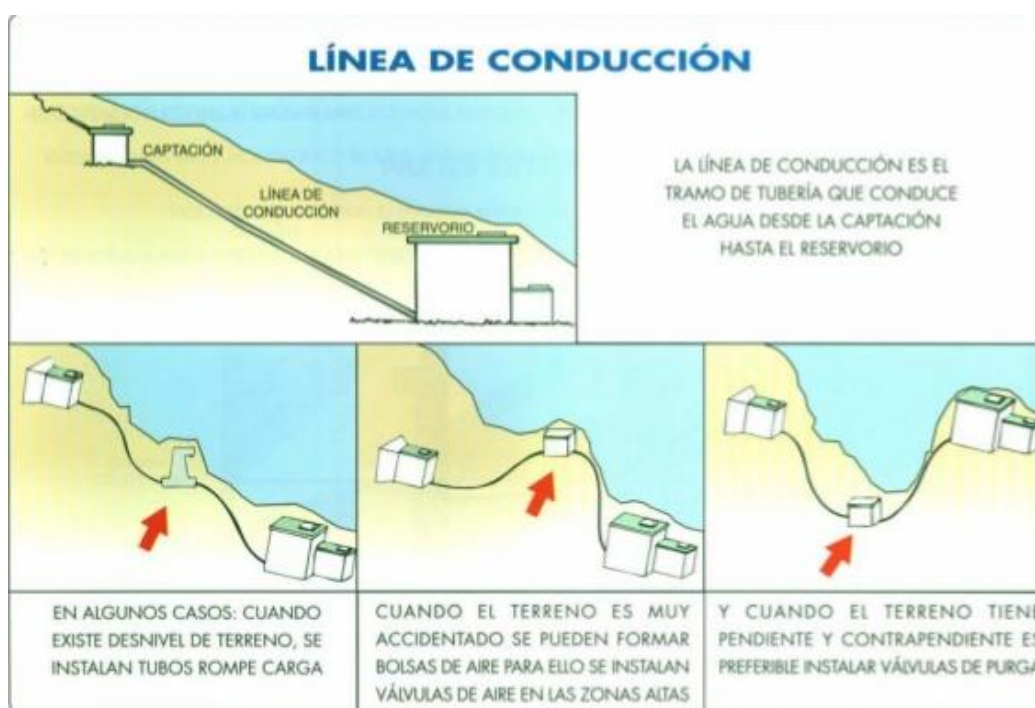
## Agua Potable

El suministro de agua potable de la Habitación urbana Alto El Molino es a través de una derivación de la línea de conducción de agua de DN 600 mm., antes de su llegada al reservorio RA2 de 3800 m3. El punto de empalme está acondicionado con un TEE de 600 x 150 mm y una válvula de compuerta Bridada.

### Línea de conducción

La línea de abastecimiento proyectada será de PVC de DN 160 mm y tendrá una longitud total de 777ml. La línea de abastecimiento llevará el agua de la línea de conducción de DN 600 mm a unos 20 m. antes de la llegada al Reservorio RA2 hasta el cruce de la calle 4 y Calle 1 en la habitación Urbana El Molino, para lo cual cruzará las dos vías de la Av. Fermín Tangüis. (ver figura 2 línea de conducción)

Figura 2 Línea de conducción



Fuente: google

La presión de salida en el empalme es de 60 mca., razón por la cual inmediatamente después del empalme se ha proyectado una caseta de válvulas

donde se instalará una válvula reguladora de presión, un macromedidor y un equipo de cloración.

### **Red secundaria**

La red de agua proyectada se ha estará conformada por tuberías de PVC de DN 160, 110 y 75 mm. La longitud total de tuberías a instalarse es de 7,706.98 m.

En el cuadro siguiente se muestra el detalle del metrado total de las redes proyectadas:

Tabla 2 Redes proyectadas

<b>DESCRIPCION</b>	<b>DN 75 mm</b>	<b>DN 110 mm</b>	<b>DN 160 mm</b>
Tubería PVC	983.46	5,808.71	914.81
<b>TOTAL</b>		<b>7,706.98 m.</b>	

Fuente: Memoria descriptiva Alto el Molino

Adicionalmente la red cuenta con 54 válvulas de control de DN 75 y 150 mm, así como 14 Grifos contra incendio distribuidos estratégicamente en la habilitación urbana.

El sistema está diseñado para operar con presiones máximas de 32 mca. y mínimas de 17mca.

#### **4.1.2 Parámetros de diseño**

##### **Periodo de diseño**

Se ha establecido un periodo de vida útil del proyecto en mención de 20 años tomando la recomendación de la NTD, la predicción del crecimiento de la población será del año 2020 + 20 = 2040. Resultado de los cálculos para la estimación de la Población de Diseño: Como podemos ver en los cálculos.

Tabla 3 Periodo de diseño

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
✓ Fuente de abastecimiento	20 años
✓ Obra de captación	20 años
✓ Pozos	20 años
✓ Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
✓ Reservorio	20 años
✓ Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
✓ Estación de bombeo	20 años
✓ Equipos de bombeo	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años
✓ Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

Fuente: NTD

### Población de diseño

Para el cálculo de la población proyectada se ha utilizado el método aritmético, como uno de los utilizados en realizar este tipo de estudio, Además se ajusta para este tipo de población, utilizando la expresión:

Tabla 4 Datos de la Urbanización del Molino Alto-Ica

Datos	Urb. Alto Molino
Número de viviendas	1,350
Número de Habitantes	8,100
Densidad poblacional	6 habitantes por vivienda (OS.100 RNE)

Elaboración los autores

Datos

Población actual (2020): 8100

Tasa de crecimiento según el INEI: 1.8% = r

Periodo de diseño: 20 años = t

Utilizando el método aritmético tenemos los siguientes datos:

$$P_d = P_i * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$



Tabla 5 Población proyectada

<b>Base</b>	<b>Año</b>	<b>Población Proyectada</b>
1	2020	8,100
2	2021	8,246
3	2022	8,394
4	2023	8,545
5	2024	8,699
6	2025	8,855
7	2026	9,015
8	2027	9,177
9	2028	9,343
10	2029	9,511
11	2030	9,682
12	2031	9,856
13	2032	10,034
14	2033	10,214
15	2034	10,398
16	2035	10,585
17	2036	10,776
18	2037	10,970
19	2038	11,167
20	2039	11,368
21	2040	11,573

Elaboración los autores

Tabla 6 Dotación de agua estimada

<b>TIPO DE CONSUMO</b>	<b>CONSUMO (LT/HAB/DIA)</b>
Agua para bebida, alimentación	10 - 20
Lavado de ropa	10 - 20
Baño personal	25 - 5
Instalaciones sanitarias	15 - 25
Pérdidas y desperdicios	25 - 50
Otros usos	15 - 30
<b>TOTAL</b>	<b>100 - 200</b>

Fuente: López p.25

Tabla 7 Consumo por uso

<b>TIPO</b>	<b>CONSUMO</b>
Uso Domestico	150 LTS/HAB/DIA
Uso Comercial	No considerado
Uso Industrial	No considerado
Uso Público	30 LTS/HAB/DIA (15%)
<b>TOTAL</b>	<b>150 LT/HAB/DIA</b>

Fuente: Lopez p.45

La dotación considerada es de 150 Lt/hab/dia

### **Caudales de diseño**

Tabla 8 Caudales máximos estimados

<b>Quebradas</b>	<b>Caudal Máximo de Avenidas Estimado (m3/s)</b>
Quebrada Characas	60
Quebrada Huáncano	140
Quebrada Veladero	100
Quebrada San Vicente	280
Quebrada Letrayoc	450

Fuente: Golder Associates (Ingeniería de Ríos volumen II Sector costa)

Tabla 9 Factores y constantes a utilizar en el Diseño del Sistema de Agua

Parámetro Demanda	Valor del Estudio	Comentarios
Variación horaria	1.8 Q promedio	Para dimensionar sistema de distribución
Variación diaria	1.3 Q promedio	Para dimensionar sistema de producción y conducción
<b>Presión</b>		
Máxima	50 mca	Norma OS 100
Mínima	10 mca	
<b>Velocidad</b>		
Máxima	3 m/s	
<b>Rugosidad</b>		
C de Hazen		
Williams		
Tuberías de PVC	140 - 150	Rango Promedio
Tuberías de F <sup>o</sup> F <sup>o</sup>	65 - 90	Rango Promedio
Tuberías HD	115 - 130	Rango Promedio

Fuente: Memoria descriptiva Alto el Molino

- **Consumo promedio anual (Qp)**

$$Qp = \frac{\text{Dotacion} \left( \frac{l}{\text{hab. dia}} \right) \times \text{Poblacion diseño (hab)}}{86400}$$

