



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable  
con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Br. Olivares Zavaleta, Joe Raul (orcid.org/0000-0003-4307-7748)

**ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2022**

**Dedicatoria:**

A mis hijos, quienes me proporcionan las energías positivas para seguir avanzando y no decaer en el tiempo.

**Agradecimiento:**

A Dios, por darme las fuerzas necesarias para seguir superando los obstáculos de la vida.

A mis padres, los seres que aun guían mis pasos por las sendas del bien.

A la Empresa EMAPAVIGS SA, por brindarme la oportunidad de seguir aportando en superar la calidad de los servicios de agua potable y alcantarillado.

## Índice de contenidos

Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Índice de gráficos	x
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo y diseño de investigación	29
3.2 Variables y Operacionalización	30
3.3. Población, muestra y muestreo	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.5. Procedimientos	34
3.6. Método de análisis de datos	41
3.7. Aspectos éticos	66
IV. RESULTADOS	67
V. DISCUSIÓN	86
VI. CONCLUSIÓN	96
VII. RECOMENDACIÓN	98
REFERENCIAS	99
ANEXOS	104
Anexo 1. Matriz de Consistencia	
Anexo 2. Matriz de Operacionalización de variables	
Anexo 3. Carta de presentación de la Tesis a la Entidad.	

Anexo 4. Validación

Anexo 5. Confiabilidad

Anexo 6. Turnitin

Anexo 7. Normativa

Anexo 8. Mapas y planos

Anexo 9. Panel fotográfico

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.-</b> Rango y Magnitud de validez .....	33
<b>Tabla 2.-</b> Validez por juicio de expertos.....	33
<b>Tabla 3.-</b> Confiabilidad de un instrumento por criterios de decisión.....	33
<b>Tabla 4.-</b> Horarios de abastecimiento del cercado de Nasca.....	36
<b>Tabla 5.-</b> Usuarios contenidos en los sectores de abastecimiento .....	37
<b>Tabla 6.-</b> Metrado de tuberías por diferencia de diámetros en el cercado de Nasca .....	37
<b>Tabla 7.-</b> Metrado de tuberías por diámetros en el sector 04 (muestra) .....	40
<b>Tabla 8.-</b> Determinación de datos relevantes para el cálculo hidráulico .....	40
<b>Tabla 9.-</b> Determinación de la población futura .....	42
<b>Tabla 10.-</b> Cobertura de agua potable.....	43
<b>Tabla 11.-</b> Cobertura de alcantarillado .....	44
<b>Tabla 12.-</b> Cobertura de micro medición .....	45
<b>Tabla 13.-</b> Porcentaje de agua no facturada .....	46
<b>Tabla 14.-</b> Estudio de mercado .....	47
<b>Tabla 15.-</b> Densidad Poblacional.....	47
<b>Tabla 16.-</b> Consumo por tipo de usuario .....	48
<b>Tabla 17.-</b> Costos por m <sup>3</sup> de agua potable .....	48
<b>Tabla 18.-</b> Parámetros hidráulicos.....	48
<b>Tabla 19.-</b> Formulas aplicadas según Estudio Tarifario 2019-2023-EMAPAVIGS SA ...	49
<b>Tabla 20.-</b> Datos obtenidos para el inicio del modelamiento hidráulico .....	58
<b>Tabla 21.-</b> Calculo de caudales en el año base y horizonte de proyecto .....	59
<b>Tabla 22.-</b> Configuración de datos de reservorios .....	59
<b>Tabla 23.-</b> Datos auxiliares para el diseño .....	59
<b>Tabla 24.-</b> Definición de caudales de trabajo .....	71
<b>Tabla 25.-</b> Determinación de los diámetros de tuberías .....	72
<b>Tabla 26.-</b> Resultado de presiones con ambos SOFTWARE.....	77
<b>Tabla 27.-</b> Datos comparativos de los programas con los reportes de campo.....	80
<b>Tabla 28.-</b> tabla comparativa de resultados WATERCAD-EPANET .....	82

**Tabla 29.-** Porcentaje de coincidencia de los Softwares con respecto .....91  
**Tabla 30.-** Porcentaje de coincidencia de los Softwares con respecto .....91

## Índice de figuras

<b>Figura 1.-</b> Modelo de los componentes una red de distribución de agua potable. ....	12
<b>Figura 2.-</b> Esquema de red de distribución abierta. ....	13
<b>Figura 3.-</b> Esquema de red de distribución cerrada. ....	14
<b>Figura 4.-</b> Interfaz del programa. ....	17
<b>Figura 5.-</b> Esquema de barra de menú. ....	18
<b>Figura 6.-</b> Esquema de barra de herramientas. ....	18
<b>Figura 7.-</b> Esquema básico de funcionamiento de una simulación. ....	19
<b>Figura 8.-</b> Esquema de gráficos de resultados. ....	20
<b>Figura 9.-</b> Esquema de etapas de modelamiento. ....	20
<b>Figura 10.-</b> Esquema de resultados del programa. ....	21
<b>Figura 11.-</b> Esquema de observaciones del programa. ....	22
<b>Figura 12.-</b> Interfaz gráfica de Epanet. ....	23
<b>Figura 13.-</b> Ubicación del distrito de Nasca. ....	27
<b>Figura 14.-</b> Ubicación del cercado de Nasca. ....	28
<b>Figura 15.-</b> Cuadro de procedimiento. ....	34
<b>Figura 16.-</b> Plano de curvas de nivel, levantamiento topográfico con DRONES. ....	35
<b>Figura 17.-</b> Sectores de distribución del servicio de agua. ....	38
<b>Figura 19.-</b> Ingreso de nombre del proyecto al waterCAD. ....	60
<b>Figura 20.-</b> Configuración de unidades en el programa. ....	60
<b>Figura 21.-</b> Configuración de unidades en el programa. ....	61
<b>Figura 22.-</b> Determinación del coeficiente de. ....	61
<b>Figura 23.-</b> Determinación del material de tubería. ....	62
<b>Figura 24.-</b> modelamiento hidráulico del sector 04. ....	62
<b>Figura 25.-</b> Determinación de valores. ....	63
<b>Figura 26.-</b> Determinación de escalas. ....	63
<b>Figura 27.-</b> Determinación de fuente y patrón de tiempo. ....	64
<b>Figura 28.-</b> Inserción de datos. ....	64



**Figura 29.**- Inserción de datos al EPANET .....65

**Figura 30** - Construcción de líneas (pipe) en EPANET .....65

**Figura 31.**- Ingreso total al sistema EPANET .....66

**Figura 32.**- Mapa de la provincia de Nasca.....67

**Figura 33.**- Mapa político del Perú. ....67

**Figura 34.**- Mapa político del distrito de Nasca Perú.....67

**Figura 35.**- Sector 04 .....70

**Figura 36.**- Reservorios elevados; izquierda (450m3), derecha (1500m3).....70

**Figura 37.**- Diámetros de tubería proporcionados por el programa .....76

**Figura 38.**- Árbol de descarga de R-450 .....77

**Figura 39.**- Evidencias de campo.....81

**Figura 40.**- Presiones obtenidas por herramientas computacionales .....81

**Figura 41.**- Ensayo para determinación de velocidades.....85

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.-</b> Porcentaje de Agua No facturada-2021 .....	47
<b>Gráfico 2.-</b> Resultados de Diámetros de tubería (Anchapuri 2020) .....	87
<b>Gráfico 3.-</b> Resultados de Diámetros de tubería (Olivares, 2022) .....	87
<b>Gráfico 4.-</b> Comparación Diámetros: Achampuri (2020)-Olivares (2022) .....	88
<b>Gráfico 5.-</b> Resultado de Presiones (Achampuri, 2020) .....	89
<b>Gráfico 6.-</b> Resultado de Presiones (Olivares, 2022) .....	90
<b>Gráfico 7.-</b> Comparación de resultados de ensayo de presiones .....	92
<b>Gráfico 8.-</b> Velocidad Media-Álvarez, 2021 .....	93
<b>Gráfico 9.-</b> Velocidad Media-Olivares, 2022 .....	94
<b>Gráfico 10.-</b> Comparación de resultados de ensayo de velocidades Anchapuri (2020)...	95

## RESUMEN

La presente investigación titulada: Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022, fijó como objetivo determinar el comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable utilizando herramientas computacionales en el área de estudio determinada, como metodología, se aplicó el método científico, de tipo de investigación fue aplicada, del nivel explicativo y diseño cuasi experimental.

La muestra de estudio estuvo conformada por el sector Alto que forma parte del sistema de distribución de agua potable del cercado de Nasca, Distrito y Provincia de Nasca, el cual contiene 8.30km de las redes de las redes totales, la técnica empleada fue la observación directa y el instrumento utilizado fue la ficha de recopilación de información.

Los resultados obtenidos precisan que: el comportamiento hidráulico de la red de distribución fueron verificadas con las herramientas computacionales WATERCAD y EPANET, de donde se obtuvo que la mayoría de las longitudes de tuberías corresponden comprenden al 72.51% de diámetro 110 mm, las presiones varían de 6.70 m.c.a a 19.31 m.c.a, y las velocidades varían de 0.01 m/s a 3.37 m/s.

La investigación muestra como conclusión: que el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua, se puede determinar mediante el uso de las dos herramientas computacionales, seleccionando los resultados obtenidos por la herramienta WATERCAD la que más se aproxima a los datos de la muestra, siendo este resultado de un 88.74% con respecto a los datos de campo obtenidos del sistema.

Palabras clave: Herramienta computacional, Diámetro, Presión y Velocidad.

## ABSTRACT

The present investigation entitled: Hydraulic behavior of drinking water distribution networks with computational tools in the Nasca fence, Ica 2022, set as an objective to determine the hydraulic behavior of drinking water distribution networks using computational tools in the determined study area. , as methodology, the scientific method was applied, the type of research was applied, the explanatory level and quasi-experimental design.

The study sample was made up of the Alto sector that is part of the drinking water distribution system of the Nasca fence, District and Province of Nasca, which contains 8.30km of the networks of the total networks, the technique used was the observation direct and the instrument used was the data collection form.

The results obtained specify that: the hydraulic behavior of the distribution network was verified with the computational tools WATERCAD and EPANET, from which it was obtained that most of the lengths of pipes correspond to 72.51% of diameter 110 mm, the pressures vary from 6.70 mca to 19.31 mca, and speeds vary from 0.01 m/s to 3.37 m/s.

The research shows as a conclusion: that the hydraulic behavior of the water distribution network can be determined by using the two computational tools, selecting the results obtained by the WATERCAD tool, the one that is closest to the sample data, this result being 88.74% with respect to the field data obtained from the system.

Keywords: Computational tool, Diameter, Pressure and Speed.

## I. INTRODUCCIÓN

A **nivel internacional**, miles de personas se quedaran sin acceso al servicio de agua potable y saneamiento hasta antes de llegar al 2030, a no ser que exista un avance en las mejoras de los actuales sistemas de abastecimiento en un 400% ( PROGRESS ON HOUSEHOLD DRINKING WATER, SANITATION AND HYGIENE, World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF) 2021). el COVID 19 destapó la realidad de la población en cuanto al acceso del agua potable y la necesidad de lavarse las manos para inactivar el virus pandémico, teniéndose a partir de estas investigaciones que tres de cada diez personas en el mundo no podían lavarse las manos en sus hogares. Asearse principalmente las manos es uno de los métodos más efectivos para evitar la transmisión de la COVID 19, no obstante, hay millones de personas que no tienen acceso al líquido elemento.

El Perú cuenta con una relativa abundancia de recursos, dentro de los cuales destacan los recursos hídricos, siendo este porcentaje el 33% del capital hídrico mundial. No obstante, existen inconvenientes de escases de agua o estrés hídrico que incide sobre gran parte de los habitantes del mundo. Este argumento resulta contradictorio si se toma en cuenta el recurso natural y la cantidad de habitantes del país, peor aún si se toma en cuenta las inversiones realizadas en infra estructura sanitaria y los indicadores de presión y continuidad que guardan ínfima relación a nivel internacional. Sumado a esta falta de agua se tiene los malos usos y costumbres de los habitantes de América Latina, los mismos que permiten que el agua se desperdicie de manera masiva, sin optar por su reutilización, aprovechándose de los recursos hídricos originarios de los ríos de la selva en su mayoría. A diferencia del saneamiento rural donde se aprecia que el acceso al servicio de agua potable ha sido desatendido; por tal razón se hace necesario respaldar la permanencia de la infraestructura sanitaria en estos lugares, salvaguardando los procedimientos de constructivos, la calidad de los insumos y la operación-mantenimiento de los servicios. (BALLESTERO, y otros, 2015)

A **nivel nacional** en nuestro país se tienen datos estadísticos donde lo representan como una de los más beneficiados en fuentes hídricas, conteniendo el 1.9% de las reservas de agua dulce en el globo terrestre, comprendiendo estos recursos en tres vertientes dentro de su superficie (la vertiente hidrográfica del pacifico, la vertiente hidrográfica del atlántico

y la hoya hidrográfica del Titicaca), con un promedio de dos billones de metros cúbicos de agua de consumo anual registrado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2022), No obstante, del 66% de la población solo el 2.2% tiene acceso al líquido elemento.

A **nivel regional** teniendo presente que los servicios de agua potable y saneamiento en la región Ica se encuentran administradas por las Entidades Prestadoras de Servicios - EPS, se puede deducir que el cuidado del recurso hídrico proveniente de sus fuentes de captación, se encuentran bajo responsabilidad de estas entidades desde el momento que se formaliza el compromiso de “operación y mantenimiento” de las infra estructuras sanitarias proyectadas, teniendo en cuenta el universo del trabajo de investigación es necesario mencionar a la concesionaria de los servicios mencionados denominada Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado “Virgen de Guadalupe del Sur” – EMAPAVIGS SA, como la responsable de la administración de los servicios en la Provincia de Nasca, donde se puede apreciar que existe un desconocimiento técnico profesional acerca de los cálculos hidráulicos aplicados a sus sistemas de agua ocasionando deficiencias en el abastecimiento del servicio. A esta falencia se suma la incidencia política de los gobiernos de turno por la proyección de ampliaciones de redes de saneamiento sin consulta seria a las EPS. Tal es el caso que en el cercado de Nasca, existen presiones no mayores a 10 m.c.a. y continuidades en tiempo de servicio promedio de 4.5 horas por día (Estudio tarifario EMAPAVIGS SA 2019-2022). Teniendo en cuenta que un sistema de distribución brinda el servicio a cada vivienda a través de conexiones domiciliarias, siendo el sistema de distribución diseñado para suministrar agua con la calidad sugerida por la norma técnica peruana en el rubro de Obras de Saneamiento del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se puede garantizar la obtención de los parámetros principales tales como diámetro de tubería, la velocidad del agua, la presión y las pérdidas de presión del fluido mediante la proyección del comportamiento hidráulico. Por lo antes mencionado se puede deducir que una simulación hidráulica proporciona una herramienta de suma importancia para la obtención de cálculos hidráulicos, los cuales pueden ser comparados con puntos de muestreo de campo, con la finalidad de calibrar los modelos obtenidos <sup>1</sup>, Siendo la complejidad del universo de acción variable según el área o entrono para el

---

<sup>1</sup> (RODRIGUEZ, y otros, 2021)

cálculo masivo de tuberías, accesorios, equipos de regulación indispensables para garantizar la conducción del caudal de agua es que la ciencia ha puesto a disposición de la ingeniería, instrumentos y/o herramientas básicas de fundamento para el modelamiento o simulación hidráulica tales como el EPANET, WaterCAD, QGIS, comúnmente usadas en el diseño y análisis hidráulico de redes de agua potable <sup>2</sup>

Por lo expuesto, se plantea el **problema general**: ¿Cuál es el comportamiento Hidráulico en la red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022? De misma manera se formulan los **problemas específicos**: ¿Cuál es el diámetro en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022? ¿Cuál es la presión en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022? ¿Cuál es la velocidad en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?

Se tiene la **justificación teórica**; por considerarse como trabajo preliminar básico o antecedente para cálculos de diseño y evaluación hidráulica de redes de distribución de agua potable en zonas urbanas; con el soporte de la Norma Técnica Peruana, siendo este un aporte que ayudara a mejorar las deficiencias de diseño y operación para otras regiones del país con diagnósticos similares, cumpliendo la finalidad publica de otorgar la calidad de vida que la población se merece. Se tiene **justificación metodológica** el cual inicia con la recolección de datos en virtud a la normativa nacional en el rubro de saneamiento garantizando el fiel cumplimiento de los parámetros definidos por la norma asegurando la calidad de los resultados. **Justificación técnica**; si bien se tiene antecedentes de otros modelamientos hidráulicos utilizado los programas mencionados, todavía se siguen procesando datos en hojas de cálculo que pueden generar errores manuales. Por tal motivo se enfoca el presente en lograr un modelamiento hidráulico optimizado, constituyéndose como una guía de uso para este tipo de programas, como aporte al desarrollo de otros proyectos similares. **Justificación social** porque se beneficia de forma directa a la población, generándose nuevas alternativas para la distribución del servicio y

---

<sup>2</sup> (ALVAREZ, 2021)

por ende la mejoría de sus indicadores de presión y continuidad. **Justificación económica** porque los programas computacionales utilizados en esta investigación son caracterizados como “software libre” los cuales pueden ser descargados del internet e instalados en los servidores de los consultores o Entidades Prestadoras de servicios, además que estos programas tienen relación directa con programas aplicado al levantamiento topográfico, y hojas de cálculo diversas.

Esta investigación cuenta con **justificación ambiental** porque se busca realizar simulaciones hidráulicas en gabinete, que evitan en parte la intervención de calicatas o intervenciones directas a las tuberías que pudieran generar pérdidas o contaminación del servicio de agua por cuestiones experimentales.

Tenemos como **objetivo general**: Evaluar el comportamiento hidráulico en la red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022. Siendo los **objetivos específicos**: Calcular el diámetro de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022; Estimar la presión en las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022; Determinar la velocidad en las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca- Ica 2022

La **hipótesis general**: El comportamiento hidráulico en la red de distribución de agua potable obtenido con la herramienta waterCAD es el más aproximado a la realidad del cercado de Nasca, Ica 2022. Las **hipótesis específicas** serán: ¿Existe variación significativa en el diámetro de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?; ¿Existe variación significativa en la presión de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, el cercado de Nasca, Ica 2022?, ¿Existe variación significativa en la velocidad de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?



## II. MARCO TEÓRICO

A fin de desplegar este trabajo de investigación se sondeó una variedad de estudios, que se realizaron antes del presente, En **el ámbito internacional** tenemos a: (GAMBOA, y otros, 2020) consignaron un trabajo denominado “elaboración del modelo hidráulico para la red de distribución de agua potable de Funza Cundinamarca” utilizando el Software EPANET, con el objetivo de indagar acerca del catastro de redes, analizar el comportamiento hidráulico y proporcionar un modelamiento hidráulico de la comuna de Funza, como herramienta de gestión para el sector. La metodología empleada consideró la realización de visitas técnicas a todos los componentes hidráulicos del sistema con la finalidad de introducir la información al software, para la obtención de respuestas rápidas. Como resultado se concibieron presiones por encima del marco normativo de Colombia, que oscilan entre 100 y 150 m.c.a. en el tubo principal de la red o línea de conducción primaria, también obtuvieron resultados de velocidades inferiores a lo normado. En conclusión, El sistema de distribución tiene falencias contravenientes a las normas técnicas del país y que es necesario la ejecución de mejoras técnicas, reajustes o reposiciones en el sistema con la intención de optimizar el abastecimiento de agua potable. (ESTRELLA, 2019) Elaboró un trabajo de “diseño de agua potable para la Comunidad de Collas, provincia de Cotopaxi”, empleando el software WatersGEMS con el objetivo de determinar el crecimiento poblacional y el caudal necesario para el periodo de diseño, a partir de los resultados generados del modelamiento hidráulico del sistema con la finalidad de proporcionar el diseño óptimo a la comunidad de Cotopaxi. La metodología utilizada consideró la naturaleza actual del sistema y la proyección de resultados en base a diagnósticos situacionales a través de inspecciones técnicas y reportes de los operadores del sistema. Como resultado se tuvo que las presiones de agua acorde con la normativa técnica vigente entre 7.80 m.c.a. y 39.44 m.c.a. para velocidades de 0.20m/s y 1.40 m/s en diámetros de 20mm y 63mm. Proyectándose como mejora, un servicio continuo con sugerencias en algunos cambios en sus estructuras hidráulicas. En conclusión, se reafirmó que el diseño óptimo de la red de distribución de agua potable ha generado a través de varios modelamientos hidráulicos resultados confiables que beneficiaran al universo de investigación en cuanto a calidad de servicio.

(BRAVO, 2017), quien desarrolló una “modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Retiro, antón Machala, provincia El Oro”, cuyo objetivo fue diagnosticar el funcionamiento hidraulico de la red de distribucion de agua potable y plantear las alternativa de solucion apropiada, para la metodología cuantitativa y cualitativa a traves de entrevistas a los involucrados; directivos de la Junta Parroquial y la comunidad, complementando este metodo, se validaron los resultado de presion y caudal de consumo de la población con ayuda de equipos; manómetros. Como resultado la comprobacion de los datos teoricos asumidos mediante calculos matematicos, las respuestas de la modelación hidráulica de la red con ayuda del software EPANET, las realidades del abastecimiento y su incumplimiento con los limites permisibles, con resultados en los puntos mas criticos de 3.84 m.c.a. y velocidades de 0.03 m/seg. el cual concluyó que existen areas donde los parametros hidraulicos, no cumplen con las normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potabe establecidos por la nortmativa del Ecuador, debido a la ampliacion descontrolada de los sectores de distribucion y su lejanía de la fuente de almacenamiento.

Como **antecedentes nacionales** tenemos a (JAIMES, 2021) realizó un trabajo de “Comportamiento hidráulico de la red de agua según condiciones morfológicas con software convencionales -urbanización la colina, Huaraz”, con el objetivo calcular la influencia del comportamiento hidráulico de la red de agua en la Urbanización La colina mediante el software Watercad y Epanet, evaluar el comportamiento hidráulico de las redes existentes y plantear una propuesta de mejora del sistema de abastecimiento. La metodología empleada fue del tipo exploratoria, descriptiva, analítica y explicativa, con un enfoque cuantitativo, a través de datos numéricos y estadísticos. Como resultado se tiene el diseño de los elementos hidráulicos utilizando programas computacionales, a través del cual se llegó a la conclusión que los resultados obtenidos de ambos softwares son similares, obteniéndose parámetros dentro del margen de la Norma técnica de diseño.

(ALVAREZ, 2021) elaboró una investigación denominada “Comportamiento Hidráulico en una red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en la comunidad de APV El Bosque Provincia de Urubamba-Cusco”, con el objetivo de realizar una evaluación al comportamiento hidráulico en la comunidad mencionada, determinado los parámetros de diseño que intervienen en el comportamiento hidráulico de la red de

abastecimiento de agua potable y proponer el diseño obtenido por el modelamiento hidráulico en el universo de acción. En cuanto a la metodología, la investigación posee un nivel explicativo, basada en el establecimiento de las relaciones causa y efecto, para la obtención de parámetros hidráulicos de presión, velocidad y caudal a través de los programas WaterCAD, Epanet y Qgis, Obteniéndose como resultado mínimas desigualdades entre los resultados obtenidos por cada uno de los softwares, llegándose a la conclusión que los programas computacionales con los que se modelaron el sistema de abastecimiento son verdaderamente confiables y utilizables para cualquier análisis del comportamiento hidráulico. Las variaciones porcentuales que ofrecen sus resultados se consideran validos entre sí.

(VARGAS, 2020) Efectuó un “diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina La Ensenada de Collanac distrito de Pachacamac” mediante el uso de los programas watercad y sewerCAD, con el objetivo de proyectar un diseño para la red de distribución de agua potable y alcantarillado para la comunidad mencionada, evaluando la población futura, calculando las dotaciones, caudales, disposiciones específicas y restricciones de diseño de las redes de abastecimiento y redes colectoras. La metodología usada estuvo basada en la obtención de datos de campo de la topografía, estudio de mecánica de suelos, todo esto representado a través de un diagrama de flujo metodológico, como resultado se obtuvo una propuesta de diseño con los resultados obtenidos del waterCAD representados por un promedio de 15.34 m.c.a. en el estado dinámico y 48.29 m.c.a. en el periodo estático, con velocidades que oscilan entre 0.99m/s y 3.00 m/s respetando el diseño condominial propuesto por la OS-050 del R,N.E. Como conclusión se concluyó que el uso de los softwares waterCAD y sewerCAD reducen el tiempo de procesos iterativos favoreciendo el tiempo de procesamiento del resultado y la evaluación de todas las posibles alternativas de solución.

Para aportar a la investigación aplicada se tomará en cuenta los **artículos de investigación** siguientes; desarrollados por; (RODRIGUEZ, y otros, 2021) realizaron un trabajo titulado “Hydraulic modeling and calibration of drinking water distribution networks” con el objetivo de modelar y analizar tres redes de distribución de agua potable y calibrarlas con el software Epanet Calibrator y comparar los resultados con Darwin Calibrator, utilizando un caudalímetro ultrasonido y un equipo dattaloggers comparando los resultados de campo

con el software Epanet. Para la metodología se tomó en cuenta puntos de muestreo con equipos registradores de datos, con la intención de obtener datos de presión y de caudal en cada nudo de la red y calibrar a través de ellos el modelo hidráulico presentado. Como resultado se obtuvo resultados diferenciales entre los datos de campo y lo simulado por el Epanet, no obstante, se aplicaron valores incrementales hacia algunos coeficientes con la finalidad de calibrar el modelamiento hidráulico, en conclusión, se pudo comprobar que el Epanet Calibrator y el Darwin Calibrator representan dos herramientas computacionales eficientes para la simulación de modelos de redes hidráulicas.

(Anchapuri Calderon, 2020) Realizó una tesis referida a la conducta del recurso hídrico en las redes de distribución de agua, apoyo de software modernos, con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico en las tuberías y por consiguiente obtener los resultados de sus principales indicadores, La metodología empleada fue el método científico, de tipo aplicada, de nivel explicativo y diseño cuasi experimental, donde se obtuvo como resultados el diámetro (57mm), la presión (22.11m.c.a. – 31.28m.c.a.) y la velocidad del sistema (0.51-0.68m/s), teniendo como conclusión, el comportamiento hidráulico del sistema de redes, recomendando el programa waterCAD como software óptimo para este tipo de modelamientos.

(SEYOUM, y otros, 2017) Publicaron un artículo llamado “Integration of Hydraulic and Water Quality Modelling in Distribution Networks: EPANET-PMX” con el objetivo de exponer un modelo de análisis de red utilizando el programa EPANET- PMX, el cual evidencia las deficiencias que se presentan en este software en cuanto a elementos como bombas, dispositivos de control y tanques, por no contenerlos en el programa, llevando así a la producción de resultados inverosímiles. La metodología consistió en comparar tres modelos de redes de distribución de agua, con la calidad del agua concordante, el tiempo de conservación del fluido, la cantidad de cloro residual, como resultado plantearon un procedimiento de análisis capaz de realizar modelamientos dinámicos y estacionarios, y que estas son aplicables en redes de distribución con combinaciones diferentes a reacciones químicas y cinéticas. Como conclusión los modelos obtenidos basados en la demanda proporcionan resultados poco creíbles en condiciones de baja presión, lo cual puede generarse en un diseño incorrecto o falsos negativos.

(NITIN, y otros, 2017) Realizaron una publicación llamada “A review of modeling and application of water distribution networks (WDN) softwares” en el que su objetivo fue disponer de una revisión de algunos softwares especializados para el diseño de redes de distribución de agua potable empleando interfaces computarizados, entre los que comprenden el EPANET, Branch y LOOP, y también softwares conocidos tales como el Aquis, H2O map, KYPipe, WaterCAD, WaterGEMS, entre otros. La metodología se llevó a cabo bajo una revisión minuciosa de los detalles técnicos de cada programa hasta su comparación de tipos de análisis, los métodos de diseño, entre otros atributos. Como resultado encontró que los softwares se diferencian entre ellos por los algoritmos de diseño empleados, la equidad con otros sistemas informáticos, métodos de modelado y sistemas de entrada, de tal manera que la conclusión fue que independientemente del programa que se elija para diseñar una red de distribución de agua potable, se condicionará mucho de los datos obtenidos que se ingresaran al modelo, así como la concepción integral del proyecto y los detalles particulares de los elementos que se incluirán en el mismo.

In **other languages** as background we have a (SEPTIAWATI, y otros, 2019) **JOURNAL OF PHYSICS (2019)** “Evaluation of Design Planning Water Distribution System with Watercad v.7.0 Simulation Program for Townsite Basecamp Settlement Relocation in Tanjung Enim, South Sumatra”, the **main** The water distribution system is poorly located, to solve it the watercad v.7 program was used. To perform hydraulic simulations. The methodology used was the descriptive quantitative approach. A sample of 35 respondents was taken from 336 people from the Townsite Basecamp settlement. 61 nodes were used to simulate the hydraulic behavior. 0.08 lt/sec was calculated for each node and 6,938.75 m of pipe length for a total of 4.67 lt/sec, equivalent to 403,200 liters of water demand/day. In conclusion, the projected water service meets the minimum requirements of quality, quantity, continuity and pressure. The result of the analysis shows that the new design has a water demand of 403,200 l/day while the minimum requirement according to the regulations is 161,280 l/day.

Como **bases teóricas** Después de haber analizado los textos citados podemos expresar que el agua es considerada como un recurso imprescindible para el desarrollo de los seres vivos, siendo vital para la producción de alimentos, el desarrollo de los ecosistemas y la supervivencia de los seres humanos. En la actualidad se aprecian sistemas de agua

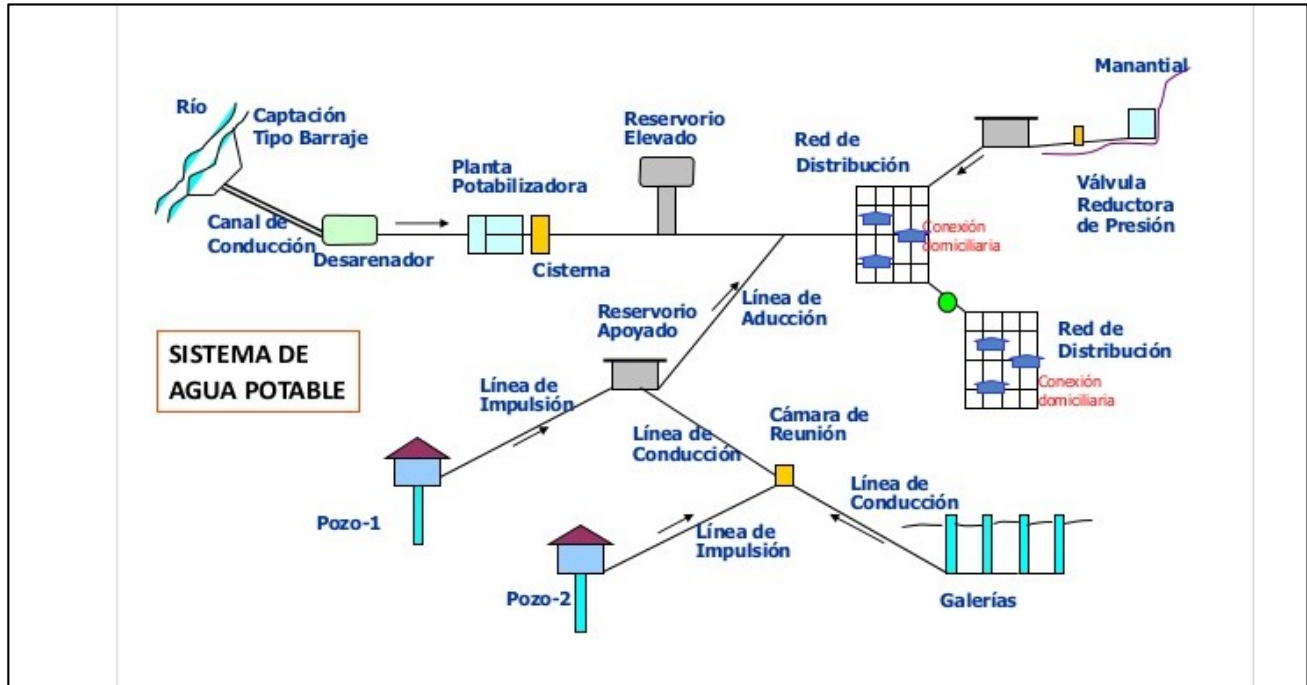
potables con deficiencias en su diseño, que generan una pérdida formal del agua considerado como agua no facturada, la cual tiene un promedio del 28% a nivel nacional (BECHMARKING REGULATORIO, 2021 pág. 29). Por lo antes mencionado, se puede decir que un diseño eficiente en los sistemas de distribución existentes disminuiría grandemente este porcentaje de pérdidas que favorece al estrés hídrico. Para hablar del diseño de un sistema de distribución de agua potable se debe considerar que este se conforma de componentes o infraestructuras civiles que comprenden: la instalación de estructuras lineales: tuberías de distribución, aducción, impulsión y conducción, además de infraestructuras no lineales como: Plantas de tratamiento de agua, pozos tubulares, reservorios, cámaras de bombeo, entre otras estructuras sanitarias.

