

Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana

por Bryan Josías Bonilla Almestar

Fecha de entrega: 17-nov-2023 09:01a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2231165398

Nombre del archivo: ING._SANITARIA_-_Bryan_Jos_as_Bonilla_Almestar_v1.docx (8.12M)

Total de palabras: 12143

Total de caracteres: 64956



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Obra publicada con autorización del autor



1
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

**Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con
Watercad de la Red de distribución de agua
potable de la Asociación Pro vivienda
Nuevo Habana**

5
Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Bryan Josías Bonilla Almestar
<https://orcid.org/0009-0004-3199-0219>

Asesor:

29
Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna
3
<https://orcid.org/0000-0003-3755-4093>

Código N° 6052321

Moyobamba, Perú

2023



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

1
**Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con
Watercad de la Red de distribución de agua
potable de la Asociación Pro vivienda
Nuevo Habana**

46
Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Presentado por
Bryan Josías Bonilla Almestar

3
Sustentada y aprobada el 10 de mayo del 2023, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardáles

Secretario de Jurado
Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza

5
Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo

Asesor
Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas
Luna

Moyobamba, Perú
2023

Declaratoria de autenticidad

Bryan Josías Bonilla Almestar, con DNI N° 72732165, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 10 de mayo del 2023.



.....
Bryan Josías Bonilla Almestar

DNI N° 72732165

5 Ficha de identificación

Título del proyecto Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana	Área de investigación: Línea de investigación: Sublínea de investigación: Grupo de investigación (indicar resolución): Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/> , Aplicada <input checked="" type="checkbox"/> , Desarrollo experimental <input type="checkbox"/>
Autor: Bryan Josías Bonilla Almestar	Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0009-0004-3199-0219
Asesor: Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna	Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0000-0000-0000-0000

Dedicatoria

El autor dedica este esfuerzo a:

María y Marcial, mis honorables padres que me inculcaron valores con principios eternos; los cuales, a pesar de su precariedad económica me ayudaron y dejaron todo con tal de que logre mi sueño de ser profesional.

Mis queridos tíos Mario, José, Anibal y sus respectivas esposas, quienes nunca dejaron de alentarme y apoyarme tanto económica material y emocionalmente.

Los amores de mi vida, mi esposa Anaís y mi hija Bryana Bonilla, la cual con la entrega de su amor puro y sincero se han convertido en ese motor que me impulsa en esta vida.

Bryan Josías

Agradecimientos

Mediane esta página, quiero hacer llegar mi agradecimiento a los siguientes:

Al Dador de toda vida, quien hasta aquí me ha conservado la vida y la buena salud, y no solamente a mí, sino también las de mi familia, amigos y conocidos en quienes puedo ver su gracia salvadora.

A mis progenitores María y Marcial; a mis hermanos, Joelma, Eder, Josmell, Katty y Gerson, quienes siempre estuvieron ahí dándome el aliento necesario para no desmayar durante mis años de estudios profesionales.

²⁹
A mi casa superior, la Universidad Nacional de San Martín; por el financiamiento económico a este trabajo según Resolución N°802-2021-UNSM/CU-R.

3 Índice general

Ficha de identificación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Índice general.....	9
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes de la investigación.....	16
2.2. Fundamentos teóricos.....	18
2.2.1 El agua.....	17
2.2.2 Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.....	19
2.2.3 Partes de un sistema de Abastecimiento de Agua Potable.....	21
2.2.4 Elaboración de la simulación hidráulica.....	26
5 CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	29
3.1.1 Contexto de la investigación.....	29
3.1.2 Periodo de ejecución.....	30
3.1.3 Aplicación de principios éticos internacionales.....	30
3.2. Sistema de variables.....	30
3.3. Procedimientos de la investigación.....	30
3.3.1 Procedimiento del objetivo específico 1.....	30
3.3.2 Procedimiento del objetivo específico 2.....	31
3.3.3 Procedimiento del objetivo específico 3.....	41
5 CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Cálculos hidráulicos de la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana	42

8	4.2. Simulación en periodo estático y periodo extendido de la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana con la aplicación del Watercad.....	43
33	4.2.1. Simulación en periodo estático.....	43
	4.2.2. Simulación en periodo extendido.....	46
9	4.3. Determinación de velocidades, diámetros de tuberías y presiones en la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana. ..	48
5	4.4. Discusiones.....	50
	CONCLUSIONES.....	52
	RECOMENDACIONES.....	53
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
	ANEXOS.....	58

2 Índice de tablas

Tabla 1.	³⁸ Coeficientes de fricción "C" en la fórmula Hazen y Williams28
Tabla 2.	Datos considerados para el cálculo del caudal de diseño.42
Tabla 3.	Resultado de caudal y elevación en nodos.....43
Tabla 4.	Resultado de caudal y longitud de tuberías45
Tabla 5.	Variaciones de consumo horario.....46
Tabla 6.	Resultados de caudal mínimo y máximo recorrido en redes.48
Tabla 7.	Velocidades en periodo estático.48
Tabla 8.	Velocidades en período extendido.....49
Tabla 9.	Diámetros de tuberías adoptadas49
Tabla 10.	Presiones en periodo estático.....50
Tabla 11.	Presiones en período extendido.50

1 Índice de figuras

Figura 1.	1	Proceso general de abastecimiento de agua potable (Huaman y Rojas, 2019).....	21
Figura 2.		Sistema de circuito abierto tipo espina de pescado (Vierendel, 2009).....	24
Figura 3.	1	Sistema de circuito abierto tipo parrilla (Vierendel, 2009)	24
Figura 4.	23	Sistema de circuito cerrado (Vierendel, 2009).....	25
Figura 5.		Ubicación del proyecto	31
Figura 6.	1	Levantamiento topográfico de la zona de estudio.....	32
Figura 7.		Se aprecia las curvas de nivel obtenidas y georreferenciadas en el software Civil 3D.....	34
Figura 8.		Se aprecia el trazado de las redes de distribución usando el software Civil 3D.....	35
Figura 9.		Se aprecia la configuración del proyecto.	35
Figura 10.		Se aprecia la red de distribución importada al Watercad.	36
Figura 11.	22	Se aprecia las curvas de nivel del área de estudio, importadas.	37
Figura 12.		Se aprecia al Nodo 1, con su respectiva elevación.	37
Figura 13.		Se aprecia los polígonos de Thiessen que ayudan a repartir el caudal en los Nodos de la red de distribución.....	38
Figura 14.	25	Se aprecia los Nodos de la red de distribución conteniendo los caudales demandados por la red.	38
Figura 15.		Se aprecia diferentes tipos de diámetros de tuberías.....	39
Figura 16.		Se aprecia la red de distribución simulada.....	39
Figura 17.		Se aprecia los picos de consumo mayores y menores de la red.....	40
Figura 18.		Se aprecia la variación horaria sometida a la red.....	41
Figura 19.		Patrones de consumo horario adoptados para la investigación.	47

RESUMEN

10 Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana

El presente esfuerzo académico titulado Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana, se realizó teniendo en cuenta la necesidad del servicio de agua en la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana del Distrito de Habana, en ese sentido, se realizaron cálculos hidráulicos y se ejecutó la simulación en período estático y período extendido del sistema planteado para finalmente contrastarlo con la normativa peruana vigente. Se solicitó información a la Municipalidad Distrital de Habana, referente a datos población, presiones, caudales y redes más cercanas a la Asociación; posteriormente se visitó al sector en investigación a fin de conocer el relieve topográfico del área, con la cual se completó la información básica para transformar los datos obtenidos. Finalmente, comparando con la OS. 050, Redes de distribución de agua para consumo humano del Reglamento Nacional de Edificaciones, se obtuvieron presiones, velocidades y diámetros de tuberías favorables tanto en la simulación en periodo estático como en la simulación en periodo extendido. Por lo que la aplicación del sistema planteado resultaría eficiente y favorable para el normal abastecimiento de la Asociación.

Palabras clave: Watercad, Simulación, agua, tubería.

ABSTRACT

Efficiency of the design and hydraulic simulation with Watercad of the drinking water distribution network of the Nuevo Habana Pro-Housing Association

The present research work entitled Efficiency of the design and hydraulic simulation with Watercad of the drinking water distribution network of the Nuevo Habana Pro-Housing Association, was carried out taking into account the need for the drinking water service of the population of the Association Pro housing Nuevo Habana of the District of Havana, in this sense, hydraulic calculations were carried out and the simulation in static period and extended period of the proposed system was carried out to finally contrast it with the current Peruvian regulations. Information was requested from the District Municipality of Havana, regarding population data, pressures, flows and networks closest to the Association; Subsequently, the sector under investigation was visited and the topographic survey of the area was carried out, with which the basic information for the data processing in the office was completed. Finally, comparing with the OS. 050, Water distribution networks for human consumption of the National Building Regulations, favorable pressures, velocities and diameters of pipes were obtained both in the static period simulation and in the extended period simulation. Therefore, the application of the proposed system would be efficient and favorable for the normal supply of the Association.

Keywords: Watercad, Simulation, water, pipe.

5 CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Países de Latinoamérica y el Caribe destacaron tiempo atrás lo sustancial del abastecimiento de agua y saneamiento como punto de quiebre para preservar y mejorar el servicio básico de salud en sus conciudadanos, en la región hay unos 222 millones de residentes que carecen de agua potable gestionados de forma segura. Las brechas de cobertura en agua y saneamiento entre países son grandes, así como dentro de los mismos países, contando que la brecha dentro de los países es más del 20 o incluso el 30%. Las poblaciones carentes con servicios básicos buscan saldar esta necesidad optando por medidas alternativas (tales como, para proveerse de agua: pozos individuales, conexiones clandestinas a la red de agua, comerciantes de agua, o consumir agua directamente de ríos, lagos y/o de otros orígenes; y para el saneamiento: letrinas y/o defecación a tajo abierto). Normalmente, estas poblaciones han sufrido un crecimiento muy acelerado y/o geométrico y desordenado, lo que ha conllevado a que se asienten en puntos muy alejados de las redes existentes y en condiciones topográficas de difícil acceso. En los países de la región, existe un contraste marcado en las zonas urbanas y rurales, siendo el 13% para el abastecimiento de agua y del 22% para disposición de agua servidas, ello tomando como punto de referencia la accesibilidad a por lo menos un servicio básico. (WWAP París UNESCO, 2019).

El 90,8% (29 millones 525 mil) de la población de la nación tuvo acceso a agua para consumo humano de la red pública en el año móvil de mayo 2019 a abril 2020, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (dentro de la vivienda, fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación o red pública de agua). El 9,2% del total de personas a nivel nacional no tiene acceso a la red pública de agua, sino que se abastece de otras fuentes como pozos (1,6%), camiones cisterna (1,2%), ríos, acequias, manantiales (3,5%) y otras fuentes (2,8%). En 2019, el 94,9% de las personas en zonas urbanas y el 75,6% de las personas en zonas rurales tenían acceso a redes públicas de agua, y el 24,4% de este último grupo utilizaba agua de acequias, ríos, manantiales u otras fuentes similares.

En el distrito de Habana, existe actualmente una gran población en la asociación Pro vivienda Nuevo Habana sin el servicio de agua potable, y actualmente se está sirviendo de la quebrada el Galdín el mismo del que se sirven bestias y agricultores para el lavado de café. En ese sentido, el presente trabajo pretende brindar una alternativa de solución al problema de abastecimiento de agua potable en la asociación, brindando un diseño de red de abastecimiento en concordancia con las normas vigentes, generando un gran impacto

en la población de la asociación, ya que contar con agua potable y segura es indispensable para el buen desarrollo del distrito.

El presente tubo de base primordial la utilización del Software Watercad; la cual, en la actualidad es utilizada en gran manera en el campo de la ingeniería para el diseño de tuberías a presión, repercutiendo en la toma de decisiones al momento de trasladarlo al campo.

La variable dependiente fue la red de distribución de agua potable, que será confirmada por el OS 050, Redes de distribución de agua para consumo humano del Reglamento Nacional de Edificaciones. La variable independiente asumida fue el diseño y simulación hidráulica con Watercad, la cual se verificó a través de cálculos hidráulicos y a través de la simulación en periodo estático y extendido.