- **Consumo máximo diario (Qmd)**

$$Qmd = K1 \times Qp$$

Donde K1: Factor Máximo Diario

$$K1 = 1.3$$

- **Consumo máximo horario (Qmh)**

$$Qmh \left[ \frac{l}{s} \right] = K2 \times Qp \left[ \frac{l}{s} \right]$$

Donde K2: Factor Máximo Horario

$$K2 = 1.8$$

Calculo de los componentes del sistema de agua potable

reservorio capacidad para 3800 m<sup>3</sup>

$$QP = 20.09 \text{ l/s}$$

$$Qmd = 26.117 \text{ l/s}$$

$$Qmh = 36.16 \text{ l/s}$$

Para realizar los análisis hidráulicos elegimos el material de PVC, con la ecuación de Hazen y Williams (ver figura 3 formulas), que tiene un coeficiente de fricción “C” para cada tipo de tubería. (ver tabla 11 coeficientes de fricción)

Figura 3 Formulas

Ecuación	Constante	R	m
Darcy-Weisbach	f: Coeficiente de fricción de Darcy	$\frac{fL}{g'D_h^5}$	2
Hazen-Williams.	C: Coeficiente de Fricción de Hazen-Williams.	$\frac{10.65 L}{C^{1.852}D^{4.87}}$	1.852
Manning	n: Coeficiente de Manning	$\frac{6.35 n^2 L}{A^2 D^{4/3}}$	2

Fuente: google

Para utilizar la fórmula de Hazen y Williams debemos conocer el valor de “C” que a continuación se muestra

**Tabla 10 Coeficiente de fricción en la fórmula de Hazen y Williams**

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

Fuente: RNE norma OS.050

Otro aspecto a tomar en cuenta las características de las tuberías que se observan en la siguiente figura.

Figura 4 Características técnicas tubería a presión

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA PRESIÓN NTP 399.002 : 2015

Diámetro Exterior		Longitud			Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Útil (metros)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)	
½"	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.841	1.8	0.841	
¾"	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.082	1.8	1.082	
1"	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.365	2.3	1.717	
1¼"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.758	2.0	1.943	2.9	2.755	
1½"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.020	2.3	2.554	3.3	3.584	
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.544	2.2	3.088	2.9	4.021	4.2	5.692	
2½"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.111	2.6	4.444	3.5	5.905	5.1	8.407	
3"	88.5	5.00	4.93	2.2	4.608	3.2	6.625	4.2	8.593	6.2	12.385	
4"	114.0	5.00	4.90	2.8	7.562	4.1	10.944	5.4	14.244	8.0	20.597	
6"	168.0	5.00	4.86	4.1	16.326	6.1	23.995	8.0	31.099	11.7	44.432	
8"	219.0	5.00	4.82	5.3	27.519	7.9	40.521	10.4	52.713	15.3	75.730	
10"	273.0	5.00	4.77	6.7	43.353	9.9	63.290	13.0	82.130	19.0	117.269	
12"	323.0	5.00	4.73	7.9	60.487	11.7	75.585	15.4	98.105	22.5	164.301	

(i) Sello Sedapal para 21mm y 26.5mm según especificación técnica SEDAPAL.

Fuente: [www.pavco.com.pe/wp-content/uploads](http://www.pavco.com.pe/wp-content/uploads)

Figura 5 Características técnicas tubería con rosca

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA CON ROSCA NTP 399.166 : 2008

Diámetro Exterior		Longitud			Rosca NPT	Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 Bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Rosca (mm)	Útil (Metros)	Hilos Número	Espesor (mm)	Peso Aprox. (Kg x tubo)
½"	21.0	5.00	17.2	4.98	14	2.9	1.277
¾"	26.5	5.00	17.5	4.98	14	2.9	1.663
1"	33.0	5.00	21.8	4.98	11½	3.4	2.443
1¼"	42.0	5.00	22.4	4.98	11½	3.6	3.353
1½"	48.0	5.00	22.8	4.98	11½	3.7	3.975
2"	60.0	5.00	23.7	4.98	11½	3.9	5.303

Fuente: [www.pavco.com.pe/wp-content/uploads](http://www.pavco.com.pe/wp-content/uploads)

## Simulación hidráulica

### WATERCAD V8i

Los resultados obtenidos al año 20 de la Urb. El alto Molino- Ica, muestran las características del diseño hidráulico de la red de conducción de agua. Se presenta

en tablas los resultados estadísticos que corresponden al parámetro de caudales, presión, velocidad en el diseño y simulación hidráulica son:

*Tabla 11* Resultados de la demanda de caudales

<b>Nudo</b>	<b>Lotes (Und)</b>	<b>Factor</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
J1	48	0.036	1.54
J2	0	0.000	0.00
J3	62	0.046	1.72
J4	93	0.069	2.20
J5	118	0.087	2.74
J6	79	0.059	2.21
J7	0	0.000	2.42
J8	111	0.082	2.48
J9	60	0.044	1.69
J10	90	0.067	2.15
J11	75	0.056	1.92
J12	76	0.056	1.94
J13	120	0.089	2.61
J14	122	0.090	2.64
J15	48	0.036	1.58
J16	96	0.071	2.25
J17	80	0.059	2.00
J18	72	0.053	2.07
<b>TOTAL</b>	<b>1350</b>	<b>1</b>	<b>36.16</b>

Fuente: WaterCAD

*Tabla 12* Resultado de las presiones en los nudos

<b>Nudo</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Gradiente Hidráulica (m)</b>	<b>Presión (mca)</b>
J-1	35.81	61.00	26.00
J-2	38.53	60.66	23.00
J-3	38.75	60.62	22.00
J-4	37.71	60.42	23.00
J-5	38.86	60.59	22.50
J-6	38.8	60.38	18.50
J-7	42.94	60.35	19.50
J- 8	41.85	60.35	20.50
J-9	36.5	60.35	25.00
J-10	36.5	60.35	25.00
J-11	35.88	60.43	25.50
J-12	39.37	60.49	22.10
J-13	32.55	60.57	29.00
J-14	28.99	60.48	32.40
J-15	33.91	60.41	27.50
J-16	34.88	60.36	26.60
J-17	36.18	60.33	25.10
J-18	41.06	60.32	20.10

Fuente: WaterCAD

Tabla 13 Resultado de la velocidad en los tramos

Tramo	Longitud (m)	Nudo de Inicio	Nudo de llegada	Diámetro (mm)	Material	Hazen & Williams (C)	Velocidad (m/s)
P-1	84.00	J-1	J-2	150	PVC	150	0.80
P-2	22.00	J-2	J-3	150	PVC	150	0.63
P-3	188.39	J-3	J-5	150	PVC	150	0.50
P-4	78.00	J-4	J-3	100	PVC	150	0.38
P-5	122.41	J-5	J-6	150	PVC	150	0.41
P-7	229.60	J-6	J-7	150	PVC	150	0.38
P-8	38.80	J-7	J- 8	150	PVC	150	0.29
P-9	83.76	J- 8	J-9	100	PVC	150	0.27
P-10	229.60	J-9	J-5	100	PVC	150	0.41
P-11	42.01	J-9	J-10	100	PVC	150	0.28
P-12	132.23	J-10	J-11	100	PVC	150	0.43
P-13	142.86	J-11	J-12	100	PVC	150	0.40
P-14	122.73	J-12	J-2	100	PVC	150	0.55
P-15	120.00	J-11	J-13	100	PVC	150	0.53
P-16	229.59	J-13	J-1	150	PVC	150	0.67
P-17	140.00	J-13	J-14	100	PVC	150	0.43
P-18	204.01	J-13	J-15	100	PVC	150	0.47
P-19	120.00	J-15	J-16	100	PVC	150	0.37
P-20	203.99	J-16	J-11	100	PVC	150	0.36
P-21	131.98	J-16	J-17	100	PVC	150	0.34
P-22	203.97	J-17	J-10	100	PVC	150	0.28
P-23	126.02	J-17	J-18	100	PVC	150	0.27
P-24	203.97	J-18	J- 8	100	PVC	150	0.30
P-33	540.34	J-1	PRV-1	150	PVC	150	2.10
P-35	4.21	PRV-1	D-1	150	Acero	100	2.10

Fuente: WaterCAD

## EPANET

Los resultados obtenidos al año 20 de la Urb. El alto Molino- Ica, muestran las características del diseño hidráulico de la red de conducción de agua. Se muestra en tablas los resultados estadísticos que corresponden al parámetro de caudales, presión y velocidad del diseño y simulación hidráulica son:

Tabla 14 Simulación 01

<b>ID Nudo</b>	<b>Elevación m</b>	<b>Demanda LPS</b>	<b>Presión m</b>
Conexión J-1	35.81	1.55	22.52
Conexión J-2	38.53	0.00	20.64
Conexión J-3	38.75	1.75	19.48
Conexión J-4	37.71	2.25	22.06
Conexión J-5	38.86	2.80	21.43
Conexión J-6	38.8	2.20	18.15
Conexión J-7	42.94	2.43	18.65
Conexión J-8	41.85	2.48	20.50
Conexión J-9	36.5	1.70	24.15
Conexión J-10	36.5	2.14	24.79
Conexión J-11	35.88	1.93	25.87
Conexión J-12	39.37	1.95	21.76
Conexión J-13	32.55	2.62	29.17
Conexión J-14	28.99	2.65	30.35
Conexión J-15	33.91	1.56	26.65
Conexión J-16	34.88	2.25	25.54
Conexión J-17	36.18	2.00	23.52
Conexión J-18	41.06	1.90	20.07