La red de distribución de agua potable está representada por el conjunto de **tuberías**, accesorios y equipos necesarios para el traslado del agua desde una fuente de abastecimiento (almacenamiento o captación) hasta las viviendas a través de acometidas conexiones domiciliarias. En este sistema se pueden observar **tuberías**, representadas por ductos impermeables dispuestos a ser ensamblados mediante pegamento (simple presión) o mediante anillos de goma (uniones flexibles) o mediante soldaduras de electro fusión, estos tubos pueden ser de materiales diversos PVC, CSN, HDP y su sistema de acoplamiento dependerá del material concebido. También existen diversos accesorios y equipos, entre los que se encuentran las **válvulas de interrupción** que independientemente del material que este fabricado facilita el pase o retención del flujo de agua en el momento del abastecimiento del servicio; también **existen válvulas reductoras de presión**, en caso de que la geografía presente desniveles muy pronunciados y sea necesario ofertar en el campo una presión gradual; Las **válvulas de purga** que sirven para eliminar los sedimentos acumulados en las curvas convexas del sistema o en los puntos más bajos de la red a través del mantenimiento correspondiente, también existen accesorios que permiten la interconexiones entre las tuberías tales como las TEE, que están representadas por una pieza monolítica en forma de la letra “te”, la cual une perpendicularmente tres tuberías; los codos de diversos ángulos (11.25°, 22.5°, 45°, 90°) los mismos que sirven para cambiarse el sentido del direccionamiento de una tubería; las YEE, que están representadas por una pieza monolítica en forma de la letra “ye”, la cual une con un Angulo determinado tres tuberías; los tapones, que sirven para

interrumpir el fluido en los puntos muertos (OS-050, 2006).

Como componentes periféricos que accionan las red de distribución propiamente dicha tenemos: **Los reservorios**, que son fuentes de almacenamiento de agua los cuales pueden ser apoyados si se encuentran ubicados en un punto elevado (cúspide de una montaña o cerro de alto relieve) o elevados, los cuales se componen de una cuba que almacena el agua y de una estructura que la eleva del suelo a una altura de diseño determinado; la **línea de aducción**, que está compuesta por un ducto de agua que sale del reservorio con dirección a la red de distribución, esta tubería deja de ser línea de aducción en cuanto comienza a distribuir el servicio; la **línea de impulsión**; está compuesto por un ducto que traslada el agua de manera cinética desde un punto bajo a un punto alto, usualmente impulsa el agua de una fuente de captación a una fuente almacenamiento; **Pozo** se llama así a la estructura normalmente de forma cilíndrica donde se capta agua de manera subterránea, con profundidades y diámetros variables; **Galerías filtrantes** se llama así a la fuente de captación que está compuesto por una tubería percolada ubicada por debajo de la cuenca de una fuente hídrica natural con un filtro especial que capta el agua cruda y la conduce hacia un punto de extracción o almacenamiento; **La captación de aguas superficiales**, son estructuras que reciben el agua cruda exclusivamente superficial y las derivan hacia las **Plantas de tratamiento de agua potable**, que es una estructura que sirve para tratar las aguas crudas por medio de cámaras y aditivos químicos y biológicos con la finalidad de otorgar la calidad de agua potable requerida. En la figura 2 se puede observar un esquema de una red convencional de distribución (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [Vivienda], 2018).

**Figura 1.-** Modelo de los componentes una red de distribución de agua potable.



Elaboración: Fuente Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Es necesario mencionar que la buena operación y mantenimiento del sistema integral resulta indispensable para garantizar un servicio de calidad. Resulta importante mencionar que los encargados de esta operación y mantenimiento se encuentra a cargo de las Entidades Prestadoras de Servicio (EPS) para el caso de saneamiento urbano y a cargo de la Junta de Administración de Servicios de Saneamiento (JASS) para el caso de del saneamiento rural.

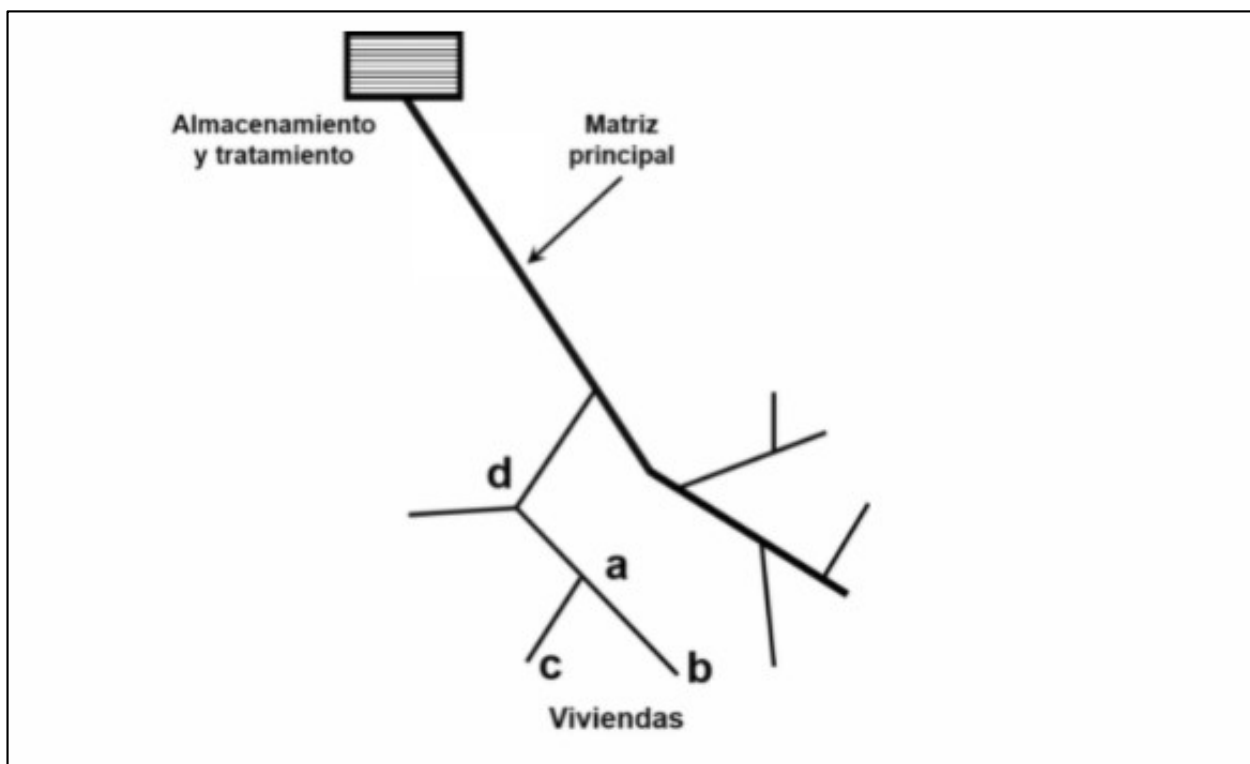
Son precisamente estos componentes anexos a la redes de distribución (tuberías) tales como “equipos”; válvulas de interrupción, hidrantes o grifos contra incendios, micro medidores, además de los “accesorios”; codos, yee, crucetas, uniones corredizas, reducciones, transiciones, “equipos electromecánicos”; variadores de frecuencia, subestaciones de bombeo, sub estaciones eléctricas, estructuras de almacenamiento; reservorios, cámaras de bombeo, estructuras de captación, entre otros componentes los que operados correctamente trasladan el agua desde una fuente de captación planta de tratamiento centralizada o pozos tubulares a las viviendas de los usuarios.

Teniendo en cuenta las redes de distribución comprenden dos tipos; **Redes ramificadas o abiertas**, las cuales se componen de una tubería principal y derivaciones de donde se



abastecen a conjunto de usuarios, es a partir de estas ramificaciones que se forman las redes secundarias de distribución. La ventaja de usar este tipo de sistema es que es posible tener controlado las demandas de la población, sabiendo que este lo abastece por cada ramal de distribución que se separe de la tubería principal. Los modelamientos hidráulicos que se realicen a través de este sistema, son más eficientes teniendo en cuenta que se carga al NODO la demanda exacta de la población abastecida. Este tipo de redes se utilizan para sectores rurales.

**Figura 2.- Esquema de red de distribución abierta.**

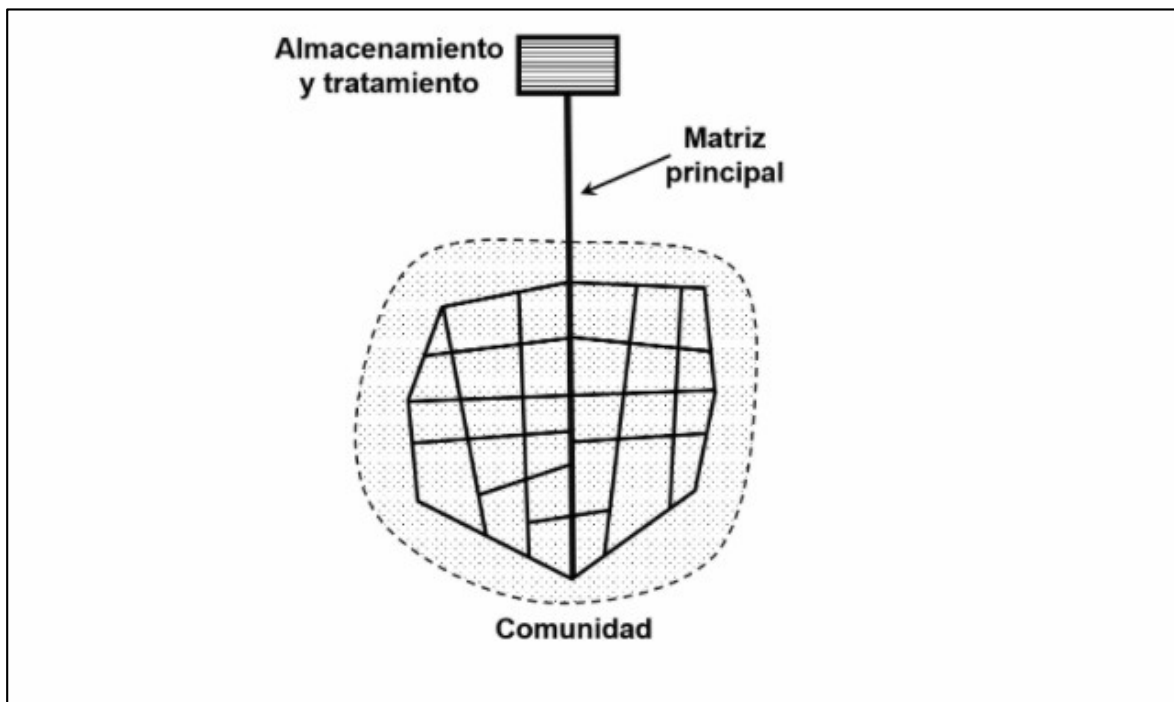


Fuente: USAID 2016, p.34

También se tiene tipo de **Redes malladas o cerradas**, son aquellas que contienen una serie de tuberías perpendiculares entre sí, como formando una malla donde el agua circula por todos lados, como un circuito cerrado, este tipo de red genera una presión circular y por ende resultados más eficientes que se reflejan en los indicadores de presión y continuidad. Para su modelamiento se recomienda el método es de Hardy – Cross, un método de iteración que se basa en la ley de continuidad de masa en los nudos, y la ley

de conservación de energía en circuitos. En su aplicación se recomienda el método de Hazen – Willians para el cálculo de las pérdidas de energía por fricción. Para este tipo de redes se debe de tener en cuenta la redundancia como el escenario que contempla los posibles fallos o interrupciones del servicio por no concatenar los circuitos enmallados o no enmallados, se tiene que asumir todas las configuraciones que resulten de posibles, para que el servicio no se interrumpa por roturas de tubería en la red, mayor aun cuando el número de tuberías resulta mayorde 10 segmentos conformando la red, con la finalidad de mantener el sistema operativo. La elección de un tipo de red mallada o abierta dependerá de la geomorfología y de la ubicación de la población a servir.

**Figura 3.-** Esquema de red de distribución cerrada.



Fuente: USAID 2016, p.34

Sea cual sea el tipo de redes que se diseñe, es recomendable el uso de software que encierren las demandas en sus respectivos nodos, para conllevar al modelamiento hidráulico o simulación correspondiente antes de aceptar el diseño. Teniendo en cuenta estas posibilidades normalmente se utilizan redes ramificadas en casos donde el perjuicio derivado de una interrupción temporal en el servicio no es considerable.

Para nuestra investigación, se utilizará el tipo de redes cerradas. Para una distribución adecuada, se necesita que el agua llegue al uso final con la continuidad requerida y la presión óptima en el sistema de distribución, para eso existen tres formas de distribución que el sistema puede adoptar en pueblos y ciudades según la ubicación de la fuente de captación: **Distribución alimentada por gravedad** se utiliza cuando la fuente de captación o de almacenamiento de agua se encuentra en una cota superior a comparación de la ciudad o pueblo que abastece, donde el flujo de la tubería de conducción y por ende de distribución se conduce por gravedad, no requiriéndose de impulsión o bombeo. La distribución por gravedad más usual, parte de un reservorio, del mismo donde se conducirá agua a la red de distribución la misma que también se accionará por gravedad hacia los puntos más bajos del sistema sin apoyo cinético alterno, este sistema reduce los costos de operación y mantenimiento, pero depende de la ubicación de la orbe o pueblo y de las fuentes de captación existentes. **Sistema de bombeo**, donde el agua se abastece mediante impulsión o bombeo continuo, al respecto existen dos formas: *el sistema de bombeo directo a la red sin almacenamiento*, donde el agua se impulsa directamente a la red, diseñado con un caudal máximo horario, este sistema solo es recomendable en zonas donde el fluido eléctrico es constante. Su costo de operación y mantenimiento es elevado. *Sistema de bombeo directo con excedencias a tanque de regulación*, este sistema es parecido al sistema directo, pero con la diferencia que aquí se aumenta en la parte final de la red un tanque de regulación en donde se acopiará los caudales exentes de la demanda generada por la población servida. **Combinación doble o sistema mixto**: En tal sistema se utiliza el sistema de bombeo como el de gravedad, estos sistemas se utilizan frecuentemente donde hay importantes variaciones en la geografía del terreno o cuando dependen del agua estacionaria para ahorra costos de operación. (DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE, 2022)

En cuanto a diseñar una red de distribución de agua potable con las **herramientas computacionales** existentes en el mercado, se reportan varios programas que se utilizan para el modelamiento hidráulico, entre ellos tenemos el **WATERCAD** programa de la familia Bentley, “no libre”, para la simulación hidráulica en el régimen estático de las redes a presión; el **HAMMER** programa similar de la familia Bentley, “no libre”, para la simulación hidráulica en régimen dinámico de redes a presión; el **EPANET**; Programa “libre” de la

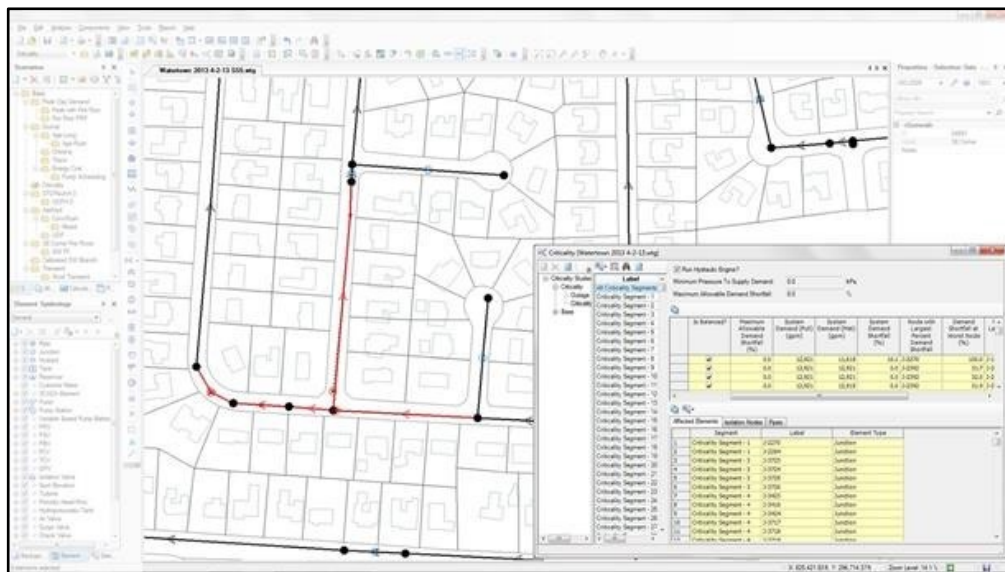
Universidad Politécnica de Valencia para la simulación hidráulica en régimen estático; el **PIPE 2000** programa “no libre” para la simulación hidráulica en periodos estático y dinámico de redes, entre **otros programas**. Para nuestro estudio, se ha decidido trabajar con los Software WATERCAD y EPANET. De los cuales describiremos sus características y aportes principales en la hidráulica urbana y rural.

El **WATERCAD**, cuyo nombre completo es Bentley WaterCAD es un software que ofrece el análisis, modelado y gestión de redes de distribución. La propiedad de este programa corresponde a la empresa Bentley Systems, Incorporated, que ha tenido a bien producir a traves de este software las soluciones para el diseño, construcción y la operación de infraestructuras en diversos campos. WaterCAD permite la simulación hidráulica de un modelo computacional que se representa por elementos de tipo: línea (segmento de tubería), punto (nodo consumidor, tanque, hidrantes) e híbrido (bombas, reguladores, reglamentos, etc.)

Modelamiento hidráulico de redes de agua potable, agua contra incendio y riego siempre que se trabajen con tuberías a presión. El programa proporciona algoritmos de cuenta basados en calificaciones hidráulicas para el análisis hidráulico (aunque se puede usar para cualquier líquido o fluido de newton) definiendo la presión en diferentes puntos de orden, así como flujo, velocidad y pérdida en líneas que forman redes hidráulicas; además de muchos otros parámetros operativos derivados delos sistemas, como bombas, válvulas de control, tanques, entre otros. Basado en las características físicas del sistema y las condiciones de la aplicación preparadas previamente. Watercad también amplía su capacidad para administrar sistemas de visualización a largo plazo, que incluyen: análisis de vulnerabilidades, análisis de protección contra incendios, estimaciones de calibración de energía y energía hidráulica, optimización, etc. Estas herramientas adicionales regulares para las redes de modelado y compresión, tienen herramientas productivas en las operaciones de gestión de datos, el concepto de formas de archivos externos y el uso del análisis, la creación y la gestión de los escenarios, que poseen cuentas hidráulicas, gestión de procesos actualizados, el programa proporciona opciones diferentes para obtener resultados, como formato de tabla, registros, transferencias temporales, salidas con codificación de colores, además de tener una interfaz gráfica independiente; el programa puede integrarse con la extensión \*.dwg y \*.dxf” propios del AutoCAD. Watercad

fue desarrollado originalmente con el método de Hassen y Willian. La compañía fue adquirida por Bentley Systems a mediados de 2004, la adquisición de productos de partida comercial llamada Bentley Watercad. Watercad es un desarrollo de un producto de software lanzado a principios de la década de 1990. Este producto puede ser uno de los pioneros en la integración de modelos hidráulicos en el entorno CAD, considerando que solo en esta década comenzó a lanzar varios productos de modelación hidráulica con la interfaz gráfica y lanzándose en el mercado solo en 1993 su primera versión, el EPANET.

**Figura 4.- Interfaz del programa**

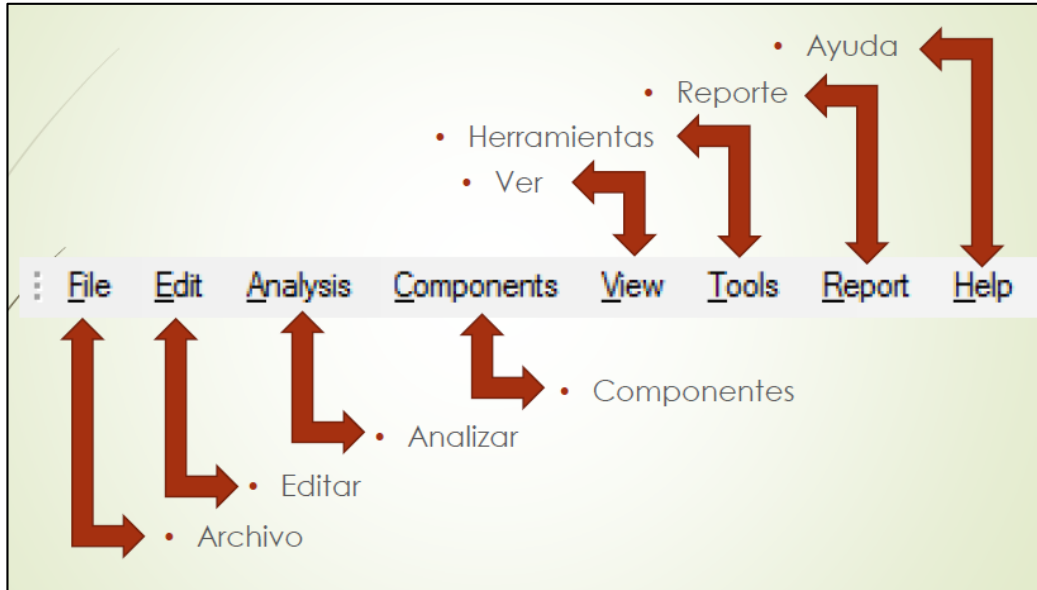


Fuente: WATERCAD v8i

El programa permite el Modelamiento hidráulico de redes puede hacerse para áreas urbanas, áreas rurales y también prediales, también se puede hacer el modelamiento de otros fluidos distintos al agua potable siempre que se le asigna las características mecánicas de dicho fluido. El programa No permite el modelamiento en régimen dinámico, por lo cual los transitorios hidráulicos deben de calcularse con otros programas. Las aplicaciones generales que permite este programa están basadas en determinar el comportamiento hidráulico de una red de distribución, el diagnóstico situacional del estado de una red y la detección de sus inconvenientes, la estimación de la eficiencia hidráulica del sistema, planificar las mejoras a efectuar en la red, mejorar las condiciones de

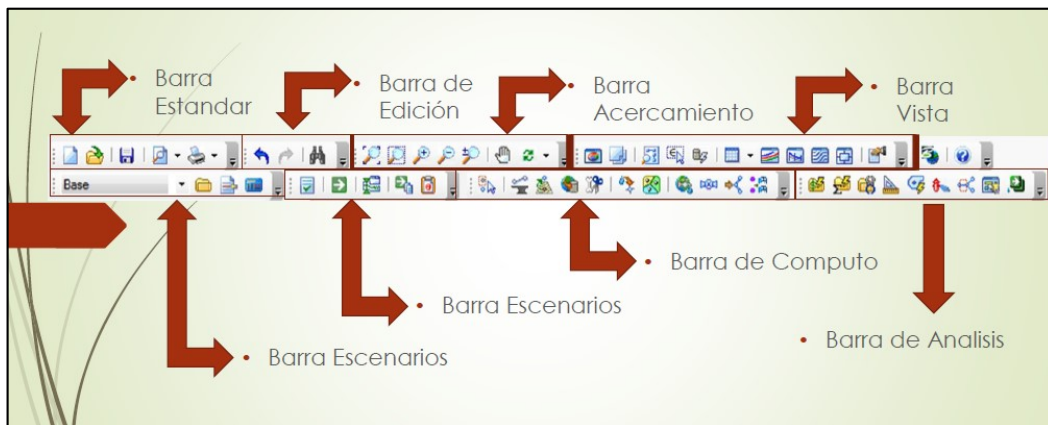
operación en la red y Determinar y controlar la calidad del agua.

**Figura 5.- Esquema de barra de menú**



Fuente: WATERCAD v8i

**Figura 6.- Esquema de barra de herramientas**

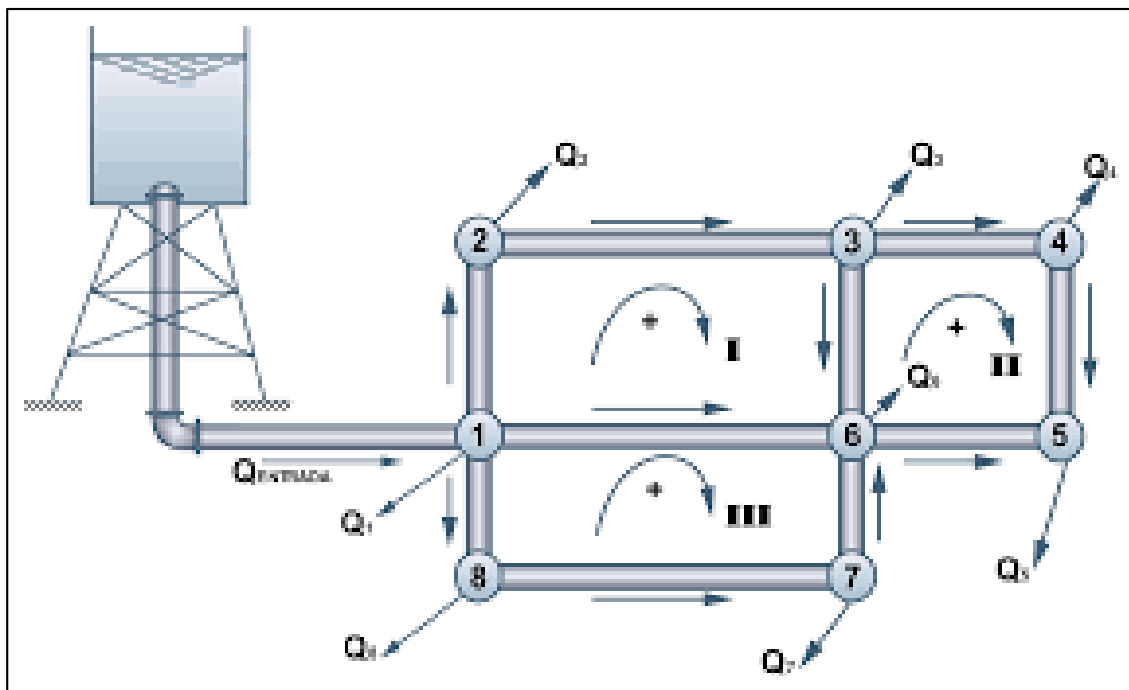


Fuente: WATERCAD v8i

El waterCAD, contiene dentro de sus componentes prototipos, tales como: Tubería de agua potable a presión (Pipe), Nodos de presión (Junction), Reservorio o cisterna de agua (Tank), fuente de agua, lago, embalse, etc (Reservoir), valvula de cierre rápido (Isolation valve), valvula check o clapeta (check valve), valvula reductora de presión (PRV), bomba

de agua potable (Pump), Válvula Sostenedora de Presión (PSV), Válvula Rompedora de Presión (PBV), Válvula de Control de Presión (FCB). Válvula de Control (TCV), Válvula de Propósito General (GPV). Algunos prototipos de importancia se pueden mencionar tales como: **Reservorio**; que es una estructura cuyo fin Estructura cuyo fin es el almacenamiento y regulación de agua, donde su volumen y su nivel es variable en el tiempo. **Tubería de Presión** que conduce el agua entre nodos y equipos hidráulicos. **Nodos de presión**, Prototipo que sirve de enlace entre tuberías, tiene la capacidad de almacenar información, como caudal, presión, etc.

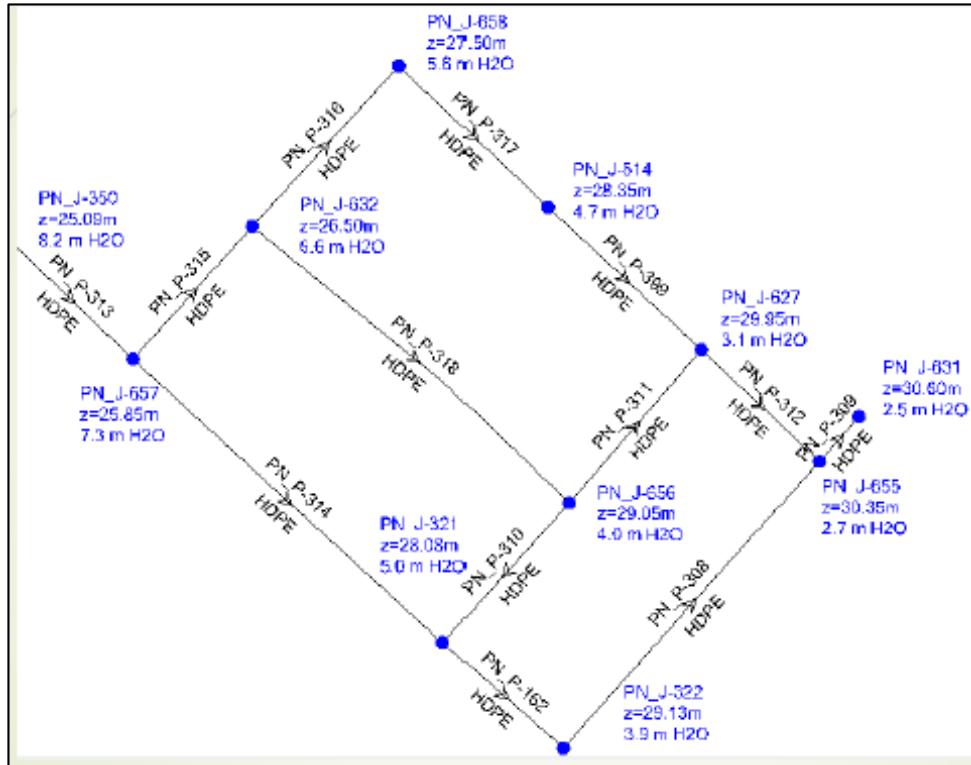
**Figura 7.- Esquema básico de funcionamiento de una simulación**



Fuente: WATERCAD v8i

También existen **Bombas de agua**, equipamiento mecánico que eleva presión del agua con ayuda de algún tipo de energía, **Válvula reductora de presión** Equipamiento hidráulico y opcionalmente eléctrico que disminuye la presión de la red a un valor o en una cantidad ya establecida.

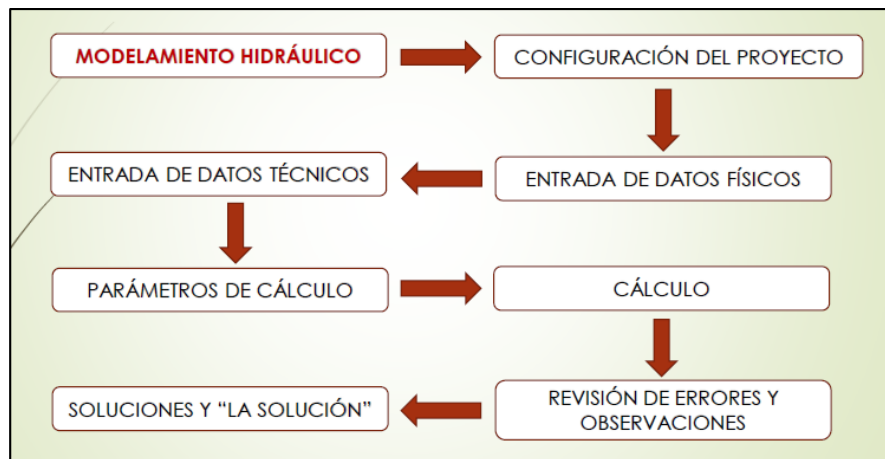
**Figura 8.- Esquema de gráficos de resultados**



Fuente: WATERCAD v8i

Teniendo en cuenta estos alcances se tiene que las etapas del modelamiento de un sistema existente o nuevo con el software WATERCAD siguen los pasos de la figura 8

**Figura 9.- Esquema de etapas de modelamiento**



Fuente: WATERCAD v8i



La etapa de **Configuración del Proyecto** tiene la finalidad de dar al programa las características del modelamiento que queremos realizar. **La entrada de datos físicos** tiene como fin la introducción de los datos que dependen de la geografía del lugar y de la población a servir, los datos Serán invariables a través del proceso de modelado hidráulico, Solamente los caudales necesitaran un cálculo previo, el cual dependerá de la población. **Entrada de datos técnicos**, Consiste en la introducción de información relacionada a las características de los materiales y equipos a utilizar, Estas limitantes dependen principalmente de la Normativas nacionales, normativas propias de las EPS, cantidad de población a servir, etc. Y las especificaciones técnicas de los proveedores de materiales y equipos, **Parámetros de cálculo**, son las condicionantes técnicas del modelamiento, estos parámetros limitan los resultados del diseño a obtener, también dependen de las normativas vigentes y de las especificaciones de los proveedores de materiales y equipos, **El cálculo**, consiste en el procesamiento de la información ingresada, en esta fase revisamos información omitida o colocado de manera incorrecta, Para ello se dispone de un comando llamado validar, el cual resalta los errores más importantes antes de proceder a calcular el sistema.

**Figura 10.- Esquema de resultados del programa**

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)
All Time Steps(1)	True	4	0.0007651	400.40	554.36
0.00	True	4	0.0007651	400.40	554.36

Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
40004	Qmax,h	Junction	889	PH_J-425	0.000	Net

Fuente: WATERCAD v8i

**Revisiones de errores y Observaciones,** El programa solo es una herramienta de cálculo, uno toma las decisiones y realiza las correcciones a criterio, no sabe discernir entre problemas en llenado de datos y problemas netamente hidráulicos.