El objetivo principal fue: Determinar la eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la red de distribución de agua potable de la asociación Pro vivienda Nuevo Habana; y tuvo como objetivos específicos: Diseñar mediante cálculos hidráulicos la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana con la aplicación del Watercad, Simular en periodo estático y periodo extendido la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana con la aplicación del Watercad y por último determinar velocidades, diámetros de tuberías y presiones en la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana. Así también, la hipótesis de trabajo en la presente fue, la eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la red de distribución de agua potable para la Asociación Pro Vivienda Nuevo Habana, dará solución a este problema de servicio que ayudará a los pobladores de este sector.

Se utilizaron métodos de entrevistas informales con operarios que trabajan en la administración de los servicios de saneamiento del Distrito de Habana, así como también la inspección ocular en las visitas de campo realizadas, equipos topográficos para el levantamiento topográfico de la zona de estudio y softwares como el Autocad, el Arcgis, el Civil 3d y otros como el Word y Exel.

5 CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Gamboa y Rico (2020), determinaron "la elaboración del modelo hidráulico para la red de distribución de agua potable de Funza Cundinamarca utilizando el Software Epanet". El objetivo principal fue analizar y ampliar el modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable de Funza Cundinamarca. Para ello se analizaron hidráulicamente las presiones y velocidades, teniendo en cuenta las ventajas y limitaciones del elemento líquido para la conducción del municipio, llegándose a concluir que en un alto porcentaje las presiones del sistema son muy coherentes en la mayoría de los sectores, con excepción de aquel tubo proveniente de tienda nueva que es utilizado para extraer agua subterránea, respecto a las velocidades entre el 45% y 50% durante las horas picos son altas y sus velocidades son mayores a 0,5 m/s sin exceder los 2 m/s.

Ampié y Masis (2017), investigó una propuesta de diseño hidráulico a nivel de pre factibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico de la comunidad Paso Real, municipio de Jinotepe, departamento de Carazo; tuvo por objeto principal proponer el diseño hidráulico como pre factibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico para la comunidad Paso real. Se determinó que la comunidad Paso Real consta con 279 pobladores. Se concluyó que de acuerdo al diagnóstico realizado solo se cuenta con un manantial de agua subterráneo, la cual renta 40 gpm sacada a través de un bombeo artesanal, proponiéndose que el diseño hidráulico más óptimo y eficaz conste con un sistema Fuente-Tanque-Red que inicialmente será de beneficio para 304 habitantes teniendo como horizonte de vida a veinte años. Se propone también un saneamiento básico a través de letrinas de hoyo seco ventilado, por su facilidad constructiva, siendo una de sus principales funciones prevenir la proliferación de bacterias, insectos y hasta virus en el interior; llegándose a estimar un presupuesto de C\$ 1, 592, 161.76 de todo el sistema de saneamiento.

Yarleque (2019), determinó un diseño de la red de distribución de agua potable del A.H. Alfonso Ugarte y alrededores del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, departamento de Piura, marzo 2019, consideró al objeto central de su trabajo realizar el boceto de la red de distribución del sistema de agua potable, para ello se tuvo en cuenta a 125 viviendas en los cuales moran 730 habitantes. Se aplicó una metódica cualitativa y explicativa en el que se recopiló información que se generaron de las visitas realizadas al

Asentamiento Humano y sus entornos, Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau, Comuna del distrito Veintiséis de Octubre e INEI. En el diseño considerado en este trabajo, para la tubería de aducción e impulsión consideró tuberías PVC SAP C10 de un diámetro 3 pulg., en cuanto a redes de distribución cuya función será de repartir el agua potable en el sistema cerrado se considerará un diámetro de tubería de 2 ½ pulg.; así mismo, se propone un almacenamiento de 100 m³, una cisterna de 86.90 m³ y un bombeo mediante una intensidad de 5 HP. Finalmente, la propuesta de diseño de las redes de distribución en el Asentamiento Humano antes mencionado y sus alrededores se realizó haciendo uso de softwares que utilizan como base algorítmica el método de áreas, la cual se considera como válida en las normativas vigentes de edificaciones.

Huamán y Rojas (2019), realizaron un diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios de Lima en el distrito de Santa María del Mar – Lima. El objetivo principal fue proponer, mediante una técnica observacional, prospectiva y transversal, un diagrama de red para el abastecimiento de agua potable desde una planta desalinizadora para los balnearios de Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar y San Bartolo. Asimismo, se consideró la totalidad del marco legal y la normativa peruana vigente en materia de suministro de agua para uso humano, tales como la IS.010, OS.050, OS.010 y OS.100 del RNE. Concluyendo que para la presente investigación si se considera un reservorio con una capacidad de 29000 m³ ésta satisficiera la necesidad completa de una población de 117 630 habitantes; destacando de esta manera la importancia del uso de softwares modernos en proyectos de gran escala, ya que ello facilita considerablemente los cálculos realizados que serán llevados a campo para ser ejecutados.

Quilca (2020), en su tesis "Análisis y simulación en período extendido del sistema de agua potable en el centro poblado de Amparani, distrito de Acora, provincia de Puno, Departamento de Puno" tuvo como objetivo central examinar las peculiaridades de la conducta hidráulica del sistema, esto debido a que no se cuenta con una continuidad del suministro de agua potable; en consecuencia, se determinó cuan influyente es la variación de consumo horario, así también, utilizando el software WaterGems se realizó la simulación en período extendido. Teniendo un gasto máximo cada hora de 32.46 litros y el coeficiente de variación en cada hora de 3.09, conocido comúnmente como K2. Finalmente, concluyó que la variación de gasto de agua calculada en la investigación era diferente a la variación de gasto de agua considerada para el diseño, lo que deriva en la no continuidad del servicio de agua potable; a lo que en base a lo determinado en el presente trabajo se propusieron modificaciones en el servicio.

Torres (2019), realizó su trabajo en un ¹ "Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de la urbanización las brisas de la ciudad de Moyobamba – 2018", como oferta, simuló hidráulicamente la red de abastecimiento de agua potable de la Urbanización las Brisas; la investigación se dividió en tres etapas: recogida de datos sobre el terreno, tratamiento en oficina de todos los datos extraídos sobre el terreno y, en la tercera etapa, diseño y simulación óptima de la red mediante WaterCAD; el resultado obtenido fue que, por la topografía del lugar, el abastecimiento de agua en la urbanización no se podría realizar de manera convencional, es decir por gravedad; por lo que, para un abastecimiento óptimo se propuso un sistema de bombeo, la cual requerirá bombear el líquido elemento haciendo uso de una intensidad de 7.17 HP, la misma que se realizará desde los filtros rápidos de la PTAP - San Mateo hacia ² un reservorio elevado con capacidad de almacenamiento de 23 m³, a fin de que por medio de las redes de distribución se abastezcan todos los moradores. Finalmente se concluye afirmando que lo ejecutado cumple con todo lo requerido por la normativa peruana vigente y con lo requerido por la la Urbanización.

³ Hoyos y Tuesta (2017), trabajó en una, "simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para futuras habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba 2016". Concluye que, teniendo en cuenta la cuantificación proporcionada por el RNE al ² coeficiente de variación horaria ($K_2 = 1.8 - 2.5$), la cual al ser contrastada con el $K_2 = 2.4281$ calculada en la presente investigación, se aprecia que el resultado obtenido se encuentra inmiscuido en los parámetros predeterminados por la normativa; empero, al contrastar ¹ el coeficiente de variación diaria ($K_1 = 1.5055$) calculada en la investigación, con el ($K_1 = 1.3$) establecido por el RNE, llegamos a la conclusión que lo obtenido no guarda correspondencia con la normativa. Finalmente, al realizar la simulación hidráulica haciendo uso de lo establecido por la normativa respecto al $K_2 = 1.8$ se llegó a determinar que respecto a presiones y velocidades obtenidos no se ajusta a lo requerido por el RNE; todo lo contrario, sucedió al simular con el $K_2 = 2.4281$ calculado, llegándose a obtener una mejora del 100% de las presiones y un 18% de las velocidades requeridas por el RNE.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1 El agua

Es una sustancia sin vida (abiota), pero que a su vez genera vida, influyendo crucialmente en el desarrollo de la vida para muchos organismos vivos en el planeta. Amaya (s.f.) refiere que:

Es la más sustancial del planeta y uno de los más fundamentales elementos que conforman el ambiente en el que nos desarrollamos y de la materia viva; así también en estado líquido cubre un porcentaje considerable del terreno del planeta, distribuyéndose en cuencas saladas, dulces, la humedad atmosférica y estado sólido la nieve y/o el hielo.

2.2.2 Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Un sistema de abastecimiento de agua apta para consumo humano, tiene por objeto principal, dar a los moradores de un pueblo agua en calidad y en cantidad, la cual supla las necesidades de los mismos; esto sabiendo que el 70% del cuerpo de los humanos lo compone el agua, a lo que este fluido es indispensable para el desarrollo de su vida. (Jiménez, s.f., p.16)

Un sistema de abastecimiento de agua potable no difiere de cualquier otro sistema integrado por componentes que trabajan en conjunto para formar un todo; según Jiménez (s.f.), incluye captación, conducción, potabilización, regularización, línea de abastecimiento, red de distribución y obras conexas o complementarias (p. 16). A continuación se presenta un amplio gráfico de los rubros mencionados:



Figura 1. Proceso general de abastecimiento de agua potable

Nota: De Diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar – Lima (p.36), por Huamán y Rojas, 2019 (<https://hdl.handle.net/20.500.12727/5893>).

2.2.3 Partes de un sistema de Abastecimiento de Agua Potable

2.2.3.1. Captación

Se conoce como captación a aquella obra civil que permite evacuar el agua desde su fuente natural, ya sea superficial o subterránea a través de los diferentes componentes del sistema.

Según Quilca (2020), es un método cuyo objeto es contribuir con una buena explotación de una fuente de agua, así también posibilitar que los caudales solicitados por la población se evacúen correctamente. Para aguas superficiales como los ríos, se erigen bocatomas, entre tanto que para aguas subterráneas se perforan pozos, hasta llegar a acuíferos, finalmente para aguas que se obtengan de precipitaciones pluviales, se construirán obras que recojan y a la vez conduzcan dichas aguas hasta un lugar de almacenamiento (p.26).

⁴² 2.2.3.2. Línea de conducción

La línea de transmisión y/o conducción es aquella tubería proyectada para conducir el caudal máximo por día, a través de un diámetro previamente calculado lleva el agua cruda captada desde la fuente de abastecimiento hasta el reservorio, atravesando componentes hidráulicos tales como desarenadores y planta de tratamiento.

Según Ampie y Masis (2017), Para lograr un óptimo funcionamiento se le tendrá que dotar de las obras de arte y accesorios (válvulas, etc) correspondientes, teniendo en cuenta las presiones de trabajo con las que han sido diseñadas cada una de las tuberías, así como la operación y mantenimiento de las mismas. Si la topografía del terreno así lo requiera, se deberán instalar válvulas de aire en los puntos más alto y válvulas de "limpieza" en las partes más bajas (p.21).

2.2.3.3. Planta de tratamiento

Según Aguilar y García (2016), una planta de tratamiento está conformada por varias estructuras, las cuales por separado cumplen diferentes funciones, sin embargo, en conjunto tienen un solo objetivo que es el de purificar el agua y hacerla apta para el consumo poblacional, reduciendo cada uno de los contaminantes que se encuentren en el agua (p.17).

2.2.3.4. Tanque de almacenamiento

Es un componente estructural, que se construye en todo sistema de abastecimiento de agua, con la finalidad de almacenar agua y poder cubrir con las demandas máximas y presiones mínimas en las redes que se requerirán a lo largo de todo el tiempo de vida útil del sistema. Así mismo, en sistemas que cuentan con hidrantes contra incendios, será indispensable almacenar un volumen de agua extra que ayude a cubrir y poder enfrentar dicha circunstancia (Ampie y Masis, 2017, p. 19).

2.2.3.5. Red de abastecimiento

La red de distribución de agua potable, de acuerdo con representantes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (s.f.), es un sistema de tuberías, accesorios y otras

estructuras y componentes que transportan el agua hasta los hidrantes públicos o tomas domiciliarias con el objetivo de abastecer de agua a una población específica para su uso en sus hogares, comercios e industrias; del mismo modo, Huamán y Rojas (2019), afirman que, "es un sistema formado por un conjunto de tuberías, válvulas y otras piezas especiales que permiten la distribución del agua desde el reservorio hasta las viviendas. Las tuberías pueden formar redes principales, secundarias o terciarias".