Fuente: Epanet

Tabla 15 Simulación 02

<b>ID Nudo</b>	<b>Demanda LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
Conexión J-1	1.56	35.81	15.47
Conexión J-2	0.00	38.53	15.50
Conexión J-3	1.73	38.75	16.20



Conexión J-4	2.19	37.71	22.55
Conexión J-5	2.75	38.86	15.38
Conexión J-6	2.23	38.8	13.10
Conexión J-7	2.44	42.94	12.59
Conexión J-8	2.49	41.85	17.45
Conexión J-9	1.70	36.5	22.10
Conexión J-10	2.17	36.5	20.79
Conexión J-11	1.94	35.88	21.87
Conexión J-12	1.96	39.37	21.76
Conexión J-13	2.60	32.55	23.17
Conexión J-14	2.63	28.99	24.34
Conexión J-15	1.57	33.91	26.65
Conexión J-16	2.24	34.88	25.53
Conexión J-17	2.01	36.18	27.51
Conexión J-18	1.95	41.06	27.07

---

Fuente: Epanet

*Tabla 16 Simulación 03*

<b>ID Nudo</b>	<b>Demanda LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
Conexión J-1	1.54	35.81	11.77
Conexión J-2	0.00	38.53	11.26
Conexión J-3	1.73	38.75	12.88
Conexión J-4	2.19	37.71	14.95

Conexión J-5	2.73	38.86	19.61
Conexión J-6	2.22	42.94	12.98
Conexión J-7	2.42	41.85	13.82
Conexión J-8	2.47	36.5	20.40
Conexión J-9	1.70	36.5	13.42
Conexión J-10	2.15	35.88	20.71
Conexión J-11	1.94	39.37	21.78
Conexión J-12	1.92	534.08	21.69
Conexión J-13	2.60	32.55	23.09
Conexión J-14	2.65	28.99	24.26
Conexión J-15	1.59	33.91	26.57
Conexión J-16	2.24	34.88	25.45
Conexión J-17	2.00	36.18	27.43
Conexión J-18	2.07	41.06	26.98

---

Fuente: Epanet

*Tabla 17* Resultados de la velocidad en las 3 simulaciones

Tramo	Diámetro (mm)	Material	Hazen & Williams (C)	Velocidad 1S (m/s)	Velocidad 2S (m/s)	Velocidad 3S (m/s)
P-1	150	PVC	150	0.85	0.77	0.78
P-2	150	PVC	150	0.65	0.62	0.61
P-3	150	PVC	150	0.52	0.51	0.47
P-4	100	PVC	150	0.45	0.29	0.40
P-5	150	PVC	150	0.44	0.38	0.41
P-7	150	PVC	150	0.45	0.29	0.40
P-8	150	PVC	150	0.31	0.29	0.27
P-9	100	PVC	150	0.25	0.29	0.27
P-10	100	PVC	150	0.44	0.38	0.41
P-11	100	PVC	150	0.29	0.27	0.28
P-12	100	PVC	150	0.47	0.44	0.38
P-13	100	PVC	150	0.43	0.41	0.36

P-14	100	PVC	150	0.55	0.55	0.55
P-15	100	PVC	150	0.53	0.53	0.53
P-16	150	PVC	150	0.67	0.67	0.67
P-17	100	PVC	150	0.43	0.43	0.43
P-18	100	PVC	150	0.47	0.47	0.47
P-19	100	PVC	150	0.37	0.37	0.37
P-20	100	PVC	150	0.36	0.36	0.36
P-21	100	PVC	150	0.34	0.34	0.34
P-22	100	PVC	150	0.28	0.28	0.28
P-23	100	PVC	150	0.30	0.27	0.24
P-24	100	PVC	150	0.32	0.30	0.28
P-33	150	PVC	150	2.10	2.10	2.10
P-35	150	Acero	100	2.10	2.10	2.10

---

Fuente: Elaboración los autores

Luego de hacer las simulaciones en los 2 softwares se llegaron a las siguientes conclusiones:

Los caudales en los tramos de la red de conducción tienen un promedio de 2.3 l/s.

Las presiones en los nodos después de hacer las modelaciones dieron como resultado la presión de 18.50 mca y una de 32.40 mca, siendo la mínima y máxima Cumpliendo con la norma del RNE OS-0.50.

Las velocidades en los tramos oscilan entre 0.27 y 2.10 m/s. teniendo un promedio de 2.0628 m/s. Cumpliendo con los parámetros de la velocidad.

## **V. DISCUSIÓN**

Dentro de los resultados era saber si por medio de los softwares WaterCAD y Epanet se analizaría y mejoraría el suministro de agua potable en la Urbanización del Alto el Molino-Ica, y con seguridad sí se pudo hacer cálculos de caudales, presiones, velocidades, además de analizar y determinar la red de suministro de agua potable, que ayudara al continuo uso de este líquido tan esencial para el ser humano.

Bances y Burga (2018), plantearon el diseño de distribución de agua potable de zonas rurales en ámbito regional. Como resultado concluyeron que con el uso del software WaterCAD todos los parámetros se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica de Diseño. Hernández, Manzanares, Vladimir, Serrano y Arístides (2018), la aplicación del software Epanet, ya que con la ayuda de esta herramienta se puede facilitar y agilizar los cálculos necesarios para el diseño. Lagunas (2015) planteó hacer la simulación la red de conducción de agua potable a través de un programa de simulación de Fluidos (EPANET)

los resultados se analizarán proponiendo ciertas modificaciones tanto en componentes como en procesos de operación. Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque todos obtuvieron los resultados de los caudales en los tramos dieron valores similares a través de los 2 softwares, se puede afirmar que todo va depender del diámetro en los tramos de los datos obtenidos en campo, datos emitidos ,por el INEI según los censos donde se tiene estadísticamente como va creciendo la población con una densidad que va cambiando a lo largo del tiempo, con una dotación diaria que es de 150 l/hab/d que está en el rango permitido según SEDAPAL, que es de 100 a 200 l/s ( ver tabla 6) pero de acuerdo con la norma OS.0100 debería de ser de 180 a 220 l/s, por ser de clima cálido, por el uso racional que debemos tener presente y por recomendación de la empresa que presta los servicios a la gran mayoría de personas, se hizo los cálculos con una dotación de 150 l/hab/d, con sus respectivas tuberías con diámetros establecidos en el expediente técnico.

Con esta dotación pudimos obtener el caudal medio anual haciendo uso de su fórmula establecido en la norma OS.0100 (variaciones de consumo), luego se halló el caudal máximo horario con un factor de  $k = 1.8$ , para determinar las redes en su

situación con mayor demanda horaria. Llenamos los datos de los caudales en ambos softwares teniendo como resultado promedio de 2.3 l/s.

En los resultados de Mendoza y Durán (2019), referente a los caudales fueron asignar los caudales de demanda de manera automática en todos los nodos de la red de distribución

contribuyendo a la mejora en el proceso de diseño mediante el programa EPANET. Los que fueron semejantes a los resultados de los estudios de Ayamani (2018), tiene un porcentaje

aproximado de 72 % de eficiencia hidráulica en continuidad como también se obtuvo los resultados del caudal de entrega del 30% aproximadamente. Forian (2017), propuso tener un modelo digital calibrado más preciso es necesario contar con datos de caudales horarios, diarios o mensuales. Alayo y Espinoza (2016), Obtuvieron resultados muy confiables y diámetros de tuberías muy exactas según la demanda. Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque todos obtuvieron resultados de la demanda que requiere una población en lo que es el abastecimiento de agua potable para consumo diario haciendo uso de un diseño y con el avance de la tecnología poder simularlos con estos softwares como el WaterCAD y Epanet que lograron realizar los cálculos de una manera que se obtenga datos en los caudales muy precisos. Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de Cotrado y Gutierrez (2019), que solo comparo los caudales. Fitaye (2015), como resultado obtuvo un rendimiento hidráulico actual desfavorable, quienes encontraron en su investigación resultados diferentes al presente estudio porque no consiguieron los parámetros adecuados que una población demanda para su uso en la vida diaria. En cuanto a los resultados de Segura (2019), referente a la presión los resultados se muestran en los reportes de hidrantes y CRPs, en donde se verifica las presiones dinámicas y estáticas en los hidrantes y en los CRPs. Los que fueron semejantes a los resultados de los estudios de Ayamani (2018), la presión promedio ponderada del 25% aproximadamente. OS.050 del RNE (2018), en cualquier tramo de la red, la presión estática no deberá ser mayor de 50 m. y la presión dinámica no será inferior de 10 m. esto en condiciones de máxima horaria. Los resultados del

presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque se planteó lo siguiente: Determinar de qué forma el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las presiones en los nudos de la red de conducción de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica. Para hallar las presiones se utilizó la elevación y Qmh (caudal máximo horario) de cada nodo, además el diámetro de las tuberías que son datos del expediente y hoja de cálculo de Excel, para luego ser introducidos los datos a los dos programas WaterCAD y al Epanet. Con la Simulación realizada en los 2 softwares se hallaron las presiones observándose en el nodo 6 la presión mínima de 18.50 mca cumpliendo con lo que estipula la norma OS.050, donde este valor calculado con la simulación se ajusta a la realidad. También se halló la presión máxima en el nodo 14 que es

de 32.40 mca, donde esta presión es permitida en la norma OS.050 que define una presión máxima de 50 mca, pero en realidad solo se permite 35 mca como presión máxima de trabajo.

