



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash-2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Miguel Grisel Vidal Valverde (ORCID: 0000-0001-5282-3883)

ASESOR:

Dr. Luis Alberto Vargas Chacaltana (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi madre, por su apoyo incondicional e incasable, por su dedicación permanente en bien de sus hijos, a mis hermanos por brindarme su confianza y apoyo, a mis tíos y primas que creyeron en mí y no dudaron en ayudarme en sus posibilidades, a todos ellos les dedico con mucho orgullo y alegría.

El autor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre, Delia Valverde, sin ella todo hubiera sido complicado o imposible; a mi tío José Valverde y su hermano, por su confianza y apoyo, a mis 5 hermanos y primas por creer en mí y por sus apoyos diversos siempre pensando en mi bien, gracias a todos ellos.

El autor

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Declaratoria de Originalidad del Autor

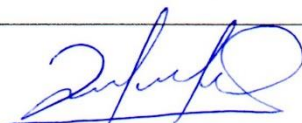
Yo, **VIDAL VALVERDE, Miguel Grisel** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

“Evaluación del comportamiento hidráulico en redes de abastecimiento de agua potable por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash - 2019”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 17 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor VIDAL VALVERDE, Miguel Grisel	
DNI: 70223108	Firma 
ORCID: (0000-0001-5282-3883)	

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash -2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Civil.

Vidal Valverde, Miguel Grisel

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado.....	vi
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Realidad problemática:.....	2
Trabajos previos	4
Antecedentes Nacionales	4
Antecedentes Internacionales.....	6
Teorías relacionadas al tema:	8
Sistema de abastecimiento de agua.....	8
Abastecimiento de agua potable por gravedad sin tratamiento	10
Conducción por gravedad.....	14
Tipos de captación de agua	16
Aguas superficiales	16
Aguas subterráneas	16
Manantiales	17
Almacenamiento de agua tratada	18
Reservorio apoyado.....	18
Planteamiento de la Red de Distribución de Agua Potable.....	19
Componentes principales de red de distribución.....	20
Disposiciones específicas para diseño:	21
Levantamiento Topográfico.....	21
Análisis hidráulico	21
Herramientas modelación - WaterCAD	25
Formulación del problema	28

Problema General	28
Problemas específicos	28
Justificación.....	28
Hipótesis.....	29
Hipótesis General.....	29
Hipótesis específicas.....	29
Objetivos:	30
Objetivo General.....	30
Objetivos específicos	30
II. MÉTODO.....	31
2.1. Diseño de investigación.....	32
2.1.1. Método	32
2.1.2. Tipo	32
2.1.3. Nivel	32
2.1.4. Diseño	32
2.2. Variables y operacionalización	33
2.2.1. Variables.....	33
2.2.2. Operacionalización	33
2.3. Población y muestra	35
2.3.1. Población.....	35
2.3.2. Muestra	35
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	35
2.5. Métodos de análisis de datos	37
2.6. Aspectos éticos	37
III. RESULTADOS.....	39
3.1. Descripción de la zona en estudio.....	40
Localización y ubicación del proyecto	40
Características	40
3.2. Trabajos previos	41
3.3. Trabajo de aforo	43
Cálculo de la demanda hídrica.....	43
Diseño de las tuberías.....	45
Línea de impulsión	47
Línea de aducción.....	48
Red de distribución.....	49
3.4. Modelamiento en WaterCAD	50

3.5. Resultados del análisis.....	53
IV. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMEDACIONES.....	62
VII. REFERENCIAS	63
VIII. ANEXOS.....	69
Anexo 1: Plano catastral de la ciudad de Piscobamba	70
Anexo 2: Plano general de trazado de red.....	71
Anexo 3: Plano de la red evaluada	72
Anexo 4: Localización y ubicación de la zona en estudio	73
Anexo 5: Matriz de Operacionalización de variables	74
Anexo 6: Memoria de cálculo	75
Anexo 7: Base de datos para el caculo de población futura.....	76
Anexo 8: Hoja de cálculo de población futura.....	77
Anexo 9: Resumen de cálculo de población futura.....	82
Anexo 10: Cálculo de demanda.	83
Anexo 11: Memoria de cálculo de población.....	90
Anexo 12: Ilustración de modelación en WaterCAD.....	93
Anexo 13: Imágenes fotográficas de trabajo en campo	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de un sistema de abastecimiento

Figura 2: Partes y funciones del sistema de agua potable por gravedad sin tratamiento

Figura 3: Componentes para un sistema por gravedad

Figura 4: Reservorio

Figura 5: Caseta o cámara de válvulas.

Figura 6: línea de conducción por gravedad

Figura 7: Aguas superficiales

Figura 8: Aguas Subterráneas

Figura 9: Agua de manantiales

Figura 10: Reservorio apoyado

Figura 11: cámara rompe presión

Figura 12. Software de Diseño y Análisis Hidráulico.

Figura 13. Sistema de abastecimiento de agua potable

Figura 14: Levantamiento topográfico mediante la ayuda de estación total

Figura 15: Imagen del levantamiento topográfico en la plazuela

Figura 16: Plano de la zona de trabajo superpuesta a las curvas de nivel de terreno

Figura 17: imagen del reservorio existente

Figura 18: Trazo de la red de distribución de agua, tomando como base los planos topográficos y de sitio.

Figura 19: El reservorio se ubicó en la zona norte de la localidad bajo estudio

Figura 20: Red de distribución de agua, tubería de aducción

Figura 21: Inicio de la interfaz gráfica de usuario del software WaterCAD

Figura 22: Modelamiento del sistema de redes de agua en el software WaterCAD

Figura 23: Sistema de redes de agua modelado en el software waterCAD.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las cajas de captación

Tabla 2: Dotación agua

Tabla 3. Períodos de diseño de las diferentes unidades de un sistema

Tabla 4: Periodo de diseño

Tabla 5. niveles de confianza

Tabla 6: Cantidades de agua requeridas en función de las áreas disponibles

Tabla 7: Cantidad de agua requerida en función de las actividades

Tabla 8: Cantidad de agua requerida por persona por día para el presente estudio.

Tabla 9: Tabla de resultados del flujo en tuberías.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo de determinar el comportamiento hidráulico en la red de abastecimiento de agua potable por la aplicación de los métodos convencionales en la localidad de Piscobamba Ancash-2019. En el estudio se hace todo un esfuerzo por entender lo relativo a las fuentes de agua, como transportarla desde el sitio de origen hasta las comunidades. También se presenta el uso de la tecnología informática de avanzada para hacer las simulaciones que sean necesarias para el proyecto. Se evalúa un sistema de red de distribución de agua en una zona catalogada como Zona Rural, el estudio se enfoca en un nuevo diseño de red de distribución para todo el casco urbano con sus respectivos ramales para casos excepcionales de ampliación en ella se va modelar la red trazado con el apoyo del software WaterCAD en el cual se analiza las presiones, las velocidades y las pérdidas de carga sometidos a diferentes datos de cálculo, de esta manera se concluye si es ideal y optimo aplicar redes cerradas en zonas con pendientes muy considerables esto a causa de desabastecimiento continuo a la población, más que nada, en tiempos de precipitaciones bajas.

Palabras claves: Comportamiento, Hidráulico, Redes, Abastecimiento, Agua, Métodos

ABSTRACT

The present work has the objective of determining the hydraulic behavior in the drinking water supply network by applying conventional methods in the town of Piscobamba Ancash-2019. The study makes an effort to understand what is related to water sources, such as transporting it from the place of origin to the communities. It also presents the use of advanced computer technology to make the simulations that are necessary for the project. A water distribution network system is evaluated in an area classified as a Rural Zone, the study focuses on a new distribution network design for the entire urban area with their respective branches for exceptional cases of expansion in which the model will be modeled. network drawn with the support of the WaterCAD software in which the pressures, speeds and load losses subjected to different calculation data are analyzed, thus concluding whether it is ideal and optimal to apply closed networks in areas with very considerable slopes this because of continuous shortages to the population, more than anything, in times of low rainfall.

Keywords: Behavior, Hydraulic, Networks, Supply, Water, Methods, hydraulic performance, distribution networks.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática:

Actualmente uno de los problemas más urgentes en el mundo es el acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene tal como lo indica la Organización Mundial para la Salud y la UNICEF: según Organización Mundial de la Salud y UNICEF (2017) “Hoy, 1 de cada 9 personas no tiene acceso a agua potable; 1 de cada 3 personas no tiene acceso a un baño. Más personas tienen un teléfono móvil que un inodoro [...]”. Mejorar estas condiciones implica cumplir con los objetivos del desarrollo de las personas, reducir la mortalidad infantil y mejorar la salud de manera sostenible. La accesibilidad al agua potable y al saneamiento conlleva de forma implícita la mejora del acceso a la mejora de la salud y el bienestar general de los niños, las mujeres y las familias de todo el mundo.

La búsqueda y el afán de obtener los recursos hídricos ha llevado al ser humano de adquirir diferentes métodos de recolección y distribución de agua, ya que este compuesto es de vital importancia para la vida; en la actualidad el método que se ha difundido a nivel mundial son las redes de tuberías, esta forma de distribución de agua potable se ha convertido en una tecnología fundamental en el desarrollo, planeamiento y ejecución de ciudades y por ende es una técnica de gran importancia y, aunque los ojos de las personas es una técnica usual, representativa de la civilización actual; sin embargo esta técnica también presenta contingencias las cuales se producen principalmente por la mala planificación de los proyectos y diseños de saneamiento que no toman en cuenta todas las condiciones en las que operaran las redes de abastecimiento de agua potable, estos problemas acarrearán consecuencias a futuro tales como inundaciones (a causa de presiones excesivas en las redes matrices, las juntas entre tuberías no soportan el cambio de la presión), contaminación del agua, hasta se puede llegar a evidenciar problemas en las instalaciones domiciliarias, se puede apreciar pequeñas filtraciones de agua en las paredes, también, a causa de variación de presiones.

En ese sentido, según Lossio (2012) “Las redes diseñadas tradicionalmente se encuentran en condiciones deficientes; porque no cumplen las necesidades socioeconómicas y condiciones climatológicas de la población. La mayoría de los proyectos, técnicamente bien elaborados en el gabinete, no tuvieron resultados eficientes para los usuarios al presentar problemas de funcionamiento al momento de hacer las instalaciones [...]. Entonces, el servicio de agua potable también es una cuestión humana, que depende mucho de la forma de vida de la colectividad” (p, 5).

Según water.org, (2018) indica que el acceso al agua potable y al saneamiento ha mejorado en el Perú en los últimos años, sin embargo, aún existen importantes deficiencias tanto en la infraestructura pública como en las instalaciones domésticas. Con una población total de 31 millones de peruanos, más de tres millones no tienen acceso a agua potable y cinco millones no disponen de acceso a saneamiento mejorado. En todo el Perú, la cobertura de agua y saneamiento urbano es más alta que la cobertura rural, y muchas comunidades periurbanas en rápido crecimiento tienen acceso limitado a estos servicios básicos.

En las poblaciones rurales alto andinas, en cuanto al abastecimiento de agua potable, estas se muestran como servicios básicos deficientes; por ello es que, ante dichos problemas, las medidas que adoptan los ciudadanos de dichas localidades son soluciones empíricas al no tener acceso a ninguna forma de capacitación, por ello los pobladores a cualquier problema que se presenta en la red de abastecimiento de agua potable son hechas sin ningún tipo de análisis y simplemente optan por eliminar las cámaras rompe presiones y proceder a una instalación directa para evitar la limpieza y mantenimiento constante que se le da a las cámaras rompe presiones, de esta manera, en épocas de precipitaciones altas, aumenta las presiones del agua y en consecuencia, las tuberías tienden a soltarse de las uniones dando paso a cualquier tipo de contaminante, como la mano de obra no está calificada para este tipo de operaciones y más aún cuando la tubería es de gran diámetro, los resultados del mantenimiento son fatales.

Los proyectos ejecutados con la finalidad de mejorar y rehabilitar el sistema de agua potable arrojan resultados poco eficientes e incluso resultados pobres ya que muchas de estos proyectos no son considerados diversas variables como los cambios climáticos, las variaciones de pendientes y una falta de control por un personal especializado; además, estos proyectos son elaborados solo en gabinete, con datos muy pobres y sin ninguna visita al lugar; la topografía que presenta el lugar es muy variado por ello necesita un análisis, modelamientos, pruebas minuciosas para poder ubicar correctamente las redes de distribución.