- **Consideraciones para el diseño de una red de abastecimiento poblacional**

De acuerdo con Hoyos y Tuesta (2017), los factores a considerar, particularmente mientras se lleva a cabo el diseño, modelado y simulación de la red de distribución de agua potable, incluyen;

Verificar las restricciones que conllevan a un escenario adverso, a fin de realizar la mejor aplicación de los coeficientes que determinan el consumo máximo diario y horario (K1 y K2). Las redes en su funcionamiento se someten a diferentes condiciones, por lo que las redes deben garantizar presiones máximas y mínimas de agua potable; por lo que el RNE establece que no debe existir una presión de agua menor a 10 m.c.a., ni mayor a 50 m.c.a. Las tuberías de distribución estarán conformadas por diámetros de 8", 6", 4" y 2" que contengan válvulas para el mantenimiento y moderamiento del flujo, sumado a ello se insertarán grifos contra incendio ubicados convenientemente (p.11).

- **Factores intervinientes en el diseño de la red.**

Se tiene en consideración la ubicación topográfica, la factibilidad y la ubicación de las fuentes de abastecimiento, así como de la conexión domiciliaria más desfavorable, a fin de poder ubicar correctamente el tanque de almacenamiento, y tener una correcta determinación del tipo de red. Con la ayuda del WaterCAD y Epanet se colocarán los diámetros de tuberías, elevaciones de nodos y caudales (Vierendel, 2009, p.89).

- **Consideraciones generales respecto al trazo de la red**

- ✓ **Sistema de circuito abierto**

- Espina de pescado.**

Llamada así porque está basada en la figura del esqueleto de un pescado común y corriente; el sistema considera una tubería matriz como columna vertebral de diámetro mayor a las demás, que recorre la calle principal del pueblo y en su trayecto va dejando ramificaciones que son tuberías de un diámetro mucho menor a la principal. Este sistema es principalmente el considerado para pueblos asentados longitudinalmente a lo largo de un acceso principal, como se observa en la figura N°2, siendo su principal inconveniente la no buena distribución de las presiones (Vierendel, 2009, p.90).

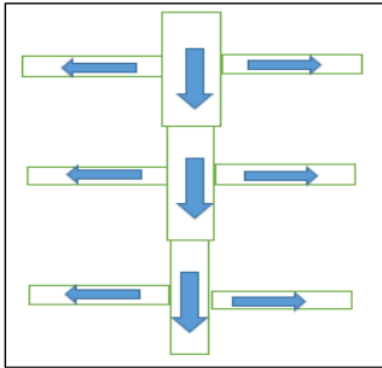


Figura 2.

Sistema de circuito abierto tipo espina de pescado

Nota: El gráfico muestra un tipo de red de agua potable que se construye según la distribución de las viviendas a ser abastecidas. De "Abastecimiento de agua potable y alcantarillado" (p.90), por Vierendel, 2009.

Parrilla

Considera tuberías con diámetros mayor que las demás, pero en un sentido transversal y longitudinal por las calles más principales, las cuales alimentarán a las tuberías de menor diámetro por las calles menos principales. Conviene en pueblos pequeños y/o pequeñas ciudades que cuenten con calles principales según sus ejes no muy extendidas. También se cuenta con la misma dificultad que el sistema antecesor (Vierendel, 2009, p.90).

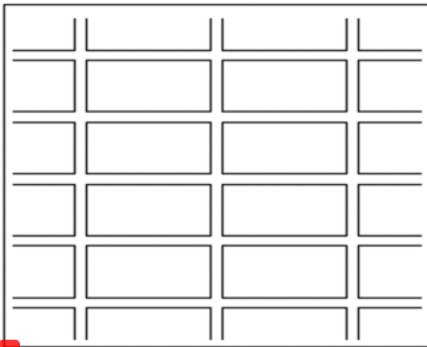


Figura 3.

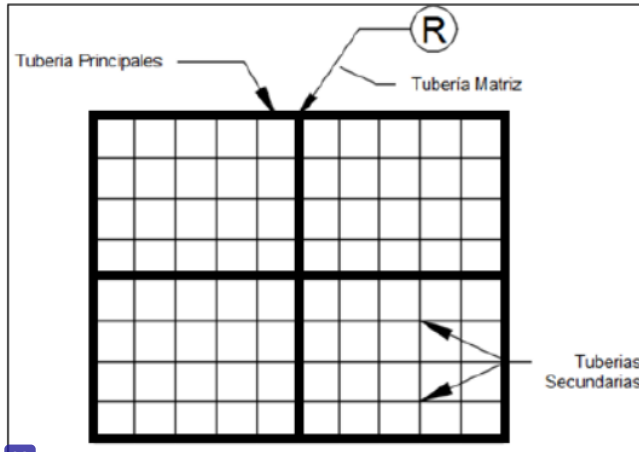
Sistema de circuito abierto tipo parrilla

Nota: El gráfico muestra un tipo de red de agua potable que se construye según la distribución de las viviendas a ser abastecidas. De "Abastecimiento de agua potable y alcantarillado" (p.91), por Vierendel, 2009.

Sistema de circuito cerrado

Radica en un conjunto de conductos esenciales las cuales circunvalan varias manzanas, de ellos se desprenden tuberías de diámetros menores que se encuentran unidas por sus

extremos al eje. Este sistema es apropiado en pequeñas y grandes ciudades, teniendo como favorable que el recorrido y la pérdida de carga es mínima ya que las tuberías de menor diámetro son alimentadas por ambos extremos (Vierendel, 2009, p.91).



23

Figura 4.

Sistema de circuito cerrado

Nota: De "Abastecimiento de agua potable y alcantarillado" (p.91), por Vierendel, 2009.

Selección del diámetro de tuberías

El crecimiento demográfico y poblacional durante el período de diseño conlleva al aumento de consumo de agua potable y por ende al aumento de pérdidas del mismo debido a la fricción del agua en la tubería. La tubería a considerar será aquella que resulte óptima para suplir los criterios de diseño, así como económicamente accesible. Para ello se grafican los caudales y/o gastos en el período de tiempo de diseño adoptado versus las pérdidas (h_f), así mismo analizar 3 ó 4 diámetros distintos o en su defecto de un diámetro, a fin de hallar las pérdidas con distintos gastos y luego hallar para cada uno de los casos analizados el presupuesto y la capacidad económica respecto al diámetro (Ampie y Masis, p.25)

Tuberías

Aguilar (2015), para su montaje es necesario se analice el gradiente hidráulico ya que mientras más ajustada se encuentre éste se menores presiones se obtendrán, las máximas presiones pueden monitorearse instalándose accesorios y/o válvulas de purga y aire que alivian la presión estática. La velocidad correcta del fluido en la tubería es esencial para evitar la sedimentación; para seleccionar el mejor tipo de tubería, hay que tener en cuenta factores como su vida útil, coste inicial, costes de mantenimiento y capacidad hidráulica.

La consideración más crucial es el tipo de agua que se va a utilizar, ya que afectará a la resistencia de la tubería a la corrosión. Existen muchos tipos de tuberías en el mercado; a continuación, se enumeran algunas de las mejores:

- 7 Tuberías de fibrocemento (mezcla acuosa de cemento Portland y fibras de asbestos).
- Tuberías de hierro fundido, que se fabrican con una combinación ferrosa de alto contenido en carbono.
- Tuberías de hormigón (a veces hormigón armado con una capa metálica que lo recubre).
- Tuberías de plástico hechas de cloruro de polivinilo, o PVC.
- Tuberías de acero.
- Tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Tomando en cuenta los parámetros hidráulicos para tuberías se tienen los siguientes:

- 7 - Nudos de entrada y salida.
- Diámetro.
- Longitud.
- Coeficiente de rugosidad.
- Estado (abierto, cerrado o con una válvula).

Y los parámetros que se pueden obtener luego de la simulación son:

- Caudal.
- Velocidad.
- Pérdidas.
- Factor de fricción de Darcy-Weisbach.
- Variación de la velocidad de reacción.
- Variación de la calidad de agua.

- **Funcionamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable**

Álvarez (como se citó en Torres, 2019), sostiene que; las redes de abastecimiento de agua potable cualquiera sea la población al que suministra agua potable y cualquiera sea el diseño topológico, están diseñadas para que al entrar en funcionamiento se comporten y trabajen hidráulicamente de la manera más correcta, a fin de que esto se lleve a cabo existen normas técnicas de diseño, que son diferentes tanto en un país como en otro, sin embargo, concuerdan en principios básicos de ingeniería; las cuales ayudan a ver qué tan correcto es el desempeño de una red hidráulica.

Bajo esta dirección es necesario considerar que al acuñar una opinión respecto al desempeño hidráulico de las redes de agua potable se necesita resolver los parámetros

hidráulicos tales como la presión, velocidad, pérdida de carga y caudal. Así como comprobar que los resultados se encuentren adentro de los valores requeridos por las normas del país. En resumen, una red se gestiona correctamente desde el punto de vista hidráulico si se tienen en cuenta sus parámetros hidráulicos -caudal, presión, velocidad y pérdida de carga- respetando los principios rectores de las leyes técnicas, que deben modificarse para cada lugar específico.

En vuestro territorio el reglamento nacional de edificaciones, en el apartado OS.050 Redes de distribución del agua potable, determina los siguientes considerandos respecto a criterios hidráulicos:

Velocidad

Las velocidades máximas serán de 3 m/s. En ocasiones argumentadas se brindará una rapidez máxima de 5 m/s (Reglamento Nacional de Edificaciones OS.050 Redes de distribución de agua potable [RNE, OS.050], 2006.).

Presiones

Las presiones estáticas no serán superiores a las de 50 m.c.a en un punto cualquiera de la red. Para situaciones de consumo máximo horario, la presión dinámica no debe ser menor a 10 m.c.a. (RNE, OS.050, 2006).

- **Análisis hidráulico**

Las tuberías de distribución se trazarán, en un comienzo y siempre que sea compatible tratando de cerrar un circuito como una malla. La calibración se ejecutará teniendo como base los cálculos hidráulicos que nos aseguran su cantidad y presión óptima de la red, avalando en lo posible una mesa de exactitudes correspondientes a la topografía del terreno. Para examinar el comportamiento hidráulico de las redes de distribución, se podrá utilizar la metodología de Hardy Cross o cualquier otro semejante. Para los cálculos hidráulicos de las tuberías, se utilizarán modelos racionales. Si se llegara a aplicar la fórmula de Hazen y Williams, se necesitarán los coeficientes de fricción que se encuentran en la tabla. Para casos de tuberías que no estén dentro de la tabla adjunta, se tendrán que argumentar los valores utilizados como coeficientes. Todas las tuberías y sus respectivos accesorios a ensamblar tienen que dar cumplimiento a las normas técnicas peruanas vigentes y aceptadas por la unidad y/o ente rector respectivo (RNE, OS.050, 2006).

Tabla 1. ²
 Coeficientes de fricción "C" en la fórmula Hazen y Williams

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

Nota: Adaptado de OS.050 "Redes de distribución de agua para consumo humano".

2.2.4 Elaboración de la simulación hidráulica

2.2.4.1. Simulación

La simulación es a un modelo lo que un experimento es a un sistema. Usando una terminología más clara, una simulación es un experimento realizado con un modelo. Simular es muy útil para analizar, controlar y diseñar (Sierra, 2011, pp. 430-431)

¿Por qué la simulación resulta importante?

A no ser que se experimente con el sistema real, la simulación es la técnica utilizable y más ahorrativa, y es un procedimiento sencillo para examinar la conducta de un procedimiento. Simulando se puede o se gana:

- Comprender la correlación entre la causa y efecto de la realidad.
- Fabricar diversas hipótesis en relación con la información.
- Sintetizar la problemática y hacerla comprensible.