**Figura 11.- Esquema de observaciones del programa**

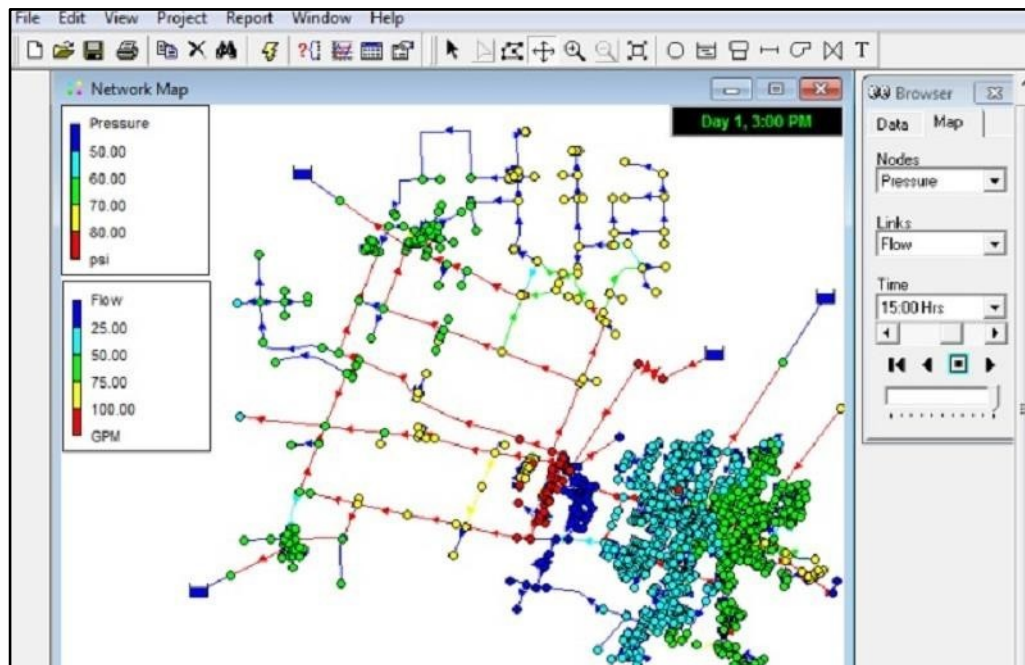
Message Id	Scenario	Element Type	Element Id	Label	Time (hours)	Message
41605	Qmax.h	(N/A)	-1	(N/A)	0.000	More than 20 negative pressures reported this timestep (only the first 20 are listed here).
40004	Qmax.h	Junction	48	PH_J-12	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-12.
40004	Qmax.h	Junction	50	PH_J-13	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-13.
40004	Qmax.h	Junction	38	PH_J-14	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-14.
40004	Qmax.h	Junction	452	PH_J-184	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-184.
40004	Qmax.h	Junction	460	PH_J-189	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-189.
40004	Qmax.h	Junction	35	PH_J-5	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-5.
40004	Qmax.h	Junction	40	PH_J-7	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-7.
40004	Qmax.h	Junction	42	PH_J-8	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-8.
40004	Qmax.h	Junction	222	PH_J-81	0.000	Negative pressure at Junction PH_J-81.

Fuente: WATERCAD v8i

Otra de las herramientas computacionales a utilizar en este estudio es el **EPANET**, un software “libre” desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. Fue desarrollado con la finalidad de saber el dinamismo y el resultado de los componentes del agua en un sistema de distribución para consumo humano, pudiéndose aplicar para otras aplicaciones permitiendo un análisis profundo de sus resultados, mediante las simulaciones digitales. Hoy en día EPANET es utilizado para el diseño de redes de distribución, los cuales incluyen la ubicación de bombas, reservorios, válvulas de retención, válvulas de interrupción, con la finalidad de advertir los gastos insulsos en energía y advertir los riesgos de la misma índole. Siendo una de sus principales ventajas la simulación a largo plazo y el análisis de la calidad del agua, el cálculo del cloro para desinfección. La primera versión de EPANET se hizo en el año 1993. El programa utiliza como método el de Gauss-Jordan en suplemento a la fórmula de Hazen-Williams, Darcy Weisbach y Chesymanning. La figura 12 representa un editor de la red de distribución, que facilita los procedimientos de creación de los modelos de tuberías, haciendo posible la modificación de propiedades y datos. Algunas herramientas y datos de informes se utilizan para ayudar a explicar los resultados del análisis de la red, incluidas las tarjetas de red codificadas por colores, las hojas de datos, el uso de energía, las reacciones, las

calibraciones, la calibración, las líneas de tiempo de las expresiones y los esquemas de bocetos y los bocetos. El modelado hidráulico preciso y completo es importante que debe de anteceder al modelado eficiente de la calidad del agua. EPANET comprende acciones de análisis hidráulicos de generación de vanguardia con las siguientes características: Dependencias de la presión como requisito indispensable del análisis hidráulico, Operaciones en el sistema basadas en el nivel o el tiempo de accionamiento del tanque, controles complejos basados en reglas, Cálculo de los coeficientes de fricción utilizando las de Hazen Williams, Darcy Weisbach o ChezyManning, incluidas las pequeñas pérdidas de carga debido a curvas de nivel y accesorios, etc.; modelamiento de bomba de velocidad constante o variable. Cálculo de la energía y los costos de la bomba, modelamiento de válvulas, incluidas válvulas de cierre, de retención, reguladoras de presión y de control de flujo. Permitir que los tanques tengan alguna forma (es decir, el diámetro puede variar en altura), considerando una variedad de solicitudes en los botones, cada uno con su propio modelo de variación a lo largo del tiempo, el modelo depende de la presión de flujo en el flujo emitido desde los reservorios.

**Figura 12.-** Interfaz gráfica de EPANET.



Fuente: EPANET.

Las disposiciones específicas para diseño: levantamiento topográfico, suelos, Población, caudal de diseño, análisis hidráulico, diámetro mínimo, velocidad, presiones (OS-050, 2006 pág. 2) entre otros utilizados por la normativa técnica peruana, corresponden a las indicaciones definidas en el documento de diseño de ingeniería. En el Perú, el Reglamento Nacional de Edificación, a través de su capítulo de “Redes de distribución de Agua para consumo humano”, brinda consideraciones relacionadas: de donde se empelarán los indicadores cuantitativos de nuestra investigación, entre los cuales destacan: el Diámetro, La presión y la velocidad.

**El diámetro**, está referido al diámetro de la tubería en donde se conducirá el agua, este diámetro es determinado por el caudal de diseño, obtenido por la demanda de la población, la Normativa técnica peruana indica que el diámetro mínimo a utilizar para la tubería principal es de 75mm (2.5 pulgadas) en caso de usos domésticos y de 150mm (5.5 pulgadas) para casos de uso industrial. (OS-050, 2006 pág. 4). La población La población de diseño se determinará para el diseño, asumiendo el cumplimiento de las normas y documentos técnicos relacionados, teniendo en cuenta las tasas de crecimiento anual y densidad poblacional. Es la población la que determina el caudal unitario mediante la división entre el Caudal medio horario y el número de viviendas, obteniéndose este resultado en litro por segundo (l/s). Por otro lado, la especificación OS.100 establece las siguientes consideraciones básicas de diseño: Abastecimiento de agua, para conexiones domiciliarias al menos 180 L/persona/día en lugares de clima frío y 220 L/persona/día si es un área con clima. Cuando necesita diseñar una línea de distribución por tuberías, no hay una solución única. Puede haber muchos diámetros para administrar los requisitos hidráulicos según lo requiera el diseño de la red; Entre todos los diámetros posibles, es necesario ser considerado como el diámetro más realista y el costo más bajo puede en ejecución, operación y materiales. Con este fin, debe tenerse en cuenta: el diámetro más utilizado del mercado, el precio de las tuberías y los accesorios, así como los factores de accidentes de las personas anteriores, los precios de los envíos, los créditos de uso y/o el precio del banco.

Por su parte, el caudal de diseño o caudal promedio se obtiene a partir del consumo promedio de la población, a partir del producto de la dotación por la población entre el

constante 86400

**La presión**, referido a la presión hidráulica, que es la fuerza que se somete a un objeto de manera vertical o perpendicular a la superficie donde se encuentra, tratándose de tuberías de agua, éstas son las que se encontraran sometidas a presión estática, por la columna de agua que contenga, la misma que será determinada por la altura a la que se encuentre la fuente de almacenamiento o algún equipo de bombeo. (Según los tipos de distribución)

Para las redes de distribución de emplearan presiones de acuerdo a la clase tubería, las mismas que pueden ser de: C-5, C-7.5 C-10 entre otras, las cuales soportaran 50, 75 y 100 mca. La presión según el NRE en los sistemas integrales no debe subir más de 50 m.c.a. en cualquier punto de la red y no debe ser inferior a 10 m.c.a. durante la hora pico

**La velocidad**, está definida como la rapidez promedio que una partícula de fluido recorriendo un punto determinado, en el caso de la velocidad hidráulica, esta se genera en función a la demanda de la población, es decir se encuentra directamente relacionada con el caudal. Las velocidades aumentarán con la Máxima demanda hidráulica, e influirán también en la presión hidrostática del sistema. La velocidad máxima del líquido dentro de la tubería debe ser menor a 3 m/s para evitar la abrasión en el interior de la tubería por la fricción. Sólo en casos excepcionales la velocidad del agua puede igualar los 5 m/s. La velocidad de circulación de agua en una tubería se considera limitada por razones técnicas. La apariencia de ruido significa que se puede crear una gran erosión interna por valores de muy alta velocidad; Al mismo tiempo, la baja velocidad permite transportar una gran cantidad de objetos, de acuerdo con los procesos suaves y de depuración, sedimentos dentro de las tuberías, lo que conducirá a consecuencias negativas.

Fluctuaciones de consumo, si no se pueden obtener datos estadísticos sobre los coeficientes de volatilidad del consumo, se pueden tener en cuenta los siguientes valores: 1,3 para calcular la demanda máxima diaria y 1,8 a 2,5 para calcular la demanda máxima horaria. De manera similar, EEPM (2018) define la pérdida de carga como una caída de presión causada por el flujo de fluido a través de una tubería. Esto se puede calcular usando la Ecuación 1, también conocida como la ecuación de Hazen Willians.

(Ecuación 1)

$$hf_{[m]} = 10,67 \cdot \left( \frac{Q_{[m^3/s]}}{C} \right)^{1,852} \frac{L_{[m]}}{D_{[m]}^{4,87}}$$

*Donde:*

*hf: pérdida de carga (m)*

*L: longitud de la tubería (m)*

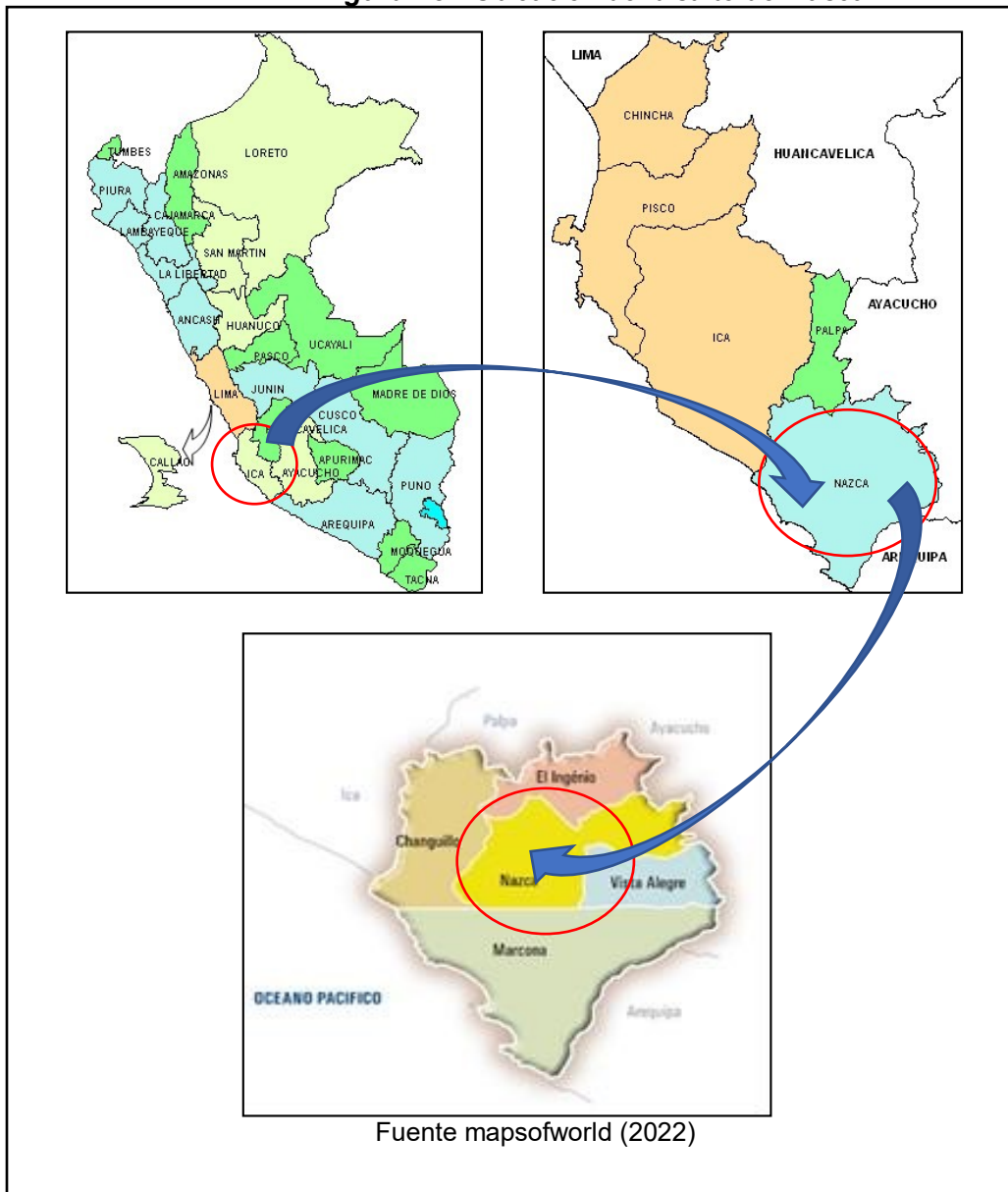
*D: diámetro interno del tubo (m)*

*Q: caudal de circulación (m<sup>3</sup>/s)*

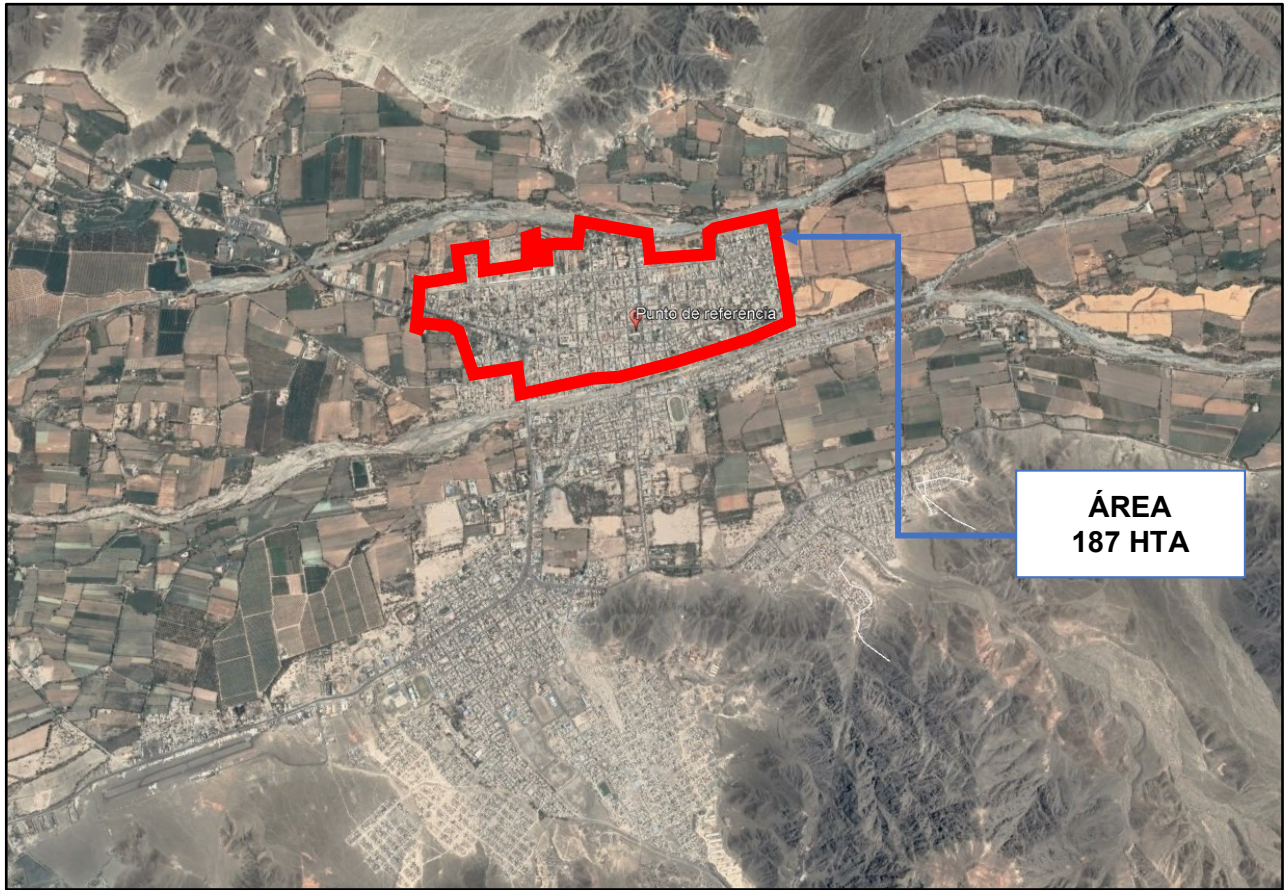
*C: coeficiente de Hazen – Willians para el material de la tubería*

En cuanto al sitio de investigación, el universo de acción está representado por 187 hectáreas, ubicado dentro del cercado de Nasca, distrito y provincia de Nasca, región Ica, siendo su coordenada referencial para efectos de estudio la plaza de armas 506772.00 m E, 8360779.00 m S, a una altura aproximada de 618.50 ms.n.m.

**Figura 13.- Ubicación del distrito de Nasca**



**Figura 14.- Ubicación del mercado de Nasca.**



Fuente: Google Earth (2022).



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Cuando nos referimos al tipo de investigación hacemos mención a la aplicación de ciertos métodos que nos permitan avizorar un amplio campo conceptual sobre los problemas que existan en una población determinada, y por ende propinar alternativas de solución a estas problemáticas con su respectivo aporte a la ciencia<sup>3</sup>. Por lo expuesto se utilizó el de tipo **Aplicada**, también conocida como práctica o empírica, porque persigue la aplicación o ejecución de los conocimientos ya adquiridos, generados por los antecedentes, como otras investigaciones a fines o la Normativa Técnica peruana u otros sustentos de valor científico o legal de lo cual se desea conocer y superar, implementado y sistematizando estas prácticas de investigación en el presente estudio.

**Diseño de investigación: Cuasi experimental** porque se realizó la manipulación de la variable independiente el cual generó efectos sobre la variable dependiente. Esta modificación se hizo específicamente sobre algunos componentes del diseño después de la realización del diagnóstico y se ejecutó con la intención de obtener el comportamiento hidráulico “optimo”, el cual contribuyó a la solución al problema indicado <sup>4</sup>

**Nivel de investigación:** Esta investigación tuvo un nivel **explicativo** porque se determinó mediante la conexión de causa y efecto entre sus variables independientes y dependiente. Cabe resaltar que cuando la metodología es de este nivel, entonces las definiciones y conceptos del estudio se centran en la explicación y la interpretación de resultados.

**Enfoque de investigación:** Fue **cuantitativo** porque se valió de la recolección de datos para comprobar sus hipótesis en base al cálculo numérico (medición) y a la estadística de sus resultados, con la finalidad de desarrollar parámetros de comportamiento y diferenciarlas de las teorías”<sup>5</sup>, es decir se obtuvieron respuestas

---

<sup>3</sup> (HERNANDEZ-SAMPIERI, y otros, 2018 pág. 93)

<sup>4</sup> (HERNANDEZ-SAMPIERI, y otros, 2018 pág. 152)

<sup>5</sup> (HERNANDEZ-SAMPIERI, y otros, 2018 pág. 5)

numéricas en virtud a las unidades de los indicadores, con los que se evaluaron las dimensiones y variables.

### 3.2 Variables y Operacionalización

**Variables de estudio:**

**Variable Independiente:** Herramientas computacionales.

**Definición conceptual:** Con el empleo de las herramientas computacionales (waterCAD y EPANET) se podrán generar modelos hidráulicos que definan los resultados de sus indicadores.

**Definición operacional:** Los programas computacionales pueden realizar simulaciones hidráulicas entre sus componentes hasta modelar los resultados dentro de los parámetros de la normativa vigente (OS-050, 2006) El análisis hidráulico del sistema de distribución es un método de cálculo numérico iterativo que se realiza sobre un sistema abierto o cerrado. El resultado final a este cálculo son las presiones, velocidades y diámetros que se generan en los nodos y entre los nodos, según el método de las áreas de influencia (calculado previo)

**Dimensión:** waterCAD, Epanet.

**Indicadores:** Uso, acceso, verificación.

**Escala de medición:** de razón.

**Variable Dependiente:** Comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable.

**Definición conceptual:** El modelamiento hidráulico permitirá obtener a partir de datos reales provenientes de la morfología del suelo y de la demanda de la población el comportamiento hidráulico estático y dinámico del sistema.

**Definición operacional:** Se refiere a la Evaluación del sistema de agua potable existente en el universo de acción, fuente de captación, línea de aducción, fuente de almacenamiento y red de distribución la finalidad de diagnosticar los diámetros, longitudes y caudales actuales; bajo esta línea base se pretender determinar la presión en los nodos que posee y las velocidades y caudales en las tuberías que la contienen.

**Dimensión:** Diámetro, presión, velocidad.

**Indicadores:** Diámetro mínimo de 25mm y 75mm; presión mínima y máxima; velocidad mínima y máxima.

**Escala de medición:** De razón.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### **Población**

Teniendo en cuenta que la población estadística está representado por el total de las variables dimensionadas dentro del estudio (Valderrama Mendoza, 2015) y además que el estudio se realizó en el cercado de Nasca, ubicado en el distrito y provincia de Nasca, delimitado entre los ríos Tierras blancas (Norte) y el río Aja (Sur), se tomó como población el total de la red de distribución de agua potable contenida en ese espacio, equivalente en 28.30 kilómetros.

#### **Muestra**

La muestra estuvo representada por 79 nodos de la red de distribución de agua potable, dentro del ámbito de la población.

#### **Muestreo**

Se empleó el muestreo no probabilístico o dirigido (HERNANDEZ-SAMPIERI, y otros, 2018 pág. 200), representado por una parte de la población, elegida según las peculiaridades de la investigación. Tomando en cuenta la muestra se empleó el muestreo intencional para analizar el comportamiento hidráulico en un sector de cuatro sectores de abastecimiento dentro del cercado, denominado Sector 04 (parte alta del sistema de distribución),

**Criterios de inclusión;** nodos ubicados en las redes de distribución del sector 04, por contener las mismas características en cuanto a distribución, horario, tipo de uso del servicio y que forma parte del cercado de Nasca con el servicio: solo agua (A) y agua y desagüe (AD) registrado en la EPS. Independientemente de su estado (cortado o activo)

**Criterios de exclusión;** no se tomó en cuenta las redes de distribución inoperativas, redes existentes sin servicio, donde se les facturas los servicios de solo desagüe (D), tampoco los demás sectores 01, 02, 03, porque se encuentran

abastecidos con circuitos abiertos, es decir, no contienen red primaria que controle el ingreso de agua por un solo lugar y genere su presión recircular. Por tal motivo, no sería conveniente aplicar simulaciones sobre circuitos que no cierran su sistema ni contiene sus propias presiones.

**Unidad de análisis;** Teniendo en cuenta que esta se encuentra definida por el conjunto de seres u objetos con características similares, que se encuentran dentro del mismo espacio geográfico, la unidad de análisis fue considerada como las redes de distribución de agua potable del Sector 04 del cercado de Nasca.

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

#### **Técnica de investigación**

Se utilizó la observación directa, la cual consiste en el registro ordenado, real y fidedigno de una situación o proceder por medio de un procedimiento de condiciones y clases <sup>6</sup>

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Son los formatos donde se puede realizar un registro de datos de forma sistemática, de donde se obtendrán las evidencias de los hechos de manera objetiva<sup>7</sup>. De acuerdo a lo mencionado se utilizará una ficha técnica de recolección de datos, dentro de los cuales también se encuentran los planos y la geomorfología.

#### **Validez**

“Consiste en reafirmar que el resultado sea determinado por la variable independiente y no de otras particularidades que puedan influir en los resultados, debiendo estas ser controladas”<sup>8</sup>. La validez de los instrumentos de recolección ha sido aprobada y validada por juicios de expertos.

---

<sup>6</sup> (HERNANDEZ-SAMPIERI, y otros, 2018)

<sup>7</sup> (Investigacion científica, 2003)

<sup>8</sup> (ARIAS, 2012)

**Tabla 1.- Rango y Magnitud de validez**

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy Alto
0.61 a 0.80	Alto
0.41 a 0.60	Moderado
0.21 a 0.40	Bajo
0.01 a 0.20	Muy Bajo

Fuente: Ficha de recolección de datos

**Tabla 2.- Validez por juicio de expertos**

EXPERT	GRADO ACADÉMICO	NOMBRES Y APELLIDOS	CIP	VALIDEZ
1	Ingeniero	Vicente Arturo Bautista Gonzales	85511	0.88
2	Ingeniero	Juan Edwin Luna Arce	64187	0.85
3	Ingeniero	Pianto Junchaya Pedro Alberto	177886	0.85

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como resultado final la validez de 0.85, que de acuerdo a la tabla N° 3.2 indica que entre el rango 0.81 a 1.00 la magnitud de validez es **muy alta**.

### **Confiabilidad**

“La confiabilidad del instrumento de medición hace referencia a que debe obtenerse resultados iguales en la misma muestra las veces que estas se repitan”<sup>9</sup>. La confiabilidad está amparada en los resultados consistentes y coherentes obtenidos, referidos en los resultados.

**Tabla 3.- Confiabilidad de un instrumento por criterios de decisión.**

Rango	Confiabilidad (Dimensión)
0.81 a 1.00	Muy eficiente
0.61 a 0.80	Eficiente
0.41 a 0.60	Normal
0.21 a 0.40	Deficiente
0 a 0.20	Muy deficiente

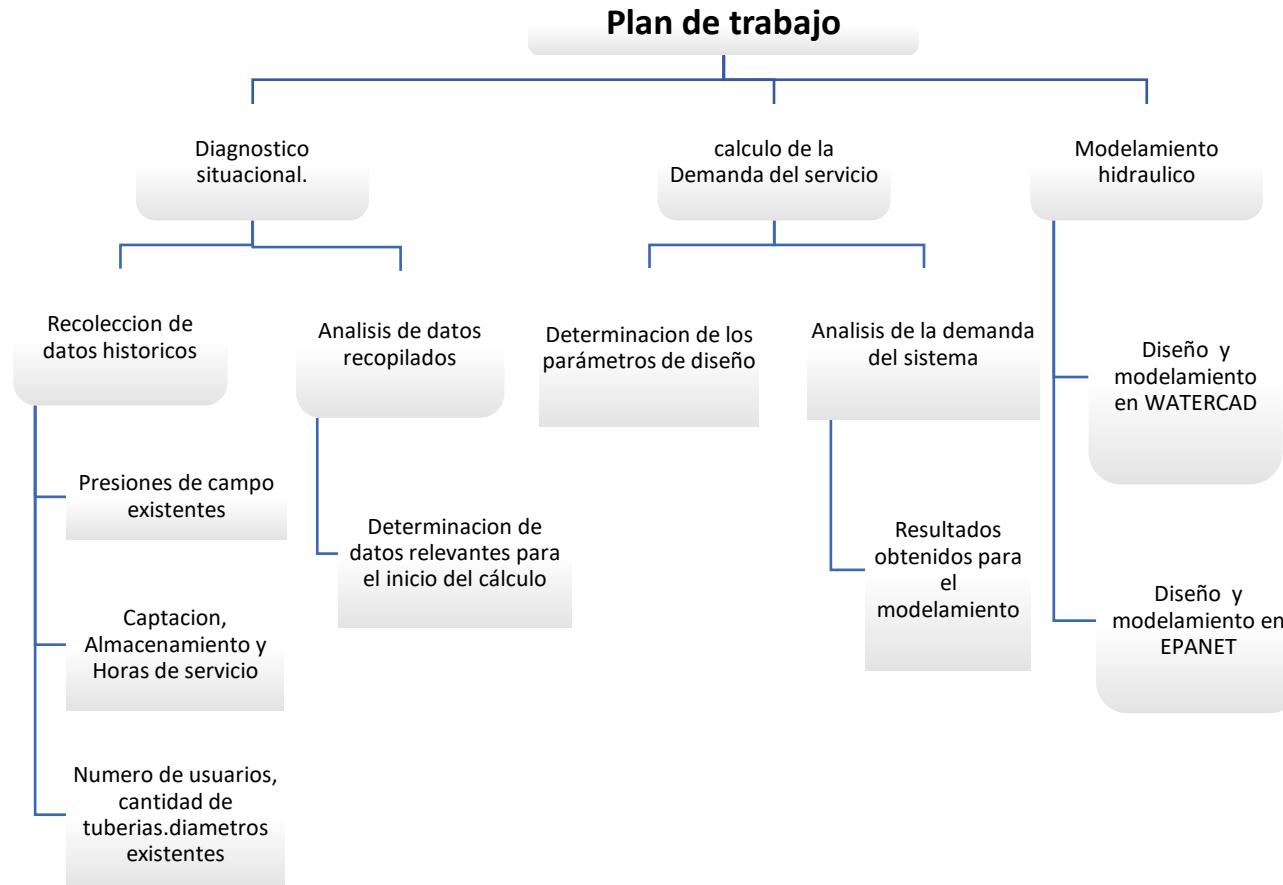
Fuente: Elaboración propia

<sup>9</sup> (HERNANDEZ, y otros, 2014)

### 3.5. Procedimientos

El desarrollo de la presente está determinado por un grupo de actividades descritas en la figura 15, el cual comprende:

**Figura 15.- Cuadro de procedimiento.**

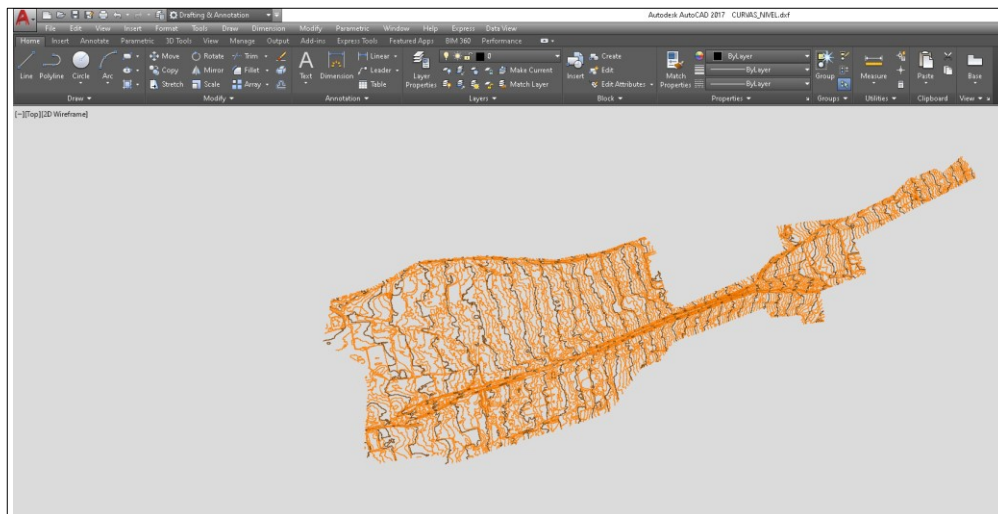


Fuente. Elaboración propia.

## Diagnostico situacional

**Recolección de Datos históricos;** Durante esta etapa se recopiló información sobre el área de estudio, obteniéndose en forma directa del área e catastro de la EPS de Nasca, los límites de la población de estudio y las características necesarias que comprobaron el universo escogido. Dentro de estos datos se obtuvo también el levantamiento topográfico que maneja actualizado de la población, realizado con el vuelo de drones, y que además contienen fotos satelitales (orto mosaicos) de toda su jurisdicción.

**Figura 16.-** Plano de curvas de nivel, levantamiento topográfico con DRONES



Fuente: Catastro Técnico – EMAPAVIGS SA (2022)

**Presiones de campo existentes;** Se ha obtenido las presiones de monitoreo que la EPS realiza dentro de la población de estudio (cercado de Nasca), siendo estas variables entre 20 m.c.a. en las zonas más favorables y de 9.00 m.c.a. en las zonas más desfavorables, Con respecto a nuestra área de estudio (muestra), la EPS no tiene registro de monitoreo en esta zona, los instrumentos de recolección de información, denominados data Loggers, se encuentran ubicados en otros lugares fuera de estudio.