En ese sentido en el presente trabajo de investigación se pretende abordar la cuestión del desempeño que presenta el comportamiento hidráulico de las redes de abastecimiento de agua potable en la localidad de Piscobamba en el departamento de Ancash, dicho trabajo se ejecutará mediante la aplicación de los métodos convencionales y se espera demostrar que la aplicación

de dichos métodos asegurará un desempeño positivo en el comportamiento hidráulico de las redes de abastecimiento de agua potable.

Trabajos previos

Antecedentes Nacionales

Chuquiviguel y Rodríguez (2017) en su tesis trata sobre la evaluación en el diseño de toda una red de agua con el **objetivo** de Evaluar todo el diseño con una red ya existente de agua potable con todo calibrado, llegaron a la siguiente **conclusión**: Para el comportamiento de la red de agua potable existente utilizando los parámetros de C y K2 calibrados en escenario de fuga, presenta una presión mínima de 9.98 mca y máxima de 15.52 mca; mientras que sus velocidades varían entre 0.00 m/s y 1.12 m/s. Para el escenario normado la presión mínima fue de 10.56 mca y máxima de 17.26 mca, mientras que su velocidad mínima fue de 0.00 m/s y máxima de 1.73 m/s. Siendo este caso donde la red normada 171 cumple los rangos de presiones establecida por el OS 0.50, a diferencia de la red calibrada denotando aún más el diferente comportamiento. Con respecto a las velocidades, ambas aún incurren en el incumplimiento de la velocidad mínima establecida de 0.60 m/s.

Apaza (2015) en su tesis trata el tema de sostenibilidad del agua potable y además habla del saneamiento básico ubicada en una comunidad específica de Puno, al sur de Lima. La tesis tiene por **objeto** un diseño de un sistema completo relacionado con el agua que va a beneficiar a este sector. Esta tesis se realizó en la UNA, iniciales que corresponden a la Universidad del Altiplano. Universidad Pública de Puno. Los tres objetivos de esta tesis van dirigidos al diseño y dimensionamiento de un sistema sostenible de agua potable, saneamiento y sus diferentes componentes. Las **conclusiones** mostradas a continuación dejan ver que la investigación puede continuarse, porque la zona en estudio tiene similitud con el trabajo que hizo Apaza, también se indica que si se desea diseñar un sistema de agua potable, se recomienda hacer la recolecta y procesamiento de la data de manera minuciosa, y así entender mucho más el diseño de cada uno de los componentes, se deben seguir las recomendaciones dadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se pueden encontrar en las normas OS 010, OS 050 y demás información referente al tema. Y adicionalmente es recomendable usar el método del gradiente para aumentar la precisión cuando se hace lo relacionado con el diseño y los detalles de la red

donde va a estar la distribución y aducción. Este proyecto traerá beneficio directo a 110 familias.

Vergaray (2017), en su investigación donde trata el tema del Mejoramiento en el Agua que debe ser Potable por cuestiones de salud para La Junta Vecinal José de San Martín, con el **objetivo** de mejorar una nueva red de distribución en una localidad de Tacna, llega a las siguientes **conclusiones**: Con la nueva red de distribución se logra los objetivos resolviendo satisfactoriamente el desabastecimiento que existe en la zona de la junta vecinal; los resultados obtenidos fueron simulados en el programa WaterCAD V8i (aplicativo empleado como herramienta de diseño); de esta manera podemos garantizar el cumplimiento de un periodo de diseño de 20 años de la red de diseñada. Usando el modelo numérico en WaterCAD V8i, se han efectuado todas las cosas con respecto a simulación en un primer término en régimen permanente y en segundo término en régimen que no es permanente, el transitorio o el periodo extendido, la misma puede mostrarse con los diferentes datos en reportes y muy principalmente la variación óptima en lo que de presiones se refiere en cada nudo y las velocidades dadas en cada una de las tuberías de la red.

Dávila (2016), en su investigación hace una relación entre uno de los tipos de redes de agua que existen como es la cerrada y el sistema que abastece el agua potable al Distrito de Caja en el Departamento de Huancavelica. El investigador **concluye** que el análisis hidráulico tiene una relación directa con el diseño de redes cerradas. El software WaterCad entregó los reportes finales del proyecto y el cuadro 4.3.3-2 muestra que las velocidades y presiones tienen valores adecuados a lo esperado según el diseño que se hizo.

Poma y Soto (2016) en la investigación titulada “Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de la hacienda – distrito de Santa Rosa – provincia de Jaén - departamento de Cajamarca”, tiene como **conclusiones**, que se hizo el diseño hidráulico de la línea de conducción, Aducción y red de distribución del caserío [sic] La Hacienda, aplicando el programa de WaterCAD, obteniendo la longitud total de tubería diámetro y número de nudos. [...]. En por ello que la investigación tiene un efecto ambiental que considera los procesos de construir y operacional, obteniendo efectos satisfactorios en la apariencia del agua que será consumida por los habitantes de la zona.

Zanabria (2015), en su proyecto titulado “Abastecimiento de agua potable y alcantarillado para el asentamiento humano San Agustín” trata sobre el abastecimiento de agua potable a un

sitio rural, tiene como **objetivo** principal elevar la calidad de vida de sus habitantes y con esto hacer un preventivo de enfermedades relacionadas con la ingesta de agua no apta para humanos que pueden generar problemas gástricos producidos por la ausencia de los servicios básicos en asentamiento humano. Se **concluye** que el proyecto de saneamiento logra una calidad de vida mejor, el proyecto satisface las necesidades primordiales de los pobladores dando una distribución uniforme constante de agua potable a cada uno de ellos.

Maylle (2017) en su investigación presentada para optar el título de ingeniería civil estudia la influencia en la calidad de vida de la localidad de Huancamayo de un diseño de un sistema de Agua Potable, con el **objetivo** específico de determinar la influencia de los tipos de fuentes del diseño del sistema de agua potable en la calidad de vida de la localidad de Huacamayo – Junín **concluye**: para diseñar la línea de conducción se tiene en cuenta un máximo caudal diario $Q_{md} = 0.99 \text{ L/s}$. Se tiene que considerar para diseñar el sistema que haya una presión que como máximo sea de 50 mca para la clase 7.5 con esto se busca asegurar que funcione el sistema. Este diseño de sistema que abastece agua potable contara con las siguientes estructuras; captación de tipo ladera, línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, esto indica que es pertinente diseñar redes cerradas en zonas rurales con sus respectivas limitaciones.

Antecedentes Internacionales

Alvarado y Rosero (2016), “Estudio y Diseño Integral del Sistema de Distribución de Agua Potable, Tratamiento y Aprovechamiento de Aguas Residuales Domesticas en los Recintos: San Gregorio, El Salto, Sabana Grande, La vuelta, Rio Nuevo; de la Parroquia Laurel del Cantón Daule Provincia del Guayas” en sus tesis investigaron varios aspectos como sistemas de distribución de agua potable, tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales domésticas. A estos temas le hicieron un estudio y diseño integral para ser aplicados en una serie de recintos, en la Provincia de Guayas. Ecuador. El **objetivo** principal de la investigación consiste en hacer una propuesta de un estudio de factibilidades para lograr así que el agua potable se distribuya a las poblaciones indicadas en el estudio. Esto se combina con el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales de las casas de la Provincia mencionada. Aplicando un proyecto que englobe varios aspectos donde se resalta principalmente que se pasará de un sistema individual a uno colectivo que se tiene como de mejor calidad, con esto se beneficiará el desarrollo de las localidades indicadas. **Concluyen** que, el caudal que

actualmente es bombeado de la planta de bombeo Arco Las Mercedes mejoró la presión con la colocación del tanque un poco más arriba de lo que estaba antes, esto se demuestra con las presiones que se han logrado que sobrepasan los 15 mca (metros columna de agua). Y se demuestra aún más porque esta planta debe abastecer a un grupo grande de población.

Vargas (2016), “Consideraciones de diseño y cálculo de las instalaciones hidráulicas en una red de distribución de agua potable” en su tesis de investigación hicieron algunas consideraciones de diseño para calcular instalaciones hidráulicas, dichos cálculos los aplicaron a una red que distribuye agua potable en una población de Colombia. Después de su estudio y chequear los diseños respectivos usando softwares de ingeniería llega a las siguientes **conclusiones**: El diseño eficiente de la red de distribución se debe tener como un paso de extrema importancia, al hacer un buen planteamiento se garantiza la funcionalidad, y la disminución de costos. Teniendo al final una red eficiente. La bibliografía con respecto a este tema es bastante limitada. Las herramientas informáticas, como en todos los proyectos de ingeniería, son de uso obligado en este proyecto. Se pueden nombrar algunas: AutoCAD, Epanet, EpaCad y Excel donde se necesita hacer la verificación a las distintas alternativas que se tienen de trabajo de la red. En el caso de Epanet permite la posibilidad de hacer muchas modificaciones a la red y tener a disposición rápidamente resultados fáciles de comparar, teniendo así de esta manera la opción más viable, funcional y económica.

Bautista y Samaniego, con el **objetivo** de diseñar una red de distribución de agua con los parámetros de selección de equipos y elementos correctos, en su investigación titulada Diseño de un Sistema de Distribución de Agua Para Consumo Humano en Sumaco-Canton Quijos Provincia de Napo, Ecuador, refiere: El cálculo de los diámetros y los nodos para ser distribuidos se realizó utilizando la metodología moderna, que incluye el uso del software y programas computacionales avanzadas programas basados en los principios establecidos por el método Hardy Cross, ya que este se basa en iteraciones tendientes a buscar el equilibrio de la red. Para la selección del diámetro en el programa se realizó introduciendo variedad de diámetros hasta obtener el óptimo. Entre las **conclusiones** se tiene que el diseño que se propuso es muy eficiente, bajo en costo y tiene funcionalidad a los habitantes, debido a que abastece a 203 familias, teniendo como propósito cambios significativos en la red de suministro. Los materiales que se utilizaron fueron la tubería de PVC, que por ser de un costo menor es una alternativa de construcción económica.

Con el **objetivo** de realizar la modelación a un diseño hidráulico propuesto que va a beneficiar a la red que abastece de agua a la Universidad María Abreu de Las Villas, Cuba, usando el software de simulación hidráulica WATERGEMS y así poder determinar el coeficiente de uniformidad de presión y también el índice de Resiliencia en cada uno de los nodos del sistema en estudio. Martínez (2016) **concluye**: el WaterGEMS al igual que WaterCAD, producto de la misma empresa nos da la facilidad de hacer simulaciones hidráulicas. Las conclusiones se observaron la definición de los tópicos teóricos que se emplean actualmente para calcular sistemas de redes de abastecimiento. También se definió cada criterio de diseño que se aplicó para hacer la modelación hidráulica usando el software WaterGems, al igual que este programa, WaterCAD, tiene las mismas funciones que el WaterGEMS.

Según Mena (2016) en su investigación titulada “Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia el rosario del cantón san pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua”, con el **objetivo** de reducir pérdidas de caudal en la Red de Distribución de Agua Potable con la utilización de caudalímetro y establecer un manual de manejo para el uso de caudalímetros en la Red de Distribución de Agua Potable. Se llegaron a las siguientes **conclusiones**: Las fugas de los sistemas tradicionales generan pérdidas de índole monetaria que incide en el suministro del vital líquido, eso no permite recuperar el tiempo invertido en la distribución del líquido en la comunidad, eso hace que limite las inversiones a costos mínimos requeridos, afectando la vida útil del sistema y del proyecto que se presenta como alternativa de solución.