La ganancia fundamental al emplear un Software en una simulación es que se pueda ensayar con un modelo y no "alterar" el sistema verdadero (Sierra, 2011, pp. 430-431)

2.2.4.2. Software WaterCad

Existen hoy en día muchas definiciones sobre el software Watercad, sin embargo, muy pocos de éstos nos dan una explicación precisa y detallada. Saldarriaga (2007) afirma:

WaterCAD V8 XM es un programa informático muy potente que puede utilizarse como herramienta de modelización hidráulica y calibración de redes para la mejor gestión integrada de los sistemas residenciales de distribución de agua. Algunas de las competencias de investigación que ofrece el programa WaterCAD son las siguientes: simulaciones hidráulicas que pueden ejecutarse durante mucho tiempo o de forma estática. Con el programa se pueden modelizar diversos componentes hidráulicos indicativos de las redes de distribución, como estaciones de bombeo, válvulas y controles automatizados con presión y caudal observables. Así mismo conviene emplear y simular varios escenarios con el propósito de examinar la conducta del sistema de distribución diseñado frente a demandas contrarias tomadas en principio, a calidades de agua inestables y a situaciones de percances y/o contratiempos, como puede ser los incendios o sectorización por estiaje, los cuales involucran a unas circunstancias de intervención muy particulares (p.533).

2.2.4.3. La utilización de Software WaterCad

El computer program es un tipo de mercantil, que facilita la recopilación de la información respecto al proceder hidráulico que se representa en componentes de tipo líneas como divisiones de tubería, puntos como tanques, hidrantes o mixtos como bombas válvulas de regulación y vigilancia, su versión no se entrega en el español (Aguilar, 2015, p.11-12).

Para una correcta aplicación del Watercad es inevitable hacer un estudio del proceder hidráulico, ya sea de situación estable alargado o de simulación en etapa espacioso (EPS) en la red de agua, este computer program es provechoso para comprender:

- Presiones y caudales.
- Modelar tanques de llenado y vaciado.
- Válvulas de regulación.
- Edad del agua.
- Calidad del agua.
- Compara resultados con rapidez.
- Análisis hidráulico.
- Mezcla o combinas alternativas.

Para realizar ajustes de calibración se debe examinar los criterios para que los caudales y las presiones concuerden, así también se debe ingresar la fórmula de la rugosidad para las adecuaciones en el programa, es fundamental evaluar con datos de campo ya que depende de estos para fabricar un resiente grupo de resultados (Aguilar, 2015, p.11-12).

2.2.4.4. Patrones de tiempo

Aguilar (2015), afirma que, un patrón de tiempo tiene que ver con una serie de factores aplicables a una porción, para poder mostrar que cambia mientras se realiza la simulación, ellos serían gastos de caudal, altura de tanques, calidad de líquido y programas de bomba.

3

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

Políticamente el proyecto está ubicado en el sector Asociación Pro vivienda Nuevo Habana, Distrito de Habana, Provincia de Moyobamba, Departamento de San Martín.

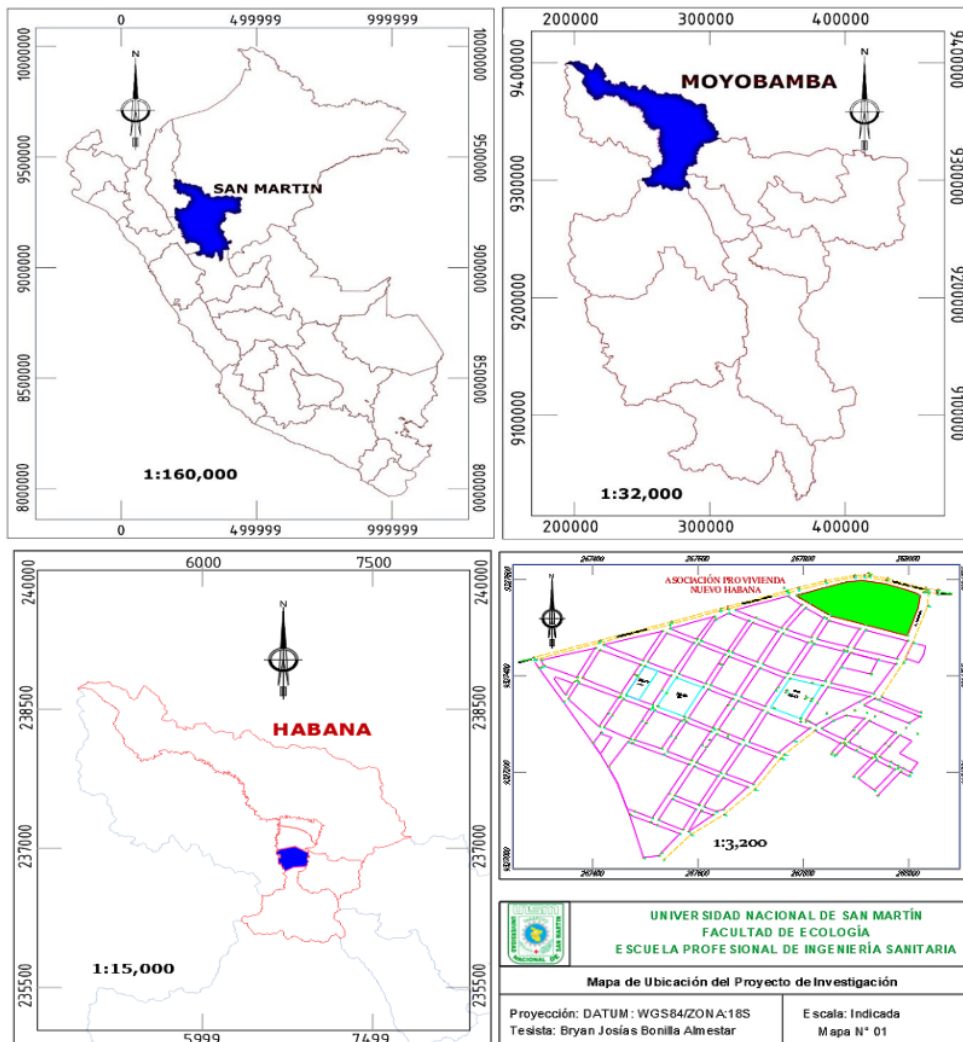


Figura 5.
Ubicación del proyecto

3.1.2 Período de ejecución

La ejecución del estudio comprendió el período del 05-07-2021 al 04-03-2022.

3.1.3 Aplicación de principios éticos internacionales

Ahora se declara que en el curso de esta investigación se siguieron las directrices de comportamiento responsable.

3.2. Sistema de variables

- ✓ Variable independiente: Diseño y simulación hidráulica con Watercad.
- ✓ Variable dependiente: Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana.

3.3 Procedimientos de la investigación

3.3.1 Procedimiento del objetivo específico 1

Diseñar mediante cálculos hidráulicos la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana.

Recopilación de la información

Se obtuvo el padrón de asociados y/o moradores de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana proporcionado por la Municipalidad Distrital de Habana, el cual contaba con una población de 621 habitantes; así también, se obtuvo información del INEI para determinar la población tasa de crecimiento de la población habanina.

También se obtuvo el expediente técnico

"MEJORA Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LA LOCALIDAD DE HABANA, DISTRITO DE HABANA - MOYOBANBA - SAN MARTIN". Elaborado en el año 2017 por la Alcaldía Distrital de La Habana y tenía como objetivo conocer la capacidad del embalse., el caudal de diseño y las presiones más cercanas al área consideras en dicho expediente. En ella se pudo analizar documentos como: Memoria descriptiva, planos, metrados y especificaciones técnicas).

Procesamiento de la información

Se determinó la población a 20 años, los parámetros ¹⁰ de diseño hidráulicos de la red de distribución de agua potable y la capacidad de almacenamiento del reservorio existente de agua potable del distrito de Habana; para ello se utilizó las siguientes fórmulas:

- Población futura:

$$P_f = P_a(1 + r \cdot t)$$

Fuente: Vierendel, 2009.

Donde: P_f : Población futura
 P_a : Población actual
 r : Tasa de crecimiento (%)
 t : tiempo de proyección (años)

- Consumo medio:

$$Q_p = \frac{\text{Dotación}(\text{lt./ hab./ día}) \times \text{Población}(\text{hab.})}{86,400}$$

Fuente: RM N° 192-2018-VIVIENDA.

- Caudal máximo diario:

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

Fuente: RM N° 192-2018-VIVIENDA.

Donde: K_1 : Coeficiente de variación diario 1.3

- Caudal máximo horario:

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

Fuente: RM N° 192-2018-VIVIENDA.

Donde: K_2 : Coeficiente de variación horario 1.8

⁵ 3.3.2 Procedimiento del objetivo específico 2

¹³ Simular en periodo estático y periodo extendido la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana con la aplicación del Watercad.

Recopilación de la información

⁴ Se realizó el levantamiento topográfico de la zona, determinando de esta manera la topografía real de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana, dicha información se procesó

en el Software Civil 3D, obteniéndose de esta manera las curvas de nivel. El trazado de las redes se realizó en el Software Civil 3D, con todo lo trabajado previamente en el Software antes descrito se realizó la simulación en el Software Watercad V8i.



Figura 6.
Levantamiento topográfico de la zona de estudio

Con el levantamiento topográfico de la zona en estudio, se realizó la importación de los puntos en el Software Civil 3D; con ello se obtuvo las curvas de nivel y con ello se pudo importar desde el Watercad.

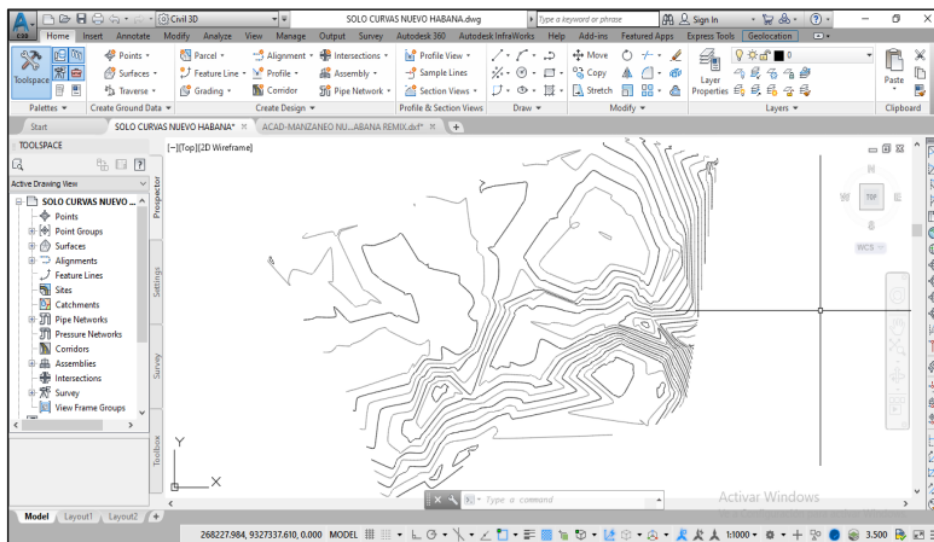


Figura 7.
Se aprecia las curvas de nivel obtenidas y georreferenciadas en el Software Civil 3D

Finalmente, luego de la obtención de las curvas de nivel, se pasó a obtener la topología y/o trazado de la red de distribución de agua potable en el Software Civil 3D.

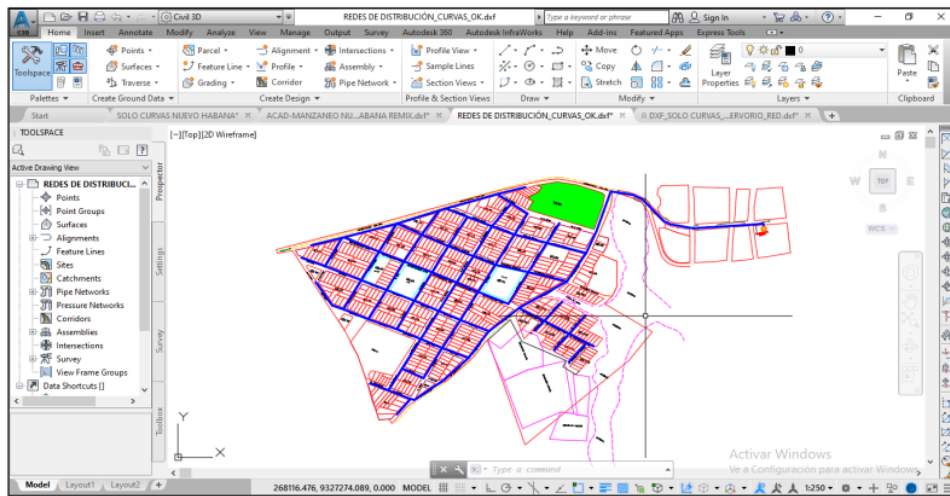


Figura 8. 19

Se aprecia el trazado de las redes de distribución haciendo uso del Software Civil 3D

Simulación Hidráulica con Software Watercad V8i.