Sin embargo, los resultados del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de

Cotrado y Gutierrez (2019), solo comparo las presiones. Bravo (2017), Los resultados obtenidos, analizando la situación actual de las redes en donde se las evalúa como irregulares, debido a que en los nudos lejanos del sistema le falta presión y no abastece continuamente a los sitios, por lo que se recomienda que en estos sitios se construya un tanque de almacenamiento para su abastecimiento. Tessema (2015), Como resultado concluyó que la red está expuesta a valores relativamente altos y bajos de presión, quienes encontraron en su investigación resultados diferentes al presente estudio porque no profundizaron su investigación y no consiguieron los parámetros establecidos según la norma NTD de agua potable.

Dentro los resultados obtenidos de Segura (2019), referente a la velocidad hace una inspección de las velocidades y la longitud de los tramos de las tuberías presentadas en los reportes de tubería; para poder indicar donde se colocará válvulas de aire, las válvulas de control y las válvulas de purga. Cotrado y Gutierrez (2019), empezó a comparar las velocidades de la red primaria de ese sector con datos reales obtenidos de la EPS, ya que, por los años de servicio, la red de distribución no tendría los mismos resultados con los del modelamiento. NTD

(2018), la velocidad de flujo o la relación de la distancia recorrida al tiempo de Recorrido, generalmente es expresado en pies por segundo (pies/seg) o metros por segundo (m/ s). Por conveniencia, una velocidad de flujo medio  $V$  en cualquier sección transversal se define como la relación de la descarga  $Q$  respecto a su área de sección transversal  $A$ . Los resultados del presente estudio fueron semejantes a los estudios descritos porque se planteó lo siguiente: Determinar de qué forma el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las velocidades en los tramos de la red de suministro de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica. Con la simulación realizado con los softwares WaterCAD y Epanet se pudo hallar las velocidades en las conexiones de cada tramo de la red de suministro de la Urbanización del alto el Molino-Ica. Siendo los resultados coherentes con la EPS MAPISCO S.A, del departamento de Ica, dando como resultado una velocidad máxima de 2.10 m/s. está ubicado en el tramo p-33 y p-35. Esta velocidad dentro del tramo se encuentra en el intervalo que indica la norma OS.050 que según su reglamento en las tuberías no debe de ser mayor a 3 m/s, en cuanto a la velocidad mínima no indica nada. En la simulación la velocidad mínima se da en el tramo p-9 y p-23

en la red de abastecimiento con una velocidad de 0.27 m/s, después de hacer varias simulaciones se logró ese valor estando dentro de los parámetros de la norma. Sin embargo, los resultados

del estudio fueron diferentes a los resultados de los estudios de. Tessema (2015), Como resultado concluyó que la red está expuesta a valores relativamente altos y bajos de velocidad, que tienen resultados negativos en el rendimiento de la red y en la calidad del agua del sistema. Tekle (2016), Como resultado concluyó cuando el flujo se mueve muy lentamente en las tuberías, los materiales muy metálicos permanecen en la pared interna de las tuberías y causan problemas de calidad del agua. Asimismo, recomendó se debe realizar un estudio relacionado con la asignación espacial de la demanda y la detección de fugas del sistema. quienes encontraron en su investigación resultados diferentes al presente estudio porque no realizaron un estudio más exhaustivo en cuanto a las simulaciones hasta obtener valores que nos permitan cumplir nuestro diseño hidráulico de suministro de agua potable siguiendo los parámetros que nos exige la norma del RNE.



## **VI. CONCLUSIONES**

Las conclusiones a que se han llegado son las siguientes:

1. Según los cálculos efectuados en el desarrollo de la investigación y haber realizado la simulación con los 2 softwares se obtuvieron los cálculos de población, dotación para determinar los caudales en los tramos, obteniéndose parámetros favorables para la población de molino el alto-Pisco, donde estos resultados superaron a los del diseño realizado por el expediente técnico.

Además, se calculó el consumo máximo horario que es de 36.16 l/s

2. En la simulación realizada se observó que las presiones tienen un nexo directo con el diámetro de las tuberías, por tal razón mientras el diámetro de la tubería sea mayor tendrá más presión en los nodos.

Además, se consiguió un diseño óptimo a través de varias simulaciones logrando una presión promedio de 24.07 mca. teniendo la presión más alta en el nodo J-14. Respetando el rango dispuesto por el RNE.

3. Para determinar la velocidad ambos softwares brindaron los datos coherentes similares confirmando que tanto el WaterCAD y el Epanet son herramientas necesarias para todo proyecto de sistema de suministro de agua potable para evaluar sus redes.

En la urbanización Molino el Alto se logró obtener los datos de la velocidad en los tramos con resultados permitidos y cumpliendo la norma OS 0-50 del RNE.

La simulación realizada tiene velocidades de 0.27 m/s y 2.10 m/s. Según la norma OS 0-50 establecida por el RNE. Nos dice que la velocidad como máximo debe ser de 3 m/s y para una velocidad de 5 m/s se debe sustentar, en cambio para una velocidad mínima no dice nada

## **VII. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones que se sugiere para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Primero para introducir los datos a los softwares como WaterCAD y Epanet, debemos obtener toda la información del campo a desarrollar siendo de una fuente fidedigna lo más veraz posible. Hacemos mención al levantamiento topográfico, técnicas de observación directa, encuestas de la población de estudio. Después toda esa información recolectada guardarlas en hojas de Excel, planos en dxf para introducirlos en los 2 softwares, y comenzara hacer los cálculos hidráulicos con los datos de la información obtenida.

También debemos tener características del diseño realizado para mejorarlo en caso ya se cuente con una red como es en esta investigación.

2. Las presiones obtenidas en los nodos 06 es la más baja y el más alto se encuentra en el nodo 14 ambas cumplen con la norma OS.050, se recomienda que la tubería que pasa por ambos nodos debe ser de igual diámetro, pues uno tiene 150 mm y el otro tiene 100 mm, procurando la uniformidad de la presión en los nodos para el suministro continuo de agua para la urbanización

También se recomienda una presión entre 15 mca y 35 mca para población de alta densidad.

3. Las velocidades realizadas en la simulación a través de los 2 softwares son confiables y certeros y similares, ya que, cumplen con la norma vigente y con los datos obtenidos de los estudios del expediente técnico de EPS MAPISCO S.A., pero también encontramos una velocidad mínima de 0.27 m/s, se recomienda disminuir el diámetro de 100 mm a 75 mm para aumentar la velocidad.

## **REFERENCIAS**

ALAYO, MANUEL. ESPINOZA, J., (2016). Simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución de agua potable aplicando el software WaterCAD en la localidad de Laredo. [en línea], pp. 1-60. Disponible en: [http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/CRECIMIENTO\\_MICROBIANO.pdf](http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/CRECIMIENTO_MICROBIANO.pdf).

AYAMANI, N.P., (2018). «Mejoramiento de la Eficiencia Hidráulica de la Red de Distribución de Agua Potable en la Zona Rinconada - Juliaca por el Método de la Sectorización», pp. 1-248.

BANCES Y BURGA, (2018). *Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Soplín Vargas, Rioja - 2017*. S.l.: s.n.

BORJA., (2016). *Metodología de la Investigación científica para ingenieros* Disponible en línea en: [sb86041cb4d8f3184.jimcontent.com](http://sb86041cb4d8f3184.jimcontent.com) > PROYEC13 pdf.

SAMPIERI R. H, FERANDEZ C, B.P., (2010). *Metodología de la Investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9786071502919.

BRAVO, A., (2017). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia el retiro, Canton Machala, Provincia el Oro*. S.l.: s.n.

CAIRAMPOMA ARROYO, A. y VILLEGAS VEGA, P., (2016). El acceso universal al agua potable. La experiencia peruana. *Derecho PUCP*, no. 76, pp. 229-250. ISSN 02513420. DOI 10.18800/derechopucp.201601.009.