Teorías relacionadas al tema:

Sistema de abastecimiento de agua

Es un sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos diseñados que proporcionan suministro de agua, con infraestructura para la recolección, transmisión, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua para hogares, establecimientos comerciales, industria y riego, así como para necesidades públicas tales como extinción de incendios y lavado de calles desde su lugar natural o fuentes. De todos los servicios municipales, el suministro de agua potable es quizás el más vital. Las personas dependen del agua para beber, cocinar, lavar, transportar los desechos y otras necesidades domésticas. Los sistemas de suministro de agua también deben cumplir con los requisitos para las actividades públicas, comerciales e

industriales. En todos los casos, el agua debe cumplir con los requisitos de calidad y cantidad.
(Nathanson, 2014)

Un sistema de abastecimiento de agua potable se compone de la siguiente manera:

- Fuente de abastecimiento
- Captación
- Desinfección
- Aducción
- Conducción
- Línea de Distribución
- Almacenamiento
- Red de distribución
- Acometidas domiciliarias

Un sistema de abastecimiento de agua potable se compone de la siguiente manera:

- Fuente de abastecimiento
- Captación
- Desinfección
- Aducción
- Conducción
- Línea de Distribución
- Almacenamiento
- Red de distribución
- Acometidas domiciliarias

Un sistema de abastecimiento de agua, en general, está compuesto por las siguientes etapas:

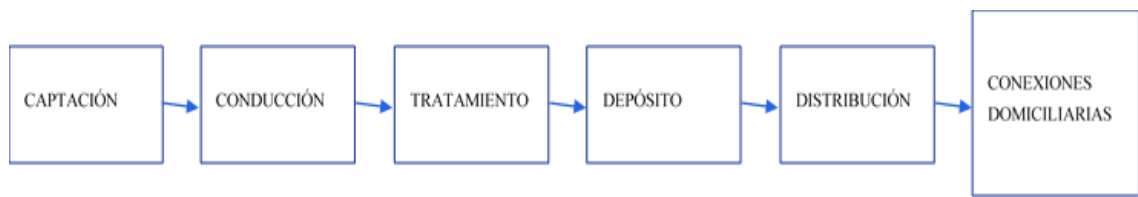


Figura 1: Etapas de un sistema de abastecimiento

Fuente: Trapote, 2013.

Abastecimiento de agua potable por gravedad sin tratamiento

Suministro de agua potable que viene desplazándose con su propio peso desde el sitio de la captación, a esto se le llama por gravedad y, sin tratamiento. El sistema de suministro de agua llamado por gravedad está compuesto por un conjunto que contiene varias estructuras para transportar el agua a las poblaciones mediante diversas conexiones hechas a domicilio. El sistema consta de distintos procesos físicos y químicos que deben realizarse para lograr que el agua esté apta para ser consumida por humanos, reduciendo y eliminando las bacterias que puedan encontrarse en ella, sustancias venenosas, eliminar la turbidez, el mal olor y cualquier sabor que pueda traer. El sistema se llama por gravedad ya que el agua cae por su propio peso, desde el lugar de donde se obtiene hasta el reservorio y desde ese punto a las conexiones de cada casa de la comunidad.

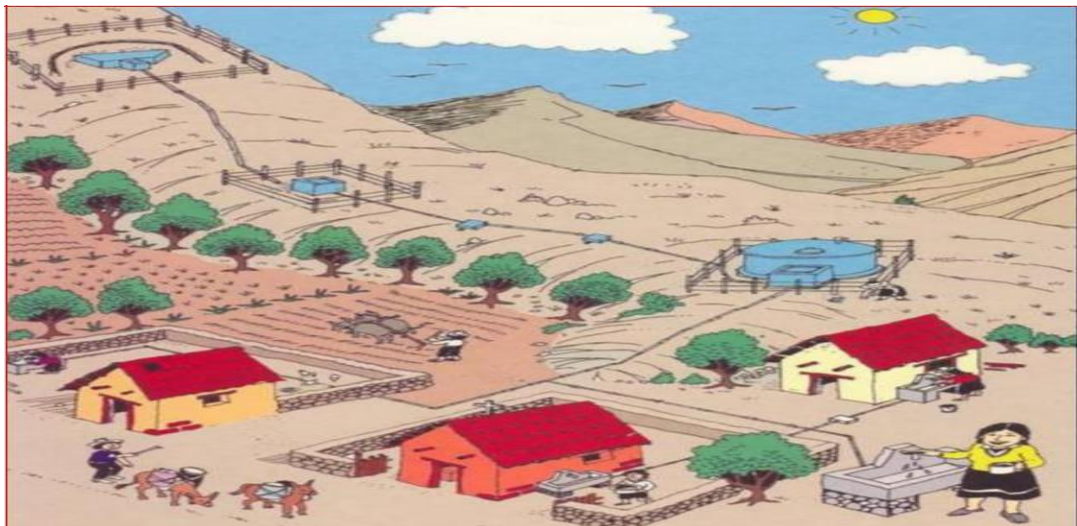


Figura 2: Partes y funciones del sistema de agua potable por gravedad sin tratamiento

Fuente: Programa Buena Gobernanza

Componentes del sistema por gravedad:

- Captación.
- Línea de conducción.
- Reservorio de almacenamiento.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Válvulas de purga.
- válvulas de aire.
- cámaras de control.
- cámara rompe presión tipo 6 y 7.
- Piletas públicas o domiciliarias.

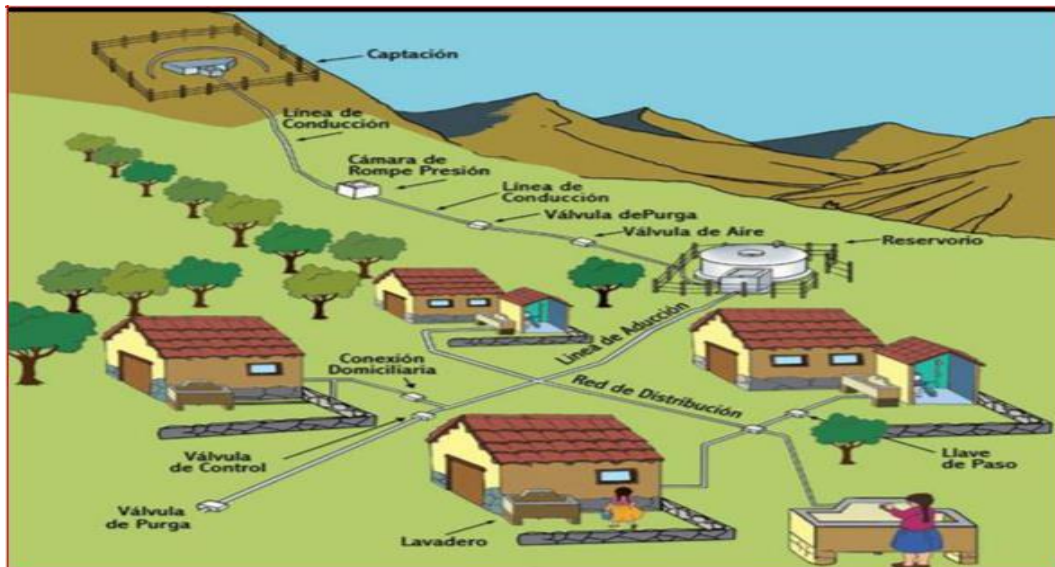


Figura 3: Componentes para un sistema por gravedad

Fuente: Percy Sosa

Captación. - Es un manantial debe hacerse con todo cuidado, previniendo el lugar de afloramiento de posibles contagios, delimitando un área de protección cerrada. Las aguas superficiales se crean a través de las bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes paralelas al curso de agua para captar las aguas que resultan igualmente con un filtrado preliminar.

Tabla 1: Clasificación de las cajas de captación

Tipo	Caudal (l/seg.)
C – 1	Hasta 2.5
C – 2	0.7 – 0.8
C - 3	Hasta 6

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural.

Componentes de la estructura:

- Caja para captar el agua y la caja de válvulas.
- Rejilla que se ubica a la entrada de toda la tubería.
- Vertedor de excedencias y la tubería para hacer la limpieza.
- Válvulas que van en la línea de conducción, además del tubo de limpieza.
- Zanja perimetral que se usa para interceptar todo el escurrimiento al manante.
- Tubo de ventilación.
- Tapas de las cajas de 0.80 x 0.60m contentivas de cierres herméticos.
- En manantes dispersos se recomienda utilizar galerías colectoras que vayan hasta la caja.
- Cerco perimétrico.

Línea de conducción. - Es el conjunto compuesto por tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte que se han encargado de la conducción del agua desde la captación dirigidas hasta el reservorio, donde se aprovecha la carga estática que ya existe en el sistema. Se debe utilizar al máximo toda la energía disponible para poder conducir el gasto que se desea, esto lleva a la mayoría de los casos seleccionar el diámetro mínimo que va a permitir presiones iguales o menores a la característica de resistencia física soportado por el material de la tubería.

Estructuras complementarias

Considera como estructuras complementarias a:

❖ Válvula de aire

Son instalados en las partes altas de la línea de conducción.

❖ Válvulas de purga

Los sedimentos almacenados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan la limpieza de tramos de tuberías.

Reservorio. - Los reservorios o reservas de agua tienen la propiedad de ser un elemento fundamental en cualquier red de suministro de agua potable porque permiten que el líquido se la preserve para ser usado en la comunidad donde sean construidos y por otro lado compensan las variaciones existentes en los horarios relacionado con su demanda.



Figura 4: Reservorio

Fuente: Grupo Ortiz.

Partes del reservorio

- Tubería de ventilación.
- Tapa sanitaria.
- Tanque de almacenamiento.
- Tubo de rebose.
- Tubería de salida.
- Tubería de rebose y limpia.
- Canastilla.
- Caseta o cámara de válvulas.

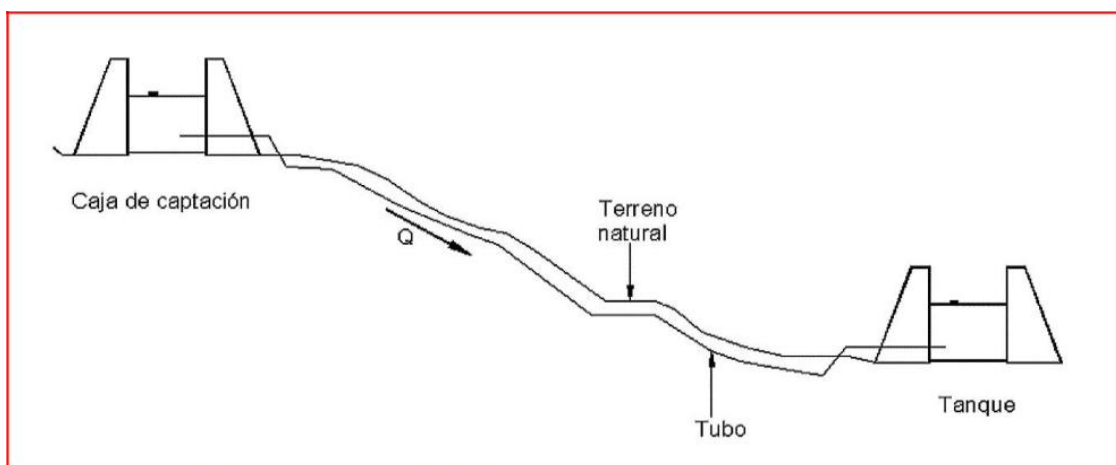


Figura 5: Caseta o cámara de válvulas.

Fuente: Manual 08 Abastecimiento de agua potable por gravedad

- a. Válvula de ingreso de agua al reservorio.
- b. Válvula de salida de agua a la población.
- c. Válvula de desagüe y rebose.
- d. Válvula de paso directo.

Redes de distribución de agua potable. - Es el conjunto que está formado por instalaciones que la compañía de abastecimiento tiene para trasladar desde el lugar o lugares de captación y que van hasta el lugar donde se encuentra el cliente para suministrarle el agua en unas condiciones óptimas y que satisfagan todas sus necesidades.

Para una distribución eficiente, se requiere que el agua llegue al uso final con el flujo requerido tasa con la presión necesaria en el sistema de tuberías. Hay tres tipos principales de distribución. sistema que se puede adoptar en pueblos / ciudades (MJP, 2012. p.9).

Cuando el nivel del suelo de la fuente / almacenamiento de agua está suficientemente elevado como el núcleo área de pueblo / ciudad, dicho sistema puede utilizarse para la distribución. El agua en el flujo de la tubería de distribución debido a la gravedad y no se requiere bombeo. Tal sistema es altamente confiable y económico.

Conducción por gravedad

Dentro de un sistema de suministro de agua, se le llama así línea de conducción, al conjunto que está compuesto por tuberías, y dispositivos para realizar control en el sistema, que permiten eficazmente el transporte del agua –en unas condiciones adecuadas conforme a la calidad esperada, en cantidad y con la presión adecuada desde la fuente inicial del abastecimiento, hasta que llega al sitio en donde va a ser distribuida.