**Captación, almacenamiento y horas de servicio;** Se ha tomado información de la EPS. Respecto a las horas de abastecimiento de la población de estudio, siendo ésta a través de 04 turnos, el cual separa a la población en 04 sectores, según la tabla siguiente:

**Tabla 4.- Horarios de abastecimiento del cercado de Nasca**

<b>Sectores</b>	<b>Horario</b>	<b>Reservorio</b>	<b>Capacidad</b>
Sector 01	De 05:30 am a 07:30 am	R-1500	1500 m3
Sector 02	De 07:30 am a 09:00 am	R-1500	1500 m3
Sector 03	De 09:00 am a 11:00 am	R-1500	1500 m3
Sector 04	De 03:00 pm a 05:00 pm	R-450	450 m3

Fuente: Datos Operacionales – EMAPAVIGSSA

Por simple cálculo, se observa que se tiene un promedio diario de abastecimiento de 1.875 horas, No obstante, existen lugares donde los data loggers registran mayor continuidad, debido a los movimientos de válvulas que los operadores realizan para preparar los servicios, los cuales hacen que el agua retenida en los sectores aguas arriba, proporcionen el servicio a las partes más bajas, siendo estos registros valederos para la EPS. Respecto a la capacidad de reservorio, Se abastece con 2 reservorios, de los cuales el de 1500m3 de capacidad abastece a los 3 primeros sectores, acumulando su almacenamiento durante el día, mientras el reservorio de 450 m3 de capacidad, completa su llenado para el último turno del sistema. Empero para nuestro estudio se trabajó con el Sector 04 por tenerse el aforo completo a la hora de distribuir el servicio.

Respecto a la fuente de captación,



**Número de Usuarios, cantidad de tuberías, diámetros existentes-** Se obtuvo del área de catastro comercial datos de la cantidad de usuarios que son abastecidos en los sectores de distribución, siendo el inventario el siguiente:

**Tabla 5.- Usuarios contenidos en los sectores de abastecimiento**

Sectores	Número de usuarios del servicio de agua
Sector 01	1122
Sector 02	748
Sector 03	624
Sector 04	710

Fuente: Datos comerciales – EMAPAVIGSSA

Teniéndose un total de 3,204 usuario del servicio de agua potable (Agua + desagüe y solo agua) dentro de la población.

En cuanto a las redes de distribución se tienen tuberías con diámetros que oscilan entre los 90mm, 110mm y 160mm, con acometidas domiciliarias de ½ pulgada en su mayoría, dentro de usuarios residenciales y no residenciales, siendo el inventario de redes de agua del cercado de Nasca el siguiente:

**Tabla 6.- Metrado de tuberías por diferencia de diámetros en el cercado de Nasca**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
1.00	Tubería de DN 90m-UF-PVC-C 7.5	ml	3,500
2.00	Tubería de DN 110m-UF-PVC-C 7.5	ml	21,800
3.00	Tubería de DN 160m-UF-PVC-C 7.5	ml	2,000
4.00	Tubería de DN 200m-UF-PVC-C 7.5	ml	1,000
		total (ml)	<b>28,300</b>

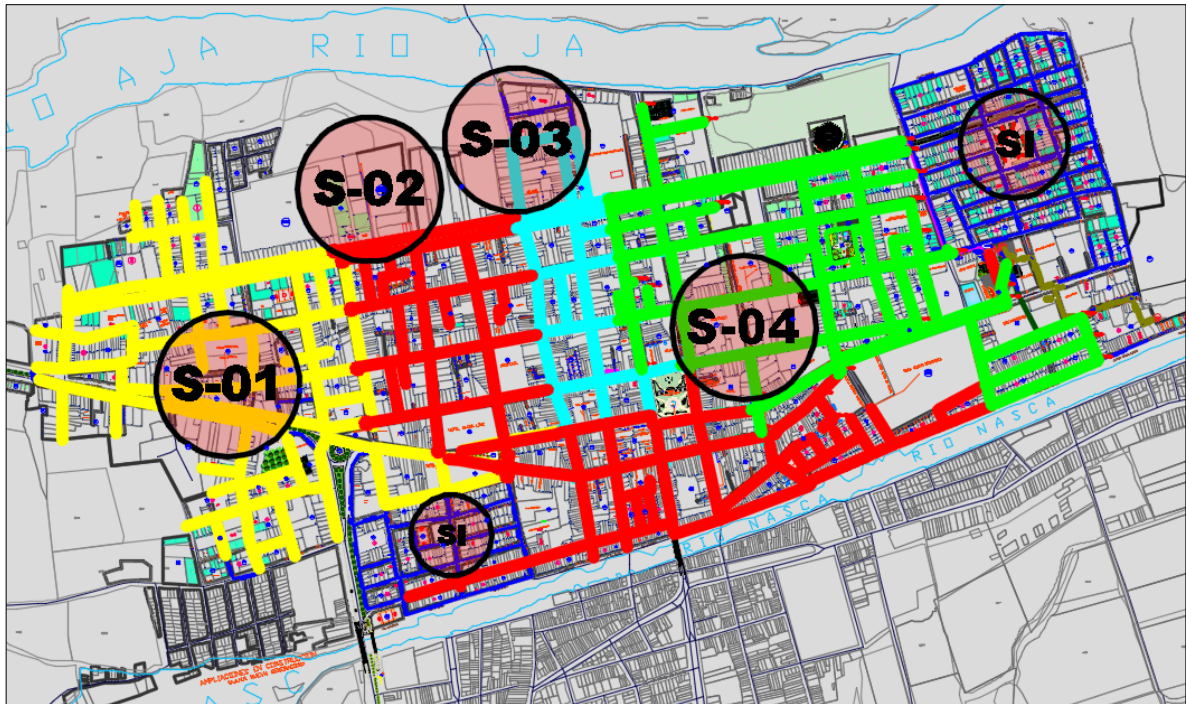
Fuente: Datos Operacionales – EMAPAVIGSSA

Nótese el desagregado de los diámetros de tuberías existentes en el sistema de agua potable dentro de la población de estudio, siendo la mayoría del diámetro 110mm de PVC, CLASE 7.5 de tipo unión flexible.

**Análisis de datos recopilados.** - Habiéndose recopilado los datos de la población de estudio y tomando en cuenta la muestra no probabilística intencional expuesta

en el capítulo III de la presente, se ha realizado un análisis de los sectores de distribución proporcionados los cuales se muestran en la siguiente figura:

**Figura 17.- Sectores de distribución del servicio de agua**



Fuente: Elaboración Propia.

**El Sector 01:** tiene un tipo de distribución de agua abierta, porque el servicio proveniente del R-1500, conduce el agua por todas las redes longitudinales existentes, haciendo que el servicio se represe hasta el sector 02, en periodos de estiaje y hasta el sector 03 en periodos de avenida. No existiendo un límite definido en la realidad. No obstante, la EPS maneja este sector con su límite referencial para efectos de los turnos básicos otorgados a los usuarios.

**El Sector 02:** tiene un tipo de distribución de agua abierta, porque el servicio proveniente del R-1500, conduce el agua por todas las redes longitudinales existentes, haciendo que el servicio se represe hasta el sector 03, en periodos de estiaje y hasta el sector 04 en periodos de avenida. No existiendo un límite definido en la realidad. No obstante, la EPS maneja este sector con su límite referencial para efectos de los turnos básicos otorgados a los usuarios.

**El Sector 03:** tiene un tipo de distribución de agua abierta, porque el servicio proveniente del R-1500, conduce el agua por todas las redes longitudinales existentes, haciendo que el servicio se represe hasta el sector 04, en periodos de avenida. No existiendo un límite definido en la realidad. No obstante, la EPS maneja este sector con su límite referencial para efectos de los turnos básicos otorgados a los usuarios.

**El Sector 04:** es el único sector que tiene un tipo de distribución cerrado, porque el servicio proveniente del R-450, conduce el agua por todas las redes longitudinales existentes, hasta los puntos cerrados en las calles transversales, haciendo que el servicio se represe hasta los puntos más altos y operativos del sistema. Este sistema es el único que genera la presión circular, con el que puede ser sometido a modelamientos hidráulicos a través de los programas computacionales.

**Los sectores SI:** Son los llamados sectores inoperativos, que no cuentan con el servicio de agua potable, solo de alcantarillado sanitario, se sabe por el catastro comercial de la EPS, que estos usuarios cuentan con pozos artesianos.

Habiendo corroborado las razones técnicas por la cual se escogió el sector 04 como muestra del estudio. Expondré el análisis de los componentes hidráulicos propios del abastecimiento:

**En cuanto a la fuente de captación,** el sector 04 es abastecido únicamente por el acueducto de Bisambra, el cual como se explicó líneas arriba, llena el reservorio en el transcurso del día, preparando la distribución para el último turno y que también realiza la función de recarga cuando se otorga el servicio (02 horas) siendo su volumen de aporte de 201.60 m<sup>3</sup>, obtenido por el producto del Q<sub>b</sub>. (caudal de bombeo) = 28 l/s, el R<sub>b</sub>= Tiempo de bombeo=2.00 horas y el factor 3.6 (3600/1000)

**En cuanto a la fuente de almacenamiento;** se corroboró que el reservorio se llena en su totalidad hasta las 03:00pm del día, siendo esta hora donde se da inicio al último turno de abastecimiento, con un volumen de almacenamiento de 450m<sup>3</sup> mas un culmen de recarga de 201.60m<sup>3</sup>, siendo un total de 651.60m<sup>3</sup> de agua el volumen de oferta.

**En cuanto a las redes de distribución;** estas se encuentran definidas por el siguiente metrado:

**Tabla 7.- Metrado de tuberías por diámetros en el sector 04 (muestra)**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
1.00	Tubería de DN 75mm-UF-PVC-C 7.5	ml	69.21
2.00	Tubería de DN 90m-UF-PVC-C 7.5	ml	271.05
3.00	Tubería de DN 110m-UF-PVC-C 7.5	ml	6,277.50
4.00	Tubería de DN 160m-UF-PVC-C 7.5	ml	1,559.79
5.00	Tubería de DN 200m-UF-PVC-C 7.5	ml	480.37
		total (ml)	<b>8,657.92</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Nótese que la mayoría de metros lineales de redes son de diámetro 110mm de PVC, CLASE 7.5 de tipo unión flexible.

**Determinación de datos relevantes para inicio del cálculo;** Habiéndose analizado los datos recopilados, se determinan los siguientes datos físicos para el inicio del cálculo:

**Tabla 8.- Determinación de datos relevantes para el cálculo hidráulico**

Datos	Descripción
Sector de muestra	Sector 04
Cantidad de Usuarios	710
Metrado de tubería	8657.92 m
Material de tubería preponderante	PVC
Volumen de almacenamiento	450m <sup>3</sup>
Altura del reservorio	19.00 m
Tipo de reservorio	Elevado
Fuente de captación	Acueducto Bisambra
Caudal de salida	30 l/s
Horario de abastecimiento	de 03:00 pm a 05:00 pm
Tipo de distribución	cerrada

Fuente: Elaboración Propia.

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

El desarrollo de la presente está determinado por un grupo de actividades descritas en la figura 15, el cual comprende:

**Cálculo de la demanda del servicio;** para poder realizar los cálculos de la demanda se ha escogido el método proveniente del estudio tarifario 2019-2023 que forma parte del Plan Maestro Optimizado –PMO, vigente de la EPS, determinado por este estudio como METODO PMO-SUNASS, el cual emplea más de un indicador que incide sobre el universo de estudio, además de las formulas básicas ubicadas el Reglamento Nacional de Edificaciones en su capítulo OS-050 y OS-100.

#### **Determinación de los parámetros de diseño**

Para la obtención del diagnóstico del comportamiento hidráulico del sector 04 (sector alto). Se trabajó con los siguientes parámetros:

**Población.** - Se obtuvo mediante el método geométrico, siendo este el de 2606 para el año cero (2022) y de 3949 para el año 2042 (horizonte del proyecto)

**Tabla 9.- Determinación de la población futura**

ÍTEM	AÑO	POBLACIÓN
-1	2,021.00	2,552
0	2,022.00	2,606
1	2,023.00	2,661
2	2,024.00	2,717
3	2,025.00	2,774
4	2,026.00	2,832
5	2,027.00	2,891
6	2,028.00	2,952
7	2,029.00	3,014
8	2,030.00	3,077
9	2,031.00	3,142
10	2,032.00	3,208
11	2,033.00	3,275
12	2,034.00	3,344
13	2,035.00	3,414
14	2,036.00	3,486
15	2,037.00	3,559
16	2,038.00	3,634
17	2,039.00	3,710
18	2,040.00	3,788
19	2,041.00	3,868
20	2,042.00	3,949

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la población de aplico la siguiente formula:  **$Pf=Pi (1+r) t$** , donde **Pf**= Población futura o proyectada, **Pi**= Población base o inicial, **r**=tasa de crecimiento y **t**= periodo proyectado en años.

**Cobertura de agua potable.** - Este parámetro se obtuvo teniendo en cuenta las categorías de los clientes reales, los cuales se desagregan en Doméstico, Comercial, Industrial, social y estatal, siendo la mayoría de porcentaje el de la categoría doméstico, el cual contiene el 83% de usuarios.

**Tabla 10.- Cobertura de agua potable**

ÍTEM	AÑO	DOMÉSTICO	COMERCIAL	INDUSTRIAL	SOCIAL	ESTATAL
-1	2,021	83%	15%	0%	0%	1%
0	2,022	83%	15%	0%	0%	1%
1	2,023	83%	15%	0%	0%	1%
2	2,024	83%	15%	0%	0%	1%
3	2,025	83%	15%	0%	0%	1%
4	2,026	83%	15%	0%	0%	1%
5	2,027	83%	15%	0%	0%	1%
6	2,028	83%	15%	0%	0%	1%
7	2,029	83%	15%	0%	0%	1%
8	2,030	83%	15%	0%	0%	1%
9	2,031	83%	15%	0%	0%	1%
10	2,032	83%	15%	0%	0%	1%
11	2,033	83%	15%	0%	0%	1%
12	2,034	83%	15%	0%	0%	1%
13	2,035	83%	15%	0%	0%	1%
14	2,036	83%	15%	0%	0%	1%
15	2,037	83%	15%	0%	0%	1%
16	2,038	83%	15%	0%	0%	1%
17	2,039	83%	15%	0%	0%	1%
18	2,040	83%	15%	0%	0%	1%
19	2,041	83%	15%	0%	0%	1%
20	2,042	83%	15%	0%	0%	1%

Fuente: Elaboración Propia.

**Cobertura de alcantarillado.** - Aunque este parámetro no se utilizará en el diseño, es necesario mencionarlo debido al porcentaje de aporte al alcantarillado que se obtendrá del 80% de la Máxima demanda Horaria (Qmh). Este parámetro se obtuvo teniendo en cuenta las categorías de los clientes reales, los cuales se desagregan en las mismas categorías que la cobertura de agua potable, siendo la mayoría de porcentaje el de la categoría doméstico, el cual contiene el 81% de usuarios.

**Tabla 11.- Cobertura de alcantarillado**

ÍTEM	AÑO	DOMÉSTICO	COMERCIAL	INDUSTRIAL	SOCIAL	ESTATAL
-1	2,021	81%	17%	0%	0%	2%
0	2,022	81%	17%	0%	0%	2%
1	2,023	81%	17%	0%	0%	2%
2	2,024	81%	17%	0%	0%	2%
3	2,025	81%	17%	0%	0%	2%
4	2,026	81%	17%	0%	0%	2%
5	2,027	81%	17%	0%	0%	2%
6	2,028	81%	17%	0%	0%	2%
7	2,029	81%	17%	0%	0%	2%
8	2,030	81%	17%	0%	0%	2%
9	2,031	81%	17%	0%	0%	2%
10	2,032	81%	17%	0%	0%	2%
11	2,033	81%	17%	0%	0%	2%
12	2,034	81%	17%	0%	0%	2%
13	2,035	81%	17%	0%	0%	2%
14	2,036	81%	17%	0%	0%	2%
15	2,037	81%	17%	0%	0%	2%
16	2,038	81%	17%	0%	0%	2%
17	2,039	81%	17%	0%	0%	2%
18	2,040	81%	17%	0%	0%	2%
19	2,041	81%	17%	0%	0%	2%
20	2,042	81%	17%	0%	0%	2%

Fuente: Elaboración Propia.



**Cobertura de micro medición.** - Este parámetro se obtuvo teniendo en cuenta las categorías de los clientes reales, y el porcentaje de micro medición que estos tienen en sus respectivas categorías, siendo la mayoría de porcentaje de la micro medición de 81% para la categoría doméstico y 18% para la categoría comercial. El porcentaje en conjunto de micro medición en conjunto para el sector de estudio es de 55.63%

**Tabla 12.- Cobertura de micro medición**

ÍTEM	AÑO	DOMÉSTICO	COMERCIAL	INDUSTRIAL	SOCIAL	ESTATAL
-1	2,021	81%	18%	0%	0%	1%
0	2,022	81%	18%	0%	0%	1%
1	2,023	81%	18%	0%	0%	1%
2	2,024	81%	18%	0%	0%	1%
3	2,025	81%	18%	0%	0%	1%
4	2,026	81%	18%	0%	0%	1%
5	2,027	81%	18%	0%	0%	1%
6	2,028	81%	18%	0%	0%	1%
7	2,029	81%	18%	0%	0%	1%
8	2,030	81%	18%	0%	0%	1%
9	2,031	81%	18%	0%	0%	1%
10	2,032	81%	18%	0%	0%	1%
11	2,033	81%	18%	0%	0%	1%
12	2,034	81%	18%	0%	0%	1%
13	2,035	81%	18%	0%	0%	1%
14	2,036	81%	18%	0%	0%	1%
15	2,037	81%	18%	0%	0%	1%
16	2,038	81%	18%	0%	0%	1%
17	2,039	81%	18%	0%	0%	1%
18	2,040	81%	18%	0%	0%	1%
19	2,041	81%	18%	0%	0%	1%
20	2,042	81%	18%	0%	0%	1%

Fuente: Elaboración Propia.

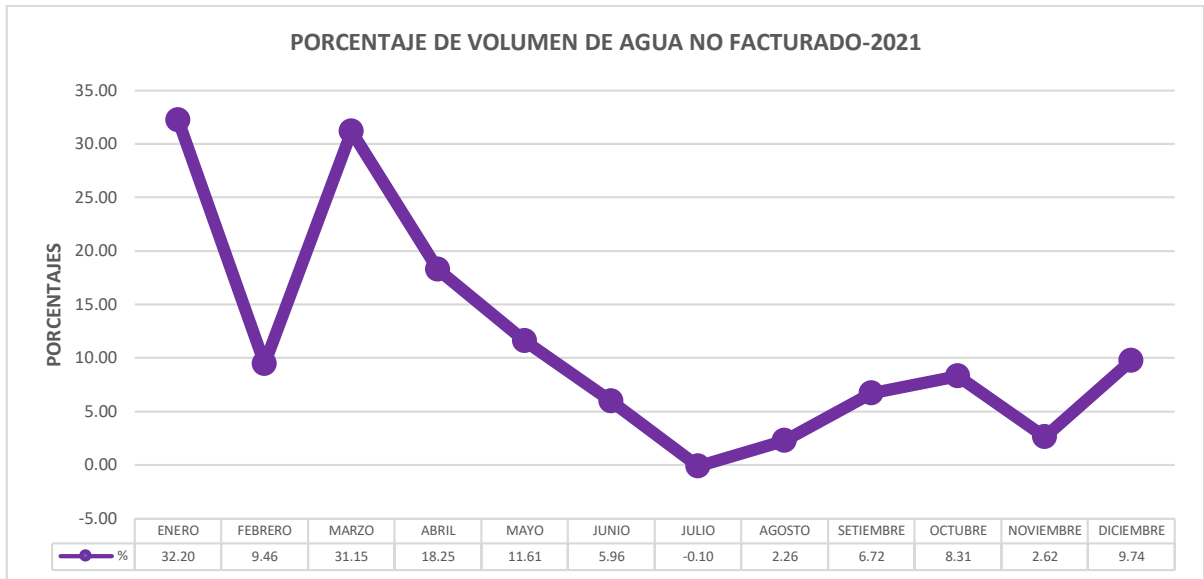
**Índice de agua no contabilizada.** - Este dato fue obtenido de manera real, por parte del área de catastro de la EPS, el cual proporciona un promedio anual al año 2021 (-1) de 13%, de manera integral para todos los sectores, el cual es obtenido del volumen de (agua producido – volumen de agua facturada) entre el volumen de agua producido.

**Tabla 13.- Porcentaje de agua no facturada**

ÍTEM	AÑO	TOTAL
-1	2,021	13%
0	2,022	13%
1	2,023	13%
2	2,024	13%
3	2,025	13%
4	2,026	13%
5	2,027	13%
6	2,028	13%
7	2,029	13%
8	2,030	13%
9	2,031	13%
10	2,032	13%
11	2,033	13%
12	2,034	13%
13	2,035	13%
14	2,036	13%
15	2,037	13%
16	2,038	13%
17	2,039	13%
18	2,040	13%
19	2,041	13%
20	2,042	13%

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfico 1.- Porcentaje de Agua No facturada-2021**



Fuente: Catastro Técnico – EMAPAVIGS SA (2021)

**Estudio de mercado.** - Se eligió trabajar con el método del Estudio tarifario, el cual considera el número de conexiones domiciliarias de mayor porcentaje como el universo de acción, para a partir de él prorratear las demás categorías, siendo los resultados como en la tabla siguiente:

**Tabla 14.- Estudio de mercado**

TIPO DE USUARIO	UNIDAD	N° CONEXIONES	INVIERTE.PE	EST. TAR
DOMESTICOS	Sector 04	590	83%	100%
COMERCIAL	Sector 04	109	15%	18%
INDUSTRIAL	Sector 04	2	0%	0%
SOCIAL	Sector 04	1	0%	0%
ESTATAL	Sector 04	8	1%	1%

Fuente: Elaboración Propia.

**La densidad poblacional.** - Se utilizó la densidad poblacional según el INEI, equivalente a 3.67 habitantes por vivienda.

**Tabla 15.- Densidad Poblacional**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
DENSIDAD VIV.	Sector 04	3.67

Fuente: Elaboración Propia.

**Consumo por tipo de Usuario.** - Se Obtuvo los volúmenes precisos de consumo por categoría, obtenidos del padrón de catastro, donde se diferencian los volúmenes de consumo del mes de mayo 2022. Siendo este el resultado:

**Tabla 16.- Consumo por tipo de usuario**

TIPO DE USUARIO	UNIDAD	MEDIDO	NO MEDIDO	Fi (conex/viv)
DOMESTICO	m3/mes/conex	17.14	18.62	1.00
COMERCIAL	m3/mes/conex	24.36	26.89	1.00
INDUSTRIAL	m3/mes/conex	-	30.00	1.00
SOCIAL	m3/mes/conex	-	20.00	1.00
ESTATAL	m3/mes/conex	55.67	52.00	1.00

Fuente: Datos Comerciales – EMAPAVIGSSA

**Costos fijos y variables del servicio por metro cubico (S/. /m3).** - Teniendo en cuenta que se está trabajando con las formulas procedentes del Estudio Tarifario propio de la EPS, se ha tenido en cuenta los costos fijos y los costos promedio de los servicios independientes de agua y desagüe por categoría.

**Tabla 17.- Costos por m3 de agua potable**

TIPO DE USUARIO	AGUA POTABLE		ALCANTARILLADO	
	FIJO S/. Mes	VARIABLE s/./Xm3	FIJO S/. Mes	VARIABLE s/./Xm3
DOMESTICOS	2.65	1.44	2.65	0.65
COMERCIAL	2.65	2.60	2.65	1.20
INDUSTRIAL	2.65	3.31	2.65	1.54
SOCIAL	2.65	0.99	2.65	0.46
ESTATAL	2.65	2.06	2.65	0.97

Fuente: Estudio tarifario 2019-2023 – EMAPAVIGSSA

**Parámetros hidráulicos.** - Finalmente se presentan los factores que influirán sobre el Qp=Caudal promedio para la obtención de las demandas según OS-050.

**Tabla 18.- Parámetros hidráulicos**

DESCRIPCIÓN	VALOR	OBSERVACION
QMD	1.30	Del Qp
QMH	2.50	Del Qp
Qmin	0.40	Del Qp
%CALC	0.80	De la Qmh

Fuente: OS-050

## Análisis de la demanda según método PMO-SUNASS

Con los parámetros dispuestos, se realizaron los cálculos siguientes, según los siguientes pasos:

**Tabla 19.- Formulas aplicadas según Estudio Tarifario 2019-2023-EMAPAVIGS SA**

REPO.	PASO	DATOS	SIMB.	VALOR	UND(1)	FÓRMULA	RESUL.	UND(2)	OBSERV.
R1	1	POBLACIÓN EN EL AÑO 20	P (20)	2,606	Hab	$NV = [P(20)] * [DV^{(-1)}]$	710	viv	Número de Viviendas
		DENSIDAD DE VIVIENDA	DV	3.67	Hab/viv				
	2	N° DE VIVIENDAS	NV	710.08	viv	$NV_D = [NV] * [%UD]$	710	viv	Número de Viviendas domésticas
		% USUARIOS DOMÉSTICOS	%UD	100%	Adim				
	3	N° DE VIVIENDAS	NV	710.08	viv	$NV_C = [NV] * [%UC]$	131	viv	Número de Viviendas comerciales
		% USUARIOS COMERCIALES	%UC	18%	Adim				
	4	N° DE VIVIENDAS	NV	710.08	viv	$NV_I = [NV] * [%UI]$	2	viv	Número de Viviendas Industriales
		% USUARIOS INDUSTRIALES	%UI	0.34%	Adim				
	5	N° DE VIVIENDAS	NV	710.08	viv	$NV_S = [NV] * [%US]$	1	viv	Número de Viviendas sociales
		% USUARIOS SOCIALES	%US	0.17%	Adim				
	6	N° DE VIVIENDAS	NV	710.08	viv	$NV_E = [NV] * [%UE]$	10	viv	Número de Viviendas estatales
		% USUARIOS ESTATALES	%UE	1.4%	Adim				
R2	7	N° DE VIVIENDAS DOMÉSTICAS	$NV_D$	710	viv	$NV_{DM} = [%MM] * [%CAP] * [NV_D]$	477	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS

	COBERTURA DE MICROMEDICIÓN AÑO 20	%MM	81%	Adim				DOMÉSTICAS CON MEDIDOR
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	83%	Adim				
8	N° DE VIVIENDAS DOMÉSTICAS	NV <sub>D</sub>	710	viv	$NV_{DNM}=[\%C_{AP}]*[NV_D]-NV_{DM}$	113	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS DOMÉSTICAS SIN MEDIDOR
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	83%	Adim				
	NÚMERO DE VIVIENDAS DOMÉSTICAS CON MEDIDOR	NV <sub>DM</sub>	477	viv				
9	N° DE VIVIENDAS COMERCIALES	NV <sub>C</sub>	131	viv	$NV_{CM}=[\%MM]*[\%C_{AP}]*[NV_C]$	4	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS COMERCIAL CON MEDIDOR
	COBERTURA DE MICROMEDICIÓN AÑO 20	%MM	18%	Adim				
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	15%	Adim				
10	N° DE VIVIENDAS COMERCIALES	NV <sub>C</sub>	131	viv	$NV_{CNM}=[\%C_{AP}]*[NV_C]-NV_{CM}$	16	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS COMERCIAL SIN MEDIDOR
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	15%	Adim				
	NÚMERO DE VIVIENDAS COMERCIALES CON MEDIDOR	NV <sub>CM</sub>	4	viv				
11	N° DE VIVIENDAS INDUSTRIALES	NV <sub>I</sub>	2	viv	$NV_{IM}=[\%MM]*[\%C_{AP}]*[NV_I]$	0	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS

	COBERTURA DE MICROMEDICIÓN AÑO 20	%MM	0%	Adim				INDUSTRIAL CON MEDIDOR
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	0%	Adim				
12	N° DE VIVIENDAS INDUSTRIALES	NV <sub>I</sub>	2	viv	$NV_{INM}=[\%C_{AP}]*[NV_I]-NV_{IM}$	0	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS INDUSTRIAL SIN MEDIDOR
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	0%	Adim				
	NÚMERO DE VIVIENDAS INDUSTRIALES CON MEDIDOR	NV <sub>IM</sub>	0	viv				
13	N° DE VIVIENDAS SOCIALES	NV <sub>S</sub>	1	viv	$NV_{SM}=[\%MM]*[\%C_{AP}]*[NV_S]$	-	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS SOCIAL CON MEDIDOR
	COBERTURA DE MICROMEDICIÓN AÑO 20	%MM	0%	Adim				
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	0%	Adim				
14	N° DE VIVIENDAS SOCIALES	NV <sub>S</sub>	1	viv	$NV_{SNM}=[\%C_{AP}]*[NV_S]-NV_{SM}$	0	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS SOCIAL SIN MEDIDOR
	COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	0%	Adim				
	NÚMERO DE VIVIENDAS SOCIALES CON MEDIDOR	NV <sub>SM</sub>	-	viv				
15	N° DE VIVIENDAS ESTATALES	NV <sub>E</sub>	10	viv	$NV_{EM}=[\%MM]*[\%C_{AP}]*[NV_E]$	0	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS

		COBERTURA DE MICROMEDICIÓN AÑO 20	%MM	1%	Adim				ESTATAL CON MEDIDOR
		COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	1%	Adim				
	16	N° DE VIVIENDAS ESTATALES	NV <sub>E</sub>	10	viv	$NV_{ENM}=[\%CAP]*[NV_E]-NV_{EM}$	0	viv	NÚMERO DE VIVIENDAS ESTATAL SIN MEDIDOR
		COBERTURA DE AGUA POTABLE AÑO 20	%CAP	1%	Adim				
		NÚMERO DE VIVIENDAS ESTATALES CON MEDIDOR	NV <sub>EM</sub>	0	viv				
R3	17	CONSUMO PROMEDIO CON MEDIDOR-DOMESTICO	CPMD	17	m3/mes/conex	$C_{DM}=12*[CP_{MD}]*[F_1]*[NV_{DM}]$	98,089	m3/año	Consumo anual medido- Usuario Doméstico
		FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-VIVIENDA DOMESTICO	F1	1.00	conex/viv				
		NÚMERO DE VIVIENDAS DOMÉSTICAS CON MEDIDOR	NVDM	477	viv				
	18	CONSUMO PROMEDIO SIN MEDIDOR-DOMESTICO	CPNMD	19	m3/mes/conex	$C_{DNM}=12*[CP_{NMD}]*[F_1]*[NV_{DNM}]$	25,288	m3/año	Consumo anual no medido- Usuario Doméstico
		FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-VIVIENDA DOMESTICO	F1	1.00	conex/viv				



	NÚMERO DE VIVIENDAS DOMÉSTICAS SIN MEDIDOR	NVDNM	113	Viv				
19	CONSUMO PROMEDIO CON MEDIDOR-COMERCIALES	CPMC	24	m3/mes/conex	$C_{CM}=12*[CP_{MC}]*[F_2]*[NV_{CM}]$	1,073	m3/año	Consumo anual medido-Usuario Comercial
	FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-VIVIENDA COMERCIAL	F2	1.00	conex/viv				
	NÚMERO DE VIVIENDAS COMERCIALES CON MEDIDOR	NVCM	4	viv				
20	CONSUMO PROMEDIO SIN MEDIDOR-COMERCIALES	CPNMD	27	m3/mes/conex	$C_{CNM}=12*[CP_{NMC}]*[F_2]*[NV_{CNM}]$	5,313	m3/año	Consumo anual no medido-Usuario Comercial
	FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-VIVIENDA COMERCIAL	F2	1.00	conex/viv				
	NÚMERO DE VIVIENDAS COMERCIALES SIN MEDIDOR	NVCNM	16	viv				
21	CONSUMO PROMEDIO CON MEDIDOR-INDUSTRIALES	CPMI	-	m3/mes/conex	$C_{IM}=12*[CP_{MI}]*[F_3]*[NV_{IM}]$	-	m3/año	Consumo anual medido-Usuario Industrial
	FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-	F3	1.00	conex/viv				

	VIVIENDA INDUSTRIAL							
	NÚMERO DE VIVIENDAS INDUSTRIALES CON MEDIDOR	NVIM	0	Viv				
22	CONSUMO PROMEDIO SIN MEDIDOR- INDUSTRIALES	CPNMI	30	m3/mes/conex	$C_{INM}=12*[CP_{NMI}]*[F_3]*[NV_{INM}]$	2	m3/año	Consumo anual no medido- Usuario Industrial
	FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN- VIVIENDA INDUSTRIAL	F3	1.00	conex/viv				
	NÚMERO DE VIVIENDAS INDUSTRIALES SIN MEDIDOR	NVINM	0	viv				
23	CONSUMO PROMEDIO CON MEDIDOR- SOCIALES	CPMS	-	m3/mes/conex	$C_{SM}=12*[CP_{MS}]*[F_4]*[NV_{SM}]$	-	m3/año	Consumo anual medido- Usuario Social
	FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN- VIVIENDA SOCIAL	F4	1.00	conex/viv				
	NÚMERO DE VIVIENDAS SOCIALES CON MEDIDOR	NVSM	-	viv				
24	CONSUMO PROMEDIO SIN MEDIDOR- SOCIALES	CPNMS	20	m3/mes/conex	$C_{SNM}=12*[CP_{NMS}]*[F_4]*[NV_{SNM}]$	0	m3/año	Consumo anual no medido- Usuario Social
	FACTOR DE CONVERSIÓN	F4	1.00	conex/viv				