CASTAÑEDA, CARLOS Y QUISPE, E., (2016). ANALISIS HIDRAULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE PLAZAPAMPA DEL DISTRITO DE SALPO MEDIANTE PROGRAMA DE SIMULACION HIDRAULICA”. pp. 1-60. Disponible en:

[http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/CRECIMIENTO\\_MICROBIANO.pdf](http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/CRECIMIENTO_MICROBIANO.pdf).

COTRADO Y GUTIERREZ, (2015). *EVALUACIÓN DE LA RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR DE DISTRIBUCIÓN 24 EN EL DISTRITO CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA, PROVINCIA Y REGIÓN DE TACNA* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:

<http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>.

D.J. SURANI G.V. DIHORA, (2015). Review on Application of GIS in Water Distribution System Planning and Designing. *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 3, no. 01, pp. 186-188.

Doroteo (2014). Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano “Los Pollitos”-Ica, usando los programas WaterCAD y SewerCad. Tesis PARA Optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

ECHAVARRIA, J., (2017). Formulación matemática del diseño de redes de abastecimiento., vol. 4, no. 3.

FITAYE, S.M., (2015). Hydraulic Modeling and Improvement of Addis Ababa Water Supply System (The Case of Bole Bulbula).,

FLORIAN, S., (2017). *Propuesta de optimización del servicio de la red de distribución de agua potable- RDAP- del municipio de Madrid, Cundimarca*. S.l.: s.n.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, M. (2014). Metodología de la Investigación (sexta ed.). México: Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

HOYOS Y TUESTA, (2017). *Simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para futuras habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba 2016*. S.l.: s.n.

HUAYRA, JUDITH Y LAYME, O., (2018). *“COMPARACIÓN DE ATRIBUTOS DEL*

- SOFTWARE'S PYTHON CON WATERCAD – SEWERCAD, EN EL DISEÑO DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE SILVA -ACORIA - HUANCAMELICA*” [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP - UNH. ENF. 0101.pdf? sequence=1&isAllowed=y>.
- INEI, (2019). Perú: formas de acceso al agua y saneamiento básico. *Erik Romero Condor, José García Zanabria, Aníbal Sánchez Aguilar, Nancy Hidalgo Calle, Cirila Gutierrez Espino, Doris Mendoza Oyola, Cesar Zambrano Duran* [en línea], vol. 1, pp. 68. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua.pdf).
- JIMENEZ, M., (2015). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. S.l.: s.n.
- LAGUNAS, B., (2015). *Simulación numérica transitoria de la red de distribución de agua potable en CU*. S.l.: s.n.
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.<http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- MENDOZA, C., CLAUDIA, J. y DURÁN, C., (2019). *Diseño Del Sistema De Abastecimiento De Agua Potable En La Rinconada De Pamplona Alta, Aplicando Epanet Y Algoritmos Genéticos Para La Localización De Válvulas Reductoras De Presión*. S.l.: s.n.
- NTD, (2018). *NORMA TECNICA DE DISEÑO: OPCIONES TECNOLOGICAS PARA SISTEMA DE SANEAMIENTO EN EL AMBITO RURAL*. Lima: s.n.
- OLIVA, (2018). «DISEÑO HIDRÁULICO DE RED DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO QUINTAHUAJARA\_SAN MIGUEL DEL FAIQUE\_HUANCABAMBA\_PIURA\_AGOSTO 2018".», p. 37.
- OS.010 DEL RNE, (2018). CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Fijar las condiciones exigibles en la elaboración de los proyectos hidráulicos de captación y conducción de agua para consumo humano. Capítulo II



- OS.030 DEL RNE, (2018). ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Fijar las condiciones exigibles en la elaboración de los proyectos hidráulicos de almacenamiento de agua para consumo humano. Capítulo II
- OS.050 DEL RNE, (2018). OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. *Os.050 Redes De Distribución De Agua Para Consumo Humano Os.050*, no. Fijar las condiciones exigibles en la elaboración de los proyectos hidráulicos de redes de agua para consumo humano., pp. Módulo III-Sección II.
- OS.100 DEL RNE, (2018). CONDICIONES BASICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA. *periodo de diseño, población, dotación, variaciones de consumo. Capítulo II.*
- PASAPERA, (2018). «DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE RANCHERÍA EX COOPERATIVA CARLOS MARIATEGUI DISTRITO DE LAMBAYEQUE, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE – LAMBAYEQUE – NOVIEMBRE 2018.»., p. 47.
- PEÑA, (2018). «DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA SATISFACER LA DEMANDA DEL CLUB PLAYA PUERTO FIEL, DISTRITO CERRO AZUL - CAÑETE" .»., p. 35.
- SALDARRIAGA, J.G., (1998). *Hidráulica de tuberías*. S.l.: s.n. ISBN 9586008312.
- SALDARRIAGA, J.G. y TAKAHASHI, S., (2015). Diseño optimizado de sistemas de distribución de agua: Una nueva perspectiva., no. octubre 2017.
- SAMPIERI R. H, FERANDEZ C, B.P., (2010). *Metodología de la Investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9786071502919.
- SEGURA, L., (2019). *"Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Chirchir, distrito de Condebamba - Cajamarca*. S.l.: s.n.
- SONAJE, N.P. y JOSHI, M.G., (2015). A Review of Modeling an Application of Water Distribution Networks (WDN) Softwares. *International Journal of Technical Research and Applications* [en línea], vol. 3, no. 5, pp. 174-178.

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Nitin\\_Sonaje3/publication/282704415\\_A\\_REVIEW\\_OF\\_MODELING\\_AND\\_APPLICATION\\_OF\\_WATER\\_DISTRIBUTION\\_NETWORKS\\_WDN\\_SOFTWARES/links/56193a9f08ae044edba8b20.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nitin_Sonaje3/publication/282704415_A_REVIEW_OF_MODELING_AND_APPLICATION_OF_WATER_DISTRIBUTION_NETWORKS_WDN_SOFTWARES/links/56193a9f08ae044edba8b20.pdf)

SUNASS, Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

<https://www.sunass.gob.pe/websunass/>

TEKLE, M., (2016). *HYDRAULIC MODELING OF WATER SUPPLY DISTRIBUTION NETWORK: A CASE STUDY ON DEBRE BIRHAN TOWN, AMHARA REGIONAL STATE, ETHIOPIA*. S.l.: s.n.

TESSEMA, D., (2015). *Hidraulic network modeling of the existing Water Distribution System of addis ADDIS city*. S.l.: s.n.

TORRES LOPEZ, E., (2019). *Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de la urbanización las brisas de la ciudad de Moyobamba-2019*. S.l.: s.n.

VALDEZ, E., (1994). *Abastecimiento de agua*. S.l.: s.n.

VIEERENDEL, (2009). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. 4ta edicio. S.l.: s.n.

## **ANEXOS**

### ANEXO 1 Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFENICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE
Diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable	<p><b>Diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable.</b> Es un conjunto de infraestructura, equipos y servicios destinados al suministro de agua para el consumo humano (Domestico, servicios públicos, industria y otros). El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico. Es decir, apta para el consumo humano (Alayo y Espinoza (2016))</p>	<p><b>Caudales de red de distribución:</b> son cantidades de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo</p>	Caudales en los tramos de la red de distribución de agua potable	Caudal promedio diario Caudal promedio horario	<p>CUALITATIVA</p> <p>Numérica</p>
		<p>Presiones en red la red de distribución Son fuerzas que ejerce un líquido sobre una tubería o en otro liquido en dirección perpendicular a esta</p>	Presiones en los nudos de la red de distribución de agua potable	Diámetro	
		<p>Velocidades en la red de distribución son el movimiento del líquido dentro de una tubería, y donde su velocidad máxima por norma es de 3/ms</p>	velocidades en los tramos de la red de distribución de agua potable agua potable	Diámetro	