Cuando el nivel del suelo de la fuente / almacenamiento de agua está suficientemente elevado como el núcleo área de pueblo / ciudad, dicho sistema puede utilizarse para la distribución. El agua en el flujo de la tubería de distribución debido a la gravedad y no se requiere bombeo. Tal sistema es altamente confiable y económico (MJP, 2012. p.9).

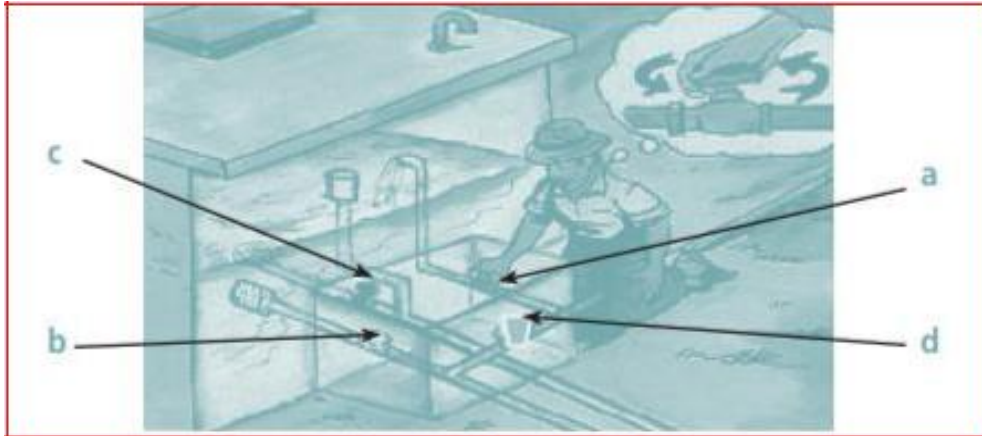


Figura 6: línea de conducción por gravedad

Fuente: Luis Roberti Pérez (seecon)

Canales. - A este punto se le denomina en ingeniería, a toda construcción que está destinada al transporte de fluidos y que generalmente es utilizada para agua y que, se diferencia de las tuberías, en que es abierta a la atmósfera.

Tuberías. - Se le llama así a un conducto que debe cumplir la función de llevar agua u otros fluidos en su interior. Suele elaborarse usando materiales bastante diversos. Estas sirven también para hacer el transporte de materiales que, se tiene claro que no son propiamente un fluido, son acondicionados a este sistema: por ejemplo, hormigón, el cemento, los cereales, documentos encapsulados, y muchos otros.

En los sistemas pensados para agua potable son fabricadas tuberías de diversos materiales como son acero, fibrocemento, concreto con propiedad de presforzado, el cloruro de polivinilo (PVC), también el hierro dúctil, el polietileno con alta densidad, el poliéster reforzado usando fibra de vidrio (PRFV) y el fierro galvanizado, y esto es por mencionar algunos.

Piezas especiales

- Juntas
- Tees
- Cruces
- Codos
- Reducciones
- Coples
- Tapones y tapa

Tipos de captación de agua

Aguas superficiales

Las aguas superficiales son las que se encuentran sobre la superficie de la corteza de la tierra, como los océanos, los mares, arroyos, ríos o lagos. También pueden ser las placas de hielo que hay en los picos de las montañas o las placas polares.



Figura 7: Aguas superficiales

Fuente: Wikipedia

Aguas subterráneas

El agua llamada subterránea es toda aquella que se encuentra por definición bajo la superficie terrestre y a su vez ocupa los poros y todas las fisuras de las rocas más sólidas. De manera general, ésta mantiene una temperatura que será muy similar siempre al promedio anual de la zona donde se encuentre, es por ello, que, en las regiones árticas, el agua puede helarse. Las aguas subterráneas son todas aquellas formaciones de agua dulce que se sitúan a nivel de la superficie de la corteza terrestre, estas son localizadas en formaciones denominadas geológicas con propiedades impermeables que se conocen como acuíferos. Surgen siempre debido al filtrado de las precipitaciones de agua (la misma puede ser en forma de lluvia o también en forma de nieve) el filtrado ocurre a través de los poros que posee el terreno.



Figura 8: Aguas Subterráneas

Fuente: Wikipedia

Manantiales

Las aguas llamadas superficiales son todas aquellas que se encuentran ubicadas sobre la superficie de la corteza de la tierra, por ejemplo, como los océanos, mares, los arroyos, los ríos o lagos. Otro tipo distinto que también es superficial son las placas de hielo, estas que se ubican en los picos de las montañas o también en las placas polares.



Figura 9: Agua de manantiales

Fuente: Eden Springs

Almacenamiento de agua tratada

El agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y depositar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo fuegos. Existen dos tipos de tanques para agua tratada:

- ✓ Apoyados en el suelo.
- ✓ Elevados

Reservorio apoyado

Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los reservorios apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo. Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular.

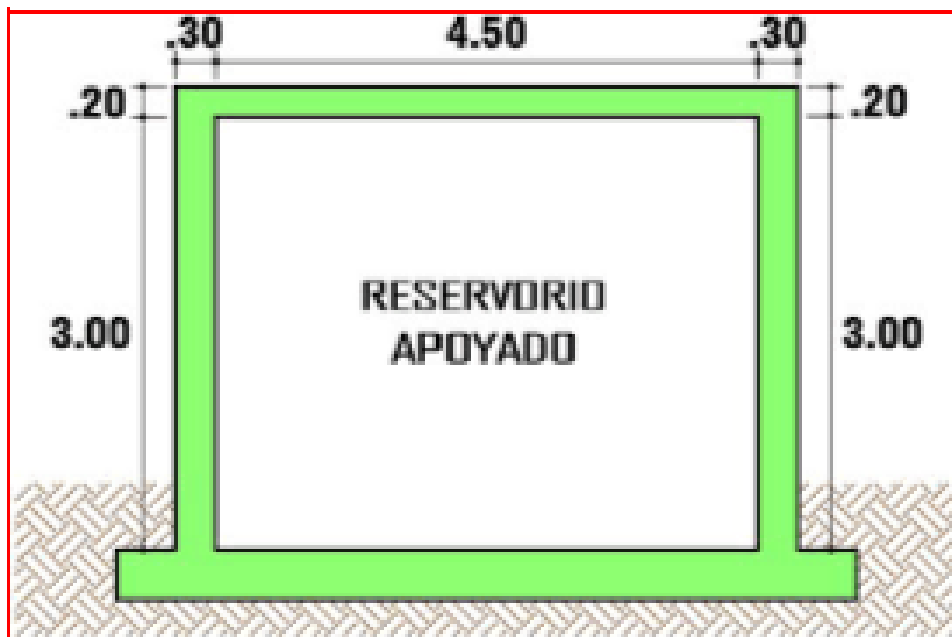


Figura 10: Reservorio apoyado

Fuente: Portal de Revistas Continental - Universidad Continental

Planteamiento de la Red de Distribución de Agua Potable

El primer paso en el diseño de la Red de Distribución de Agua Potable es la definición de su trazado en planta, para lo cual es necesario estudiar las características de la vialidad, de la topografía y de la ubicación de los puntos de alimentación y estanques.

- .
- A) Redes de distribución abierta:** Este tipo de red de distribución se caracteriza por contar con una tubería Principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma Red de Distribución de Agua Potable. (Ministerio de Vivienda y Saneamiento).
- B) Redes de distribución cerrada:** En este tipo de red, se logra la conformación de mallas o circuitos a través de la interconexión entre los ramales de la Red de Distribución de Agua Potable (Ministerio de Vivienda y Saneamiento).
- C) Ventajas y Desventajas en Cada Tipo de Red:** Se refiere a la disponibilidad de la recogida del líquido por medio de la red que distribuye el líquido vital de manera abierta o cerrada, lo cual se conviene de los aspectos a continuación:
- La desventaja principal vista en las redes que son del tipo Abierto es que, cuando ocurre una falla o se rompe la tubería que la conforman en alguna de sus etapas, se tendrá que dejar sin servicio o afectar a todos los usuarios atendidos desde las tuberías que están aguas abajo de la rotura mientras transcurra el tiempo para realizar la reparación que haga falta.
 - A su vez, la principal ventaja de las Redes conocidas como Cerradas es que su configuración es la más conveniente viéndolo por el lado de la eficiencia y de garantía postventa, por lo tanto, cuando ocurre una rotura en alguna de sus tuberías, este evento afectará a una menor cantidad de usuarios, ya que se establecen rutas alternas al flujo por medio de las mallas las cuales conforman a la red.

- En lo que se refiere a cálculo, la red de distribución abierta tiene una ventaja pequeña, y es que su resolución es de tipo directa, limitándose entonces al cálculo de las pérdidas puntualmente en cada tubería, en sus caudales en tránsito, para obtener posteriormente los valores de Piezométrica y Presión en cada uno de los Nodos de ella. Para el caso de Redes Cerradas, se necesita realizar el balance de todos los caudales que van en tránsito por las tuberías, dado que hay cierta complejidad del cómo se realiza la distribución, esto lleva al investigador a recurrir a usar métodos iterativos por ejemplo como el de Cross, para resolver el problema su resolución.
- Finalmente se debe destacar muy frecuentemente es conveniente, y si lo permite las características del urbanismo, no debe colocarse red de tuberías de manera directa en ninguna parcela, de ésta manera se trata de “forzar” a que se coloquen alternativas de flujo para prevenir casos en que ocurran fallas en alguno de los ramales de la red (conformación de mallas).

Componentes principales de red de distribución

- Válvula de control.
- Válvula de paso.
- Válvula de purga.
- Conexiones domiciliarias.

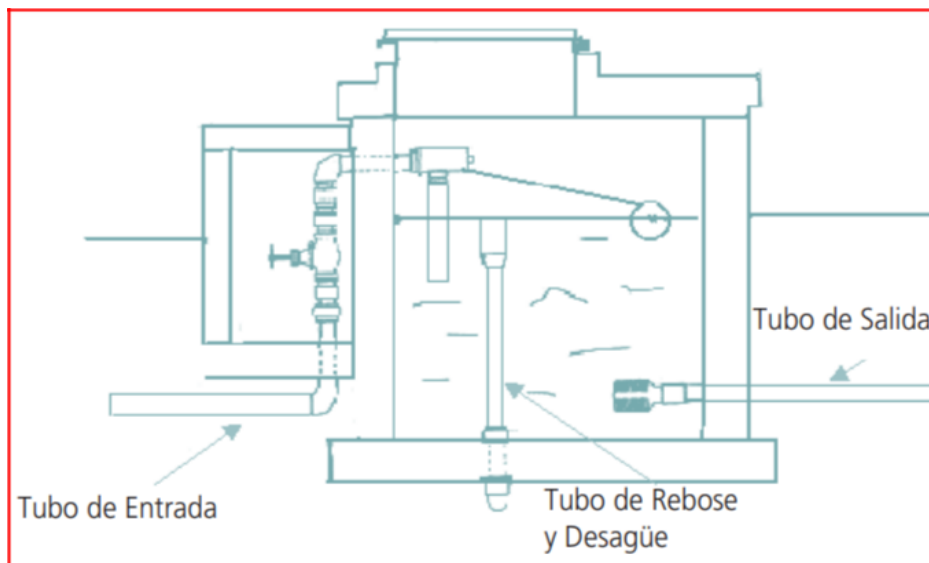


Figura 11: cámara rompe presión

Fuente: Manual 08 Abastecimiento de agua potable por gravedad

Disposiciones específicas para diseño:

Levantamiento Topográfico

Nos expresa el levantamiento que hay que hacer topográficamente incluyendo muchos detalles sobre la ubicación de las construcciones domiciliarias, lugares públicos, edificios comerciales e industriales; como también los anchos de vías, las áreas de equipamiento y las áreas de inestabilidad geológica y muchos otros peligros potenciales. Hay que considerar el tipo de terreno y sus características principales como la capa de rodadura que se encuentra en cada calle y en cada una de las vías que sirven de acceso.

- a. Suelos.
- b. Población.
- c. Caudal de diseño.

*A los caudales de diseño deberá agregarse las perdidas según la ubicación de la estructura

Análisis hidráulico

A manera práctica, todo el análisis y representación de los sistemas hidráulicos o las redes de distribución se realizan usando un modelo computacional o como se conoce mejor modelo Hidráulico que ayude a la solución matemática de todas las incógnitas del sistema de ecuaciones, incógnitas tales como la altura piezométrica "H" y/o adicionalmente la Presión "P" en cada nodo del sistema.