		CONEXIÓN-VIVIENDA SOCIAL							
		NÚMERO DE VIVIENDAS SOCIALES SIN MEDIDOR	NVSNM	0	Viv				
	25	CONSUMO PROMEDIO CON MEDIDOR-ESTATALES	CPME	56	m3/mes/conex	$C_{EM}=12*[CP_{ME}]*[F_5]*[NV_{EM}]$	1	m3/año	
		FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-VIVIENDA ESTATAL	F5	1.00	conex/viv				
		NÚMERO DE VIVIENDAS ESTATALES CON MEDIDOR	NVEM	0	viv				
	26	CONSUMO PROMEDIO SIN MEDIDOR-ESTATALES	CPNME	52	m3/mes/conex	$C_{ENM}=12*[CP_{NME}]*[F_5]*[NV_{ENM}]$	67	m3/año	
		FACTOR DE CONVERSIÓN CONEXIÓN-VIVIENDA ESTATAL	F5	1.00	conex/viv				
		NÚMERO DE VIVIENDAS ESTATALES SIN MEDIDOR	NVENM	0	viv				
R4	27	CONSUMO ANUAL MEDIDO-USUARIO DOMÉSTICO	CDM	98,089	m3/año	$CT_{UM}=C_{DM}+C_{CM}+C_{IM}+C_{SM}+C_{EM}$	99,163	m3/año	CONSUMO TOTAL ANUAL USUARIOS MEDIDOS

	CONSUMO ANUAL MEDIDO-USUARIO COMERCIAL	CCM	1,073	m3/año				
	CONSUMO ANUAL MEDIDO-USUARIO INDUSTRIAL	CIM	-	m3/año				
	CONSUMO ANUAL MEDIDO-USUARIO SOCIAL	CSM	-	m3/año				
	CONSUMO ANUAL MEDIDO-USUARIO ESTATAL	CEM	1	m3/año				
28	CONSUMO ANUAL NO MEDIDO-USUARIO DOMÉSTICO	CDNM	25,288	m3/año	$CT_{UNM}=C_{DNM}+C_{CNM}+C_{INM}+C_{SNM}+C_{ENM}$	30,672	m3/año	CONSUMO TOTAL ANUAL USUARIOS NO MEDIDOS
	CONSUMO ANUAL NO MEDIDO-USUARIO COMERCIAL	CCNM	5,313	m3/año				
	CONSUMO ANUAL NO MEDIDO-USUARIO INDUSTRIAL	CINM	2	m3/año				
	CONSUMO ANUAL NO MEDIDO-USUARIO SOCIAL	CSNM	0	m3/año				
	CONSUMO ANUAL NO	CENM	67	m3/año				

	MEDIDO-USUARIO ESTATAL							
29	CONSUMO TOTAL ANUAL USUARIOS MEDIDOS	CM	99,163	m3/año	$CT=CT_{UM}+CT_{UNM}$	129,834	m3/año	CONSUMO TOTAL ANUAL
	CONSUMO TOTAL ANUAL USUARIOS NO MEDIDOS	CNM	30,672	m3/año				
30	CONSUMO TOTAL ANUAL	CT	129,834	m3/año	$VP=[CT]*[(1-IANC)^{-1}]-[CT]$	18,667	m3/año	VOLUMEN DE PERDIDAS EN EL SISTEMA
	INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA	IANC	13%	Adim				
31	CONSUMO TOTAL ANUAL	CT	129,834	m3/año	$D=CT+VP$	148,501	m3/año	DEMANDA ANUAL
	VOLUMEN DE PERDIDAS EN EL SISTEMA	VP	18,667	m3/año		4.71	L/s	CAUDAL PROMEDIO
32	CAUDAL PROMEDIO	QP	5	L/s	$Q_{md}=[K_1]*[Q_P]$	6.12	L/s	CAUDAL MÁXIMO DIARIO
	COEFICIENTE MÁXIMO DIARIO	K1	1.30	Adim				
33	CAUDAL PROMEDIO	QP	5	L/s	$Q_{mh}=[K_2]*[Q_P]$	11.77	L/s	CAUDAL MÁXIMO HORARIO
	COEFICIENTE MÁXIMO HORARIO	K2	2.50	Adim				
34	CAUDAL PROMEDIO	QP	5	L/s	$Q_{min}=[K_3]*[Q_P]$	1.88	L/s	CAUDAL MÍNIMO HORARIO
	COEFICIENTE MÍNIMO HORARIO	K3	0.40	Adim				

### Resultados obtenidos para el modelamiento:

Según los datos ingresados a la tabla de cálculo se resumen los resultados en los siguientes datos:

**Tabla 20.- Datos obtenidos para el inicio del modelamiento hidráulico**

DESCRIPCIÓN	FACTOR	Q-2022	Q-2042
Q <sub>p</sub>	-	4.71	7.14
Q <sub>MD</sub>	1.30	6.12	9.28
Q <sub>MH</sub>	2.50	11.78	17.85
Q (ofertado)	8.00	7.54	7.54
Q <sub>min</sub>	0.40	1.88	2.86

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta el volumen de oferta equivalente a 651.60 m<sup>3</sup> y el tiempo de abastecimiento de 2 horas continuas, se ha elegido trabajar con el Caudal ofertado del reservorio, el cual es de 7.54 l/s, generándose a través de ese cálculo el factor 8 como porcentaje de la Máxima demanda horaria, que genera el sector de estudio. Justifico esta respuesta por el comportamiento del abastecimiento del agua, el cual no es de 24 horas como en un sistema ideal, donde seguramente se trabajaría con el Caudal Promedio (Q<sub>p</sub>), además que se ha observado en el campo el uso cuasi simultaneo de los usuarios en ese sector, esperando la llegada del servicio para su almacenamiento en baldes, fuentes o cisternas de tierra. Haciéndose los cálculos correspondientes si los 710 clientes reales de la EPS utilizarían el agua de manera estrictamente simultánea, el tiempo de abastecimiento se ajustaría a 1.28 horas de continuidad, con los parámetros actuales (año base), Si no se realizaran inversiones para el mejoramiento de las condiciones en el sector, el tiempo de abastecimiento para el año 2022, sería de 0.84 horas. Según el siguiente análisis:

**Tabla 21.-** Calculo de caudales en el año base y horizonte de proyecto

AÑO	Q <sub>pd</sub>	Q <sub>po</sub>	Q <sub>pd-Qpo</sub>	Q <sub>mh</sub>	Q <sub>oferta del reservorio</sub>	Q <sub>deficit</sub>	horas	Vdeficit (m3)	Nº de Nodos	Qu (sin deficit)	Qu (con deficit)	Cont (sin deficit)	Cont (con deficit)	Vol.	Vol. req
2,022	4.71	7.54	2.83	11.78	7.54	4.24	2	365.9	79	1.79	1.15	2	1.28	651.6	1,017.36
2,042	7.14	7.54	0.4	17.85	7.54	10.31	2	890.78	79	2.71	1.15	2	0.84	651.6	1,542.24

Fuente: Elaboración Propia.

### Resultados obtenidos para el modelamiento

Teniéndose en cuenta los datos obtenidos por las tablas de cálculo, se trabajarán con los siguientes datos para el modelamiento hidráulico correspondiente:

**Tabla 22.-** Configuración de datos de reservorios

ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (ML)	Diameter (m)
216	T-1	NASCA-ALTO	634.0	649.00	649.25	652.5	450	12
217	T-2	NASCA-ALTO	634.5	659.00	659.25	664.5	1500	19

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 23.-** Datos auxiliares para el diseño

ítem	Descripción	Cantidad
1	Numero de nodos	79
2	Caudal de diseño asumido por nodo al año 2022	1.15
3	Caudal de diseño asumido por nodo al año 2042	2.71
4	Cuenta con plano DFX	si
5	Cuenta con curvas de nivel DFX	si

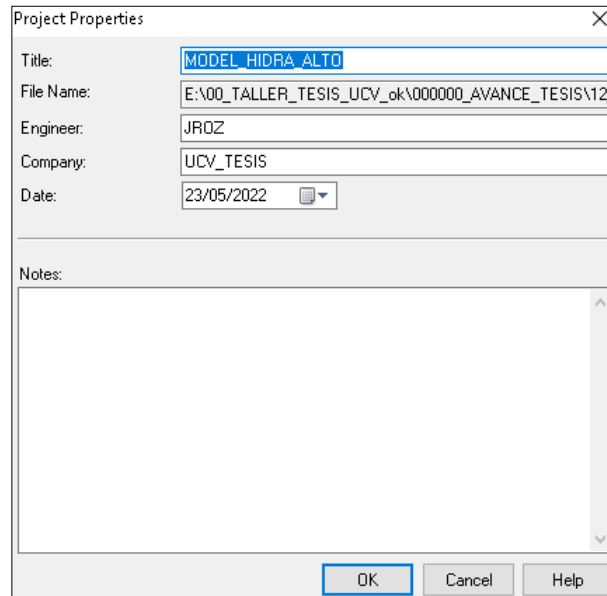
Fuente: Elaboración Propia.

## Modelamiento hidráulico

### Diseño y modelamiento hidráulico con WATERCAD

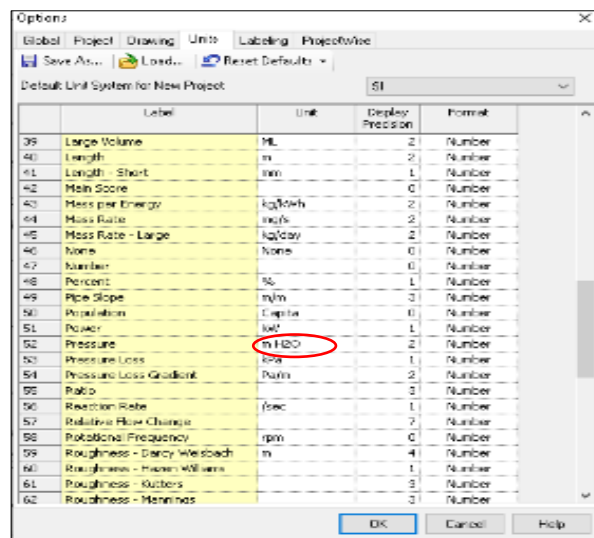
Una vez obtenidos los datos de diseño se inició el modelamiento hidráulico en el programa WaterCAD, cumpliéndose con el siguiente procedimiento:

**Figura 18.- Ingreso de nombre del proyecto al waterCAD**



Fuente: waterCAD

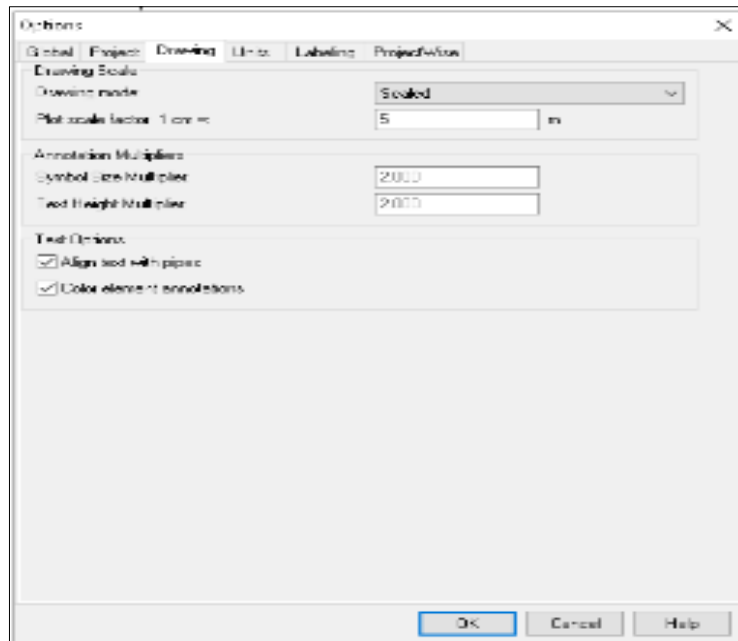
**Figura 19.- Configuración de unidades en el programa**



Fuente: waterCAD

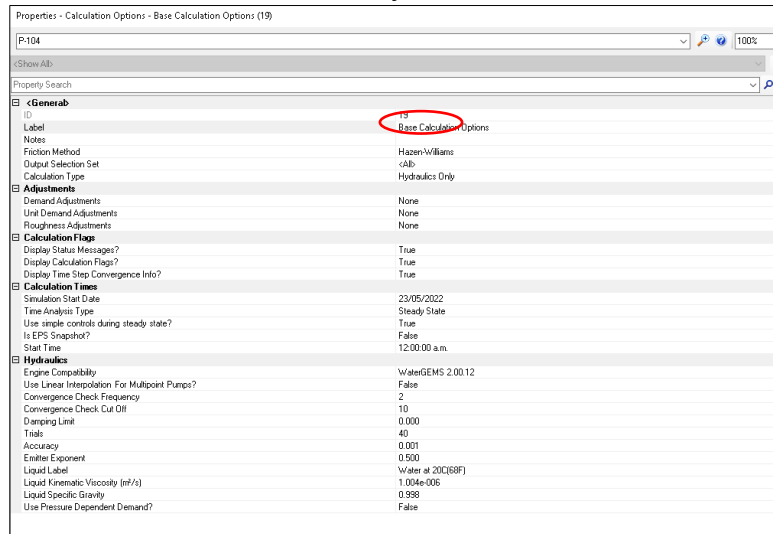


**Figura 20.- Configuración de unidades en el programa**



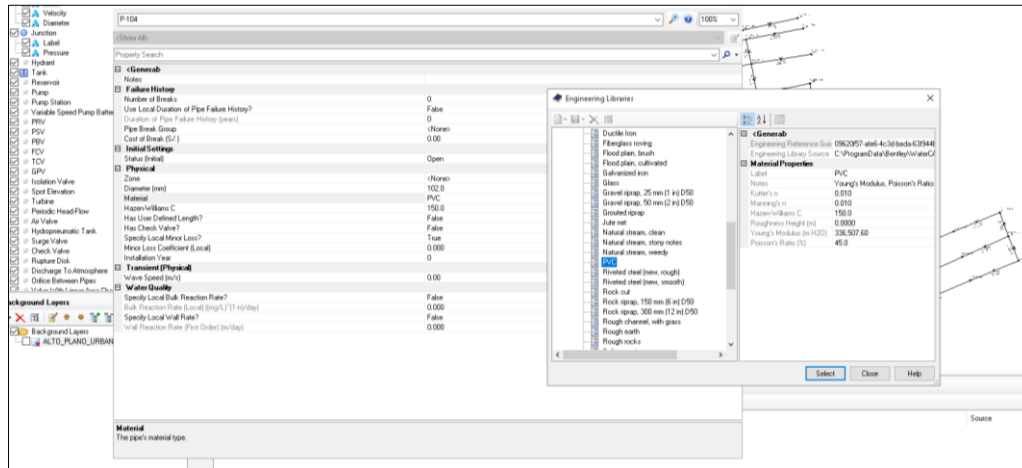
Fuente: waterCAD

**Figura 21.- Determinación del coeficiente de Hassen y William**



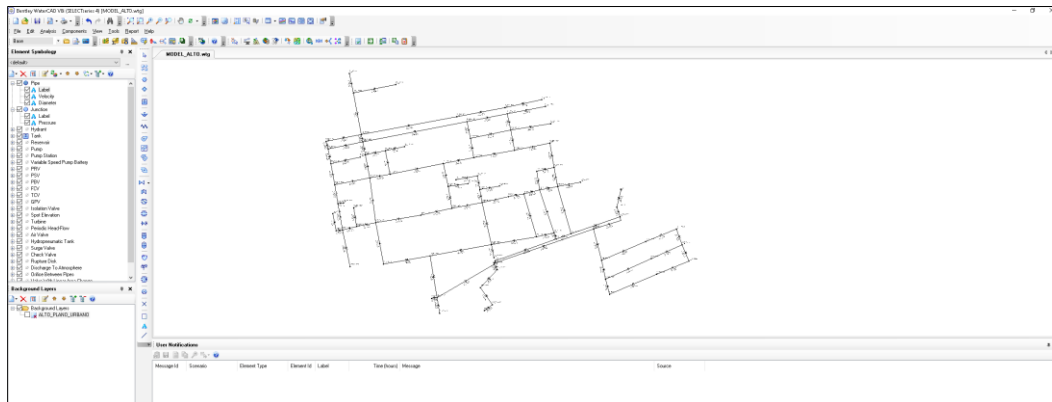
Fuente: waterCAD

**Figura 22.- Determinación del material de tubería**



Fuente: waterCAD

**Figura 23.- modelamiento hidráulico del sector 04**

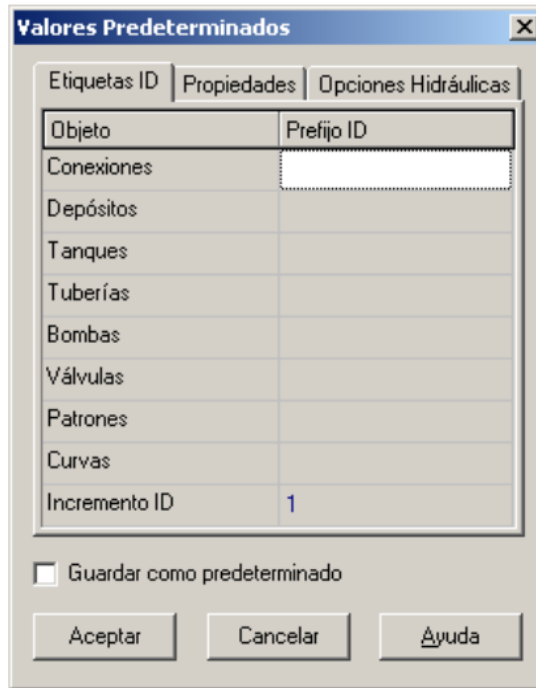


Fuente: waterCAD

## Diseño y modelamiento hidráulico con APANET

Una vez obtenidos los datos de diseño se inició el modelamiento hidráulico en el programa WaterCAD, cumpliéndose con el siguiente procedimiento:

*Figura 24.- Determinación de valores*



Fuente: EPANET

*Figura 25.- Determinación de escalas*



Fuente: EPANET

**Figura 26.- Determinación de fuente y patrón de tiempo**

Editor de Fuente en Nudo 9

Calidad de Fuente: 1.2

Patrón de Tiempo: 3

Tipo de Fuente:

- Concentración
- Aporte másico
- Aporte a caudales entrantes
- Concentración fija a la salida

Aceptar

Cancelar

Ayuda

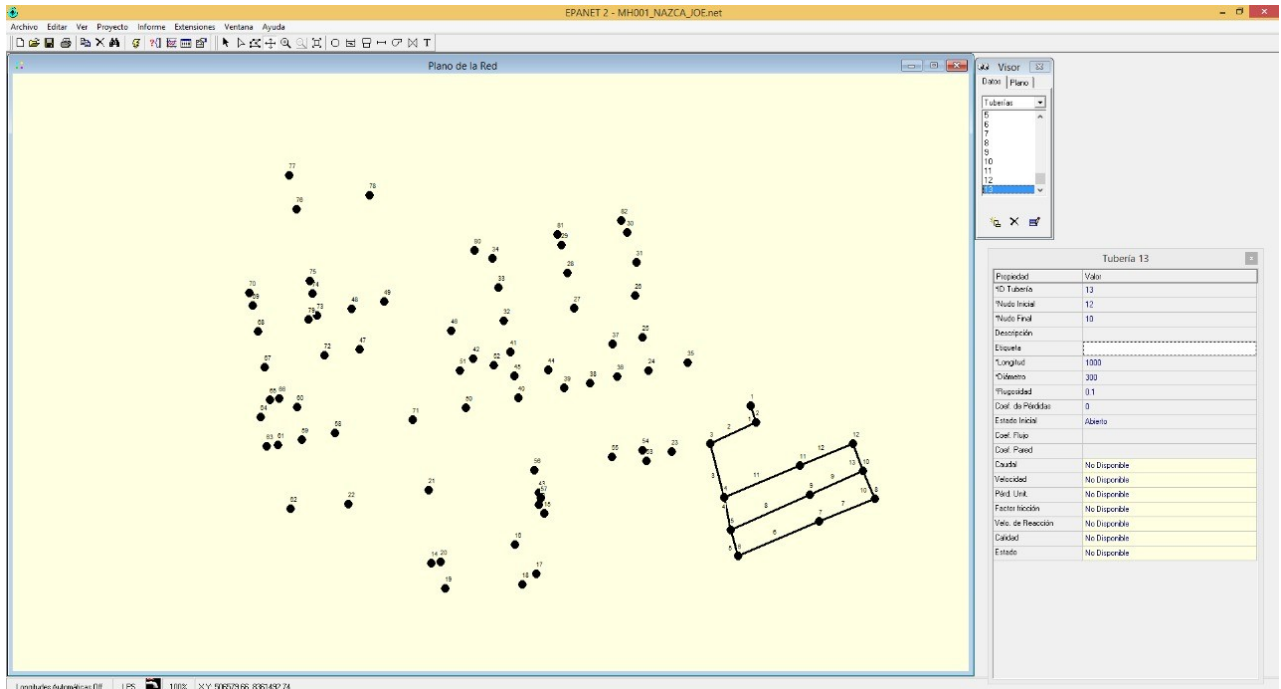
Fuente: EPANET

**Figura 27.- Inserción de datos**

Tiempo Horas	Demanda LPS	Altura m	Presión m
0:00	20.00	42.00	40.00
1:00	20.00	42.00	40.00
2:00	20.00	42.00	40.00
3:00	20.00	42.00	40.00
4:00	20.00	42.00	40.00
5:00	20.00	42.00	40.00
6:00	52.00	42.00	40.00
7:00	52.00	42.00	40.00
8:00	52.00	42.00	40.00
9:00	52.00	42.00	40.00
10:00	52.00	42.00	40.00
11:00	52.00	42.00	40.00
12:00	40.00	42.00	40.00
13:00	40.00	42.00	40.00
14:00	40.00	42.00	40.00

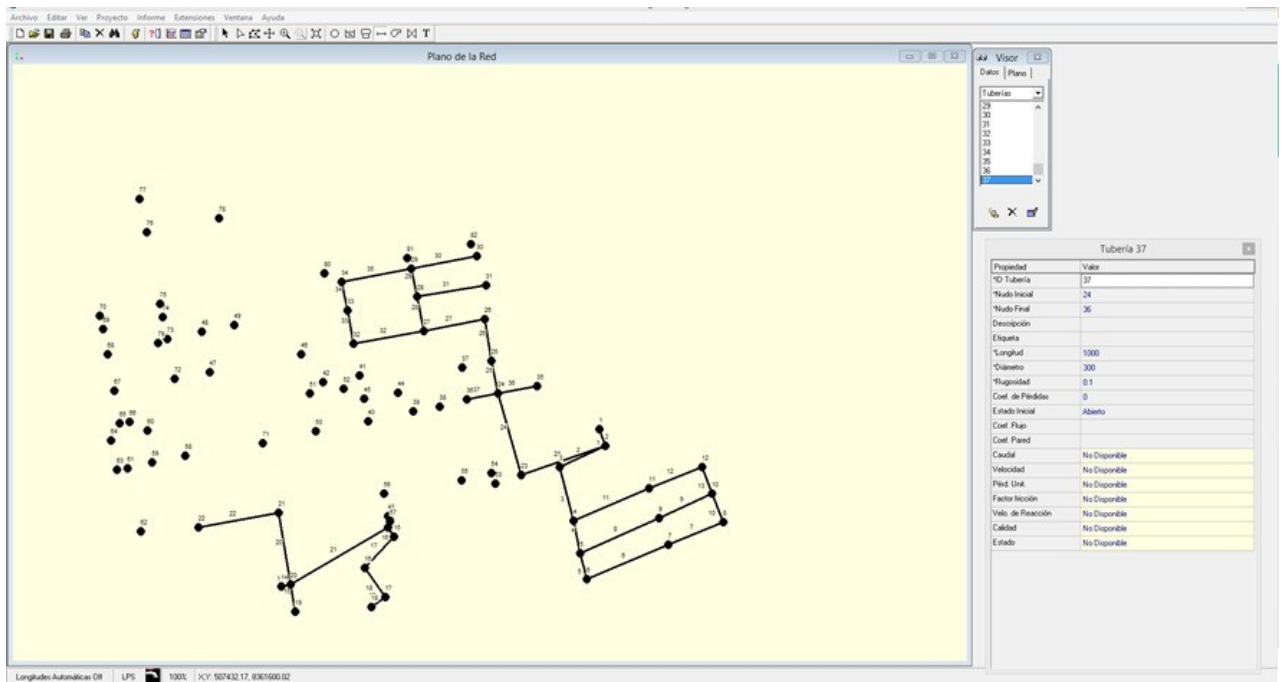
Fuente: EPANET

**Figura 28.- Inserción de datos al EPANET**



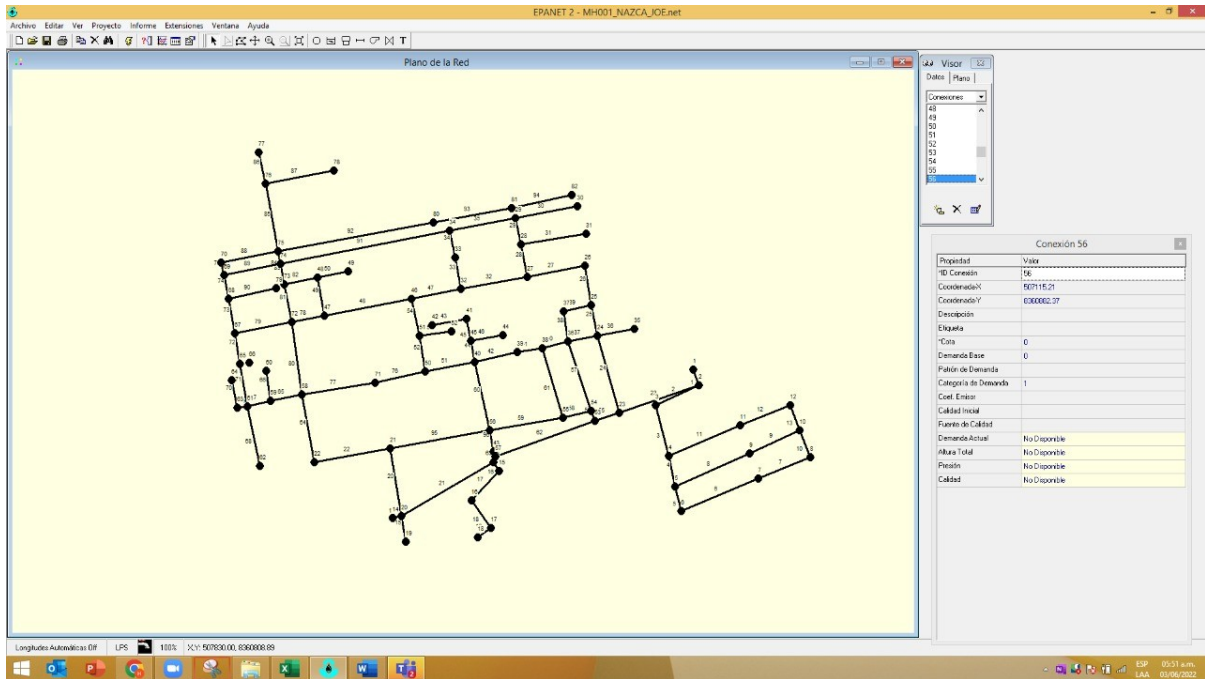
Fuente: EPANET

**Figura 29 - Construcción de líneas (pipe) en EPANET**



Fuente: EPANET

**Figura 30.- Ingreso total al sistema EPANET**



Fuente: EPANET

### 3.7. Aspectos éticos

Este trabajo comprende los principios de originalidad y propiedad de autor: El contenido comprende varios capítulos, se respetan las citas de acuerdo a las teorías y conceptos escritos detalladamente y válidos en la referencia bibliográfica, según especifica la universidad donde se otorgará el título, se menciona el autor, el año y número de páginas en algunos casos de donde se acopió la información, de acuerdo con la séptima edición ISO - 690, además, este trabajo se ha realizado en este campo, y se clasifican para uso exclusivo en este estudio.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

“Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022”

### Ubicación Política

La presente investigación se realizó en el cercado de Nasca, en el distrito y provincia de Nasca, departamento de Ica.



**Figura 32.-** Mapa político del Perú.



**Figura 31.-** Mapa de la provincia de Nasca



**Figura 33.-** Mapa político del distrito de Nasca Perú.

## **Limites**

- Norte : Con el rio Aja
- Sur : Con el rio Tierras Blancas
- Este : Con propiedad de terceros
- Oeste : Con la carretera Panamericana y el rio Aja.

## **Ubicación geográfica**

El cercado de Nasca tiene como punto referencial para efectos de estudio el centro de la plaza de armas en el punto coordinado UTM WGS 84: 506772.00 m E, 8360779.00 m S, a una altura aproximada de 618.50 m.s.n.m. Contando con un área de 187 ha aprox. Y una población estimada al 2020 de 11,729 habitantes. Nasca es una ciudad muy activa, debido a la afluencia de turistas que visitan a diario las milenarias Líneas de Nasca, y también por el desarrollo y auge minero, agrícola y comercial de la zona. Corresponde a los distritos de Nasca y Vista Alegre de la Provincia de Nasca.

## **Vías de acceso**

La principal vía de acceso a la provincia de Nasca es la carretera Panamericana Sur, asfaltada totalmente y atraviesa el distrito de Nasca. Nasca es punto central de las comunicaciones terrestres hacia el sur del país, se interconecta a través de carretera Panamericana Sur y la carretera este en dirección a Puquio, Abancay y Cusco.

El acceso al cercado de Nasca se hace a través de buses de transporte inter provincial y de colectivos formales e informales. La ciudad se encuentra asfaltada en un 90% y contiene vías anchas con 10.00 m de ancho. El tráfico urbano es constante, y no existen buses de transporte urbano, solo taxis y movilidades particulares.

## **Clima**

El clima de Nasca está identificado por el cálido seco, con presencia de sol durante todas las estaciones, con una temperatura media anual de 20° C. No obstante, en las estaciones de verano llega a una temperatura de 35 °C (enero-marzo), y en invierno las temperaturas mínimas decrecen a 9° C. También se puede apreciar vientos pronunciados que reciben el nombre de Paracas, cuya particularidad es generar una tormenta de arena que reduce la visibilidad y afecta el ornato.



## **Topografía**

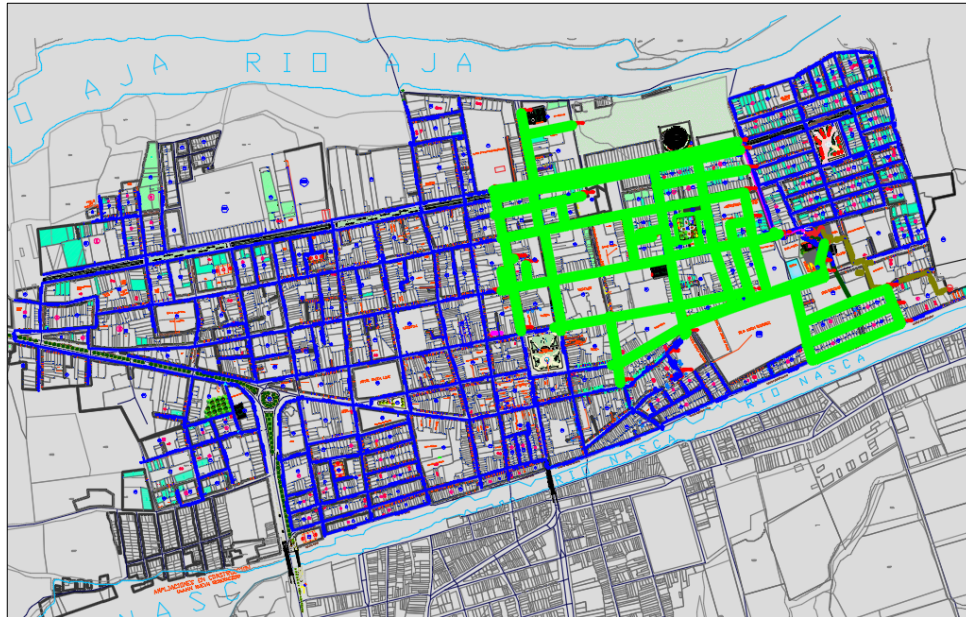
La geografía de la provincia de Nasca se caracteriza por la presencia de estribaciones andinas y ríos de caudal limitado, es decir son ríos estacionarios, todos afluentes de la cuenca del Río Grande. También se puede apreciar pampas extensas, propias del desierto, con presencia de geo glifos llamados también líneas e Nasca. Tratándose del área de influencia se tiene un terreno asfaltado en un 95%, con una pendiente natural de 1.60%, con anchos de vía de 10 metros en promedio, dentro de un área de 187 ha.

## **Estructuras y componentes hidráulicos**

**Fuente de captación.** - Proveniente de un acueducto que desemboca en un caisson enterrado de concreto de 60m<sup>3</sup> de capacidad, del cual se obtiene una recarga de 30 l/s de agua con un tiempo de bombeo de hasta 16 horas al día en épocas de avenidas (febrero a Julio) y hasta 8 horas en épocas de estiaje (de agosto a enero). Además, tiene otras fuentes de captación – pozos tubulares, que aportan al volumen de agua faltante en tiempos de estiaje, provenientes de Cajuca, los cuales acumulan en conjunto un caudal de 30 l/s.

**Fuente de almacenamiento.** - Un reservorio elevado tipo INTSE de 1500m<sup>3</sup> de capacidad, emplazado a una altura de 30 m, el cual distribuye el servicio de agua potable en las 2/3 partes del área de influencia (parte media y alta del cercado). Existe también otro Reservorio de 450m<sup>3</sup> de capacidad tipo elevado que distribuye el servicio a la parte baja del sector en sus primeros turnos. Los reservorios no funcionan en serie, ambos distribuyen el servicio de manera independiente en horarios distintos, de la siguiente manera:

**Figura 34.- Sector 04**



Fuente: Elaboración Propia.