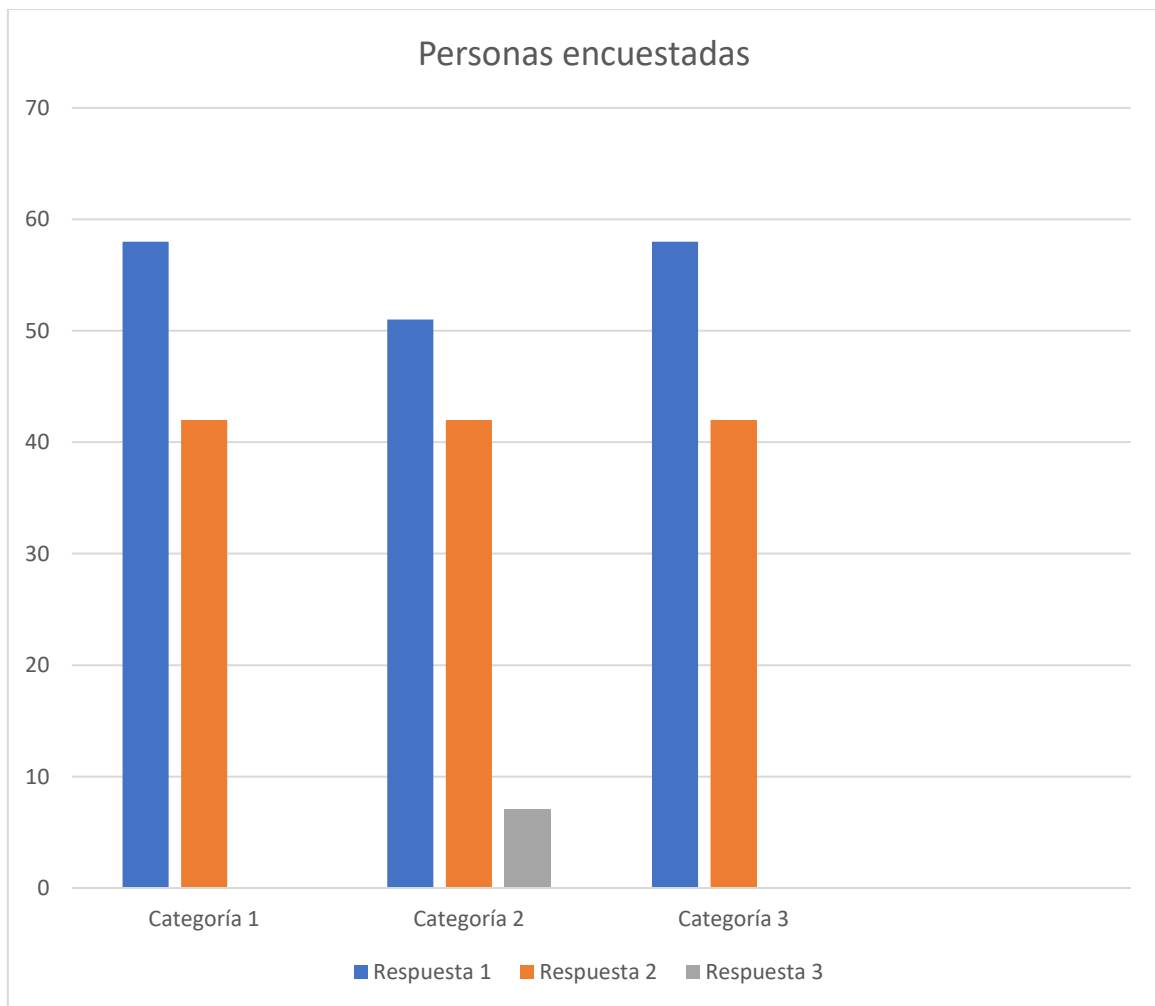
## ANEXO 2 Matriz de consistencia

DISEÑO Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA URBANIZACIÓN ALTO DEL MOLINO – ICA.								
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología de investigación	Técnicas	Instrumentos
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora el servicio de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Analizar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora el servicio de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica</p>		<p>Diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable</p>	<p>caudales en los tramos de la red de distribución de agua potable</p> <p>las presiones en los nudos de la red de distribución de agua potable</p>	<p>Caudal promedio diario</p> <p>Caudal promedio horario</p> <hr/> <p>Diámetro</p> <p>Presión</p> <hr/> <p>Diámetro</p> <p>Presión</p>	<p><b>Diseño:</b> no experimental</p> <p><b>Enfoque:</b> cuantitativo</p> <p><b>Nivel:</b> descriptivo</p> <p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Población:</b> Viviendas de la Urbanización Alto Molino de Pisco-Ica</p> <p><b>Muestra:</b> 85 viviendas de las Mz B1, B2, B3,</p>	<p>Observación</p> <p>Entrevistas</p> <p>Guía de análisis documental</p>	<p>Guía de observación</p> <p>Basada en los datos recogidos y normas técnicas</p> <p>Softwares WaterCAD y Epanet</p> <p>Autocadcivil3d</p> <p>AutoCAD</p> <p>Excel</p> <p>Word</p>

<p><b>Problema específicos</b></p> <p><b>PE1.</b> ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora los caudales en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica?</p> <p><b>PE2.</b> ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las presiones en los nudos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica?</p> <p><b>PE3.</b> ¿De qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las velocidades en los tramos de la red de distribución de agua en la Urbanización del alto el Molino-Ica?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p><b>OE1:</b> Determinar qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora los caudales en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica</p> <p><b>OE2:</b> Determinar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las presiones en los nudos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica</p> <p><b>OE3:</b> Determinar de qué manera el diseño y simulación hidráulica de abastecimiento de agua potable mejora las velocidades en los tramos de la red de distribución de agua potable en la Urbanización del alto el Molino-Ica</p>			<p>velocidades en los tramos de la red de distribución de agua potable</p>	<p>Diámetro Presión velocidad</p>			
--	---	--	--	--	---	--	--	--

## ANEXO 2 Instrumento de recolección de datos

Resultado del trabajo de campo o recopilación de datos consistió en la aplicación de encuestas en 85 viviendas por ser el número de muestras calculado, de las cuales 100 personas fueron consultadas para conocer la situación actual del servicio del sistema de abastecimiento de agua potable las encuestas realizadas.



## ANEXO 3 Encuestas



### Formulario sin título

abastecimiento de agua potable

Usted cuenta con el servicio de agua potable

Sugerencias: Tal vez

- Sí
- No

Cuál es su fuente de abastecimiento

- quebrada
- manantial
- del vecino
- N/A

Usted cumple con el pago del servicio de agua potable

Varias opciones

Sugerencias: Tal vez

- Sí
- No

X  
X



## Resultado individual

Cuál es su fuente de abastecimiento

- quebrada
- manantial
- del vecino
- N/A

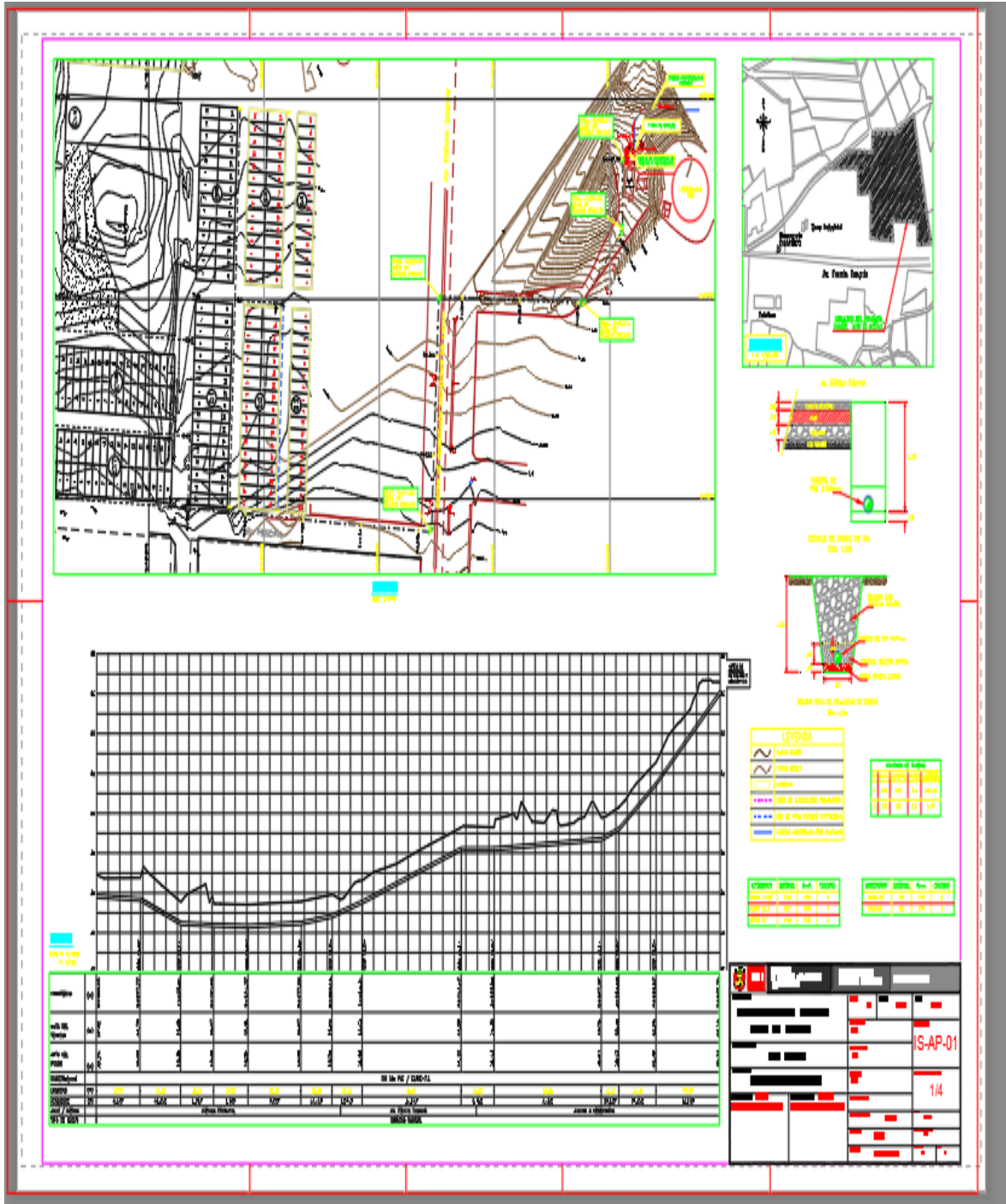
Usted cumple con el pago del servicio de agua potable