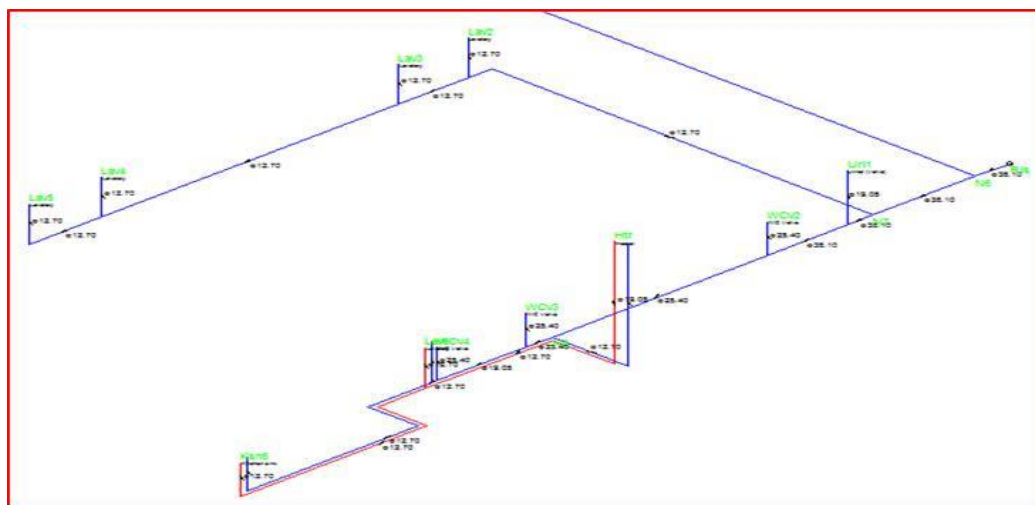


Figura 12. Software de Diseño y Análisis Hidráulico.

Fuente: HidraSoftware

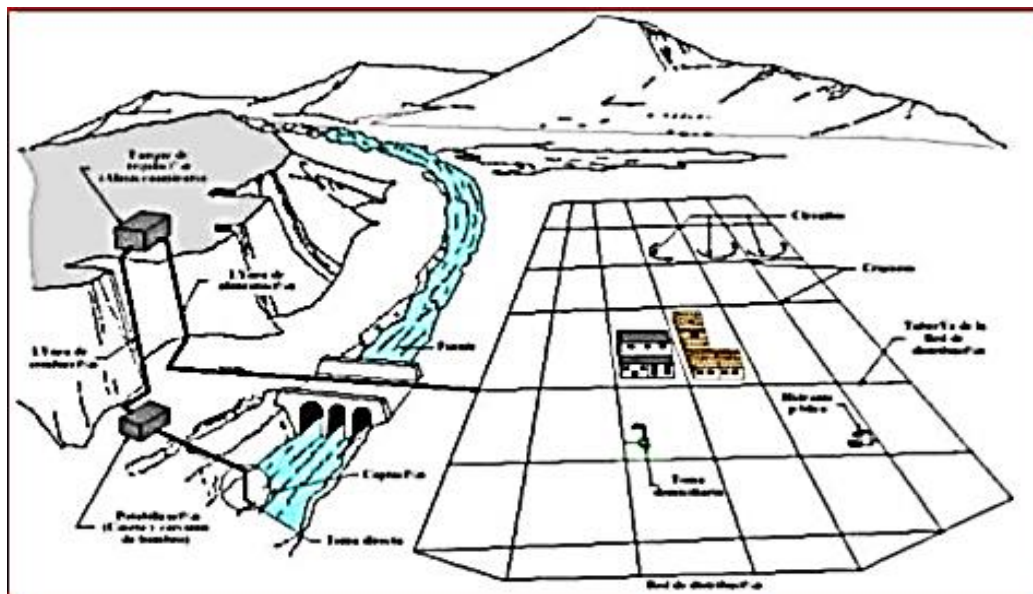


Figura 13. Sistema de abastecimiento de agua potable

Fuente: MsPAS

Hay que realizar como primer paso una serie de estudios con la intención de lograr obtener los valores estimados de los datos que se definen a continuación:

- **Caudal:** Es un volumen en forma de fluido que se transporta o circula por unidad de tiempo por medio de una sección transversal a la corriente.
- **Consumo:** Es la cantidad de agua que realmente se maneja en un núcleo urbano en cada una de las fechas determinadas y este consumo puede expresarse en litros (l) o sino en metros cúbicos (m³).
- **Demanda:** Es toda cantidad de agua que sea pretendida a ser usada por los beneficiarios pertenecientes a un sistema particular de abastecimiento de acuerdo a usos y costumbres que se han determinado en el tiempo. Si no hay pérdidas o ninguna limitación en el servicio, se tiene que el consumo y la demanda son iguales en una misma fecha. Se realiza con 4 variables.

- **Periodo de diseño**
 - **Población actual y futura**
 - **Dotación de agua**
 - **Cálculo de caudales**
- **Dotación:** Es un factor muy importante y debe de tomarse en cuenta cuando toque diseñar un sistema para proveer de agua de agua a una comunidad y esta debe ser

Tabla 2: Dotación agua

Tipo de proyecto	Dotación (lppd)
Agua potable domiciliaria con alcantarillado	100
Agua potable domiciliaria con letrinas	50
Agua potable con piletas	30

lppd = litros por persona al día

Fuente: Programa nacional de saneamiento

Tabla 3. Períodos de diseño de las diferentes unidades de un sistema

COMPONENTES	VIDA ÚTIL
Obras de captación	25 – 50 años
Conducción	20 – 30 años
Planta de tratamiento	20 – 30 años
Tanques de almacenamiento	30- 40 años
Tubería principal de la red	20 -25 años
Tubería secundaria de la red	15 – 20 años

Fuente: Normas de diseño SSA, numeral

- **Periodo de diseño.** El periodo del diseño que debe ser considerado tomando en cuenta al tipo de sistema que se va a implementar es:

Tabla 4: Periodo de diseño.

Sistema	Periodo (años)
Gravedad	20
Bombeo	10
Tratamiento	10

Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, Roger Agüero

- **Población actual y futura.** La población futura, se obtendrá con la fórmula siguiente:

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

Dónde:

Pf: Población futura.

Pa: Población actual

r: Tasa de crecimiento anual por mil

t: N° de años

- **Consumo promedio diario anual (Qm).**

El gasto promedio que se realiza a diario durante un año, es definido como el resultado de una estimación que se hace del consumo para la población futura del tiempo de diseño, expresada en (l/s) y se establece mediante la siguiente relación.

- **Consumo máximo diario**

(Qmd) se define como el día máximo de consumo en una serie de registros que se observarán durante todos los días del año y se considera que están en el 120% y 150% del

consumo promedio que se realiza a diario medido en un año (Q_m), es recomendable el valor promedio que es 130%.

$$Q_{md}=1.3 \times Q_p$$

- **Consumo máximo horario (Q_{mh})**

Se considera como el 100% del promedio diario (Q_m), para localidades que estén cerca de poblaciones consideradas urbanas y se recomienda que se tomen valores no superiores a 150%.

$$Q_{mh}=2 \times Q_m$$

Herramientas modelación - WaterCAD

Bentley WaterCAD es un software de uso comercial que se encarga o tiene la función de analizar, modelar y gestionar las redes a presión que pertenecen a la Empresa fabricante de Software Bentley Systems, Incorporated esta se encarga de producir soluciones al diseño, construcción y operación de estructuras en campos diversos. WaterCAD es el que da la oportunidad de simular todo lo que tiene que ver con hidráulica en un modelo que se puede decir computación y que representa en este caso por elementos tipo: Línea (tramos de tuberías), Punto (Nodos de Consumo, Tanques, Reservorios, Hidrantes) e Híbridos (Bombas, Válvulas de Control, Regulación, etc.) (Bentley Systems Inc., 2016)

El algoritmo de cálculo de este software está basado en el método que se conoce como del gradiente hidráulico, esta permite al ingeniero el análisis hidráulico en cada red de abastecimiento de agua (puede ser empleado en cualquier flujo newtoniano), hace diversas determinaciones de las presiones en diferentes puntos ubicados en el sistema, también se calculan los caudales, velocidades, pérdidas en las líneas que integran la red hidráulica; así como otros muchos parámetros llamados operativos que se derivan de los elementos que están presentes en el sistema tales como: Válvulas de Control, Bombas, Tanques, y otros. A partir de los datos de las características físicas propias del sistema y unas condiciones dadas de demanda que se establecen previamente.

Este programa cuenta con herramientas para hacer cálculos de productividad en los procesos cuando se desee hacer gestión de datos, extracción de elevaciones, se pueden construir modelos partiendo de archivos externos, también por asignación de demandas teniendo como base las técnicas de análisis espacial, la preparación y gestión de escenarios, los cálculos hidráulicos que se conocen como complementarios, la gestión operativa y la preparación de reportes y planos. De igual forma, el software ofrece al usuario diversas y variadas opciones para poder visualizar los resultados como perfiles, reportes tabulares, anotaciones, gráficos de variación temporal, codificación por color, etcétera.

Este software cuenta con una interfaz gráfica que es autónoma y puede trabajarse de forma integrada con archivos de tipo CAD como los que arroja AutoCAD y también los de Bentley MicroStation..

Tipos de Cálculo y Módulos Complementario

En el WaterCAD se puede apreciar que posee diferentes tipos de herramientas y tipos de cálculos complementarios al análisis hidráulico convencional.

Tipos de Cálculo en Régimen Permanente:

- Análisis Hidráulico en Periodo Estático
- Análisis Hidráulico en Periodo Extendido o Cuasi-Estático
- Análisis de Calidad de Agua. Con tres variantes: Edad del Agua, Rastreo de Fuente o Constituyente
- Análisis de Protección contra incendios
- Análisis de Costos de Energía
- Análisis de Segmentos Críticos o de Vulnerabilidad del Sistema ante cortes de servicio
- Análisis y Proyección de Roturas de Tuberías
- Análisis de Lavado de Tuberías por estrategias de Vaciado

Herramientas Complementarias incluidas

- Central de Control de Demandas

- Administrador de Escenarios y Comparación
- Construcción Inteligente de Modelos a partir de archivos externos
- Asignación Automática de Elevaciones a partir de Modelos Digitales de Terreno
- Asignación Automática de Demandas basada en Análisis Espacial
- Generador de Polígonos de Thiessen

Evaluación de la capacidad de flujo de fuego

Usa un modelo hidráulico de distribución de agua para acceder e identificar dónde la protección contra incendios es inadecuada. Mejoras de diseño tales como el tamaño y la ubicación de tuberías, bombas y tanques para cumplir con los requisitos de protección contra incendios y flujo.

Análisis de la criticidad de la tubería y la válvula

Encuentre los enlaces débiles en los sistemas de distribución de agua y evalúe la adecuación de las válvulas de aislamiento. Evalúe la capacidad de aislar partes del sistema y atender a clientes que utilizan diferentes ubicaciones de válvulas. WaterCAD / WaterGEMS genera automáticamente segmentos de red una vez que se suministran los datos de la válvula de aislamiento.

Manejo modelos hidráulicos

Inicia el proceso de creación de modelos y administra su modelo de manera efectiva, para que pueda enfocarse en tomar las mejores decisiones de ingeniería. Aprovecha e importa virtualmente cualquier formato de datos externo, que maximiza el ROI (retorno de la inversión) en datos geoespaciales y de ingeniería, y automatiza la extracción del terreno y la asignación de nodos.

Diseño de sistemas de distribución de agua

Usa los resultados del modelo hidráulico para ayudar a optimizar el diseño de los complejos sistemas de distribución de agua y utiliza las funciones integradas de gestión de escenarios para realizar un seguimiento de las alternativas de diseño. Alternativamente, los usuarios de WaterGEMS pueden optimizar el diseño para utilizar la herramienta de optimización de red incorporada

Identificación de pérdida de agua

Conserva el agua y aumenta los ingresos al reducir la pérdida de agua. Aprovecha los datos de flujo y presión para encontrar ubicaciones para la detección detallada de fugas sónicas (solo WaterGEMS). Estudia la cantidad por la cual puede esperar reducir las fugas al reducir la presión y ver el impacto en el servicio al cliente.