Determinación del sector de modelamiento: Zona de Abastecimiento de 3:00 pm a 5:00pm, Sector 4 (alto) para 710 conexiones domiciliarias de agua potable (agua + agua y desagüe), 79 nodos propuestos, escogido por ser la parte más crítica del sistema en cuanto a problemas de presión en las zonas más altas. Siendo el total de redes el de 8,657.92ml de 28,300 m de tubería existente.

**Figura 35.- Reservorios elevados; izquierda (450m<sup>3</sup>), derecha (1500m<sup>3</sup>)**



Fuente: Elaboración Propia.

**Objetivo específico 1: Calcular el diámetro en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022**

Teniendo en cuenta que el modelamiento hidráulico se realizó sobre la red existente con la finalidad de observar su comportamiento hidráulico, se obtuvo los diámetros de tubería provenientes de la misma red de distribución, los cuales han sido reportados en las hojas de cálculo, con la cual se obtuvo la demanda; los resultados del caudal de diseño para el sector de estudio son los siguientes:

**Tabla 24.- Definición de caudales de trabajo**

DESCRIPCIÓN	FACTOR	Q-2022 (l/s)	Q-2042 (l/s)
Q <sub>p</sub>	-	4.71	7.14
Q <sub>MD</sub>	1.30	6.12	9.28
Q <sub>MH</sub>	2.50	11.78	17.85
Q (ofertado)	8.00	7.54	17.84
Q <sub>min</sub>	0.40	1.88	2.86

Fuente: Elaboración Propia.

Habiéndose asumido que el caudal de diseño, para nuestro modelamiento estático, será de 7.54 l/s al año 2022 (año base) y de 17.84 l/s al año 2042 (horizonte del proyecto), se han calculado los diámetros de tubería con la fórmula de Darcy, obteniéndose diámetros de 2.74 pulgadas y 4 pulgadas respectivamente. Siendo la mayoría de tuberías del sector de 4" se ha insertado a los programas computacionales EPANET y WATERCAD los diámetros interiores de las tuberías, obteniéndose los resultados siguientes:

Los diámetros calculados coinciden con los diámetros mínimo 25mm estipulados por la OS-050; diámetro medio 75mm. Cabe resaltar que se está trabajando con los diámetros interiores de tubería según la clase contenida.

**Tabla 25.- Determinación de los diámetros de tuberías**

<b>ID</b>	<b>Label</b>	<b>Start Node</b>	<b>Stop Node</b>	<b>Length (Scaled) (m)</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Material</b>
35	P-1	J-1	J-2	29.05	185.40	PVC
37	P-2	J-2	J-3	93.64	185.40	PVC
39	P-3	J-3	J-4	93.37	102.00	PVC
41	P-4	J-4	J-5	55.49	102.00	PVC
43	P-5	J-5	J-6	44.86	102.00	PVC
45	P-6	J-6	J-7	147.82	102.00	PVC
47	P-7	J-7	J-8	100.15	102.00	PVC
49	P-8	J-5	J-9	144.31	102.00	PVC
51	P-9	J-9	J-10	97.60	102.00	PVC
52	P-10	J-10	J-8	51.05	102.00	PVC
54	P-11	J-4	J-11	137.79	102.00	PVC
56	P-12	J-11	J-12	96.03	102.00	PVC
57	P-13	J-12	J-10	48.17	102.00	PVC
59	P-14	J-3	J-13	305.56	185.40	PVC
63	P-16	J-13	J-15	19.32	102.00	PVC
65	P-17	J-15	J-16	71.19	102.00	PVC
67	P-18	J-16	J-17	60.23	102.00	PVC
69	P-19	J-17	J-18	29.01	102.00	PVC
73	P-21	J-13	J-20	189.97	148.40	PVC
74	P-22	J-20	J-14	15.67	102.00	PVC
75	P-23	J-19	J-20	46.07	102.00	PVC

213	P-100	J-80	J-81	141.27	102.00	PVC
215	P-101	J-81	J-82	108.76	102.00	PVC
216	P-102	J-56	J-21	179.72	102.00	PVC
218	P-103	T-1	J-1	52.12	185.40	PVC
220	P-104	J-56	J-83	38.31	148.40	PVC
77	P-24	J-20	J-21	121.36	148.40	Concret e
79	P-25	J-21	J-22	136.12	148.40	PVC
81	P-26	J-2	J-23	149.49	148.40	PVC
83	P-27	J-23	J-24	141.48	102.00	PVC
85	P-28	J-24	J-25	56.02	102.00	PVC
87	P-29	J-25	J-26	71.05	102.00	PVC
89	P-30	J-26	J-27	104.01	102.00	PVC
91	P-31	J-27	J-28	59.34	102.00	PVC
93	P-32	J-28	J-29	47.96	102.00	PVC
95	P-33	J-29	J-30	111.76	102.00	PVC
97	P-34	J-28	J-31	116.76	102.00	PVC
99	P-35	J-27	J-32	119.66	102.00	PVC
101	P-36	J-32	J-33	56.56	102.00	PVC
102	P-37	J-33	J-28	118.67	102.00	PVC
104	P-38	J-33	J-34	49.01	102.00	PVC
105	P-39	J-34	J-29	118.27	102.00	PVC
107	P-40	J-24	J-35	67.22	102.00	PVC
109	P-41	J-24	J-36	52.75	102.00	PVC
111	P-42	J-36	J-37	54.56	83.40	PVC

112	P-43	J-37	J-25	51.08	83.40	PVC
114	P-44	J-36	J-38	46.79	102.00	PVC
116	P-45	J-38	J-39	44.97	102.00	PVC
118	P-46	J-39	J-40	78.09	102.00	PVC
122	P-48	J-41	J-42	62.69	102.00	PVC
127	P-50	J-40	J-45	38.28	102.00	PVC
128	P-51	J-45	J-41	40.09	102.00	PVC
129	P-52	J-45	J-44	57.68	102.00	PVC
131	P-53	J-32	J-46	89.19	148.40	PVC
133	P-54	J-46	J-47	157.09	148.40	PVC
135	P-55	J-47	J-48	69.21	69.40	PVC
137	P-56	J-48	J-49	56.27	83.40	PVC
139	P-57	J-40	J-50	88.99	102.00	PVC
141	P-58	J-50	J-51	63.86	102.00	PVC
143	P-59	J-51	J-52	57.38	102.00	PVC
144	P-60	J-51	J-46	67.51	102.00	PVC
146	P-61	J-23	J-53	45.19	148.40	PVC
148	P-62	J-53	J-54	19.00	102.00	PVC
149	P-63	J-54	J-36	130.19	102.00	PVC
151	P-64	J-54	J-55	51.59	102.00	PVC
152	P-65	J-55	J-38	128.99	102.00	PVC
154	P-66	J-55	J-56	132.18	102.00	PVC
155	P-67	J-56	J-40	123.89	148.40	PVC
157	P-68	J-53	J-57	187.34	148.40	PVC

158	P-69	J-57	J-13	10.96	148.40	PVC
160	P-70	J-22	J-58	121.64	148.40	PVC
162	P-71	J-58	J-59	56.52	102.00	PVC
164	P-72	J-59	J-60	54.42	102.00	PVC
166	P-73	J-59	J-61	41.55	102.00	PVC
168	P-74	J-61	J-62	107.96	102.00	PVC
170	P-75	J-61	J-63	18.51	102.00	PVC
172	P-76	J-63	J-64	50.08	83.40	PVC
174	P-77	J-61	J-65	77.24	102.00	PVC
176	P-78	J-65	J-66	16.21	102.00	PVC
178	P-79	J-65	J-67	54.95	102.00	PVC
180	P-80	J-67	J-68	61.69	102.00	PVC
182	P-81	J-68	J-69	43.20	102.00	PVC
184	P-82	J-69	J-70	22.81	102.00	PVC
186	P-83	J-50	J-71	91.21	102.00	PVC
187	P-84	J-71	J-58	132.07	102.00	PVC
189	P-85	J-47	J-72	59.04	148.40	PVC
190	P-86	J-72	J-67	102.96	102.00	PVC
191	P-87	J-58	J-72	130.20	148.40	PVC
193	P-88	J-72	J-73	67.90	102.00	PVC
194	P-89	J-73	J-48	59.06	83.40	PVC
196	P-90	J-73	J-74	37.77	102.00	PVC
198	P-91	J-74	J-75	21.78	102.00	PVC
200	P-92	J-75	J-76	121.97	102.00	PVC





**Figura 37.- Árbol de descarga de R-450**



Fuente: Elaboración propia

**Objetivo específico 2: estimar la presión en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022**

Se ha realizado el ensayo con ambas herramientas computacionales, obteniéndose presiones similares promedio, siendo la mínima de 6.70 m.c.a. y la máxima de 19.31 m.c.a. para el año base (2022) en adelante escenario 01. Para la proyección al año 2042, se ha realizado el modelamiento hidráulico con la manipulación de la presión inicial (cambio de reservorio 450 por el de 1500) en adelante escenario 02, obteniéndose resultados siendo la mínima de 11.96 m.c.a. y la máxima de 27.96 m.c.a. similares a la siguiente tabla con el mismo caudal de diseño, simulando que existirán mejoras en el sistema.

**Tabla 26.- Resultado de presiones con ambos SOFTWARE**

NODO	ESCENARIO 01-R450		ESCENARIO 02-R-1500	
	PRESION WATERCAD	PRESION EPANET	PRESION WATERCAD	PRESION EPANET
1	13.86	13.07	23.84	22.80
2	12.98	13.25	22.96	22.37
3	13.83	14.39	23.81	16.67
4	13.22	14.74	23.2	17.31
5	13.23	14.88	23.21	17.55

6	13.18	14.88	23.16	17.55
7	10.10	13.36	20.08	14.82
8	7.80	12.21	17.78	12.75
9	10.44	13.52	20.42	15.11
10	8.23	12.43	18.21	13.14
11	10.53	13.52	20.51	15.11
12	8.23	12.42	18.21	13.12
13	16.79	17.32	26.77	21.95
14	16.84	18.71	26.82	24.44
15	16.70	17.30	26.68	21.92
16	17.92	17.98	27.9	23.14
17	17.41	17.76	27.39	22.73
18	17.79	17.95	27.77	23.09
19	17.67	19.13	27.65	25.20
20	16.50	18.54	26.48	24.14
21	14.96	18.97	24.94	24.92
22	15.38	19.85	25.36	26.50
23	12.82	15.17	22.8	18.08
24	9.00	15.20	18.98	18.14
25	8.37	15.29	18.35	18.29
26	6.44	15.07	16.42	17.90
27	6.01	15.78	15.99	19.18
28	5.63	15.78	15.61	19.18
29	5.49	15.75	15.47	19.13
30	2.47	14.25	12.45	16.43
31	3.13	14.54	13.11	16.95
32	7.95	16.90	17.93	21.19
33	7.47	16.71	17.45	20.84
34	7.52	16.78	17.5	20.98
35	7.83	14.62	17.81	17.08
36	10.08	15.76	20.06	19.14
37	9.31	15.62	19.29	18.88
38	10.64	16.18	20.62	19.89
39	10.70	16.52	20.68	20.51
40	11.27	17.24	21.25	21.81
41	10.49	16.93	20.47	21.24
42	12.44	17.92	22.42	23.02
44	9.69	16.52	19.67	20.50
45	10.70	17.02	20.68	21.40
46	10.11	17.98	20.09	23.14

47	12.84	19.37	22.82	25.64
48	12.14	19.25	22.12	25.43
49	11.28	18.84	21.26	24.68
50	11.45	18.24	21.43	23.61
51	10.70	18.12	20.68	23.40
52	8.69	17.13	18.67	21.61
53	13.38	15.68	23.36	19.00
54	11.62	15.62	21.6	18.89
55	11.18	16.22	21.16	19.96
56	11.55	17.27	21.53	21.85
57	16.61	17.24	26.59	21.80
58	14.29	19.84	24.27	26.49
59	14.33	20.18	24.31	27.10
60	14.26	20.16	24.24	27.05
61	14.68	20.50	24.66	27.67
62	15.00	20.68	24.98	27.99
63	15.05	20.69	25.03	28.02
64	14.88	20.62	24.86	27.89
65	14.61	20.49	24.59	27.67
66	14.44	20.41	24.41	27.51
67	14.69	20.54	24.67	27.74
68	14.51	20.54	24.49	27.75
69	14.62	20.62	24.6	27.88
70	14.63	20.64	24.61	27.92
71	12.73	18.99	22.71	24.95
72	13.44	19.67	23.42	26.18
73	12.99	19.68	22.97	26.19
74	12.87	19.71	22.84	26.25
75	12.77	19.73	22.75	26.28
76	11.96	19.43	21.94	25.75
77	11.31	19.12	21.29	25.18
78	9.66	18.30	19.64	23.71
79	12.94	19.77	22.92	26.35
80	6.91	17.05	16.89	21.47
81	4.20	15.76	14.18	19.13
82	1.19	14.26	11.17	16.44
RESERV.	11.49	12.38	21.47	13.05

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 27.-Datos comparativos de los programas con los reportes de campo**

<b>NODO</b>	<b>ESCENARIO 01-R450</b>		<b>01-R450</b>
	<b>Presión WATER CAD</b>	<b>Presión EPANET</b>	<b>Presión de campo</b>
38	10.64	16.18	11.90
8	7.80	12.21	7.70
3	13.83	14.39	11.90
49	11.28	18.84	12.60
64	14.88	20.62	14.00
68	14.51	20.54	12.60
67	14.69	20.54	11.90
20	16.50	18.54	14.70
17	17.41	17.76	15.50
36	10.08	15.76	10.00
42	12.44	17.92	11.50
74	12.87	19.71	13.50

Fuente: Elaboración Propia.

Acompañado de los datos obtenidos de las herramientas computacionales, se ha tomado lecturas en campo, para observar las presiones del terreno en 12, teniéndose como resultados una mínima de 7.70 m.c.a. y una máxima de 15.50 m.c.a. resultados que a la vista difieren de los resultados del EPANET, pero que sin embargo son similares al waterCAD

**Figura 38.- Evidencias de campo**

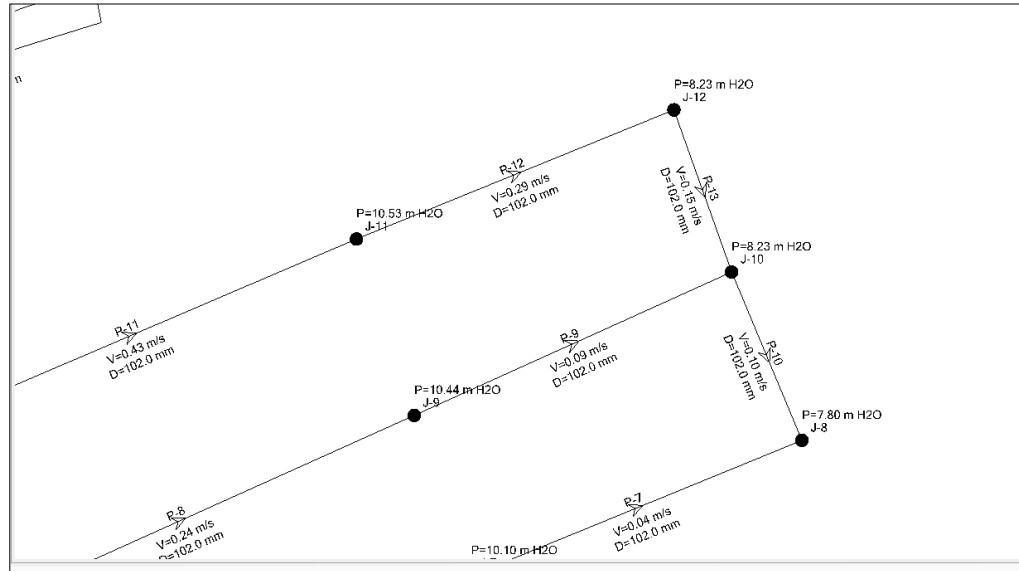


Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 39.- Presiones obtenidas por herramientas computacionales**



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Software WATERCAD.

**Objetivo específico 3: determinar la velocidad en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, en el cercado de Nasca, Ica 2022**

Se han obtenido velocidades que oscilan entre 0.01 m/s y 3.37 m/s. en el escenario 01 y de 0.01 m/s y 7.96 m/s en el escenario 02, no cumpliéndose con la velocidad permitida la cual es hasta 3.0m/s según OS-050, respetando los diámetros existentes en su mayoría de 102mm (D. ext de tubería de 110mm).

**Tabla 28.- tabla comparativa de resultados WATERCAD-EPANET**

PIPE	ESCENARIO 01-R450		ESCENARIO 02-R-1500	
	VELOCIDAD WATERCAD (m/s)	VELOCIDAD EPANET (m/s)	VELOCIDAD WATERCAD (m/s)	VELOCIDAD EPANET (m/s)
103	3.37	3.37	3.37	8.01
1	3.37	3.37	3.37	7.91
62	3.36	3.22	3.36	7.45
26	2.26	2.26	2.26	5.23
2	1.91	1.92	1.91	4.46
64	1.96	1.87	1.96	4.3
27	1.81	1.76	1.81	4.07
21	1.61	1.7	1.61	3.94
57	1.55	1.54	1.55	3.68
29	1.58	1.54	1.58	3.6

24	0.14	1.5	0.14	3.47
14	1.49	1.49	1.49	3.46
30	1.44	1.4	1.44	3.27
61	1.34	1.36	1.34	3.15
25	1.41	1.34	1.41	3.14
3	1.27	1.27	1.27	2.98
70	1.25	1.27	1.25	2.98
28	1.27	1.25	1.27	2.91
63	1.26	1.22	1.26	2.82
45	1.25	1.18	1.25	2.67
71	1.13	1.13	1.13	2.67
66	1.21	1.13	1.21	2.59
46	1.11	1.04	1.11	2.34
58	0.94	0.95	0.94	2.26
42	0.87	0.86	0.87	2.01
73	0.85	0.85	0.85	2.01
88	0.85	0.85	0.85	2.01
87	0.8	0.82	0.8	1.93
31	0.81	0.79	0.81	1.85
91	0.78	0.78	0.78	1.85
90	0.73	0.74	0.73	1.74
4	0.7	0.7	0.7	1.64
44	0.79	0.73	0.79	1.63
86	0.7	0.69	0.7	1.63
60	0.66	0.67	0.66	1.59
55	0.66	0.66	0.66	1.56
43	0.66	0.65	0.66	1.52
65	0.6	0.59	0.6	1.38
16	0.56	0.56	0.56	1.33
80	0.56	0.56	0.56	1.32
67	0.54	0.57	0.54	1.24
35	0.48	0.47	0.48	1.09
83	0.46	0.45	0.46	1.09
36	0.43	0.45	0.43	1.06
11	0.43	0.43	0.43	1.01
17	0.42	0.42	0.42	0.99
92	0.42	0.42	0.42	0.99
99	0.42	0.42	0.42	0.99
38	0.41	0.41	0.41	0.97
32	0.41	0.4	0.41	0.95
50	0.56	0.56	0.56	0.94
98	0.4	0.39	0.4	0.92
82	0.34	0.34	0.34	0.81
5	0.32	0.32	0.32	0.76

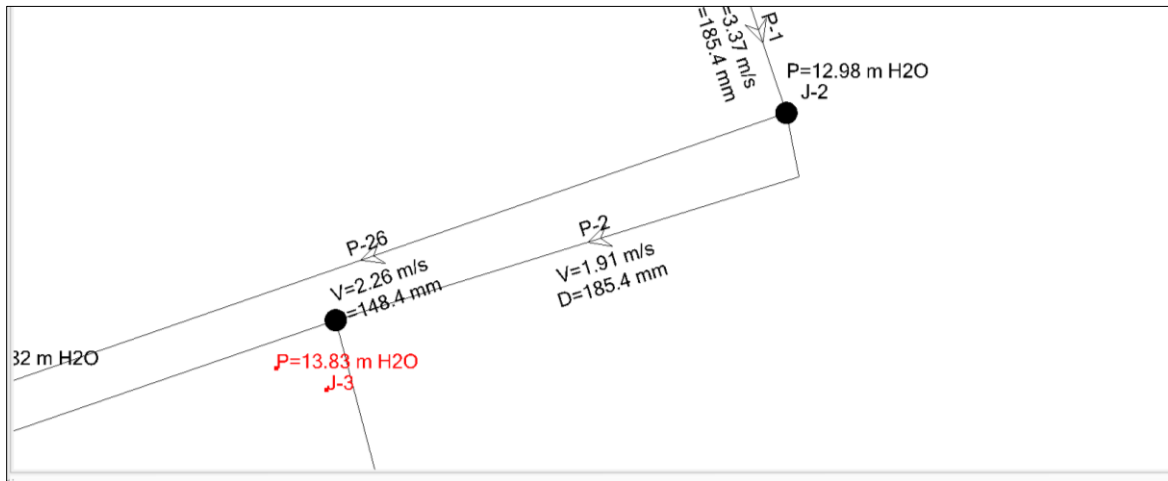
84	0.32	0.31	0.32	0.76
69	0.38	0.3	0.38	0.68
12	0.29	0.29	0.29	0.68
77	0.28	0.29	0.28	0.68
18	0.28	0.28	0.28	0.66
75	0.28	0.28	0.28	0.66
100	0.28	0.28	0.28	0.66
81	0.27	0.28	0.27	0.66
8	0.24	0.24	0.24	0.56
68	0.31	0.23	0.31	0.52
56	0.21	0.21	0.21	0.5
76	0.21	0.21	0.21	0.5
41	0.25	0.23	0.25	0.49
96	0.21	0.2	0.21	0.48
95	0.2	0.2	0.2	0.48
51	0.28	0.28	0.28	0.47
54	0.2	0.19	0.2	0.45
6	0.18	0.18	0.18	0.42
102	0.07	0.21	0.07	0.36
13	0.15	0.15	0.15	0.35
26	1.32	0.14	1.32	0.33
19	0.14	0.14	0.14	0.33
22	0.14	0.14	0.14	0.33
33	0.14	0.14	0.14	0.33
34	0.14	0.14	0.14	0.33
40	0.14	0.14	0.14	0.33
59	0.14	0.14	0.14	0.33
72	0.14	0.14	0.14	0.33
74	0.14	0.14	0.14	0.33
78	0.14	0.14	0.14	0.33
93	0.14	0.14	0.14	0.33
94	0.14	0.14	0.14	0.33
97	0.14	0.14	0.14	0.33
101	0.14	0.14	0.14	0.33
39	0.13	0.12	0.13	0.28
37	0.12	0.11	0.12	0.24
10	0.1	0.1	0.1	0.24
9	0.09	0.09	0.09	0.22
53	0.04	0.06	0.04	0.15
48	0.14	0.14	0.14	0.14
52	0.14	0.14	0.14	0.14
7	0.04	0.04	0.04	0.09
89	0.04	0.04	0.04	0.09
85	0.01	0.02	0.01	0.05



79	0	0.01	0	0.02
104	0	0	0	0

Fuente: Software WATERCAD y EPANET

**Figura 40.-** Ensayo para determinación de velocidades



Fuente: Software WATERCAD

Nótese las velocidades calculadas con las herramientas computacionales, simulando la velocidad según el caudal inyectado en la tubería, la misma que se encuentra en la etiqueta de la tubería P2e entre los nodos J2 y J3.

## V. DISCUSIÓN

### Discusión 1.

En este capítulo se realizó las discusiones con respecto a los antecedentes investigados, con el objetivo de determinar las similitudes o discrepancia de resultados. Se realizarán las comparaciones en base al diámetro, velocidad y presión, dimensiones que han sido identificadas en este presente, en los ensayos correspondientes con herramientas computacionales.

**Objetivo General:** ¿Cuál es el comportamiento Hidráulico en la red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?

**(Anchapuri Calderon, 2020)** Realizó una tesis referida a la conducta del recurso hídrico en las redes de distribución de agua, apoyo de software modernos, con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico en las tuberías y por consiguiente obtener los resultados de sus principales indicadores, La metodología empleada fue el método científico, de tipo aplicada, de nivel explicativo y diseño cuasi experimental, donde se obtuvo como resultados el diámetro (57mm), la presión (22.11m.c.a. – 31.28m.c.a.) y la velocidad del sistema (0.51-0.68m/s), teniendo como conclusión, el comportamiento hidráulico del sistema de redes, recomendando el programa waterCAD como software óptimo para este tipo de modelamientos.

Por tanto, haciendo una contrastación con la investigación de Anchapuri, se puede evidenciar que existe similitud en los resultados obtenidos, sobre todo en la preferencia por el programa WaterCAD como herramienta computacional que más se acerca a los resultados de campo.

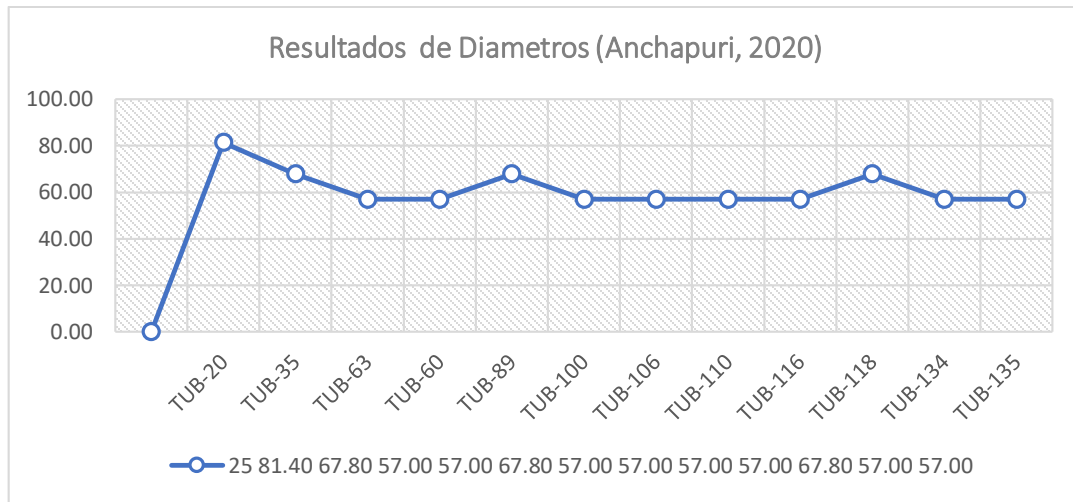
**Objetivo específico 1: Calcular el diámetro en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022**

### DIAMETRO

**(Anchapuri Calderon, 2020)** Citado como antecedente nacional, tuvo como objetivo calcular el diámetro de las redes de distribución de su zona de estudio, obteniendo como

resultados de sus 12 nodos de muestreo diámetros variables incluso menores a lo estipulado en el RNE OS-050, Siendo los diámetros de las tuberías con las herramientas computacionales usadas: WaterCAD, CivilCAD y EPANET los siguientes:

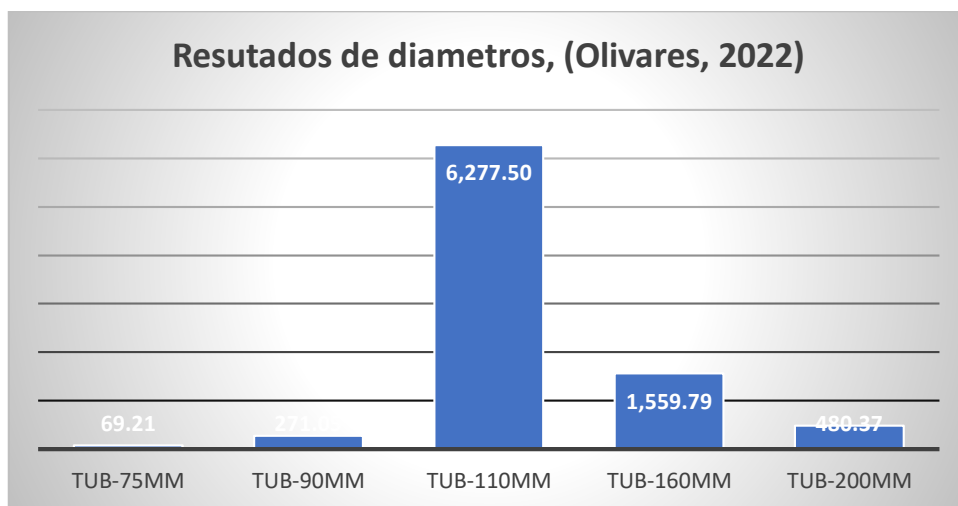
**Gráfico 2.- Resultados de Diámetros de tubería (Anchapuri 2020)**



Fuente: Tesis Anchapuri 2020

En nuestra investigación, siendo nuestra área de estudio de tipo Urbano y de mayor población que la estimada en los estudios comparados, se han obtenido diámetros mayores, los mismos que son comparables con la realidad, siendo los resultados los siguientes:

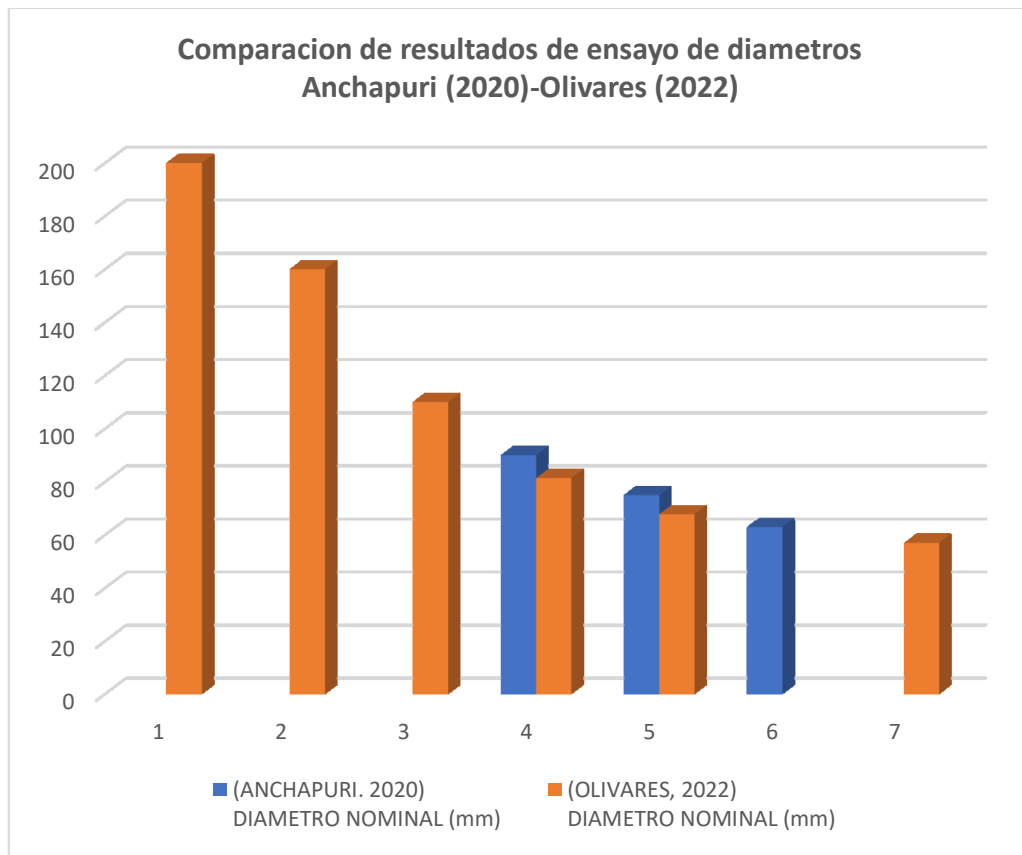
**Gráfico 3.- Resultados de Diámetros de tubería (Olivares, 2022)**



Fuente: Elaboración propia

Al comparar los diámetros obtenidos por ambas tesis, se tiene que existe una diferencia abismal entre los diámetros de las tuberías, esto se debe a la demanda calculada de la tesis antecedente, la cual tiene dentro de su muestra diámetros inferiores a los 75mm en comparación a los obtenidos en el presente estudio, los cuales oscilan entre 75mm, 90mm, 110mm, 160mm y 200mm.

**Gráfico 4.- Comparación de Diámetros: Achampuri (2020)-Olivares (2022)**



Fuente: Elaboración propia

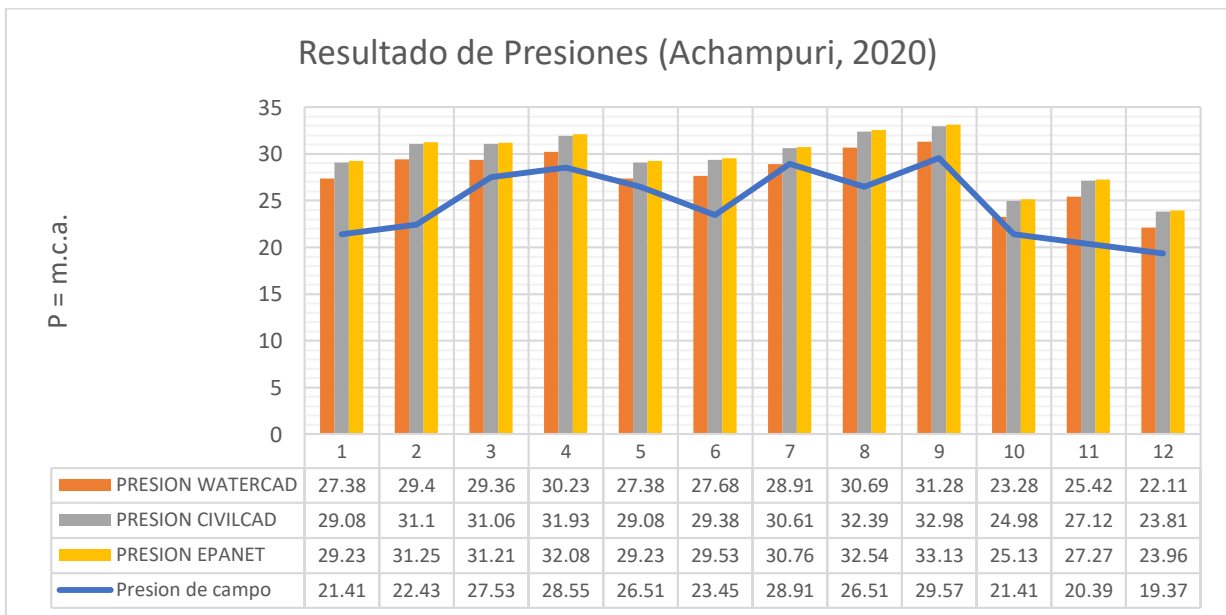
## Discusión 2.