- Sí
- No

# ANEXO 4 Planos

## PLANO 1

Línea de conducción proyectada



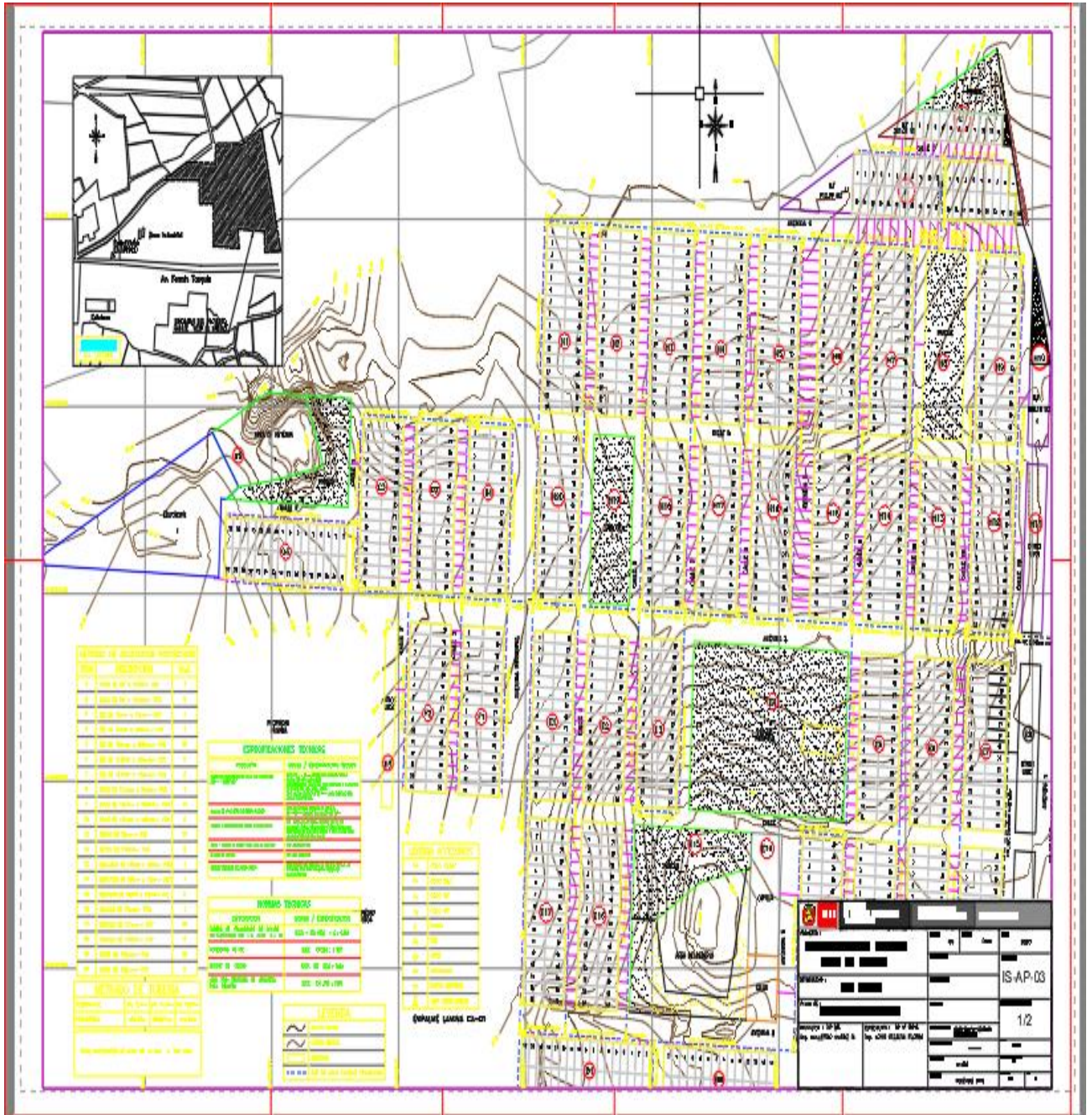
## PLANO 2

Red de agua potable proyectada



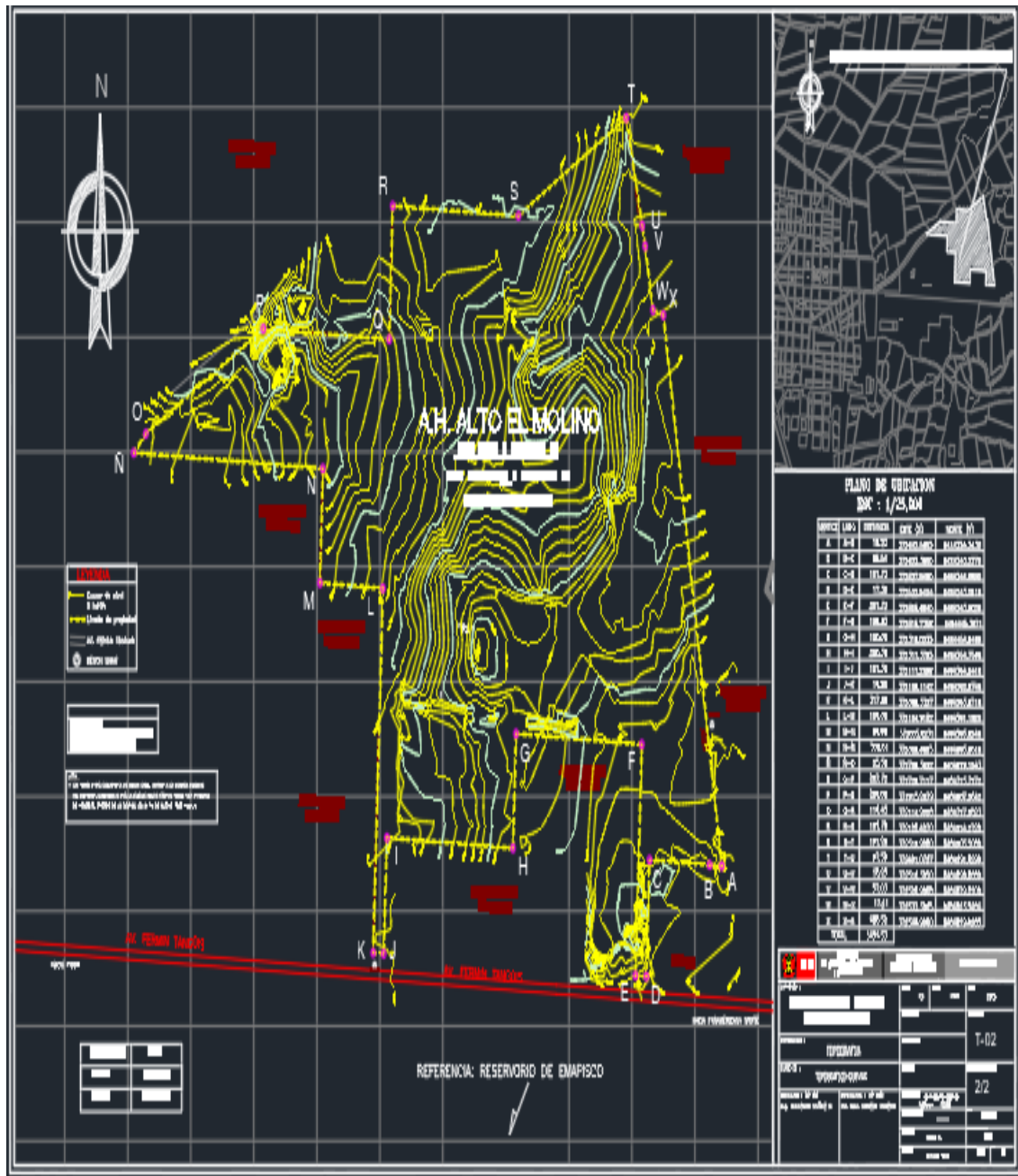
# PLANO 3

Conexiones domiciliarias de agua



# PLANO 4

## Topografía



## **ANEXO 5 Hoja de cálculo**

### **MEMORIA DE CÁLCULO**

#### **6.1 Agua Potable**

##### **6.1.1 Determinación de la Demanda de agua**

###### **Caudal Promedio (Qp)**

Nº de Lotes = 1,350 unidades

Consumo promedio = 22.4 m<sup>3</sup>/mes ó 268.8 m<sup>3</sup>/anuales

Qp = 11.51 l/s ó 4,200 m<sup>3</sup>/anual

###### **Caudal Máximo diario (Qmd)**

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

Donde:

K1 : Factor Máximo Diario

$$Q_{md} = 1.3 \times 11.51 \text{ l/s}$$

$$Q_{md} = 14.96 \text{ l/s}$$

### **Caudal Máximo horario (Qmh)**

$$Q_{mh} = K3 \times Q_p$$

Donde:

K3 : Factor Máximo Horario

$$Q_{mh} = 1.8 \times 11.51 \text{ l/s}$$

$$Q_{mh} = 20.71 \text{ l/s}$$

### **6.1.2 Diseño de la línea de conducción**

La línea de conducción de DN 160 mm proyectada se ha diseñado como parte del sistema de distribución de la red general de agua. La presión de salida de la válvula reductora de presión es de 20 m.c.a.