Administración del uso de energía

Modela las bombas con precisión utilizando modelos hidráulicos incluidas combinaciones complejas de bombas y bombas de velocidad variable, para comprender el impacto que tienen las diferentes estrategias operativas de la bomba en el uso de energía. Minimiza la energía relacionada con los costos de bombeo mientras maximiza el rendimiento del sistema.

Formulación del problema

Problema General

¿Cuál es el comportamiento hidráulico en la red de abastecimiento de agua potable en la localidad de Piscobamba Ancash-2019 mediante la aplicación de los métodos convencionales?

Problemas específicos

- ¿Las velocidades del flujo en la red de abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba se encuentran en los mínimos y máximos valores establecidos?
- ¿Los niveles de presión en la red de abastecimiento de agua potable en la localidad de Piscobamba cumplen los valores máximos y mínimos recomendados?
- ¿La cantidad de agua entregada por la red de abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba cumple la necesidad de la población?

Justificación

Frente a la carencia de servicios de agua potable y conexiones optimas de la zona rural de Casca, provincia Mariscal Luzuriaga en Ancash, se constituye una necesidad básica prioritaria la construcción mejorada de sistemas de agua potable y conexiones para solucionar los

problemas de salud como la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales, diarreicas y dérmicas, mejorar la calidad de vida y el desarrollo de la comunidad, que muchas veces se ven obligados a consumir agua de riachuelos y fuentes expuestos a la contaminación (pozos). Según afirmación obtenida de los pobladores de la comunidad, son las enfermedades de origen hídrico el problema que más los aqueja, el cual es causado por con consumo de agua de mala calidad, causado por el deficiente abastecimiento y discontinuidad de agua.

La intervención del presente proyecto de investigación pretende implementar el sistema de abastecimiento de agua potable aplicando el programa WaterCAD manipulando los indicadores tales como la dotación, velocidad y pendiente para la zona rural de Casca, provincia Mariscal Luzuriaga, Ancash – 2018.

Hipótesis

Hipótesis General

La aplicamos los métodos convencionales en las instalaciones de agua potable, asegurará un desempeño positivo en el comportamiento hidráulico de las redes de abastecimiento de agua potable en la localidad de Piscobamba – Ancash 2019.

Hipótesis específicas

- Las velocidades de agua dentro las tuberías de la red de abastecimiento de agua potable cumplen con los límites establecidos por el reglamento nacional de edificaciones.
- La presión suministrada por la red de abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba cumple con los valores máximos y mínimos establecidos en el reglamento nacional de edificaciones.
- La red de abastecimiento de agua de la localidad de Piscobamba suministra la cantidad de agua requerida.

Objetivos:

Objetivo General

Determinar el comportamiento hidráulico en la red de abastecimiento de agua potable por la aplicación de los métodos convencionales en la localidad de Piscobamba Ancash-2019.

Objetivos específicos

- Determinar si las velocidades del flujo dentro de la red abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba cumple con los mínimos y máximos valores establecidos.
- Establecer los niveles de presión suministrados por la red de abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba y determinar si cumplen con los niveles máximos y mínimos recomendados.
- Determinar la cantidad de agua suministrada por la red de abastecimiento de agua potable en la localidad de Piscobamba.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Método

Se considera esta exploración científica porque, “La generación de conocimiento y de una aclaración argumentada de las causas de fenómenos o inconvenientes naturales y sociales” (Reyes, 2016, p.21).

La investigación es de procedimiento científico porque se apoya en casos anteriores para investigar el inconveniente y crear probables resoluciones.

2.1.2. Tipo

Se cree que la investigación es tipo aplicada porque, “Busca reconocer y comprender las causas que desarrollan una situación circunstancial, con la intención de solucionarlos. No obstante, muestra restricciones cuanto al aporte de conocimiento” (Martínez, 2012, p.16).

Esta investigación se acoge al tipo Aplicada por que busca sentir y solucionar inconvenientes en un espacio concreto.

2.1.3. Nivel

“Se define que esta forma de investigación busca determinar si dos o más variable se relacionan entre ellas. Así mismo, se interesa en averiguar el nivel de asociación o nexo que pueda existir en tres las variables” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.93).

La investigación es de Nivel Correlacional ya que se quiere conocer la relación o asociación entre las dos variables.

2.1.4. Diseño

“El diseño no experimental se caracteriza porque hay ausencia de manipulación de variable. Es decir, el investigador recoge datos directamente de un grupo o del lugar donde ocurre el fenómeno tal y como se presentan en su contexto, sin modificar las condiciones o características existentes” (Arias, 2012, p.32).

Para esta investigación se aplica el diseño no experimental porque dentro de ella no alteramos o manipulamos de forma intencional las variables.

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables

V1: Red de abastecimiento de agua potable

V2: Comportamiento hidráulico

2.2.2. Operacionalización

Menciona Arias que, esta técnica se utiliza para materializar la variable de ideas teóricas a términos definidos, observables y medibles. Ante lo mencionado se puede decir, para poder medir una variable es necesario gestionar la forma o instrumento de medición, lo cual hace indispensable la utilización de los indicadores. (2012, p.62).

Matriz de Operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable, por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash -2018					
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Red de abastecimiento de agua potable (Variable Independiente)	Según Nathanson, mencionan que: [...] es una infraestructura para la recolección, transmisión, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua para hogares, establecimientos comerciales, industria y riego, así como para necesidades públicas tales como extinción de incendios y lavado de calles. (2014 pág. 13)	Es una infraestructura diseñada técnicamente para cumplir la función de recolectar y transmitir agua para fines como el consumo humano, riegos, etc.	Tuberías	-Tipos -Plasticidad -Diámetro -Material	-Observación directa -Métodos de medición estandarizada -reglamentos -Especificaciones Técnicas
			Accesorios	-Tipos -Plasticidad	
			Conexiones	-Especificaciones Técnicas	
Comportamiento hidráulico (Variable Dependiente)	Según la Universidad Politecnica de Valencia (UPV), el desempeño hidraulico se debería entender como el comportamiento de las variaciones de presiones en la red cuando cambia el caudal y las cargas térmicas y ello recibe el nombre de análisis de redes. Permite reducir una red compleja en una resistencia equivalente que determina la característica resistiva del sistema. (2008, parr. 2)	Es la evaluación de la red hidráulica mediante diferentes métodos para poder obtener el óptimo flujo para su servicio domiciliario, riego, etc.	Velocidad	m/s Pa mH2O	Observación directa
			Presiones		Evaluación
			Tipo de flujo		Softwares Formulas Ecuaciones

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

“Afirma que La población es un grupo de elementos con características similares, que debe situarse por su contenido, lugar y tiempo” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.174).

Para este proyecto de investigación el universo poblacional está conformado por todas las redes existentes en el distrito de Piscobamba.

2.3.2. Muestra

“La muestra es cualquier subconjunto desprendida de la población” (Arias, 2012 p.83). Así mismo, “define a la muestra como un subgrupo que compone o definen las características de la población” (Hernández, Fernández y Baptistas, 2014, p. 175).

Ante lo mencionado se puede afirmar que la investigación empleará un muestreo de tipo no probabilístico, donde la muestra será la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Piscobamba.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La principal fuente para obtener información acerca de esta investigación es haciendo uso de la herramienta y diferentes métodos de evaluación para obtener datos, como la observación cálculos estandarizados, Datos de los estudios realizados con anterioridad y un cuestionario técnico check list ya que ésta en profundidad incluye tanto entrevistas individuales (p. Ej., Uno a uno) como entrevistas grupales (incluidos los grupos focales). Los datos se pueden grabar en una amplia variedad de formas, incluyendo estenografía, grabación de audio, grabación de video o notas escritas. Las entrevistas en profundidad difieren de la observación directa principalmente en la naturaleza de la interacción. Donde se pueden hacer interrogaciones a los entrevistados y según las respuestas ir llegando a lo que de verdad importa para obtener la información lo más clara posible, el propósito de la entrevista es sondear las ideas de los entrevistados sobre la influencia que tiene le implementación del sistema de abastecimiento de agua potable y conexiones domiciliarias para la zona rural de Casca, provincia Mariscal Luzuriaga, Ancash.

Cabré, (2012) indica que: La validez es la medida en que una herramienta calcula lo que se presume que debería calcular y ejecutar tal como está diseñado para funcionar. Es raro, casi imposible, que un instrumento sea 100% válido, por lo que la validez generalmente se mide en grados.

Como proceso, la validación implica recolectar y analizar diferentes datos para así poder evaluar la precisión de los instrumentos. Para evaluar la validez de los instrumentos cuantitativos existen diferentes pruebas estadísticas y medidas que mayormente implican pruebas piloto. La discusión también se contempla en la validez de contenido y la validez externa.

Jurados expertos

Experto	Aplicabilidad
Luis Capristán León	Aplicable
Matías Enríquez Carranza	Aplicable
Marco Luis Quijada Becerra	Aplicable

Confiabilidad

Hernández, refiere que: Para que un instrumento sea de carácter, en su utilización, confiable debe ser aplicado repetidas veces al mismo objeto o sujeto en estudio generando resultados muy similares (Hernández, y otros, 2014)

El proceso en el cual se determina el grado de confiabilidad de los instrumentos utilizados fue mediante la realización de una prueba piloto de la siguiente manera:

Se seleccionó una muestra distinta, pero que se tienen similares características a la muestra de la población en estudio.

Aplicando el instrumento y la recopilando datos y el acto de tabular los datos al sistema de Excel.

Determinación de la confiabilidad: (a) para los casos de respuesta pilotómica, enviar los datos al programa SPSS y obtener los resultados mediante el Alfa de Cronbach.

Tabla 5. niveles de confianza

Valores	Nivel
De -1 a 0	No confiable
De 0,01 a 0,49	Baja confiabilidad
De 0,5 a 0,75	Moderada confiabilidad
De 0,76 a 0,89	Fuerte confiabilidad
De 0,9 a 1	Alta confiabilidad

Fuente: Hernández

2.5. Métodos de análisis de datos

La mecánica de organizar la información para el análisis variará de acuerdo con los procesos de pensamiento de diferentes personas. Algunas veces es mejor no forzar una cierta forma de pensar. Por otro lado, hay una cierta lógica que se puede seguir.

El análisis de la información cualitativa (descriptiva) es un proceso creativo y crítico. La forma en que se haya recopilado la información probablemente determinará cómo se puede analizar mejor. Se reunirán toda la información relevante que se ha logrado obtener, se clasificarán, y aplicará un análisis más interpretativo que se refiere a la respuesta, así como a lo que puede haberse inferido o implicado. Los datos serán tabulados y analizados con la ayuda del programa estadístico SPSS (Hernández, y otros, 2014).

2.6. Aspectos éticos

Para asegurar el normal desarrollo de la información previamente se realiza las siguientes acciones:

- Se solicita un documento de autorización al decanato de la Facultad de ingeniería, para la presentación respectiva ante las autoridades de la ciudad de Piscobamba.
- Se solicita la autorización respectiva de todos los habitantes involucrados en la muestra de estudio.
- Se solicita la participación para el llenado del instrumento, para luego proceder a la firma del consentimiento informado. Los datos se recolectan a través de un check list.

La presencia y los roles divergentes de estas múltiples partes interesadas en el entorno de los habitantes también tienen implicaciones para abordar cuestiones de confidencialidad, especialmente debido al entorno grupal en el que los habitantes participan en las expectativas de la investigación y el rol dentro del entorno de ingeniería. El daño y el beneficio en la investigación son de naturaleza no física; las áreas de interés relevantes se relacionan principalmente con el potencial de daño psicológico y social, la presentación realista de los beneficios probables de la investigación y la cuestión de las recompensas por la participación en la investigación. En el presente trabajo de investigación se considera el aspecto ético fundamental pues se trabajará con la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Piscobamba por lo tanto la investigación sometida tendrá las autorizaciones que corresponden por parte de la municipalidad y personas involucradas en el estudio, por lo tanto, se va a aplicar el consentimiento informado el cual indica que accede a participar en la investigación. El caso dado será guardado en total de anonimato y correspondiente respecto a los evaluadores en toda las circunstancias, los instrumentos que respectan serán protegidos en toda las circunstancias que respectan a las respuestas sin juzgar y medir que hayan sido lo más acertadas para todo los participantes, la información se agrupará para su respectivo proceso, se aplicarán los siguientes valores: respeto, y responsabilidad, así como los principios de la bioética: justicia, beneficencia y no maleficencia, autonomía y respeto.