**Objetivo específico 2: estimar la presión en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022**

### PRESIÓN

(Anchauri Calderon, 2020) Realizó una tesis referida a la conducta del recurso hídrico en las redes de distribución de agua, apoyo de software modernos, con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico en las tuberías y por consiguiente obtener los resultados de sus principales indicadores, La metodología empleada fue el método científico, de tipo aplicada, de nivel explicativo y diseño cuasi experimental, donde se obtuvo como resultados el diámetro (57mm), la presión (22.11m.c.a. – 31.28m.c.a.) y la velocidad del sistema (0.51-0.68m/s), teniendo como conclusión, el comportamiento hidráulico del sistema de redes, recomendando el programa waterCAD como software óptimo para este tipo de modelamientos. Además, Achampuri realizó un muestreo de campo de 12 puntos, de los cuales obtuvo presiones reales, para luego realizar los comparativos con las herramientas computacionales, siendo los resultados obtenidos de esta muestra el siguiente:

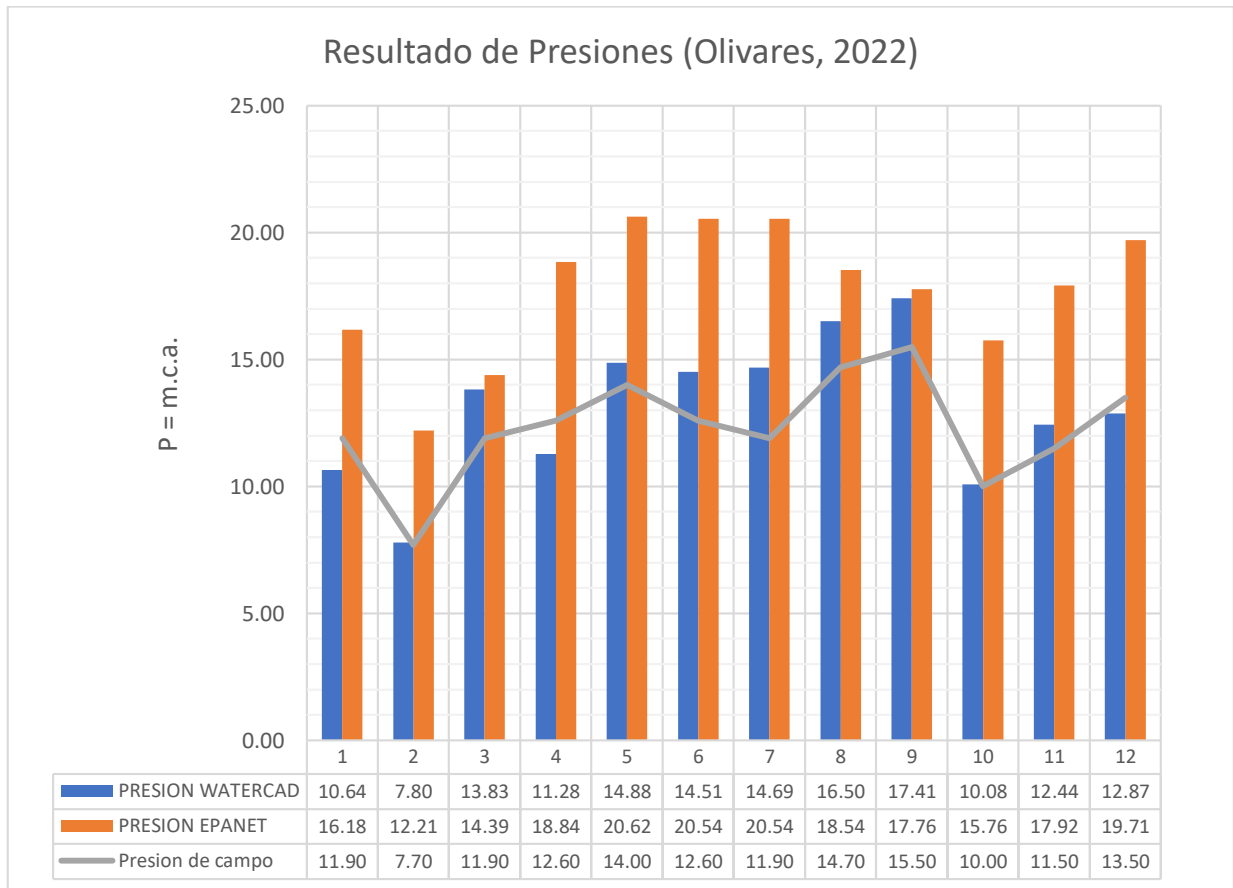
**Gráfico 5.- Resultado de Presiones (Achampuri, 2020)**



Fuente: Elaboración propia

Habiéndose tomado también 12 puntos de muestreo en el área de estudio de investigación se tiene a continuación los resultados de las presiones de campo, versus las presiones obtenidas con las herramientas computacionales EPANET y waterCAD en el escenario 01 (diagnostico), según el siguiente gráfico:

**Gráfico 6.- Resultado de Presiones (Olivares, 2022)**



Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado el comparativo de los 12 nodos de muestreo de campo realizado por el presente contra los 12 nodos de campo de los estudios realizados por (Anchapuri Calderon, 2020), la comparación se muestra con los porcentajes obtenidos del programa que más se acerca a los resultados de campo, coincidiendo ambos estudios que el WATERCAD es la herramienta computacional que más se acerca a la realidad de los ensayos.

**Tabla 29.- Porcentaje de coincidencia de los Softwares con respecto a las lecturas de campo (Anchapuri, 2020)**

ÍTEM	NODO	PRESIÓN EN CAMPO m.c.a	PRESIÓN WATERCAD	PRESIÓN EPANET	WATERCAD %	EPANET %
1	N-19	21.41	27.38	29.23	<b>78.20%</b>	73.25%
2	N-24	22.43	29.4	31.25	<b>76.29%</b>	71.78%
3	N-43	27.53	29.36	31.21	<b>93.77%</b>	88.21%
4	N-48	28.55	30.23	32.08	<b>94.44%</b>	89.00%
5	N-64	26.51	27.38	29.23	<b>96.82%</b>	90.69%
6	N-74	23.45	27.68	29.53	<b>84.72%</b>	79.41%
7	N-77	28.91	28.91	30.76	<b>100.00%</b>	93.99%
8	N-81	26.51	30.69	32.54	<b>86.38%</b>	81.47%
9	N-86	29.57	31.28	33.13	<b>94.53%</b>	89.25%
10	N-90	21.41	23.28	25.13	<b>91.97%</b>	85.20%
11	N-103	20.39	25.42	27.27	<b>80.21%</b>	74.77%
12	N-105	19.37	22.11	23.96	<b>87.61%</b>	80.84%
<b>COINCIDENCIA FINAL</b>					<b>88.74%</b>	83.15%

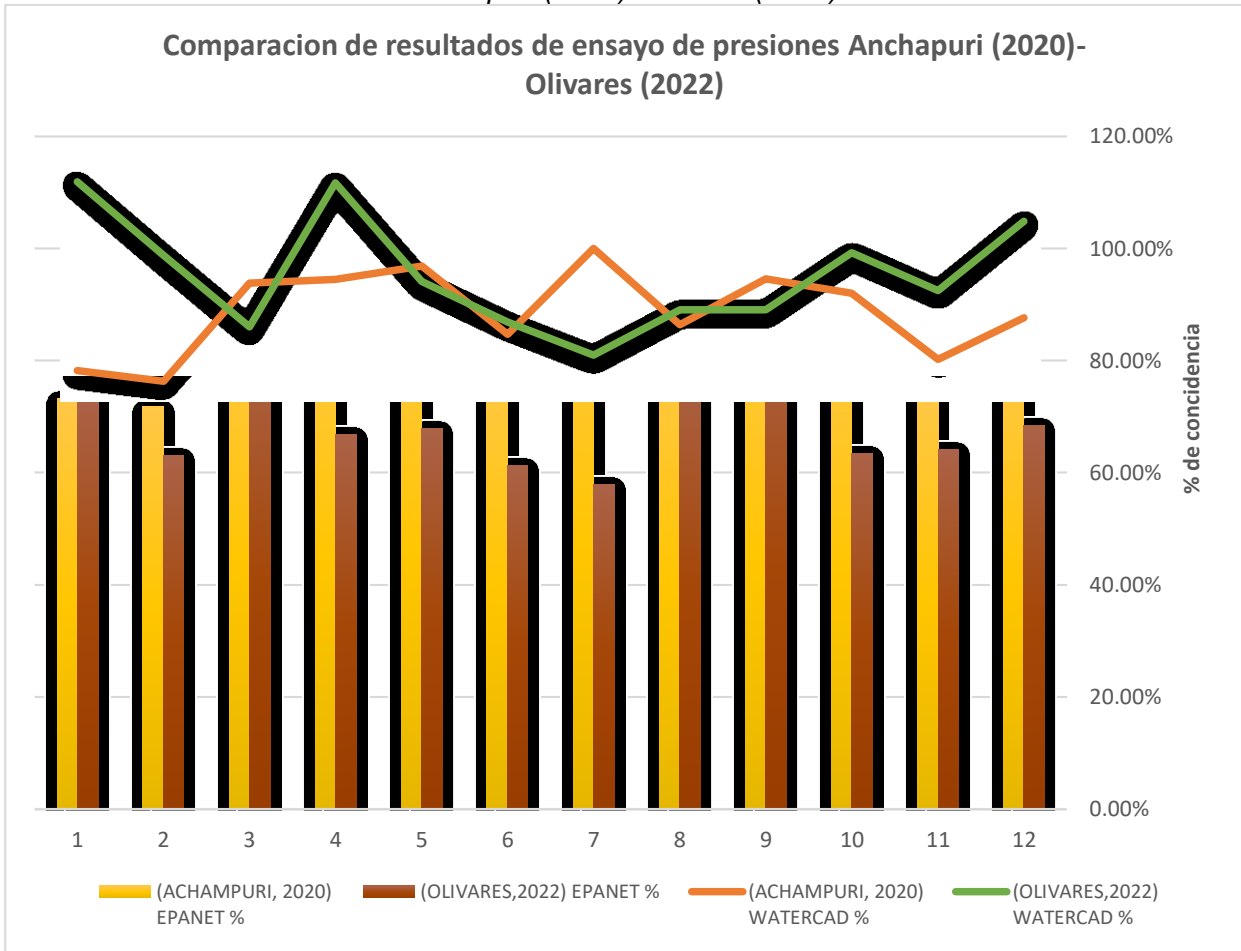
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30.- Porcentaje de coincidencia de los Softwares con respecto A las lecturas de campo (Olivares, 2022)**

ÍTEM	NODO	PRESIÓN EN CAMPO m.c.a	PRESIÓN WATERCAD	PRESIÓN EPANET	WATERCAD %	EPANET %
1	N-38	11.9	10.64	16.175	<b>111.84%</b>	73.57%
2	N-8	7.70	7.80	12.205	<b>98.72%</b>	63.09%
3	N-3	11.9	13.83	14.385	<b>86.04%</b>	82.73%
4	N-49	12.6	11.28	18.835	<b>111.70%</b>	66.90%
5	N-64	14.0	14.88	20.62	<b>94.09%</b>	67.90%
6	N-68	12.6	14.51	20.54	<b>86.84%</b>	61.34%
7	N-67	11.9	14.69	20.535	<b>81.01%</b>	57.95%
8	N-20	14.7	16.50	18.535	<b>89.09%</b>	79.31%
9	N-17	15.5	17.41	17.76	<b>89.03%</b>	87.27%
10	N-36	10	10.08	15.76	<b>99.21%</b>	63.45%
11	N-42	11.5	12.44	17.915	<b>92.44%</b>	64.19%
12	N-74	13.5	12.87	19.71	<b>104.90%</b>	68.49%
<b>COINCIDENCIA FINAL</b>					<b>95.41%</b>	69.68%

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 7.- Comparación de resultados de ensayo de presiones Anchapuri (2020)-Olivares (2022)**



Fuente: Elaboración propia

### Discusión 3.

**Objetivo específico 3: determinar la velocidad en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, en el cercado de Nasca, Ica 2022**

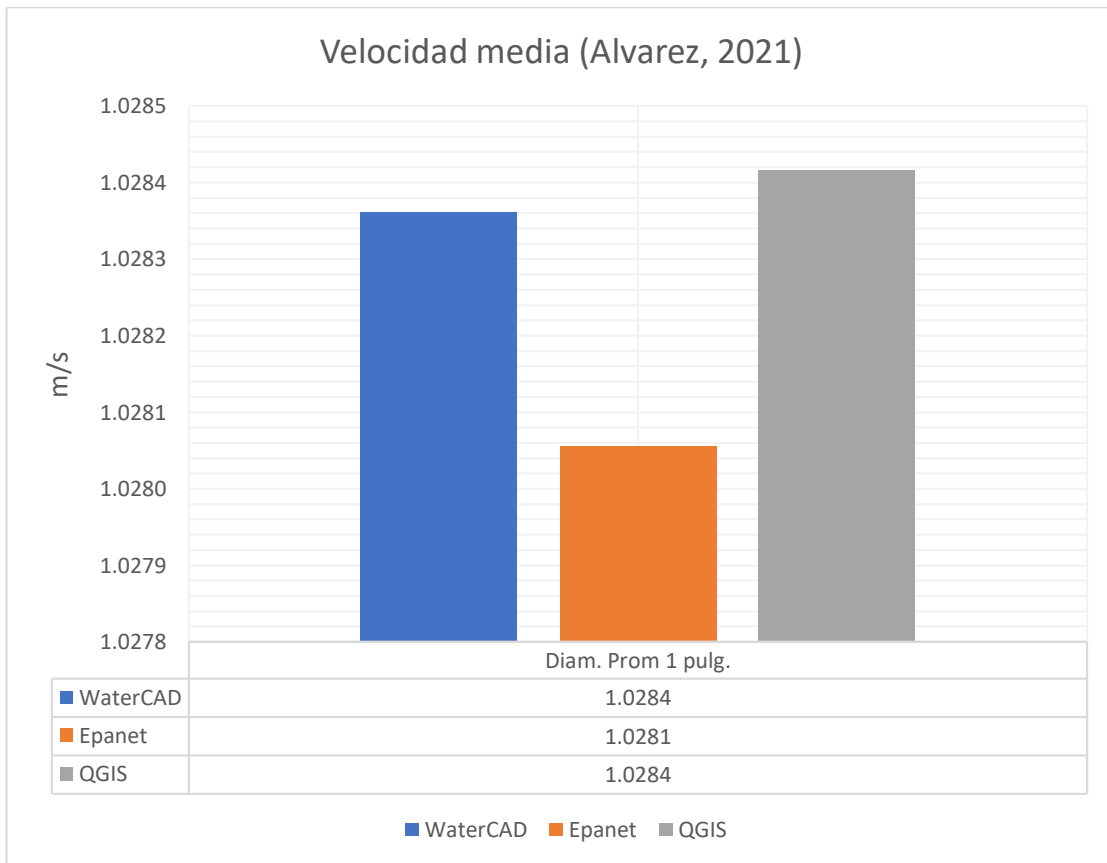
### VELOCIDAD

(ALVAREZ, 2021) en su investigación del comportamiento Hidráulico en una red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en la comunidad de APV El Bosque Provincia de Urubamba-Cusco, tuvo como objetivo de realizar una evaluación al comportamiento hidráulico en la comunidad mencionada, determinado los parámetros de diseño que intervienen en el comportamiento hidráulico de la red de



abastecimiento de agua potable y proponer el diseño obtenido por el modelamiento hidráulico en el universo de acción. En cuanto a la metodología, la investigación posee un nivel explicativo, basada en el establecimiento de las relaciones causa y efecto, para la obtención de parámetros hidráulicos de presión, velocidad y caudal a través de los programas WaterCAD, Epanet y Qgis, Obteniéndose como resultado mínimas desigualdades entre los resultados obtenidos por cada uno de los softwares, llegándose a la conclusión que los programas computacionales con los que se modelaron el sistema de abastecimiento son verdaderamente confiables y utilizables para cualquier análisis del comportamiento hidráulico. Las velocidades obtenidas por este estudio oscilan entre 0.117m/s y 1.436m/s. No obstante, los valores obtenidos se encuentran dentro de lo permitido en el OS-050. Siendo su nivel de coincidencia el demostrado en el siguiente gráfico:

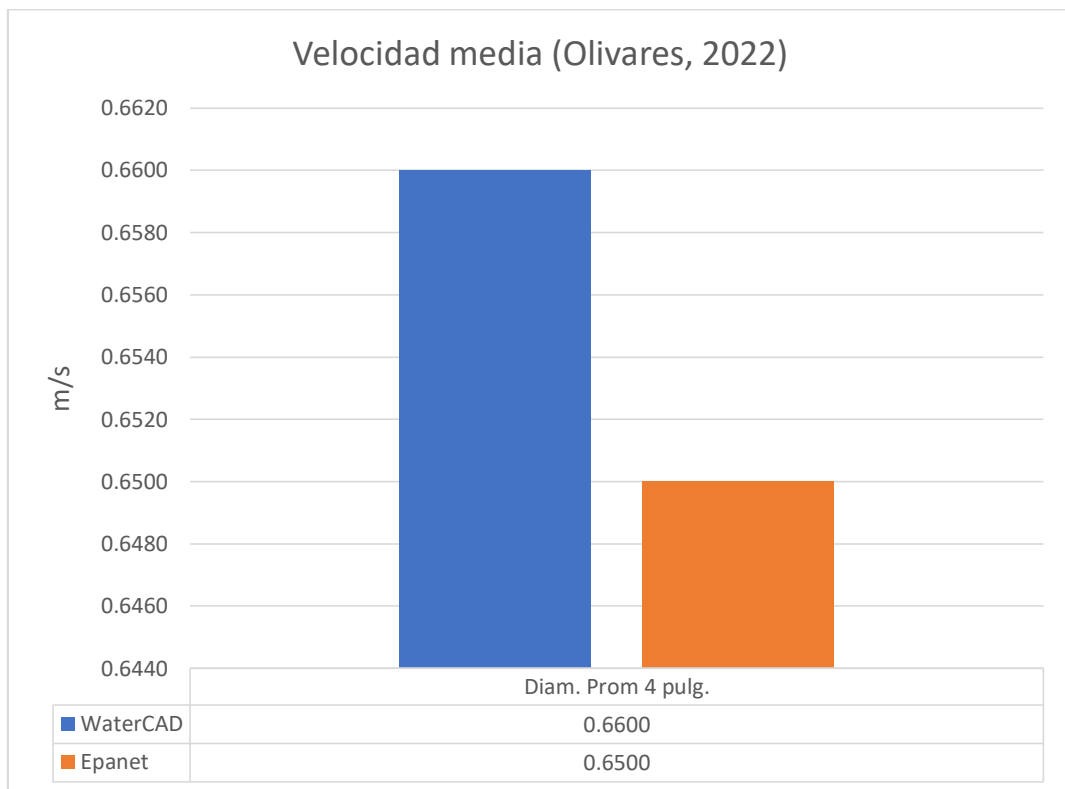
**Gráfico 8.- Velocidad Media-Álvarez, 2021**



Fuente: Elaboración propia

Para nuestro caso se ha realizado el modelamiento con dos de las tres herramientas computacionales, obteniéndose velocidades en dos escenarios, pero por motivos de discusión se presentará el gráfico de las velocidades obtenidas en el primer escenario de diagnóstico, los cuales arrojan velocidades bajas que no superan 1.00 m/s, sin embargo, se encuentran dentro de lo permitido en el OS-050

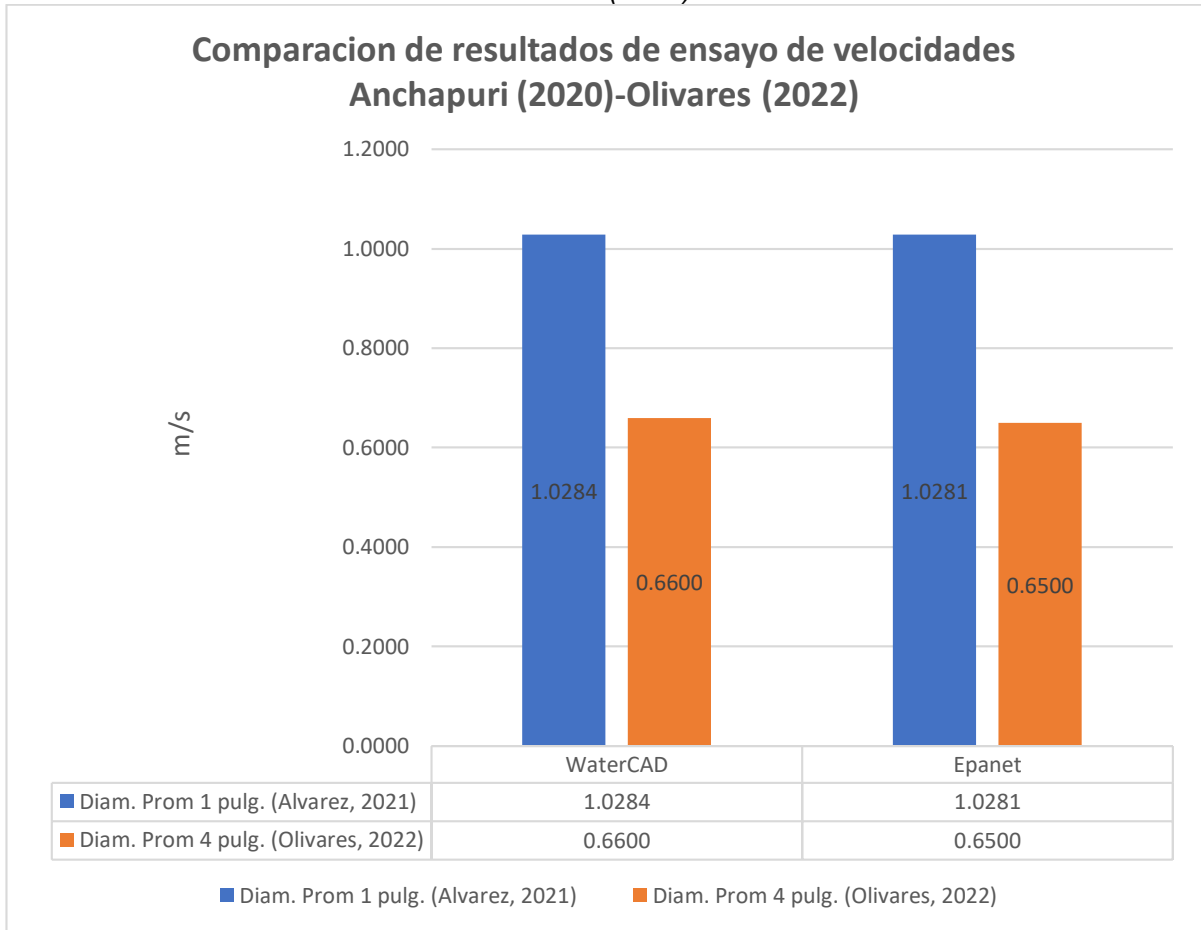
**Gráfico 9.- Velocidad Media-Olivares, 2022**



Fuente: Elaboración propia

Haciendo las comparaciones de resultados, se puede observar que las medias de las velocidades para ambos estudios de investigación con los mismos programas WATERCAD y EPANET son similares, es decir se encuentran dentro del rango de 0 a 1.02 m/s, y dentro de lo estipulado en la OS-050 (velocidades de 0 a 3m/s), esto debido a que se ha realizado el modelamiento en el periodo estático, donde las demandas permanecen estáticas, generando una velocidad ínfima. No obstante, puede comprobarse que la mayor velocidad se encuentra en la tubería de menor diámetro, y la menor velocidad en la tubería de mayor diámetro.

**Gráfico 10.- Comparación de resultados de ensayo de velocidades Anchapuri (2020)  
-Olivares (2022)**



Fuente: Elaboración propia

## **VI. CONCLUSIONES**

Las conclusiones han sido procesadas de acuerdo a los objetivos.

### **Conclusión 1.**

El diámetro promedio que se obtiene de los 8,657.92 ml de tubería analizados en el presente estudio es de 110mm. El mismo que supera el mínimo permitido por la Norma Técnica Peruana y que es capaz de trasladar el caudal necesario para abastecer al Sector 4 hasta la finalización del horizonte del proyecto.

### **Conclusión 2.**

Las presiones obtenidas dentro de los 79 nodos analizados en la red de distribución de agua potable con las herramientas computacionales tienen una mínima de 7.80 m. c. a y una máxima de 17.41 m.c.a., corroborado con los valores de campo con un 95% de coincidencia en el programa waterCAD.

### **Conclusión 3.**

Las velocidades determinadas en la muestra (red de distribución de 8,657.92 ml) tienen una mínima de 0.02 m/s y una máxima de 2.16m/s y una media de 0.65m/s encontrándose dentro permitido por la Norma Técnica Peruana.

### **Conclusión 4.**

El comportamiento hidráulico de la red de distribución determinado por dos herramientas computacionales y las lecturas de campo, han permitido conocer la aproximación más cercana a la realidad, con el programa waterCAD, herramienta computacional también escogida por otras investigaciones, tal y como lo expresa los antecedentes.

### **Conclusión 5.**

Existe variación positiva a favor de la velocidad, presión y caudal si se modifica una de las dimensiones de la variable independiente de presión de reservorio (cambio de fuente de almacenamiento), del reservorio de 450m<sup>3</sup> de 19m de altura al reservorio de 1500m<sup>3</sup>

de 30 m de altura, pudiéndose propiciar un mejoramiento en las presiones del sistema de distribución.

**Conclusión 6.**

El caudal de máxima demanda horaria (MDH) con la que se distribuye al sector de estudio, constituye para nuestra investigación el Caudal de diseño, con la que se debe de modelar realidades con sistemas de distribución interrumpidos.

**Conclusión 7.**

El único circuito donde se podía realizar el modelamiento hidráulico bajo la hermetización del sistema era el sector 04, debido al aislamiento que este tiene del resto del sistema a través de las válvulas de interrupción que se mantienen cerradas cuando se efectúa el servicio.

## VII. RECOMENDACIONES

### **Recomendación 1.**

Se recomienda que se mantengan con los diámetros de tuberías existentes, incluso si existieran renovaciones en el sistema de agua, debido a que el sector trabaja con el caudal de la Máxima demanda Horaria, ejerciendo por ende velocidades no mayores a los 3.0 m/s, dentro de lo estipulado en la normativa NTP-OS 050.

### **Recomendación 2.**

Se recomienda ejecutar los modelamientos hidráulicos con la herramienta computacional waterCAD, debido a la modernidad del programa y la concatenación que existen entre este y otros programas similares.

### **Recomendación 3.**

Se recomienda abastecer el sector 04 (sector de estudio) con el reservorio R-1500 (30m de altura) para propiciar un mejoramiento inmediato en las presiones críticas del sistema. Comprobados con las herramientas computacionales.

### **Recomendación 4.**

Se recomienda informar a la entidad acerca de la necesidad de la realización de mejoras en el sistema de distribución de agua potable, para extender el periodo de distribución de dos horas a más, hasta llegar al caudal de diseño óptimo, a través de controles d válvulas, sectorizaciones del sistema, micro medición y macro medición. De lo contrario, tal como demuestra este estudio, el tiempo de duración del servicio de agua en un horizonte de 20 años, se reducirá a 0.78 horas por día.

### **Recomendación 5.**

Se recomienda el monitoreo constante del sector 04, en medida que este realice las mejoras recomendadas, bajo las mismas cantidades de nodos, los mismos que deben de quedar como hitos para los futuros modelamientos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**PROGRESS ON HOUSEHOLD DRINKING WATER, SANITATION AND HYGIENE. UNICEF, JMP y WORLD HEALTH ORGANIZATION.** World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF) 2021. s.l. : Edited by Richard Steele. Design, layout and production by Elwa Design Studio, World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF) 2021.

**ALVAREZ, Jorge Luis. 2021.** *Comportamiento Hidráulico en una red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en la comunidad de APV El Bosque Provincia de Urubamba – Cusco, 2021.* Cusco : Tesis, 2021. 9786123151560.

**ARIAS, Fidias. 2012.** *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica.* Venezuela : Caracas, 2012.

**BAENA, Guillermina. 2017.** *Metodología de la investigación.* Mexico : Patria, 2017.

**BALLESTERO, Maureen, ARROYO, Victor y MEJIA, Abel. 2015.** *Inseguridad Económica del Agua en Latinoamérica: de la abundancia a la inseguridad.* Caracas-Venezuela : CAF, 2015. **BECHMARKING REGULATORIO.**

**SUNASS. 2021.** LIMA : DIRECCION DE FISCALIZACION, 2021.

**BRAVO, Adriana. 2017.** **MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE.** Machala : Tesis, 2017. 9786123151560. *Caracterización de redes hidráulicas en un circuito hidrométrico en una zona urbana.*

**Guillén Campo, Yulexi y Leyva de la Cruz, Benigno. 2015.** 2, Cuba : Ciencias Holgin, 2015, Vol. XXI. *Diseño de la línea de aducción y red de distribución para el sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío de Barro Blanco, distrito de Uchiza, provincia de Tocache departamento de San Martín-2018.*

**Córdova Montalvo, Flor Dalmid. 2019.** Peru : <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/13144>, 2019. **DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE.**

**AGUA, COMISION NACIONAL DEL. 2022.** MEXICO : Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2022.

**Domingo Martin, Vera Pereyra. 2018.** *Evaluación del Comportamiento Hidráulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales*

*convencionales en el Distrito de Chupaca. Huancayo - Peru* : [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/Repositorio Institucional - UNCP](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/Repositorio%20Institucional%20-%20UNCP), 2018.

**ESCOBAR NAVAS, Reyes Oswaldo y RIVERA GONZALES , Dennis Armando. 2015.** *DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTON SAN JOSE PRIMERO DEL MUNICIPIO DE SAN MARTIN UTILIZANDO EL PROGRAMA EPANET 2.0 vE.* SAN SALVADOR : UNIVERSIDAD SAN SALVADOR CENTRO AMERICA, 2015.

**ESTRELLA, Jorge. 2019.** *Diseño de la Red de Agua Potable para la comunidad de Collas, provincia de Cotopaxi.* Quito : Tesis, 2019. 9786123151560.

**GAMBOA, Jogo y RICO, Juan. 2020.** *ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE FUNZA CUNDINAMARCA UTILIZANDO EL SOFTWARE EPANET.* Bogota : Tesis, 2020. 9786123151560.

**HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, Lucio. 2014.** *Metodología de la investigación .* Mexico DF : McGraw-Hill, 2014.

**HERNANDEZ-SAMPIERI, R y MENDOZA, C. 2018.** *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Mexico DF : Mc Graw Hill Education, 2018. *Investigacion cientifica.*

**Tamayo, Mario tamayo y. 2003.** 4ta edicion, mexico : EDITORIAL LIMUSA. S.A. DE C.v. GRUPO NORIEGA EDITORES , 2003.

**JAIMES, edison. 2021.** *Comportamiento hidráulico de la red de agua según condiciones morfológicas con software convencionales-urbanización la colina, Huaraz, Ancash 2021.* Huaraz : Tesis, 2021.

**NITIN, Sonaje y Joshi, Mandar. 2017.** *A REVIEW OF MODELING AND APPLICATION OF WATER DISTRIBUTION NETWORKS (WDN) SOFTWARES.* s.l. : International Journal of Technical Research and Applications, 2017.

**OS-050. 2006.** *OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.* LIMA-PERU : s.n., 2006.

**Paco Jenry, Apaza Cardenas. 2015.** *DISEÑO DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA COMUNIDAD DE MIRAFLORES - CABANILLA - LAMPA - PUNO.* Puno : Repositorio Institucional UNA - PUNO, 2015.



**Parella Stracuzzi, Santa y Martins Pestaña, Feliberto. 2012.** *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas : FEDUPEL, 2012.

**Procel, Walter Rodríguez y Benavides Muñoz, Holger. 2021.** *Modelación hidráulica y calibración de redes de distribución de agua potable*. Ecuador : Tecnología y Ciencias del Agua, 2021.

**RODRIGUEZ, Walter y BENAVIDES, Holger. 2021.** *Modelación hidráulica y calibración de redes de distribución de agua potable*. Ecuador : Tecnología y Ciencias del Agua, 2021. 9786123151560.