Apertura y configuración de la simulación

Se comenzó la simulación aperturando el software Watercad V8i y creando un nuevo proyecto, para posteriormente configurar la escala de dibujo, las unidades y las etiquetas del nuevo proyecto dando click en la pestaña *Tools* → *Options* → *Drawing* → *Units* → *Labeling*.

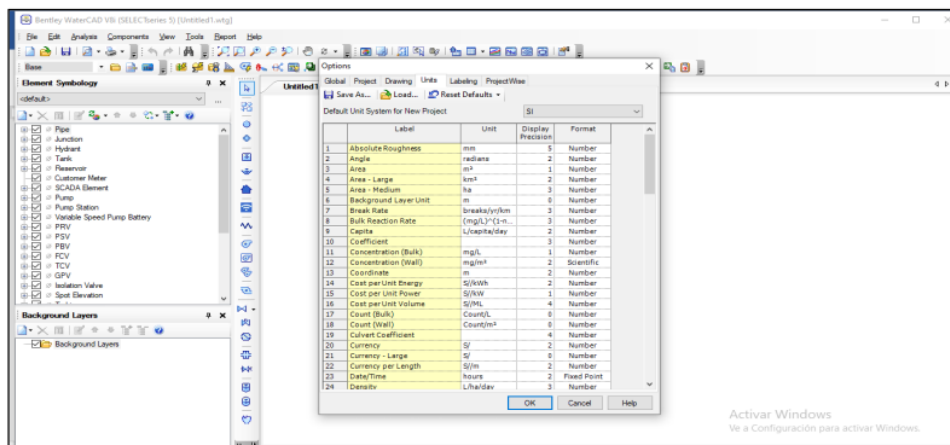


Figura 9.

Configuración inicial del proyecto a desarrollar

Importación del trazo de la red de distribución

A fin de poder contar con las redes de distribución que fueron trazadas en el Civil 3D se realizó la importación al Watercad siguiendo la ruta que se detalla a continuación:

ModelBuilder → *New* → *Select a data source type (Cad Files)* → *Browse* → *Next*. → *Specify the coordinate unit of your data source (m)* → *Next* → *Key Fields <label>* → *Next* → *Yes* → *Finish* → *Yes* → *Cerrar* → *Yes*.

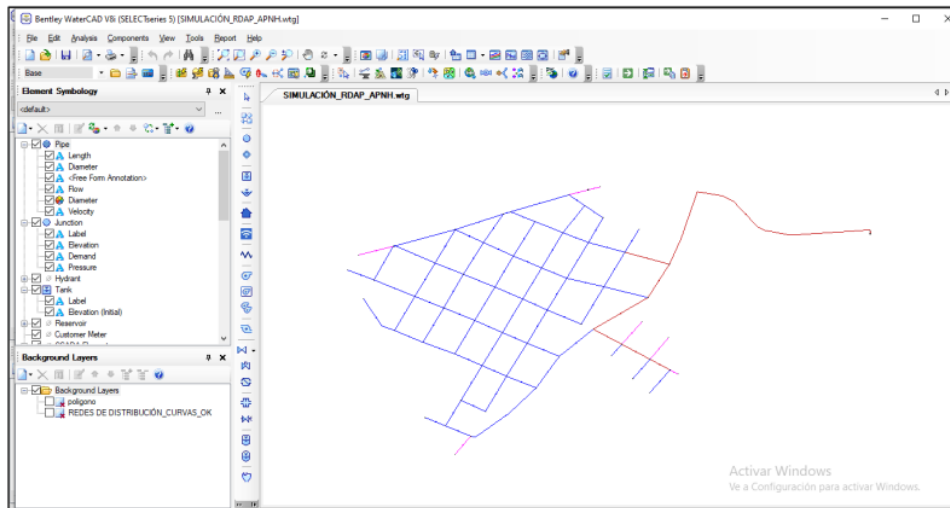


Figura 10.
Red de distribución importada al Watercad

16 Importación de curvas de nivel

La importación de las curvas de nivel se realizó con la finalidad de poder obtener elevaciones topográficas nodos, reservorio y/o tuberías de la red de distribución, para lo cual se realizó siguiendo la ruta que se especifica a continuación:

TRex → *Data Source Type (DXF contours)* → *File* → *Select Elevation Field (Elevation)* → *X-Y Units (m)* → *Z Units (m)* → *Nodes to update (All)* → *Next* → *Finish*.

A fin de poder obtener una imagen referencial de las curvas de nivel importadas en el Watercad se importa las curvas de nivel como fondo de imagen siguiendo la siguiente ruta:

View → *Background* → *New* → *File*.

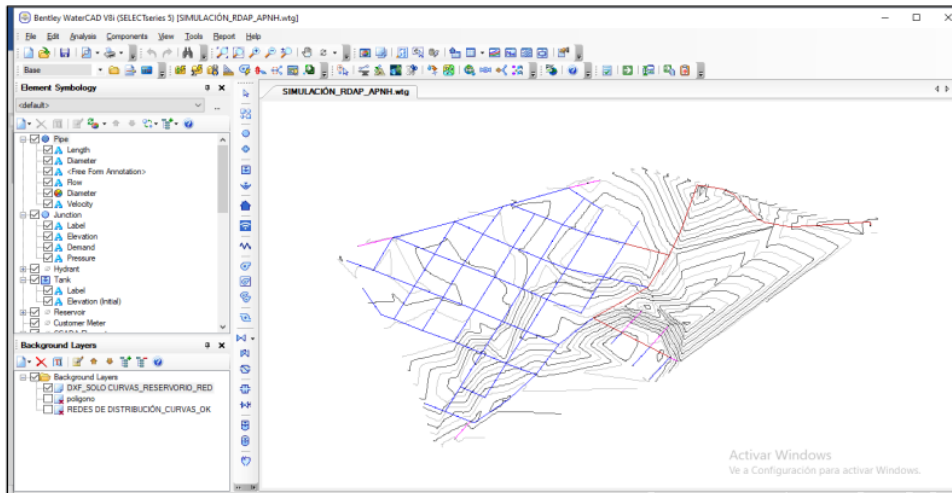


Figura 11.
Curvas de nivel del área de estudio, importadas

Distribución de elevaciones en nodos y en reservorio

La distribución de las elevaciones en los nodos se realizó de manera automática, al momento de realizar la importación de las curvas de nivel, para que la etiqueta de la elevación se muestre se sigue la siguiente ruta:

View → *Junction* → *New* → *Anotation* → *Field Name* → *Elevation*.

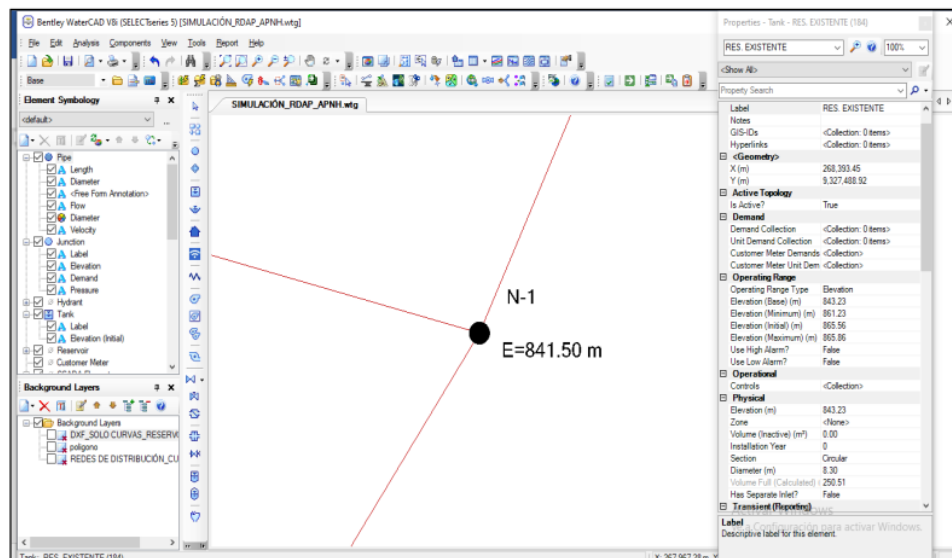


Figura 12.
Se aprecia al Nodo 1, con su respectiva elevación

Distribución de caudales en nodos

La distribución de caudales se realizó con la ayuda de los polígonos de Thiessen y la ayuda del Software Arcgis, siguiendo la ruta que se detalla:

Tools → *Thiessen Polygon* → *Node Layer* → *Junction/All Elements* → *Next* → *Polygon Boundary Layer* → *Next* → *Output file* → *Finish*. A fin de notar los polígonos se sigue la siguiente ruta: *View* → *Background* → *New* → *File*.

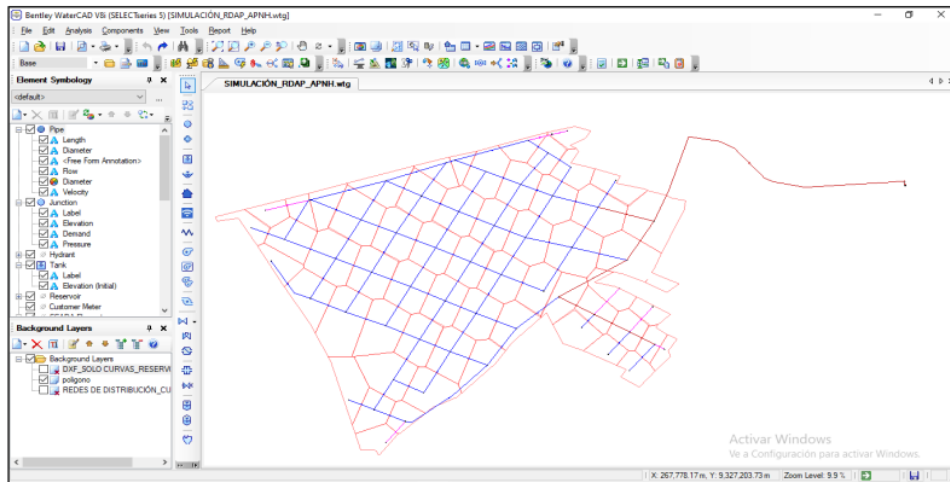


Figura 13.

Polígonos de thiessen que ayudan a repartir el caudal en los **Nodos de la red de distribución**

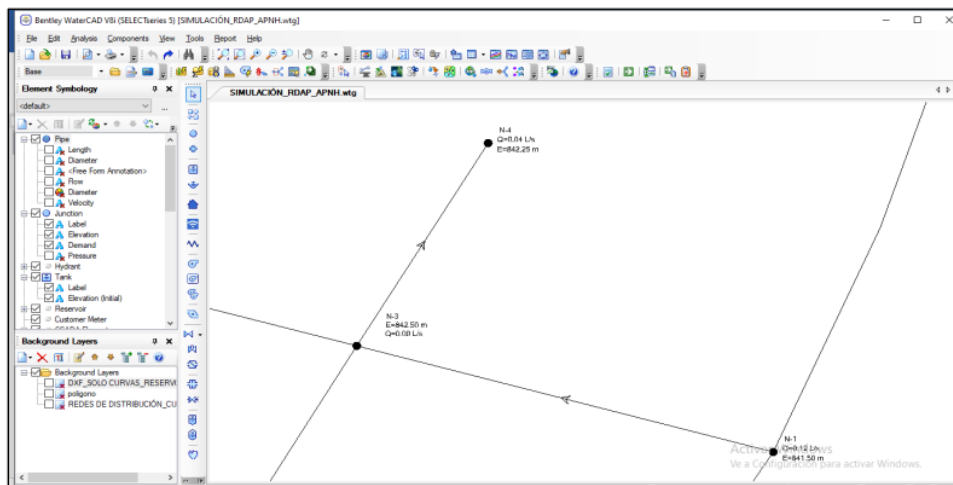


Figura 14.