III. RESULTADOS

3.1. Descripción de la zona en estudio

Localización y ubicación del proyecto

Se ubica en la parte central y oriental de la Sierra de Áncash, literalmente frente al bicorne nevado Huascarán, a una altitud de 3 250 m.2 Su territorio abarca, en sentido de ascendencia los pisos: quechua, suni y jalca.

Coordenadas:

Sur: 8°52'59"

Oeste: 77°21'00"

Capital de mariscal Luzuriaga

Piscobamba

Idioma oficial

Español

Departamento

Ancash

Provincia

Mariscal Luzuriaga

Características

El Distrito de Piscobamba es uno de los ocho1distritos de la Provincia de Mariscal Luzuriaga, y esta es una subdivisión de la actualmente llamada región de Ancash, en terminología administrativo-legal vigente en el Perú. Se ubica en la parte central y oriental de la Sierra de Áncash, literalmente frente al bicorne nevado Huascarán, a una altitud de 3 250 m.2 Su territorio abarca, en sentido de ascendencia los pisos: quechua, suni y jalca.

3.2. Trabajos previos

Estudios topográficos: son un conjunto de investigaciones orientadas a determinar la forma del terreno, en especial las cotas de los puntos de la superficie terrestre. Este tipo de estudio son indispensables cuando se trata de estructuras u obras que deban asentarse en el suelo y que tengan un aexptension considerable. Dentro de tales características caen por ejemplo, las carreteras, y el trazo y replanteo de un sistema de tuberías de una ciudad o un pueblo, como el caso estudiado aquí. En este estudio se solicitó los planos catastrales de la municipalidad de Mariscal Luzuriaga que se pueden apreciar en los anexos.

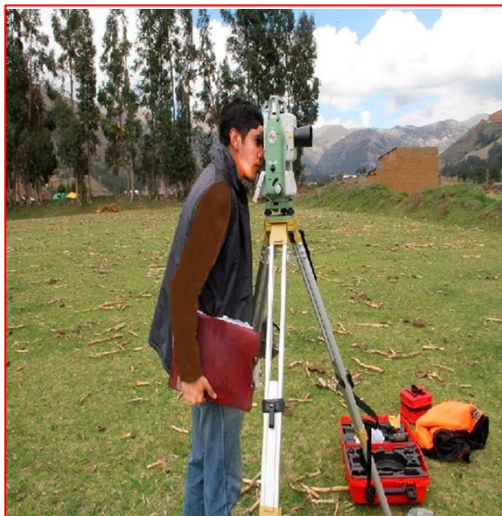


Figura 14: Levantamiento topográfico mediante la ayuda de estación total
Fuente: Elaboracion propia



Figura 15: Imagen del levantamiento topográfico en la plazuela
Fuente: Elaboracion propia

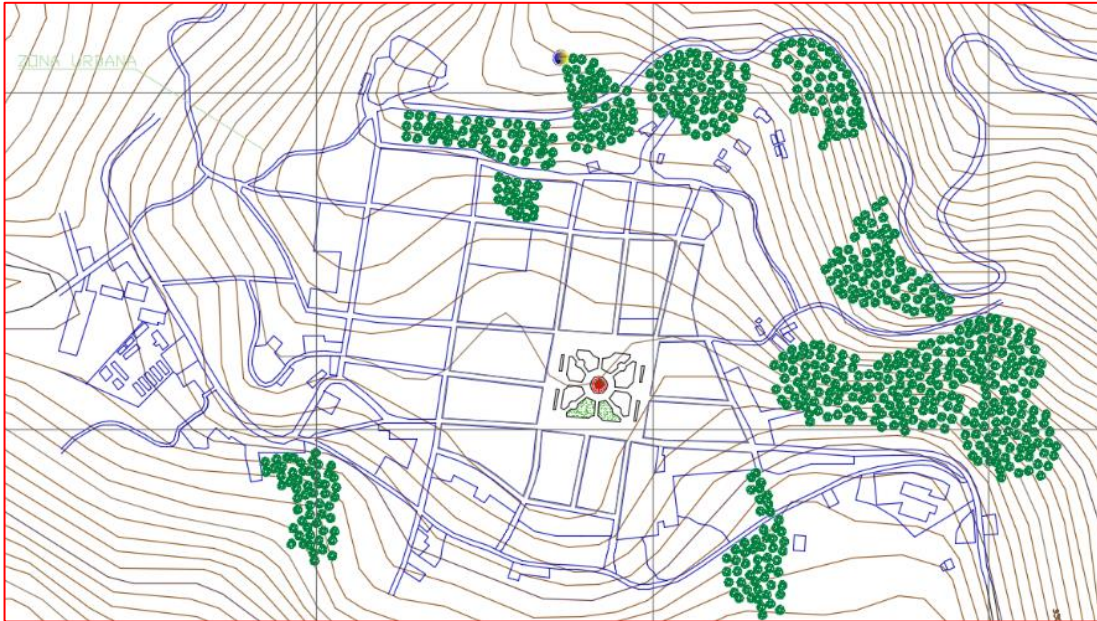


Figura 16: Plano de la zona de trabajo superpuesta a las curvas de nivel de terreno

Fuente: Elaboración propia.

La determinación de tales curvas se realizó mediante el apoyo de Google Earth y AutoCad Civil 3D la misma que fue usada para el levantamiento del terreno para su diseño de la red que posteriormente se hará el levantamiento topográfico para su evaluación.



Figura 17: imagen del reservorio existente

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de tal trabajo fueron almacenados por medio de tres coordenadas por punto y posteriormente procesadas en el software de diseño ampliamente usado y reconocido que es el AutoCad Civil 3D.

3.3. Trabajo de aforo

Cálculo de la demanda hídrica

Periodo de Diseño. - El período de diseño deberá ser calculado para cada uno de los componentes del sistema, teniendo en consideración la teoría del factor de economía de escala de materiales y equipos. Así como factores de durabilidad de acuerdo a la norma de diseño para proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales.

Población de Diseño. - Un sistema de abastecimiento de agua es el conjunto de estructuras, encargada de suministrar el líquido elemento a una población, respetando los criterios de diseño necesarios.

Es importante tener conocimiento de los diferentes factores que influyen en su diseño como el comportamiento de los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos y también desde el punto de vista funcional.

Los parámetros son:

- Período de diseño.
- Población.
- Dotación.

La Población de Diseño al 2039 será de 6576 hab.

Dotaciones requeridas. - Las dotaciones de agua son las cantidades de agua que requiere una persona o una actividad para que puedan desarrollar sus modelos de conducta y vida usuales. Aunque en general es preferible un estudio minucioso de este dato, existen numerosas publicaciones que nos brindan información conservadora de este parámetro, tal es el caso del reglamento nacional de edificaciones. Algunos de los datos más importantes se muestran a continuación.

Tabla 6: Cantidades de agua requeridas en función de las áreas disponibles

Habilitación	Dotación
Área de 90 m2 o menos de área de lote, en clima frío	120 lit/hab/día
Área de 90 m2 o menos de área de lote, en clima templado y cálido	150 lit/hab/día

Fuente. Reglamento nacional de edificaciones.

Tabla 7: Cantidad de agua requerida en función de las actividades.

CLASE DE CONSUMO	LT/HAB/DIA
Bebida	03
Uso cocina	10
Lavado de ropa	15
Limpieza de baño	04
Higiene personal	20
Limpieza del hogar	08
Dotación del Consumo Domestico	60

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones.

Tabla 8: Cantidad de agua requerida por persona por día para el presente estudio.

Consumo	L/H/D
Dotación	150.00

Fuente: Elaboracion propia.

Trazo de la red distribución de agua. - Una vez determinada la topografía de la zona de estudio y la distribución de las calles y viviendas, se traza la localización de las tuberías de distribución de agua. El resultado de un proceso iterativo se muestra en la figura.

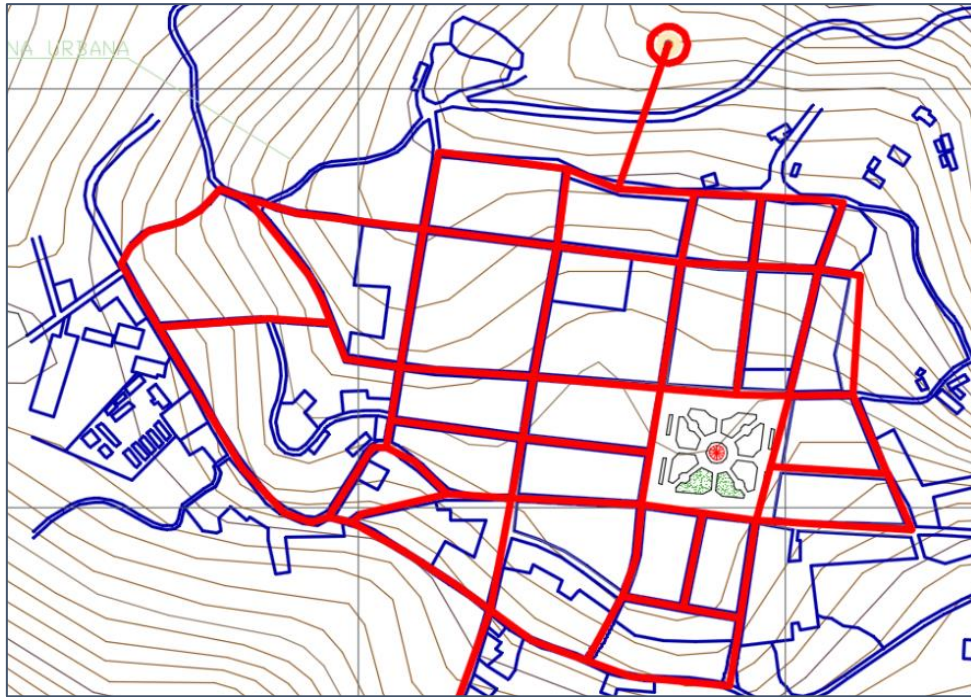


Figura 18: Trazo de la red de distribución de agua, tomando como base los planos topográficos y de sitio.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de las tuberías

Reservorio de Almacenamiento.- La capacidad del Reservorio proyectado es de 600m³, a continuación se muestra los cálculos efectuados, además es de forma circular, es de concreto armado y se ha provisto de tuberías de aducción, ingreso, limpia y rebose: esta ubicado en la cota 3355 msnm.

Capacidad del reservorio.- Volumen de Regulación.- El volumen de regulación debe fijarse de acuerdo al estudio del diagrama de MASA correspondiente a las variaciones horarias de la demanda. Cuando se compruebe la no disponibilidad de esta información se deberá adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación siempre que el rendimiento de la fuente de abastecimiento sea calculado para 24 horas de funcionamiento. Para el caso de estudio se cuenta en fuente que funcionaran las 24 horas por lo tanto:

$$VR=1.33 \times \text{pobación de diseño} \times \text{dotación}$$

$$VR=423.10 \text{ m}^3$$

Volumen de Almacenamiento para la demanda contra incendio (Vi).- Es conveniente que los sistemas de los abastecimientos de agua potable se diseñen bajo criterios económicos que estén acorde con las características socioeconómicas y climatológicas de la ciudad. Un criterio exagerado para el cálculo de la demanda contra incendio puede influir en mayor costo de almacenamiento y de la capacidad de la red. El volumen contra incendio, en los casos que se considere demanda contra incendio deberá asignarse un volumen adicional adoptando el siguiente criterio:

$$Vi=50\text{m}^3$$

Volumen de reserva:

$$Vr=10\% \text{ Volumen de regulación}$$

$$Vr=42 \text{ m}^3$$

Volumen total del reservorio:

$$Vt=600 \text{ m}^3$$

Ubicación del reservorio:

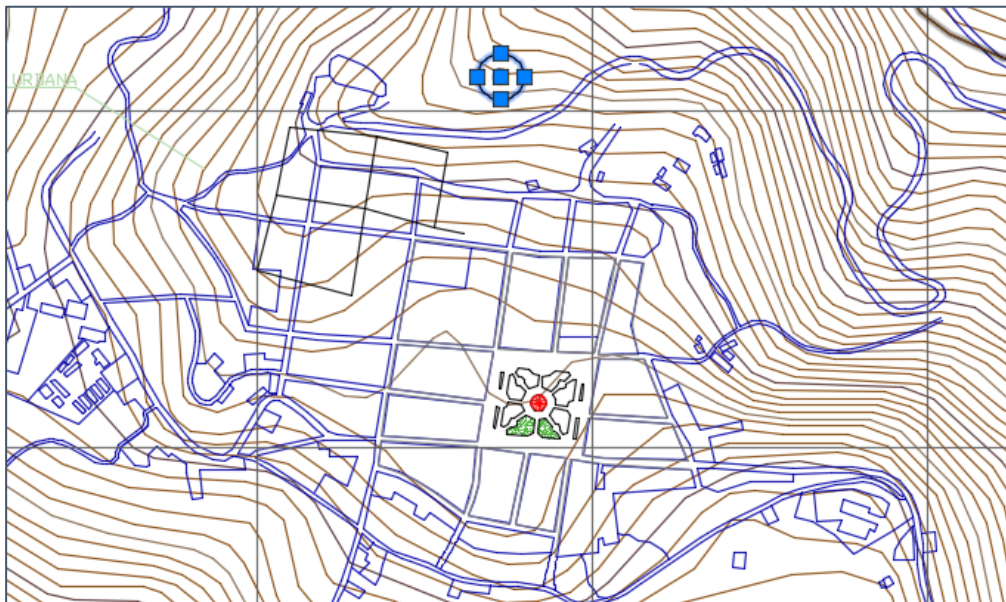


Figura 19: El reservorio se ubicó en la zona norte de la localidad bajo estudio.