**Santiesteban Naranjo, Ernan. 2014.** *Metodología de la investigación científica*. Las Tunas : Academia Universitaria (Edacum), 2014.

**SEPTIAWATI, Eka, SUTRIYONO, Edy y SISWANTO, Ari. 2019.** *Evaluation of Design Planning Water Distribution System with Watercad v.7.0 Simulation Program for Townsite Basecamp Settlement Relocation in Tanjung Enim, South Sumatra*. s.l. : SENTEN 2018 - Symposium of Emerging Nuclear Technology and Engineering Novelty, 2019. doi:10.1088/1742-6596/1198/8/082022.

**SEYOUM, Alentsehay y TANYIMBOH, Tiku. 2017.** *Integration of Hydraulic and Water Quality Modelling in Distribution Networks: EPANET-PMX*. s.l. : Water Resour Manage (2017) 31:4485–4503, 2017. DOI 10.1007/s11269-017-1760-0.

**Valderrama Mendoza, Santiago. 2015.** *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima-Peru : San Marcos , 2015.

**VARGAS, Lucio David. 2020.** *DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA LA ENSENADA DE COLLANAC DISTRITO DE PACHACAMAC MEDIANTE EL USO DE LOS PROGRAMAS WATERCAD Y SEWERCAD*. PACHACAMAC : Tesis, 2020.

**Arnao Quispe, J., Rojas Torres, J., & Hajar Guzman, J. (1997).** *Metodología de la investigación*. Huacho, Huacho, Peru-Lima. Recuperado el 01 de Setiembre de 2019

**Chávez de Paz, D. (2015).** *Conceptos y técnicas de recolección de datos en la investigación*. Recuperado el 2 de Abril de 2019, de [https://www.unifr.ch/ddp1/derechopenal/articulos/a\\_20080521\\_56.pdf](https://www.unifr.ch/ddp1/derechopenal/articulos/a_20080521_56.pdf)

**Cuauro Chirinos, N. (2014).** Técnicas e instrumentos para la recolección de información en la investigación acción participativa. Recuperado el 2 de Marzo de 2019, de [https://mestrado.prpg.ufg.br/up/97/o/T%C3%A9cnicas\\_para\\_IAP.pdf](https://mestrado.prpg.ufg.br/up/97/o/T%C3%A9cnicas_para_IAP.pdf)

**Echeverry Castano, A. A. (2014).** La investigacion. Bogota-Colombia. Recuperado el 01 de Setiembre de 2019

**Vivienda. (2018).** Manual de operación y mantenimiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Cusco. [http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos\\_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/889005501\\_02.%20Manual%20de%20O&M%20-%20Colquepata%20V.0.pdf](http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/889005501_02.%20Manual%20de%20O&M%20-%20Colquepata%20V.0.pdf)

**Vivienda. (2018).** Manual de red de distribución de agua potable. Obtenido de [http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos\\_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/1743059001\\_004%20Manual%20de%20Operacion%20y%20Mantenimiento.pdf](http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/1743059001_004%20Manual%20de%20Operacion%20y%20Mantenimiento.pdf)

**OMS. (12 de julio de 2017).** 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>

**OMS. (14 de junio de 2019).** Agua. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

**ONU. (6 de 4 de 2021).** Agua. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/water>

**Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2018).** Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

**Ministerio del Ambiente. (2021).** Mapa climatico del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/servicios/?p=mapa-climatico-del-peru>.

**Morante, C. (2019).** Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Són dor, Huacabamba (Tesis de pregrado). Universidad de Piura. Piura.

**MEF. (2004).** Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales. Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/saneamient](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamient)

o/\_3\_Parametros\_de\_dise\_de\_infraestructura\_de\_agua\_y\_saneamiento\_CC\_PP\_rurales.pdf

**Gávila, C. (2019).** “El Perú tiene un enorme reto en cuanto a cobertura de agua y saneamiento” . Constructivo.

**ANA. (23 de marzo de 2021).** El agua en cifras. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>

**ESTUDIO TARIFARIO 2019 – 2023**, aprobado en Sesión de Consejo Directivo 16 de noviembre del 2018 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO “VIRGEN DE GUADALUPE DEL SUR S.A. “(EMAPAVIGS S.A.) Gerencia de Regulación Tarifaria, GRT. - [https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/emapavigs\\_fina\\_201218.pdf](https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/emapavigs_fina_201218.pdf)

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Matriz de Consistencia**

**Anexo 2. Matriz de Operacionalización de variables**

**Anexo 3. Carta de presentación de la Tesis a la Entidad**

**Anexo 4. Validación**

**Anexo 5. Confiabilidad**

**Anexo 6. Turnitin**

**Anexo 7. Normativa**

**Anexo 8. Mapas y planos**

**Anexo 9. Panel fotográfico**

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

**TÍTULO:** “Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022” **AUTOR:** Br. Olivares Zavaleta, Joe Raúl

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>	Herramientas computacionales.	waterCAD,	Uso	Software convencionales
¿Cuál es el comportamiento Hidráulico en la red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?	Evaluar el comportamiento Hidráulico en la red de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado del distrito de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?	El comportamiento hidráulico en la red de distribución de agua potable obtenido con la herramienta waterCAD es el más aproximado a la realidad del cercado de Nasca, Ica 2022				Acceso	
						Verificación	
					Epanet.	Uso	
						Acceso	
Verificación							
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis Específicas:</b>	<b>DEPENDIENTE</b>	Comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable.	Diámetro	Diámetro mínimo 25mm. OS-050	Ficha de recolección de datos
¿Cuál es el diámetro en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?	Calcular el diámetro en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022	¿Existe variación significativa en el diámetro de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, en el cercado de Nasca, Ica 2022?				Diámetro medio 75mm. OS-050	Ficha de recolección de datos
						Diámetro interior nominal y exterior OS-050	Ficha de recolección de datos
¿Cuál es la presión en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?	Estimar la presión en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022	¿Existe variación significativa en la presión de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, el cercado de Nasca, Ica 2022?			Presión mínima 5mca OS-050	Ficha de recolección de datos	
					Presión máxima 50mca. OS-050	Ficha de recolección de datos	
					Presión media 10 mca. OS-050	Ficha de recolección de datos	
¿Cuál es la velocidad en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca – Ica 2022?	Determinar la velocidad en redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, en el cercado de Nasca, Provincia de Nasca- Ica 2022	¿Existe variación significativa en la velocidad de las redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales, el cercado de Nasca, Ica 2022?			Velocidad	Velocidad mínima 0.3m/s OS-050	Ficha de recolección de datos
						Velocidad media 0.6m/s OS-050	Ficha de recolección de datos
						Velocidad máxima 3m/s OS-050	Ficha de recolección de datos

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

**TÍTULO:** “Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022”

**AUTOR:** Br. Olivares Zavaleta, Joe Raúl

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Herramientas computacionales.	Con el empleo de las herramientas computacionales o softwares se podrán generar modelos hidráulicos que ensayen las medidas óptimas y económicas de diseño. . (Sonaje & Joshi, 2015).	Los programas computacionales pueden realizar simulaciones hidráulicas entre sus componentes hasta obtenerse resultados dentro de los parámetros de la normativa vigente (RNE-OS 050). El análisis hidráulico del sistema de distribución de redes de agua potable es un método de cálculo numérico iterativo que se realiza sobre un sistema abierto o cerrado. El resultado final a este cálculo son las presiones, velocidades, caudales y pérdidas de carga entre otros valores relevantes (Sonaje & Joshi, 2015).	waterCAD,	Uso	De Razón	Tipo de Investigación: aplicada
				Acceso		Nivel de Investigación: explicativo
				Verificación		Diseño de Investigación: Cuasi Experimental.
			Epanet	Uso		Enfoque: Cuantitativo
				Acceso		Población:
				Verificación		
Comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable	El modelamiento hidráulico permitirá obtener a partir de datos reales provenientes de la morfología del suelo y de la demanda de la población el comportamiento hidráulico estático y dinámico del sistema, hasta diagnosticar los diámetros, presiones o velocidades adecuadas. (Vera; 2018)	La Evaluación de los sistemas de agua potable existente, en todo sus componentes: fuente de captación, línea de aducción, fuente de almacenamiento y red de distribución, tiene por finalidad de diagnosticar los diámetros, longitudes, caudales y otros indicadores; bajo esta línea base se pretender determinar la presión en los diámetros según la demanda que posee, las velocidades de acuerdo a las demandas y diámetros existentes, y la presión, de acuerdo a la altura que lo contienen. (Vera; 2018)	diámetro	Diámetro mínimo 25mm. OS-050	De Razón	20 km de red de distribución de agua potable, del cercado de Nasca, Ica 2022
				Diámetro medio 75mm. OS-050		Muestra: 82 nodos.
				Diámetro interior nominal y exterior OS-050		Muestreo: Muestreo no probabilístico intencional
			Presión	Presión mínima 5mca OS-050		Técnica:
				Presión máxima 50mca. OS-050		Observación directa
				Presión media 10 mca. OS-050		Instrumento de recolección de datos:
			Velocidad	Velocidad mínima 0.3m/s OS-050		- Ficha de recolección de datos
				Velocidad media 0.6m/s OS-050		- Software de recolección y procesamiento de datos.
				Velocidad máxima 3m/s OS-050		

### Anexo 3. Carta de presentación de Tesis a la entidad



Universidad  
César Vallejo



EMAPAVIGS SA  
Reg. 455 Hora: 09:45  
24 MAYO 2022  
SECRETARIA  
La Recepción no implica aceptación

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

Los Olivos, 20 de mayo de 2022

Señor(a)  
**DRA. KETY RUTH ROSALES HINOSTROZA**  
**GERENTE GENERAL**  
**EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO "VIRGEN DE**  
**GUADALUPE DEL SUR" - EMAPAVIGS SA**  
**AV. LA CULTURA 509-511 -NASCA-NASCA-ICA**

Asunto: Autorizar para la ejecución del Proyecto de Investigación de Ingeniería Civil

De mi mayor consideración:

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente en nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Los Olivos y en el mío propio, deseándole la continuidad y éxitos en la gestión que viene desempeñando.

A su vez, la presente tiene como objetivo solicitar su autorización, a fin de que el(la) Bach. JOE RAUL OLIVARES ZAVALETA, con DNI 41156271, del Programa de Titulación para universidades no licenciadas, Taller de Elaboración de Tesis de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, pueda ejecutar su investigación titulada: **"COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CON HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL CERCADO DE NASCA, ICA 2022"**, en la institución que pertenece a su digna Dirección; agradeceré se le brinden las facilidades correspondientes.

Sin otro particular, me despido de Usted, no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente,



**Mgtr. Robert Edinson Suclupe Sandoval**  
Coordinador Nacional del Programa de Titulación  
Programa Académico de Ingeniería Civil

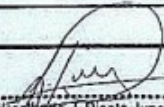
cc: Archivo PTUN.

www.ucv.edu.pe



## Anexo 4. Instrumentos validados

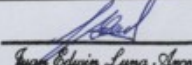
Ficha de recopilación de datos o información del experto 1

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS						
<b>PROYECTO:</b> Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022						<b>VALORACION</b> de 0 a 1
<b>AUTOR:</b> Joe Raul, Olivares Zavaleta						
I.-	<b>INFORMACION GENERAL:</b> UBICACIÓN: CERCADO DE NASCA DISTRITO                      Nasca                      Altitud                      618.50 m.s.n.m. PROVINCIA                      Nasca                      Este:                      506772.00 m E REGION                      Ica                      Sur:                      8360779.00 m S					1.00
II.-	<b>HERRAMIENTA COMPUTACIONAL CON WATERCAD</b> Se procedera al uso y acceso de la modelacion de la red de distribucion Uso                      Und                      Acceso                      Und                      indicador 3:                      Und					0.90
III.-	<b>HERRAMIENTA COMPUTACIONAL CON EPANET</b> Se procedera al uso y acceso de la modelacion de la red de distribucion Uso                      Und                      Acceso                      Und                      indicador 3:                      Und					0.70
IV.-	<b>DIAMETRO</b> Se procedera a verificar con la OS.050 Diametro minimo                      mm                      Diametro Medio                      mm                      Diametro interior nominal y Exterior                      mm 25                                                                75                                           Interior					0.80
V.-	<b>PRESION</b> Se procedera a verificar con la OS.050 Presion minlma estatica                      mca                      Presion Media                      mca                      Presion maxima                      mm 5                                                                10                                           50					0.90
VI.-	<b>VELOCIDAD</b> Se procedera a verificar con la OS.050 Velocidad minima                      m/s                      Velocidad media                      m/s                      Velocidad maxima                      m/s 0.3                                                                0.6                                           3-5.					0.80
<b>TOTAL DE VALORACION</b>						5.10
<b>PROMEDIO DE VALORACION</b>						0.85
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b> Pianto Junchaya Pedro Alberto Jerson						
<b>PROFESION:</b> Ing. Civil						
<b>REGISTRO CIP N°:</b> 177886						
<b>EMAIL:</b> <a href="mailto:ipianto88@gmail.com">ipianto88@gmail.com</a>						
<b>TELEFONO:</b> 987178448						
 Pedro Alberto J. Pianto Junchaya Ingeniero Civil Reg. CIP N° 177886						



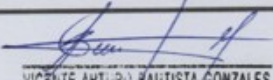

Ficha de recopilación de datos o información del experto 2

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
<b>PROYECTO:</b> Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022						<b>VALORACION</b> de 0 a 1	
<b>AUTOR:</b> Joe Raul, Olivares Zavaleta							
I.-	<b>INFORMACION GENERAL:</b>						1.0
	UBICACIÓN: CERCADO DE NASCA						
	DISTRITO	Nasca	Altitud	618.50 m.s.n.m.			
	PROVINCIA	Nasca	Este:	506772.00 m E			
	REGION	Ica	Sur:	8360779.00 m S			
II.-	<b>HERRAMIENTA COMPUTACIONAL CON WATERCAD</b>						0.9
	Se procedera al uso y acceso de la modelacion de la red de distribucion						
	Uso	Und	Acceso	Und	Indicador 3:	Und	
III.-	<b>HERRAMIENTA COMPUTACIONAL CON EPANET</b>						0.8
	Se procedera al uso y acceso de la modelacion de la red de distribucion						
	Uso	Und	Acceso	Und	Indicador 3:	Und	
IV.-	<b>DIAMETRO</b>						0.7
	Se procedera a verificar con la OS.050						
	Diametro minimo	mm	Diametro Medio	mm	Diametro interior nominal y Exterior	mm	
	25		75		Interior		
V.-	<b>PRESION</b>						0.9
	Se procedera a verificar con la OS.050						
	Presion minima estatica	mca	Presion Media	mca	Presion maxima	mm	
	5	10		50			
VI.-	<b>VELOCIDAD</b>						0.8
	Se procedera a verificar con la OS.050						
	Velocidad minima	m/s	Velocidad media	m/s	Velocidad maxima	m/s	
	0.3	0.6		3-5.			
					<b>TOTAL DE VALORACION</b>	5.10	
					<b>PROMEDIO DE VALORACION</b>	0.85	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Juan Edwin Luna Arce						
<b>PROFESION</b>	Ing. Civil						
<b>REGISTRO CIP N°</b>	64187						
<b>EMAIL:</b>	lunarce@hotmail.com						
<b>TELEFONO:</b>	961827088						



Juan Edwin Luna Arce  
INGENIERO CIVIL  
CIP 64187

Ficha de recopilación de datos o información del experto 3

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
<b>PROYECTO:</b> Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable con herramientas computacionales en el cercado de Nasca, Ica 2022						<b>VALORACION</b> de 0 a 1	
<b>AUTOR:</b> Joe Raul, Olivares Zavaleta							
I.-	<b>INFORMACION GENERAL:</b>						1.0
	UBICACIÓN: CERCADO DE NASCA						
	DISTRITO	Nasca	Altitud	618.50 m.s.n.m.			
	PROVINCIA	Nasca	Este:	506772.00 m E			
	REGION	Ica	Sur:	8360779.00 m S			
II.-	<b>HERRAMIENTA COMPUTACIONAL CON WATERCAD</b>						0.8
	Se procedera al uso y acceso de la modelacion de la red de distribucion						
	Uso	Und	Acceso	Und	Indicador 3:	Und	
III.-	<b>HERRAMIENTA COMPUTACIONAL CON EPANET</b>						0.9
	Se procedera al uso y acceso de la modelacion de la red de distribucion						
	Uso	Und	Acceso	Und	Indicador 3:	Und	
IV.-	<b>DIAMETRO</b>						0.9
	Se procedera a verificar con la OS.050						
	Diametro minimo	mm	Diametro Medio	mm	Diametro interior nominal y Exterior	mm	
	25		75		Interior		
V.-	<b>PRESION</b>						0.9
	Se procedera a verificar con la OS.050						
	Presion minima estatica	mca	Presion Media	mca	Presion maxima	mm	
	5		10		50		
VI.-	<b>VELOCIDAD</b>						0.8
	Se procedera a verificar con la OS.050						
	Velocidad minima	m/S	Velocidad media	m/s	Velocidad maxima	m/s	
	0.3		0.6		3-5.		
					<b>TOTAL DE VALORACION</b>	5.3	
					<b>PROMEDIO DE VALORACION</b>	0.88	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Vicente Arturo Bautista Gonzales						
<b>PROFESION</b>	Ing. Civil						
<b>REGISTRO CIP N°</b>	85511						
<b>EMAIL:</b>	arbag_inge@hotmail.com						
<b>TELEFONO:</b>	932854703						
 VICENTE ARTURO BAUTISTA GONZALES INGENIERO CIVIL CIP. N° 85511 							

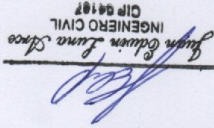
## Anexo 5. Confiabilidad

Ficha de validación de datos del experto 1



### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL CERCADO DE NASCA, ICA, 2022

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable Independiente: Software WaterCAD y EPANET							
	<b>DIMENSIÓN 1: EPANET</b>							
1	¿Usted cree que ha empleado adecuadamente el software para el modelamiento?	✓		✓		✓		
2	¿Usted cree que los resultados obtenidos en el modelamiento con EPANET están sujetos a las Normas técnicas sobre la materia?	✓		✓		✓		
3	¿El modelo desarrollado por el Software se rige a las normas técnicas?	✓		✓		✓		
4	¿Usted cree que el diagnóstico realizado con la herramienta computacional EPANET es óptima como alternativa de solución para el abastecimiento de agua en el sector de estudio?	✓		✓		✓		
5	¿Usted cree que la herramienta computacional EPANET es ventajosa para el desarrollo de modelamientos hidráulicos?	✓		✓		✓		
	<b>DIMENSIÓN 2: WATERCAD</b>							
6	¿Usted cree que ha empleado adecuadamente el software para el modelamiento?	✓		✓		✓		
7	¿Usted cree que los resultados obtenidos en el modelamiento con WATERCAD están sujetos a las Normas técnicas sobre la materia?	✓		✓		✓		
8	¿El modelo desarrollado por el Software se rige a las normas técnicas? *	✓		✓		✓		
9	¿Usted cree que el diagnóstico realizado con la herramienta computacional WATERCAD es óptima como alternativa de solución para el abastecimiento de agua en el sector de estudio?	✓		✓		✓		
10	¿Usted cree que la herramienta computacional WATERCAD es ventajosa para el desarrollo de modelamientos hidráulicos?	✓		✓		✓		

  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 94187

Variable dependiente: Software WaterCAD y EPANET		Si	No	Si	No	Si	No
<b>DIMENSION 1: DIAMETRO</b>							
11	¿Los diámetros existentes y comprobados por los programas computacionales de las redes distribución de agua potable son los apropiados para transportar el flujo de agua para abastecer el agua demandada?	✓		✓		✓	
12	¿La clase de tubería empleada en el diseño del sistema de agua cumplen las normas técnicas para trasladar el flujo de agua?	✓		✓		✓	
<b>DIMENSION 2: VELOCIDAD</b>		Si	No	Si	No	Si	No
13	¿La velocidad que se presenta en las redes de distribución de agua cumple con la Norma Técnica para garantizar el pleno funcionamiento del Sistema de agua potable?	✓		✓		✓	
<b>DIMENSION 3: PRESION</b>		Si	No	Si	No	Si	No
14	¿La presión que se presenta en las redes de distribución cumple con la Norma Técnica para garantizar el pleno funcionamiento del sistema de agua potable?	✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

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

Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: Juan Edwin Luna Arce

DNI: 22184528

Especialidad del validador: *ING. CIVIL FORMULADOR DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA - SANEAMIENTO URBANO.*

Ica. 23 de Mayo del 2022

*Juan Edwin Luna Arce*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 54197

Firma del Experto Informante.

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

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

Ficha de validación de datos del experto 2



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL CERCADO DE NASCA, ICA 2022**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia¹		Relevancia²		Claridad³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>Variable Independiente: Software WaterCAD y EPANET</b>							
	<b>DIMENSION 1: EPANET</b>							
1	¿Usted cree que ha empleado adecuadamente el software para el modelamiento?	✓		✓		✓		
2	¿Usted cree que los resultados obtenidos en el modelamiento con EPANET están sujetos a las Normas técnicas sobre la materia?	✓		✓		✓		
3	¿El modelo desarrollado por el Software se rige a las normas técnicas?	✓		✓		✓		
4	¿Usted cree que el diagnóstico realizado con la herramienta computacional EPANET es óptima como alternativa de solución para el abastecimiento de agua en el sector de estudio?	✓		✓		✓		
5	¿Usted cree que la herramienta computacional EPANET es ventajosa para el desarrollo de modelamientos hidráulicos?	✓		✓		✓		
	<b>DIMENSION 2: WATERCAD</b>							
6	¿Usted cree que ha empleado adecuadamente el software para el modelamiento?	✓		✓		✓		
7	¿Usted cree que los resultados obtenidos en el modelamiento con WATERCAD están sujetos a las Normas técnicas sobre la materia?	✓		✓		✓		
8	¿El modelo desarrollado por el Software se rige a las normas técnicas?	✓		✓		✓		
9	¿Usted cree que el diagnóstico realizado con la herramienta computacional WATERCAD es óptima como alternativa de solución para el abastecimiento de agua en el sector de estudio?	✓		✓		✓		
10	¿Usted cree que la herramienta computacional WATERCAD es ventajosa para el desarrollo de modelamientos hidráulicos?	✓		✓		✓		

Variable de pendiente: Software WaterCAD y EPANET		Si	No	Si	No	Si	No
<b>DIMENSION 1: DIAMETRO</b>							
11	¿Los diámetros existentes y comprobados por los programas computacionales de las redes distribución de agua potable son los apropiados para transportar el flujo de agua para abastecer el agua demandada?	✓		✓		✓	
12	¿La clase de tubería empleada en el diseño del sistema de agua cumplen las normas técnicas para trasladar el flujo de agua?	✓		✓		✓	
<b>DIMENSION 2: VELOCIDAD</b>		Si	No	Si	No	Si	No
13	¿La velocidad que se presenta en las redes de distribución de agua cumple con la Norma Técnica para garantizar el pleno funcionamiento del Sistema de agua potable?	✓		✓		✓	
<b>DIMENSION 3: PRESSION</b>		Si	No	Si	No	Si	No
14	¿La presión que se presenta en las redes de distribución cumple con la Norma Técnica para garantizar el pleno funcionamiento del sistema de agua potable?	✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

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

Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: Pianto Junchaya Pedro Alberto Jerson    DNI: 45252189

Especialidad del validador: INGENIERO CIVIL-FORMULADOR DE PROYECTOS DE INVERSION PUBLICA Y PRIVADA

Ica. 23 de Mayo del 2022


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

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



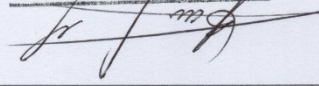
-----  
**Pedro Alberto J. Pianto**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 177886

Ficha de validación de datos del experto 3



UNIVERSIDAD  
CAYMAHUASI  
ESCUELA DE POSTGRADO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL CERCADO DE NASCA, ICA 2022**



VICENTE ARTURO BAUTISTA GONZALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 85511

N°	DIMENSIONES / Items	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Variable Independiente: Software WaterCAD y EPANET							
	DIMENSION 1: EPANET							
1	¿Usted cree que ha empleado adecuadamente el software para el modelamiento?	X		X		X		
2	¿Usted cree que los resultados obtenidos en el modelamiento con EPANET están sujetos a las Normas técnicas sobre la materia?	X		X		X		
3	¿El modelo desarrollado por el Software se rige a las normas técnicas?	X		X		X		
4	¿Usted cree que el diagnóstico realizado con la herramienta computacional EPANET es óptima como alternativa de solución para el abastecimiento de agua en el sector de estudio?	X		X		X		
5	¿Usted cree que la herramienta computacional EPANET es ventajosa para el desarrollo de modelamientos hidráulicos?	X		X		X		
	DIMENSION 2: WATERCAD							
6	¿Usted cree que ha empleado adecuadamente el software para el modelamiento?	X		X		X		
7	¿Usted cree que los resultados obtenidos en el modelamiento con WATERCAD están sujetos a las Normas técnicas sobre la materia?	X		X		X		
8	¿El modelo desarrollado por el Software se rige a las normas técnicas?	X		X		X		
9	¿Usted cree que el diagnóstico realizado con la herramienta computacional WATERCAD es óptima como alternativa de solución para el abastecimiento de agua en el sector de estudio?	X		X		X		
10	¿Usted cree que la herramienta computacional WATERCAD es ventajosa para el desarrollo de modelamientos hidráulicos?	X		X		X		

Variable dependiente: Software WaterCAD y EPANET		SI	No	SI	No	SI	No
<b>DIMENSION 1: DIAMETRO</b>							
11	¿Los diámetros existentes y comprobados por los programas computacionales de las redes distribución de agua potable son los apropiados para transportar el flujo de agua para abastecer el agua demandada?	X		X		X	
12	¿La clase de tubería empleada en el diseño del sistema de agua cumplen las normas técnicas para trasladar el flujo de agua?	X		X		X	
<b>DIMENSION 2: VELOCIDAD</b>							
13	¿La velocidad que se presenta en las redes de distribución de agua cumple con la Norma Técnica para garantizar el pleno funcionamiento del Sistema de agua potable?	X		X		X	
<b>DIMENSION 3: PRESION</b>							
14	¿La presión que se presenta en las redes de distribución cumple con la Norma Técnica para garantizar el pleno funcionamiento del sistema de agua potable?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

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


Apellidos y nombres del juez validador. Ing.: Vicente Arturo Bautista Gonzales   DNI: 21574235

Especialidad del validador: ING. CIVIL CONSULTOR DE PROYECTOS DE SANEAMIENTO URBANO.

Ica, 23 de mayo del 2022

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

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

  
VICENTE ARTURO BAUTISTA GONZALES  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 85511

Firma del Experto Informante.



## Anexo 7. Normativa

OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

### OS.050

## REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

### ÍNDICE

	PÁG.
1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. DEFINICIONES	2
4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑO	2
4.1 Levantamiento Topográfico	2
4.2 Suelos	3
4.3 Población	3
4.4 Caudal de Diseño	3
4.5 Análisis Hidráulico	3
4.6 Diámetro Mínimo	4
4.7 Velocidad	4
4.8 Presiones	4
4.9 Ubicación y recubrimiento de tuberías	5
4.10 Válvulas	6
4.11 Hidrantes contra incendio	6
4.12 Anclajes y Empalmes	6
5. CONEXIÓN PREDIAL	6
5.1. Diseño	6
5.2. Elementos de la Conexión	6
5.3. Ubicación	6
5.4. Diámetro Mínimo	6
Anexo:	
Esquema Sistema con Tuberías Principales y Ramales Distribuidores de Agua	8

## **OS – 100 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA**

### **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

#### **1.1 Previsión contra Desastres y otros riesgos**

En base a la información recopilada el proyectista deberá evaluar la vulnerabilidad de los sistemas ante situaciones de emergencias, diseñando sistemas flexibles en su operación, sin descuidar el aspecto económico. Se deberá solicitar a la Empresa de Agua la respectiva factibilidad de servicios.

#### **1.2 Período de diseño**

Para proyectos de poblaciones o ciudades, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios en asentamientos existentes, el período de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los períodos óptimos para cada componente de los sistemas.

#### **1.3 Población**

La población futura para el período de diseño considerado deberá calcularse:

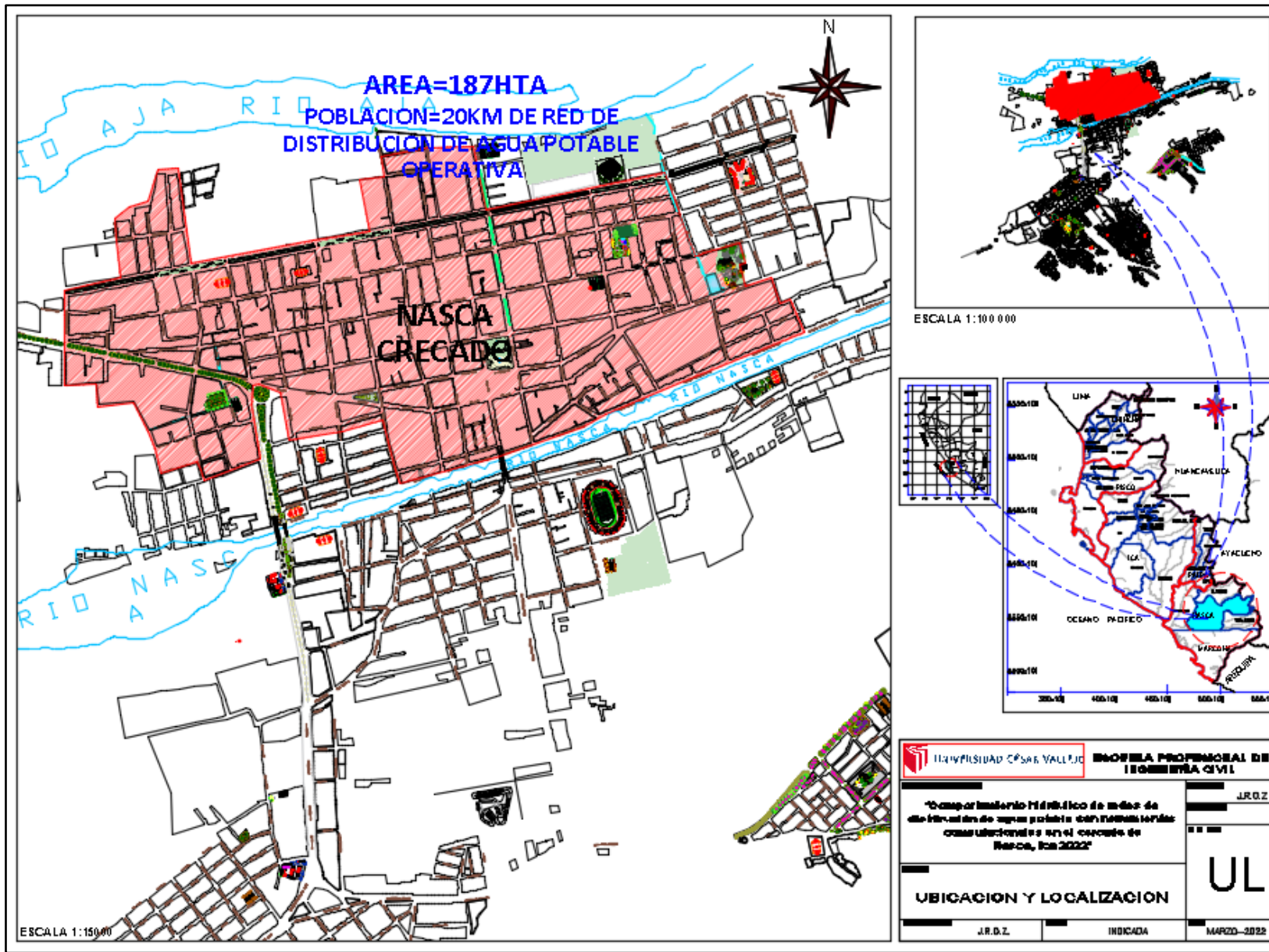
- a) Tratándose de asentamientos humanos existentes, el crecimiento deberá estar acorde con el plan regulador y los programas de desarrollo regional si los hubiere; en caso de no existir éstos, se deberá tener en cuenta las características de la ciudad, los factores históricos, socio-económico, su tendencia de desarrollo y otros que se pudieren obtener.
- b) Tratándose de nuevas habilitaciones para viviendas deberá considerarse por lo menos una densidad de 6 hab/vivienda.

#### **1.4 Dotación de Agua**

La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 200 l/hab/d, en clima frío y de 250 l/hab/d en clima templado y cálido.

## Anexo 8. Mapas y planos



## Anexo 9. Panel fotográfico



**IMAGEN 01.-** Toma de presiones en caja de registro de agua  
Conexión domiciliaria de ½"



**IMAGEN 02.-** Apoyo técnico para instalación manómetro  
en caja de registro de agua con medidor de ½"



**IMAGEN 03.-** Toma de presiones en caja de registro de agua  
Conexión domiciliar de ½" sin medidor.



**IMAGEN 04.-** Presión en PSI - manómetro digital (Zona de alta presión)



**IMAGEN 05.-** Presión en PSI - manómetro digital (Zona de baja presión)



**IMAGEN 06.-** Vista frontal de reservorios elevados de 450 m<sup>3</sup> (izquierda) y 1500m<sup>3</sup>(derecha)



**IMAGEN 07.-** Revisando macro medidor de la  
Línea de aducción del R-450



**IMAGEN 08.-** Árbol de descarga del  
Del R-450