Nodos de la red de distribución conteniendo los caudales demandados por la red.

Configuración de tuberías

La configuración de las tuberías consistió principalmente en colocar diámetros, material de la tubería y coeficiente de Hazen – Williams, ello se realizó principalmente teniendo en cuenta lo especificado en la normativa peruana vigente, y para ello se siguió la siguiente ruta en el Watercad. *View → Flex Tables → Pipe Table → Material → Diameter (mm)*.

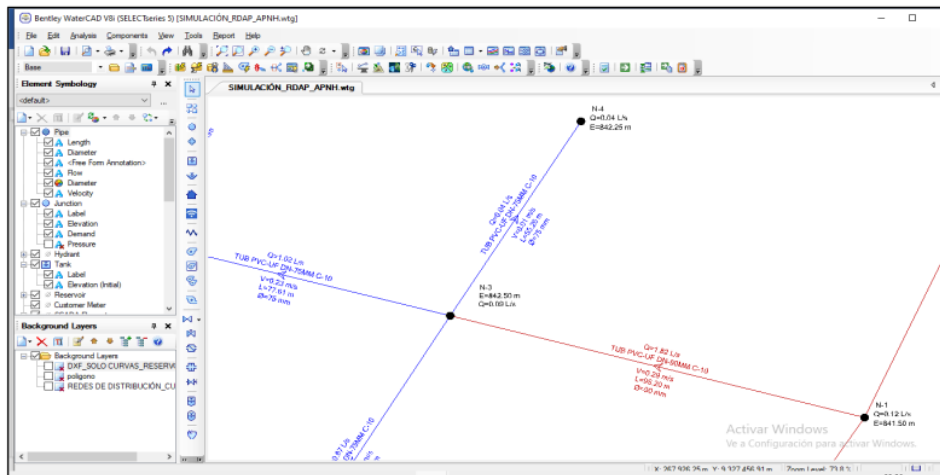


Figura 15. Diferentes tipos de diámetros de tuberías.

Topología de la red de distribución en período estático

Por último, se puede acceder a toda la topología de la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana y a los resultados del período estático.

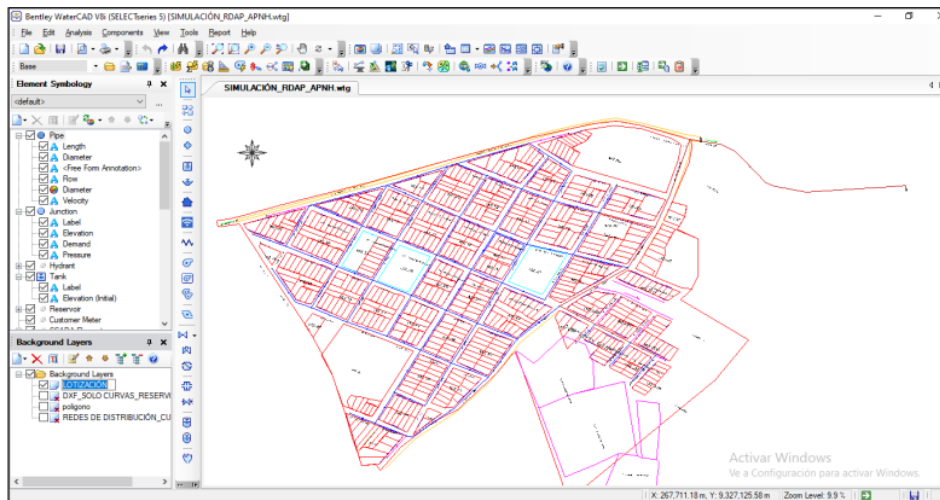


Figura 16. Red de distribución de agua potable simulada en período estático

Colocación de variaciones horarias

Las variaciones horarias, se configuraron con la finalidad de poder obtener información respecto al comportamiento horario del día de mayor consumo de la red, para ello se tuvo que tener en cuenta el tiempo de servicio que brinda la municipalidad distrital de Habana. La ruta seguida en el Watercad fue la siguiente: *Components* → *Patterns* → *Hydraulic* → *New* → *Close*

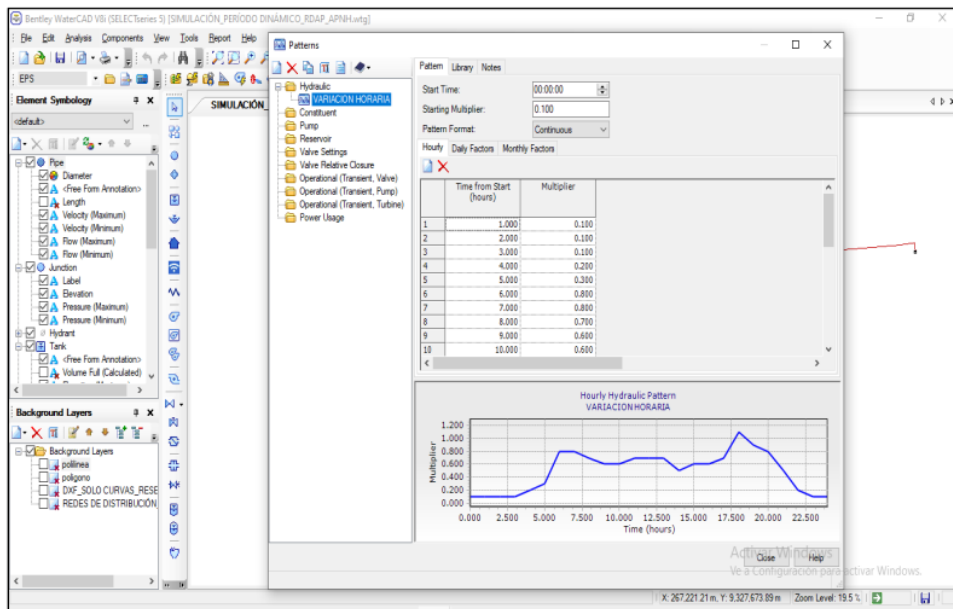


Figura 17. Se aprecia los picos de consumo mayores y menores en la red de distribución de agua potable

Topología de la red de distribución período extendido

Después de haber ingresado las Variaciones horarias, éstas se computaron haciendo click en el botón Compute, obteniéndose de esta manera la topología completa de la red de distribución en período extendido.

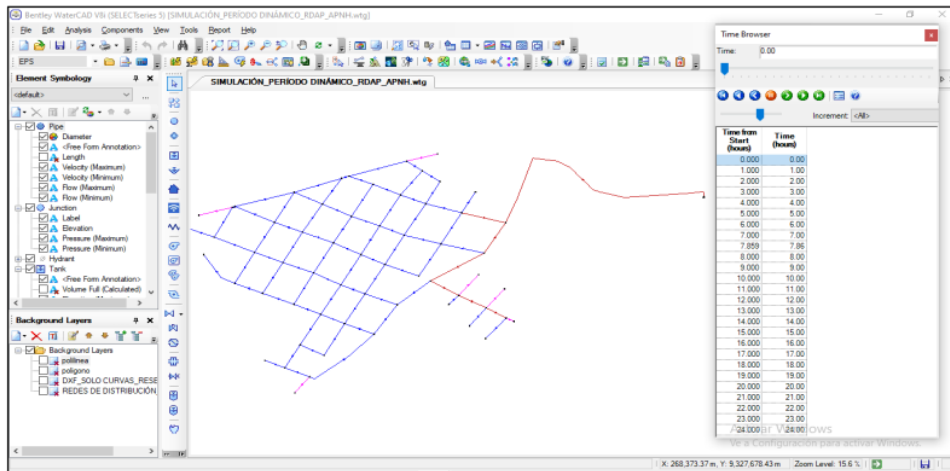


Figura 18.

Se aprecia la variación horaria sometida a la red de distribución de agua potable

3.3.3 Procedimiento del objetivo específico 3

Determinar velocidades, diámetros de tuberías y presiones en la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana.

La ejecución del objetivo específico 3, se desarrolló tomando como referencia el Reglamento Nacional de Edificaciones en su apartado OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano, la cual es la normativa peruana vigente.

En tal sentido, se tomó las consideraciones mínimas y máximas establecidas en la normativa antes descrita, a fin de poder considerarlas en el diseño de la red de distribución de agua potable e la Asociación.

25 **CAPÍTULO IV** **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Cálculos hidráulicos de la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana

40 Los resultados de la caracterización de la zona de estudio, fueron procesados en la tabla 2, la misma que se conoce como parámetros de diseño, básicos para la Simulación Hidráulica en periodo estático y en período extendido.

Tabla 2.

Datos considerados para el cálculo del caudal de diseño

Parámetros de diseño	
Ubicación:	
Departamento	San Martín
Provincia	Moyobamba
Distrito	Habana
Localidad	Asociación Pro Vivienda Nuevo Habana
Datos de población:	
2 Población base	517 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	1.00% (Fuente: INEI-2007, 2017)
Periodo de diseño	20 años
Método de diseño	Método aritmético
Población futura	621 habitantes
Instituciones y/o similares:	
Casa comunal	Aforo 50 habitantes
Mercado	Aforo 150 habitantes
Educación inicial	45 alumnos
Educación primaria	120 alumnos
Dotaciones:	
Dotación poblacional	220 lt/hab/día (RNE-OS 100)
Dotación institucional	20 lt/hab/día (IS 010)
34 Eficientes de variación	
Coeficiente de variación diaria	1.3 (RNE – OS 100)
Coeficiente de variación horaria	1.8 (RNE – OS 100)
Caudales de gasto:	
Caudal medio	2.13 lt/s
Caudal máximo diario	2.77 lt/s
Caudal máximo de horario	3.83 lt/s
Volumen del reservorio existente:	
Reservorio existente	250 m ³ . (ATM-MDH)

De la tabla 2 se puede apreciar que se ha considerado una población base de 517 habitantes, según padrón de moradores proporcionado por la Municipalidad distrital de Habana, con una tasa de crecimiento poblacional de 1.00% calculada del promedio intercensal INEI 2007, 2017; y que, según Reglam. Nac. de Edificaciones, las redes de distribución de agua potable se diseñan para una etapa de 20 años; así mismo, se utilizó el método aritmético por tratarse de una pequeña ciudad.

También se puede apreciar que se han considerado edificaciones como una casa comunal, un mercado y dos instituciones educativas, tal como se consideró en el plano catastral proporcionado por la municipalidad, a los que, en el caso de la institución educativa inicial, se consideró 3 aulas de 15 alumnos cada uno, y en la institución educativa primaria se consideró 6 aulas de 20 alumnos cada uno.

De lo calculado, se pudo obtener por caudal medio de 2.13 lt/s, caudal máximo diario de 2.77 lt/s, caudal máximo horario 3.83 lt/s y un almacenamiento en el reservorio de 250 m³ dato proporcionado por la municipalidad distrital de Habana.

4.2. Simulación en periodo estático y periodo extendido de la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana con la aplicación del Watercad

4.2.1. Simulación en período estático

La simulación en período estático se realizó con la finalidad de mirar el desarrollo de la red en un momento cualquiera, es decir en un instante; este análisis se realiza en un periodo al azar, como aparentando un seguimiento habitual del comportamiento de la red.

Tabla 3.

Resultado de caudal y elevación en nodos.