### 6.1.3 Redes de Agua.

Los resultados de la simulación hidráulica luego de la sectorización del sistema se observa en los cuadros del N° 6.1-1 al N° 6.1-3. Por la configuración topográfica de la ciudad que es relativamente plana, solo hay una sola de presión. Las presiones máximas en la red de agua son de 31 m. de columna de agua y las mínimas de 15 m. de columna de agua ambos límites están dentro de los rangos máximo y mínimo establecido en la Norma Técnica OS.050.

La demanda de caudales por nudos se muestra en el cuadro N° 6.1 -1

Cuadro N° 6.1-1

Nudo	Lotes (Und)	Factor	Caudal (l/s)
J1	48	0.036	0.74
J2	0	0.000	0.00
J3	62	0.046	0.95
J4	93	0.069	1.43
J5	118	0.087	1.81
J6	79	0.059	1.21
J7	0	0.000	0.00
J8	111	0.082	1.70
J9	60	0.044	0.92
J10	90	0.067	1.38
J11	75	0.056	1.15
J12	76	0.056	1.17
J13	120	0.089	1.84
J14	122	0.090	1.87
J15	48	0.036	0.74
J16	96	0.071	1.47
J17	80	0.059	1.23
J18	72	0.053	1.10
TOTAL	1350	1	20.71



La simulación hidráulica se ha realizó con la ayuda del Software Water CAD V8 XM

Cuadro N° 6.1-2 Resultado de presiones en los nudos

<b>Nudo</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Demanda (l/s)</b>	<b>Gradiente Hidráulica (m)</b>	<b>Presión (mca)</b>
J-1	35.81	0.74	60.9	25.00
J-2	38.53	0	60.66	22.10
J-3	38.75	0.95	60.62	21.80
J-5	38.86	1.97	60.42	21.50
J-4	37.71	1.43	60.59	22.80
J-6	38.8	1.44	60.38	21.50
J-7	42.94	1.71	60.35	17.40
J- 8	41.85	0	60.35	18.50
J-9	36.5	0.92	60.35	23.80
J-10	36.5	1.38	60.35	23.80
J-11	35.88	1.15	60.43	24.50
J-12	39.37	1.17	60.49	21.10
J-13	32.55	1.84	60.57	28.00
J-14	28.99	1.81	60.48	31.40
J-15	33.91	0.74	60.41	26.40
J-16	34.88	1.48	60.36	25.40
J-17	36.18	1.23	60.33	24.10
J-18	41.06	1.29	60.32	19.20

Cuadro N° 6.1 -3 Distribución de Caudales y pérdidas de cargas por tramos

Tramo	Longitud (m)	Nudo de Inicio	Nudo de llegada	Diámetro (mm)	Material	Hazen & Williams (C)	Caudal (L/s)	Velocity (m/s)	Gradiente (m/m)
P-1	84.00	J-1	J-2	150	PVC	150	12.16	0.69	0.0030
P-2	22.00	J-2	J-3	150	PVC	150	9.41	0.53	0.0020
P-3	188.39	J-3	J-5	150	PVC	150	7.03	0.40	0.0010
P-4	78.00	J-4	J-3	100	PVC	150	-1.43	0.18	0.0000
P-5	122.41	J-5	J-6	150	PVC	150	3.79	0.21	0.0000
P-7	229.60	J-6	J-7	150	PVC	150	2.35	0.13	0.0000
P-8	38.80	J-7	J- 8	150	PVC	150	0.64	0.04	0.0000
P-9	83.76	J- 8	J-9	100	PVC	150	-0.12	0.02	0.0000
P-10	229.60	J-9	J-5	100	PVC	150	-1.27	0.16	0.0000
P-11	42.01	J-9	J-10	100	PVC	150	0.22	0.03	0.0000
P-12	132.23	J-10	J-11	100	PVC	150	-1.78	0.23	0.0010
P-13	142.86	J-11	J-12	100	PVC	150	-1.58	0.20	0.0000
P-14	122.73	J-12	J-2	100	PVC	150	-2.75	0.35	0.0010
P-15	120.00	J-11	J-13	100	PVC	150	-2.60	0.33	0.0010
P-16	229.59	J-13	J-1	150	PVC	150	-8.35	0.47	0.0010
P-17	140.00	J-13	J-14	100	PVC	150	1.81	0.23	0.0010
P-18	204.01	J-13	J-15	100	PVC	150	2.10	0.27	0.0010
P-19	120.00	J-15	J-16	100	PVC	150	1.36	0.17	0.0000
P-20	203.99	J-16	J-11	100	PVC	150	-1.25	0.16	0.0000
P-21	131.98	J-16	J-17	100	PVC	150	1.13	0.14	0.0000
P-22	203.97	J-17	J-10	100	PVC	150	-0.63	0.08	0.0000
P-23	126.02	J-17	J-18	100	PVC	150	0.52	0.07	0.0000
P-24	203.97	J-18	J- 8	100	PVC	150	-0.77	0.10	0.0000
P-33	540.34	J-1	PRV-1	150	PVC	150	-21.25	1.20	0.0080
P-35	4.21	PRV-1	D-1	150	Acero	100	-21.25	1.20	0.0170

Op, Qmh, Qmd - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Indicar Alex Mauricio Cru... Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

P19

9

10 **Consumo promedio anual (Qp)**

$$Qp = \frac{\text{Dotacion} \left( \frac{l}{\text{hab.día}} \right) \times \text{Poblacion diseño (hab)}}{86400}$$

12

13 **Consumo máximo diario (Qmd)**

14 Qmd = K1 x Qp

15 Donde K1: Factor Máximo Diario

16 K1 = 1.3

17

18 **Consumo máximo horario (Qmh)**

$$Qmh \left[ \frac{l}{s} \right] = K2 \times Qp \left[ \frac{l}{s} \right]$$

19

20 Donde K2: Factor Máximo Horario

21

22 K2 = 1.8

23 **Calculo de los componentes del sistema de agua potable**

24 **reservorio capacidad para 3800 m<sup>3</sup>**

25

26 QP= 20.09 l/s

27 Qmd= 26.117 l/s

28 Qmh= 36.16 l/s

29

30

Hoja1

excelvarios - Excel (Error d

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Cortar Copiar Copiar formato Pegar Portapapeles Fuente Alineación Número

Ajustar texto Combinar y centrar

C8

	A	B	C	D
1	<b>Parámetro</b>	<b>Valor del</b>	<b>Comentarios</b>	
2	<b>Demanda</b>	<b>Estudio</b>		
3	Variación horaria	1.8 Q promedio	Para dimensionar sistema de distribución	
4	Variación diaria	1.3 Q promedio	Para dimensionar sistema de producción y conducción	
5	<b>Presión</b>			
6	Máxima	50 mca	Norma OS 100	
7	Mínima	10 mca		
8	<b>Velocidad</b>			
9	Máxima	3 m/s		
10	<b>Rugosidad</b>			
11	C de Hazen Williams			
12	Tuberías de PVC	140 - 150	Rango Promedio	
13	Tuberías de F9F9	65 - 90	Rango Promedio	
14	Tuberías HD	115 - 130	Rango Promedio	
15	Tabla N°9			

Microsoft Excel interface showing the ribbon (Archivo, Inicio, Insertar, Diseño de página, Fórmulas, Datos) and the formula bar (C20, 11167).

	A	B	C	D
1	<b>BASE</b>	<b>AÑO</b>	<b>POBLACION PROYECTADA</b>	
2	1	2020	8,100	
3	2	2021	8,246	
4	3	2022	8,394	
5	4	2023	8,545	
6	5	2024	8,699	
7	6	2025	8,855	
8	7	2026	9,015	
9	8	2027	9,177	
10	9	2028	9,343	
11	10	2029	9,511	
12	11	2030	9,682	
13	12	2031	9,856	
14	13	2032	10,034	
15	14	2033	10,214	
16	15	2034	10,398	
17	16	2035	10,585	
18	17	2036	10,776	
19	18	2037	10,970	
20	19	2038	11,167	
21	20	2039	11,368	
22	21	2040	11,573	
23	Tabla N°5			

## ANEXO 6 Diagrama de Flujo