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)
N-1	841.50	0.12
N-2	841.09	0.12
N-3	842.50	0.09
N-4	842.25	0.04
N-5	842.50	0.05
N-6	841.78	0.04
N-7	841.46	0.03
N-8	841.53	0.03

N-9	842.14	0.02
N-10	842.16	0.08
N-11	841.96	0.07
N-12	842.50	0.08
N-13	842.33	0.11
N-14	842.48	0.09
N-15	841.93	0.08
N-16	842.34	0.08
N-17	842.69	0.08
N-18	842.16	0.03
N-19	842.58	0.06
N-20	842.72	0.05
N-21	843.00	0.10
N-22	843.00	0.08
N-23	843.01	0.08
N-24	842.07	0.07
N-25	839.80	0.08
N-26	839.50	0.07
N-27	840.36	0.06
N-28	839.90	0.08
N-29	843.00	0.08
N-30	843.40	0.08
N-31	842.71	0.09
N-32	842.50	0.10
N-33	842.51	0.07
N-34	842.70	0.03
N-35	842.41	0.03
N-36	842.08	0.03
N-37	842.70	0.04
N-38	843.42	0.08
N-39	843.50	0.12
N-40	843.41	0.10
N-41	840.00	0.08
N-42	841.09	0.08
N-43	843.03	0.05
N-44	843.57	0.08

N-45	840.71	0.09
N-46	841.97	0.07
N-47	842.35	0.05
N-48	844.00	0.03
N-49	844.50	0.04
N-50	839.86	0.06
N-51	844.00	0.05
N-52	843.92	0.05
N-53	838.78	0.04
N-54	840.00	0.03
N-55	843.67	0.05
N-56	843.85	0.04
N-57	843.50	0.04
N-58	843.16	0.03
N-59	841.73	0.02

De la tabla 3 se puede apreciar que, según la topología establecida, se consideraron cincuenta y nueve (59) nodos, las cuales están ubicadas en cada encuentro y/o cruce de dos tuberías a más; así mismo, se puede apreciar que cada nodo cuenta con su elevación topográfica respectiva y, un caudal de 3.83 L/s que fue distribuido en toda la red de distribución según lo demandado por la población considerada.

Tabla 4.

Resultado de caudal y longitud ¹ de tuberías

Tubería	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)
⁴ TUB PVC-UF DN-90MM C-10	551.75	Res. Existente	N-1	3.83
TUB PVC-UF DN-90MM C-10	46.78	N-55	N-58	0.09
TUB PVC-UF DN-75MM C-10	77.61	N-3	N-12	1.02
⁴ TUB PVC-UF DN-75MM C-10	71.52	N-11	N-6	0.02
TUB PVC-UF DN-50MM C-10	48.82	N-48	N-49	0.04
TUB PVC-UF DN-50MM C-10	18.16	N-58	N-59	0.02

De la tabla 4, se puede apreciar que, como resumen se han considerado tres tipos de diámetros de tuberías, de los cuales el mayor caudal distribuido en la tubería de 90 mm es

de 3.83 l/s y va desde el reservorio existente (Res. Existente) hasta el nodo 1 (N-1) y el caudal mínimo distribuido en la tubería de 90 mm es de 0.09 l/s y va desde el nodo 55 (N-55) al nodo 58 (N-58); también se puede apreciar que en la tubería de 75 mm el caudal máximo es de 1.02 l/s y va desde el nodo 3 (N-3) al nodo 12 (N-12) y el caudal mínimo distribuido en la tubería de 75 mm es de 0.02 l/s y va desde el nodo 11 (N-11) al nodo 6 (N-6); finalmente también se aprecia que en la tubería de 50 mm el mayor caudal distribuido es de 0.04 l/s y va desde el nodo 48 (N-48) al nodo 49 (N-49) y el caudal mínimo distribuido es de 0.02 l/s y va desde el nodo 58 (N-58) al nodo 59 (N-59); vale decir que éstos son debido a que el sistema se encuentra en periodo estático, lo que se deduce que no existe un consumo considerable.

4.2.2. Simulación en periodo extendido

Para ver cómo evoluciona ² el comportamiento de la red de distribución a lo largo de estos intervalos y/o variaciones temporales, esta simulación representa la red en varios intervalos y/o variaciones temporales.

Tabla 5.

Variaciones de consumo horario

HORA	Coefficiente de variación horaria
00:00	0.1
01:00	0.1
02:00	0.1
03:00	0.1
04:00	0.2
05:00	0.3
06:00	0.8
07:00	0.8
08:00	0.7
09:00	0.6
10:00	0.6
11:00	0.7
12:00	0.7
13:00	0.7
14:00	0.5
15:00	0.6

16:00	0.6
17:00	0.7
18:00	1.1
19:00	0.9
20:00	0.8
21:00	0.5
22:00	0.2
23:00	0.1

En la tabla 5, se puede apreciar que se han considerado las fórmulas de variación horaria del día de mayor gasto, donde se puede apreciar que el mayor gasto de agua potable se da por las mañanas y en las tardes del día, esto debido a que el distrito de Habana cuenta con una población que vive mayormente de la agricultura, lo que refleja los mayores consumos.

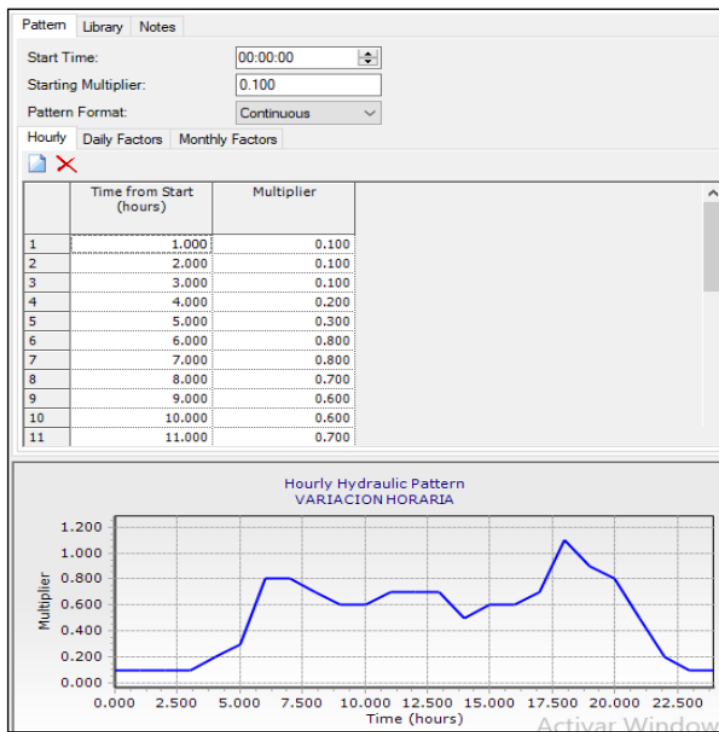


Figura 19.
Patrones de consumo horario adoptados para la investigación

En la figura se puede apreciar, el pico de consumo más alto que se encuentra a las 18:00 horas; así también se puede apreciar las líneas de consumo mínimas que se encuentran entre las 23:00 y las 03:00 horas.

Tabla 6.

Resultados de caudal mínimo y máximo recorrido en redes.

Tubería	Length (Scaled) (m)	Flow minimum (L/s)	Flow maximum (L/s)
TUB PVC-UF DN-90MM C-10	551.75	0.38	3.83
TUB PVC-UF DN-75MM C-10	55.26	0.00	0.02
TUB PVC-UF DN-50MM C-10	18.16	0.00	0.03

De la tabla resumen anterior, se puede apreciar que el caudal mínimo distribuido en las redes se encuentra entre las 23:00 y las 03:00 horas y es de 0.38 y 0.00 L/s en algunos sectores respectivamente; y, el caudal máximo distribuido en las redes corresponde a las 18:00 horas y tiene un caudal de 3.83 y 0.02 L/s en algunos sectores respectivamente. Esto se puede apreciar a mejor detalle en los anexos, donde se adjunta la totalidad de los caudales máximos y mínimos determinados por el Software Watercad.

4.3. Determinación de velocidades, diámetros de tuberías y presiones en la red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana.

Tabla 7.

Velocidades en periodo estático.

Tubería	Length (Scaled) (m)	Velocity (m/s)
TUB PVC-UF DN-90MM C-10	551.75	0.60
TUB PVC-UF DN-75MM C-10	4.48	0.60
TUB PVC-UF DN-75MM C-10	71.71	0.00

En la tabla 7, se puede apreciar una muestra de las velocidades mínimas y máximas obtenidas de la simulación en período estático, de las cuales la velocidad mínima se encuentra en 0.00 m/s y la máxima de 0.60 m/s, esto se encuentra restringida por la

cantidad de caudal distribuida en la red la cual es de 3.83 l/s; Además, hay que recordar que la simulación del periodo estático se realizó con la intención de visualizar la actividad de la red en un instante determinado.

Tabla 8.

Velocidades en período extendido

Tubería	Length (Scaled) (m)	Velocity minimum (m/s)	Velocity maximum (m/s)
TUB PVC-UF DN-90MM C-10	46.78	0.06	0.6
TUB PVC-UF DN-90MM C-10	551.75	0.00	0.02

En la tabla 8, se puede apreciar que existen velocidades mínimas y máximas, las cuales corresponden a los menores y mayores consumos horarios durante el día de mayor consumo, en tal sentido las velocidades mínimas corresponden al intervalo horario de las 00:00 horas y las 04:00 horas; y, las velocidades mayores, corresponden a las 18:00 horas, teniendo en cuenta dichas velocidades, es necesario recalcar que para una mejor eficiencia de la red de distribución de agua potable será necesario considerar válvulas de purga y/o aire a fin de que se eviten los sedimentos en las tuberías debido a las bajas velocidades existentes.

Tabla 9.

Diámetros de tuberías adoptadas

Pipe	Length (Scaled) (m)
TUB PVC-UF DN-90MM C-10	1037.02
TUB PVC-UF DN-75MM C-10	5250.35
TUB PVC-UF DN-50MM C-10	328.37

De la tabla 9 se puede apreciar que se han considerado tres tipos de diámetros diferentes, los cuales se consideraron teniendo en cuenta la normativa peruana vigente (OS 050), así como también con el propósito de garantizar las mejores presiones en toda la red de distribución; las tuberías de 90mm serán utilizadas como tuberías principales, las tuberías de 75 mm serán utilizadas como tuberías secundarias y las tuberías de 50 mm como tuberías auxiliares. Con los diámetros considerados se pudo obtener presiones eficientes tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Tabla 10.*Presiones en periodo estático*

²⁰ Label	Elevation (m)	Pressure (m H2O)
N-49	844.50	18.56
N-53	838.78	24.30

² La red de distribución de agua potable, cuenta con 59 nodos distribuidos en distintas zonas de la red, en la Tabla 10, se puede apreciar las presiones mínimas y máximas en metros columna de agua obtenidas en la simulación en periodo estático, las cuales se encuentran en los nodos 49 y 53 respectivamente; de estos se puede afirmar que la red de distribución de agua potable es eficiente en su funcionamiento, ya que la OS. 050, establece que se deben garantizar como presiones mínimas 10 metros columna de agua.

Tabla 11.*Presiones en período extendido*

Label	Elevation (m) ²⁸	Pressure minimum (m H2O)	Pressure maximum (m H2O)
N-49	844.50	18.51	20.95
N-53	838.78	24.26	26.66

⁸ De los 59 nodos establecidos en la red de distribución de agua potable, en la tabla 11, se puede apreciar que la presión mínima se encuentra en el nodo 49 la cual es de 18.51 metros columna de agua y la presión máxima se encuentra en el nodo 53 la cual y es de 26.66 metros columna de agua, dichas presiones corresponden a las 18:00 horas y 00:00 horas respectivamente; de lo mostrado en el cuadro, se puede afirmar que la red de distribución en período extendido es eficiente, ya que lo mínimo requerido por la OS. 050 es de 10 metros columna de agua.

4.4. Discusiones.

Yarleque (2019), haciendo uso de Software Watercad, determinó la presión estática máxima y mínima de 18.85 m.c.a y 15.66 m.c.a respectivamente, así como velocidad máxima de 1.86 m/s y velocidad mínima de 0.14 m/s, también determinó diámetros de tuberías en pulgadas que se establecieron en 2 ½" en una longitud de 645m, 3" en una longitud de 21.76m y 4" con una longitud de 272.64m. En la presente investigación, también

se determinaron presiones estáticas máximas y mínimas de 24.30 m.c.a. y 18.56 m.c.a. respectivamente, así también, velocidades máximas y mínimas que se encuentran entre 0.00 m/s y 0.60 m/s respectivamente; respecto a los diámetros de tuberías, se consideraron diámetros de tuberías milimétricos, las cuales fueron de 90 mm en una longitud de 1037.02 m, 75 mm en una longitud de 5250.35 y 50 mm en una longitud de 328.37 m.

Valenzuela y Orillo (2019), haciendo uso del Software Watercad, realizó el modelamiento en período estático y en período extendido de la red de la localidad de Paucartambo, en ella determinó que la simulación de la red de distribución de agua potable se acerca más a la realidad cuando se consideran el agua no facturada de la localidad. En ese sentido, en la presente investigación, con el fin de conocer mucho más de cerca la conducta de la red de distribución, se realizó la simulación en período extendido, entendiéndose que se dará con la finalidad de ver el comportamiento de las redes cuando se encuentran en funcionamiento a lo largo de un día de mayor consumo.

Quilca (2020), muestra picos y caídas en el transcurso de las horas del día, resultando el gasto máximo horario de 32.46 litros; paralelamente, se observa un incremento revelador en el máximo coeficiente de variación horaria ($K2=3.09$) en relación al coeficiente de variación horaria teórica ($K2=1.8-2.5$). Es así que, en la presente investigación, se determinó que la cantidad máxima horario es de 3.82 l/s, la cual se determinó haciendo uso de la relación de variación horaria del reglamento nacional de edificaciones.

Torres (2019), en su tesis examinó líneas primarias con diámetro 110 mm y líneas secundarias con diámetro 90 mm, siendo ambas líneas de material HDPE, debido a la fortaleza y perennidad; así mismo, con la simulación hidráulica se obtuvo el desempeño eficaz de las redes de distribución consiguiéndose obtener el 100% de las presiones y 100% de las velocidades dentro de la categoría establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Así también, en la presente investigación se han determinado diámetros de tuberías de 90 mm, 75 mm y 50 mm que serán utilizadas como primarias, secundarias y auxiliares respectivamente, finalmente con la presente investigación también se lograron obtener presiones y velocidades que conllevarán al correcto funcionamiento de la red de distribución de agua potable de la Asociación.

CONCLUSIONES

El diseño de red de distribución de agua potable en la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana es eficiente, ya que la investigación se realizó teniendo en cuenta los criterios técnicos mínimos de ingeniería tales como visitas de campo, reuniones de coordinación y cálculos hidráulicos, a fin de obtener la población futura y con ello los caudales de diseño para un período de tiempo mínimo de 20 años, tal como lo establece la RM N°153-2019-VIVIENDA, dando éstos como resultado una población de diseño de 3190 moradores, el cual arrojó un caudal máximo horario de 3.83 l/s, con el que posteriormente se realizó el modelamiento hidráulico en período estático y extendido; teniendo en cuenta también, que para una eficiente simulación hidráulica se tuvo que tener en cuenta la capacidad de almacenamiento del reservorio existente, la cual es de 250 m³.

El diseño de red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana resulta eficiente, ya que, la simulación hidráulica en periodo estático, arrojó resultados de presión mínima de 18.56 m.c.a., muy por encima de lo requerido por la OS. 050, ello haciendo uso de los diámetros de tuberías de 50mm, 75mm y 90 mm, los cuales son recomendadas en la norma antes mencionada. Así mismo, referente a la simulación hidráulica en período extendido, esta se realizó también haciendo uso de los mismos diámetros de tuberías del período estático y teniendo en cuenta los consumos horarios del día de mayor consumo, en ello se observó que la presión mínima garantizada es de 20.95 m.c.a., a las 18:00 horas del día, la cual es la hora de mayor consumo, teniendo en cuenta que la población en un 90% se dedicada a la agricultura.

Con el modelamiento de esta red de distribución de agua potable de la Asociación Pro Vivienda Nuevo Habana, se garantiza que se contará con la continuidad y cobertura necesaria para un eficiente servicio en la zona, ya que el modelamiento se realizó incluyendo sectores aledaños a la zona de investigación, así como también, proyectando tuberías que garanticen el abastecimiento en futuras expansiones urbanas, concluyéndose de ésta manera que la red de distribución es eficiente en funcionamiento actual y en proyección futura a 20 años.

RECOMENDACIONES

A los futuros investigadores que deseen implementar una simulación hidráulica ¹³ de una red de distribución de agua potable, recomendar que, para que la simulación hidráulica se pueda realizar sin ningún inconveniente, se debe considerar una fuente de almacenamiento (reservorio), ya que, al no existir, no se podrá realizar la simulación, debido a que el Software interpreta que no existe fuente de abastecimiento de donde se pueda proveer de agua a la red de distribución.

Al realizar ¹⁴ la simulación hidráulica en período extendido con la ayuda del Software watercad, se debe tener en cuenta que se requiere hacer uso de las variaciones de consumo horario, por lo que ésta se debe obtener en campo y por un periodo de tiempo determinado; ya que ello, hará ver los picos de consumo durante el día de mayor consumo, así como también hará que la simulación en la red se acerque mucho más a la realidad, haciendo de que se puedan determinar las presiones máximas y mínimas durante su funcionamiento.

Al implementar el presente sistema en campo, realizar un replanteo final, tanto en topografía como en evaluación poblacional, ya que actualmente la población y la asociación objeto de estudio se encuentra en constante crecimiento y expansión demográfica; lo que influirá en los caudales de diseño y la proyección de la misma a futuro.

A la municipalidad distrital de Habana, se recomienda la implementación de al menos dos (02) macromedidores tanto a la entrada del reservorio y a la salida de la misma, a fin de calcular la cantidad de caudal que ingresa y se comparte a la población mediante ¹ las redes de distribución de agua potable, ello ayudará en la toma de decisiones para mejorar el servicio tanto en continuidad y cobertura, así como poder determinar si la red existente en la zona es eficiente a fin de poder implementar la presente en campo y poder ⁴⁵ mejorar el servicio de agua potable.

A la Municipalidad Distrital de Habana, al momento de implementar la presente en campo, tener en cuenta que también se debe implementar la recolección de la misma, ya que hoy en día es menester contar con proyectos de inversión públicos integrales, es decir que cuenten con agua, desagüe y recolección de agua pluviales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvares, C. A. (2016). *Influencia del crecimiento poblacional en el funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Moyobamba* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín].
- Aguilar, J. M. (2015). *Modelación para evaluar cloro residual en la red principal del sistema de agua potable de Buenavista, cantón Pasaje, provincia de El Oro* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala. Ecuador]. Repositorio digital UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2927>
- Aguilar, L. G. & García, R. (2016). *Diseño de red de distribución de agua para uso poblacional en el caserío de San Francisco, distrito y provincia de Bolívar – Región La Libertad* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional de la UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9267>
- Amaya, E. I. (s.f). *Manual de ingeniería sanitaria*. Universidad de El Salvador. <https://es.scribd.com/document/477855333/Ingenieria-Sanitaria-pdf>
- Ampié, D. J. & Masis, A. A. (2017). *Propuesta de diseño hidráulico a nivel de pre factibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico de la comunidad Pasó Real, municipio de Jinotepe, departamento de Carazo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional de la UNAN. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3665>
- Bances, J. V. H. & Burga, J. I. (2018). *Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Soplín Vargas, Rioja – 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional de la UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/3073>
- Bello, M. A. & Pino, M. T. *Medición de presión y caudal* [Boletín INIA no.28, Instituto de Investigaciones Agropecuarias]. Biblioteca Digital INIA. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7063>
- Carhuapoma, J. C. & Chahuayo, A. R. (2019). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la Rinconada de Pamplona Alta, aplicando Epanet y Algoritmos genéticos para la Localización de Válvulas reductoras de presión* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/626349>

- Comisión Nacional Del Agua. (s.f.). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. Recuperado el 24 de noviembre de 2020 de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%20s.f.a.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20agua%20potable.pdf
- Flórez, L. A., Ovalle, J. H., & Forero, L. A. (2014). Traducción del diseño concurrente al proyecto de arquitectura. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 16(1), 77–85. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2014.16.9>
- Hoyos, D. A. & Tuesta, Ch. M. (2017). *Simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para futuras habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional de la UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/2881>
- Huacho, J. A. & Mena, M. J. (2016). *Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua* [Proyecto técnico, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Digital de la UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24186>
- Huaman, C. A. & Rojas, D. A. (2019). *Diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar – Lima* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Académico de la USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5893>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Recuperado el 8 de junio de 2020, de <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-boletines/>
- Jiménez, J. M. (s.f.). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil. <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Resolución Ministerial n° 192-2018-VIVIENDA del 16 de mayo de 2018. Por lo cual se establece la "Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural"*.

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA del 05 de mayo de 2006. Por lo cual se establece el Reglamento Nacional de Edificaciones que incluye las Obras de Saneamiento 050. Redes de distribución de agua potable.*
- Morante, C. A. (2019). *Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Sórdor, Huancabamba* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/4330>
- Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., y Romero, H. E. (2018). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U. www.edicionesdelau.com
- Oliva, M. C. (2018). *Diseño hidráulico de red de agua potable en el caserío Quintahuajara San Miguel del Faique – Huancabamba – Piura - Agosto 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Los Ángeles de Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/7960>
- Pérez, D. A. (2020). *Diseño de la red de abastecimiento de agua potable para disminuir las brechas de acceso por la red pública en el centro poblado de la primera etapa de la zona "B" de Huarangal del distrito de Lurín, Lima* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Académico de la USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/7018>
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <http://cotana.informatica.edu.bo/downloads/ld-Ingenieria.de.software.enfoque.practico.7ed.Pressman.PDF>
- Quilpa, E. S. (2020). *Análisis y simulación en periodo extendido del sistema de agua potable en el centro poblado de Amparani, distrito de Acora, provincia de Puno, departamento de Puno*. Repositorio Institucional digital. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14378>
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica, de tuberías abastecimiento de agua, redes, riegos*. Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua, Evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U. <http://hdl.handle.net/11407/2568>
- Tórres, E. (2019). *Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de la urbanización las brisas de la ciudad de Moyobamba – 2018* [Tesis de

- pregrado, Universidad Nacional de San Martín en línea]. Repositorio Institucional de la UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/3289>
- Valenzuela, M. E., & Orrillo, G. A. (2019). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo – Cusco* [Tesis de pregrado. Universidad de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico de la UPC. <http://hdl.handle.net/10757/628079>
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. <http://www.unesco.org/open-access/termsuse-ccbysa-en>
- Yarleque, M. A. (2019). *Diseño de la red de distribución de agua potable del A.H. Alfonso Ugarte y alrededores del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, departamento de Piura, Marzo 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/11156>
- Yépez, R. L., & Ruíz, N. E. (2012). *Estudio de impacto ambiental de la ejecución del proyecto de agua para riego y consumo humano del cantón Pimampiro, primera fase* [Tesis de pregrado. Universidad técnica del norte]. Repositorio Digital de la UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/989>

ANEXOS

Plano 1: Plano de Lotización.

Plano 2: Plano Topográfico.

Plano 3: Simulación hidráulica en período estático

Plano 4: Simulación hidráulica en período extendido.

Eficiencia del diseño y simulación hidráulica con Watercad de la Red de distribución de agua potable de la Asociación Pro vivienda Nuevo Habana

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1 %
10	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1 %
11	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
13	www.lenhs.ct.ufpb.br Fuente de Internet	<1 %
14	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
18	nike.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
19	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	<1 %

20

repositorio.usanpedro.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

21

Claudia Fernanda Navarrete López.

"Metodologías epidemiológicas de análisis de datos para la operación y gestión de redes de abastecimiento urbano de agua", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

<1 %

22

Hugo José Bartolín Ayala. "Confección de modelos de redes de distribución de agua desde un Sig y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones.", Universitat Politecnica de Valencia, 2013

Publicación

<1 %

23

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

26

apirepositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

28

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

29	drive.google.com Fuente de Internet	<1 %
30	mafiadoc.com Fuente de Internet	<1 %
31	1library.co Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
34	repositorioinstitucional.uabc.mx Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
36	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
37	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
38	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

40 "Perspectivas sobre los métodos de priorización en áreas de exploración minera, estudio de caso: Distrito Minero de Til Til, Chile", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2022
Publicación <1 %

41 alicia.concytec.gob.pe
Fuente de Internet <1 %

42 biblioteca.usac.edu.gt
Fuente de Internet <1 %

43 repositorio.unc.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

44 www.waterlink.net
Fuente de Internet <1 %

45 Submitted to Universidad Ricardo Palma
Trabajo del estudiante <1 %

46 repositorio.unh.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

47 repositorio.uta.edu.ec
Fuente de Internet <1 %

48 www.hollaender.com
Fuente de Internet <1 %

49 www.probogota.org
Fuente de Internet <1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía Activo