Fuente: Elaboracion propia.

Dimensionamiento del reservorio.- Una vez conocido el volumen del reservorio toca determinar las dimensiones de este para su posterior diseño y construcción. En este trabajo de investigación se considerará que el reservorio tendrá una forma cilíndrica, por tanto la base será una circunferencia. Además, de acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones, las alturas de estas estructuras no deberán superar los ocho metros ni ser menores a 2.5 m.

Además, siguiendo la práctica constructiva en lugares aledaños, se ha podido apreciar que una altura razonable es de 6m. Una vez establecida la altura de un reservorio se puede determinar el radio de la base del reservorio, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$D = \left(\frac{4V}{\pi h} \right)^{1/2}$$

Obteniendo un valor de:

$$D=6\text{m}$$

Línea de impulsión

La línea de impulsión es una tubería constituida de PVC SAP pesado considerado además como clase A7.5. Se debe considerar que esta tubería es de 20 mm de diámetro y se será conectada en serie al sistema de abastecimiento. La longitud de esta tubería es de aproximadamente 740 m. La principal función de la línea de impulsión es llevar el agua desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento.

El cálculo de la línea de impulsión requiere de esencialmente tres parámetros, los que son, el caudal promedio, el número de horas de bombeo y el caudal de bombeo del sistema elegido.

De acuerdo con el volumen del reservorio considerado, se requiere que el caudal promedio sea $Q_b=11.42$ l/s, el número de horas de bombeo en promedio será de 18 horas, mientras que el caudal promedio de bombeo será de 20 l/s. Finalmente, el diámetro de la línea de impulsión deberá calcularse considerando la siguiente expresión, que relaciona las variables mencionadas anteriormente.

$$D = 1.3 \left(\frac{N}{24} \right)^{0.25} \sqrt{Q_b}$$

Al sustituir los datos mencionados en la ecuación mostrada, obtenemos la siguiente expresión:

$$D=0.17\text{m}=8 \text{ in}$$

Línea de aducción

La línea de aducción es una tubería de PVC SAP pesada de clase A-7.5 que sirve para transportar el agua desde el tanque de almacenamiento hasta la red de distribución de agua colocada en la ciudad analizada, en este caso, Piscobamba. Se debe decir que el diámetro de la tubería considerada fue de 8 in (20cm), valor que se fundamenta en las siguientes líneas.

El cálculo de la línea de aducción requiere de tres parámetros o variables bien definidas, las que son, la máxima velocidad de flujo considerada dentro de las tuberías, y el caudal requerido de conducción. Se debe tener en cuenta que el caudal máximo horario considerado dentro de este trabajo de investigación fue de 20.5 l/s, es decir:

$$Q_{mh}=20.55 \text{ l/s}$$

Además, de acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones, la máxima velocidad del agua dentro de las tuberías debe ser de 3m/s, esto con la finalidad de evitar la formación de burbujas perjudiciales dentro de las tuberías y así evitar el temible golpe de ariete. Además, la mínima velocidad del flujo de agua debería ser de 0.6 m/s, esto con la finalidad de evitar la deposición de partículas sólidas durante el transporte.

Finalmente, el cálculo del diámetro de la tubería de aducción puede hacerse considerando la siguiente expresión, y considerando que la velocidad del flujo dentro de la tubería tiene un valor promedio de $v=1.5 \text{ ms}$.

$$V = \frac{1.974Q}{D^2}$$

El resultado de aplicar tal ecuación con los parámetros comentados nos da un diámetro de aproximadamente 8 in (20cm).

Es importante tener en cuenta que la ecuación planteada anteriormente es una manera de iniciar el cálculo del diámetro de las tuberías, sin embargo, esta deber ser verificada usando la ecuación de Hazen y Williams, expresada en los siguientes términos:

$$Q = 0.2785CD^{2.63}S^{0.5}$$

La ecuación anterior muestra la relación existente entre el caudal de agua dentro de una tubería, la constante de Hazen y Williams, el diámetro de la tubería y la pendiente de esta, conocida también como gradiente hidráulica. Es importante aclarar que el coeficiente de Hazen y Williams para el PVC tiene un valor constante de 150, es decir: $C=150$

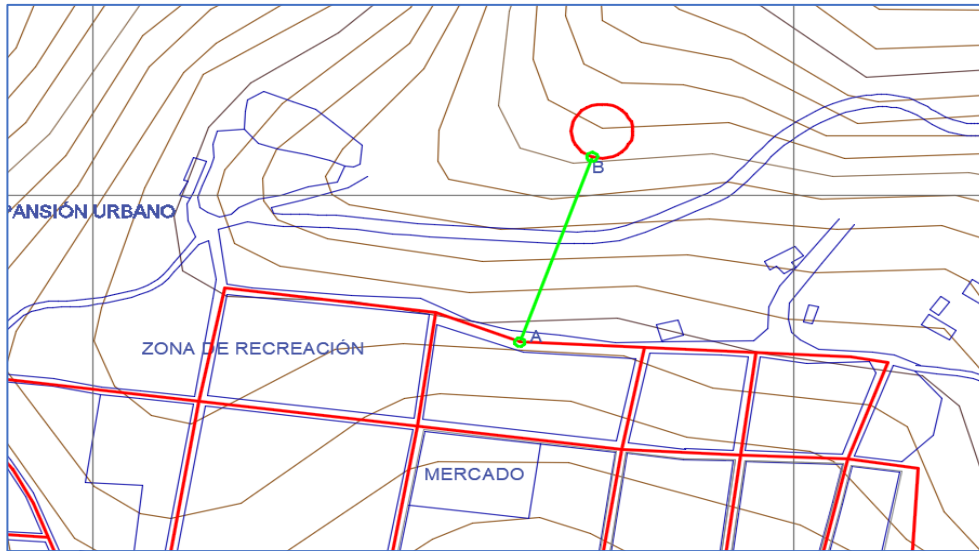


Figura 20: Red de distribución de agua, tubería de aducción

Fuente: Elaboración propia.

Red de distribución

Una vez que se han definido las tuberías de conducción y aducción, en las secciones previas, se debe definir el sistema de distribución de redes de agua, concebidas como aquel conjunto de tuberías que conducen el agua hasta los usuarios finales del sistema, en este caso, las viviendas.

Las cantidades de agua requeridas por cada unidad de demanda se deben calcular con base en un estudio de las dotaciones requeridas. A menudo se requiere de un estudio mucho más detallado considerando las condiciones más desfavorables. Tales datos siempre pueden encontrarse en datos denominados consumos máximos horarios, definidos como los máximos consumos de agua registrados a lo largo de un día típico.

Otro criterio importante a tener en cuenta en el diseño de un conjunto de tuberías es el de las máximas presiones. Este criterio nos dice que para que un conjunto de tuberías pueda operar de manera normal y duradera, deben operar dentro de un rango de presiones máximas. De acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones, las máximas presiones en cualquier punto del sistema no deben exceder de los 50 mca, mientras que para que este sistema pueda brindar el

servicio requerido, las presiones mínimas en todo el sistema siempre deben estar por encima de los 10 mca.

Finalmente se debe comentar que el sistema de redes de distribución de agua consideradas para el presente caso de análisis tiene diámetros de tuberías que van desde las 8 pulgadas hasta las dos pulgadas. Además, es importante aclarar que para que el sistema elaborado pueda trabajar de manera apropiada, se deben hacer uso de un conjunto de dispositivos de regulación y control, tales como grifos de paso, válvulas de regulación, medidores del caudal entre otros accesorios, sin los cuales el funcionamiento de la red sería imposible. Finalmente, se debe mencionar que las tuberías usadas para el diseño de la red fueron PVC SAP, con uniones flexibles clase A7.5.

3.4. Modelamiento en WaterCAD

El modelamiento de redes de distribución de agua potable requiere de la aplicación de las leyes de continuidad hidráulica y conservación de la energía en cada una de las mallas que conforman la red, un proceso que, aunque fiable, resulta tremendamente costoso en tiempo y esfuerzo de cálculo. Por tal razón, a menudo resulta práctico el uso de software de modelamientos de redes de agua. Tales softwares realizan el modelamiento con los criterios ya mencionados, formando grandes sistemas de ecuaciones no lineales, en el caso más general, sistemas no lineales, los que son resueltos posteriormente mediante la aplicación de métodos numéricos.

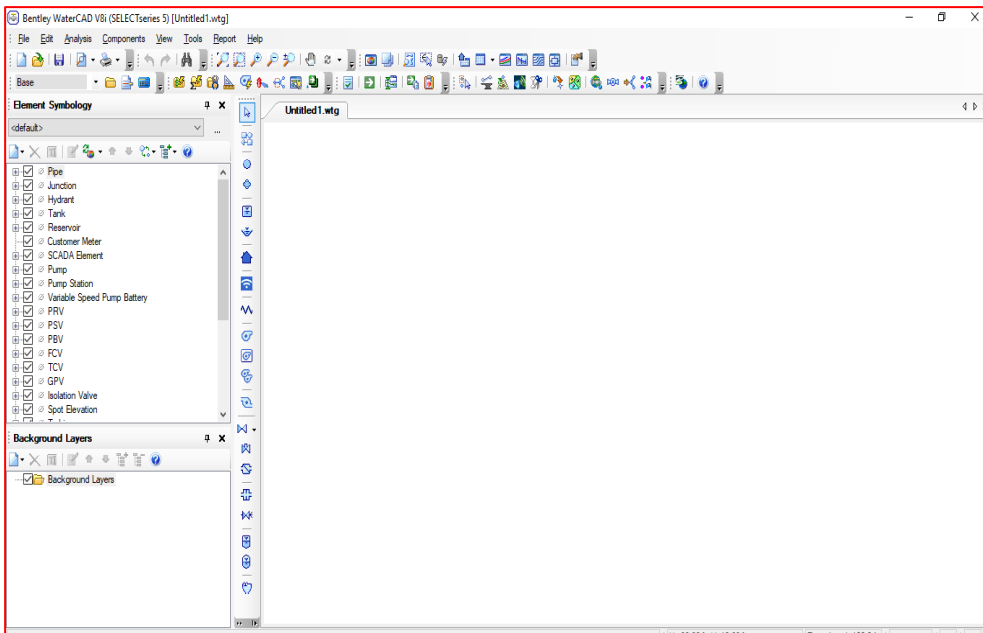


Figura 21: Inicio de la interfaz gráfica de usuario del software WaterCAD.

Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo de investigación se ha usado el software de análisis de redes de agua denominado watercad. El Watercad es un software que permite el cálculo de las velocidades de agua dentro de las redes de distribución, así como la compatibilidad en el cálculo de la energía en determinadas redes, con la ventaja adicional que se realiza de manera automatizada logrando disminuir los tiempos de cómputo y análisis. En la Figura se muestra la interfaz gráfica (GUI) típica del software usado en este trabajo de investigación.

Es importante hacer énfasis en que, para poder obtener, tanto las velocidades como presiones dentro del sistema, se deben ingresar una serie de datos al programa, tales como, topografía, posición del tanque de almacenamiento de agua, colocación de las tuberías, definición de los materiales presentes en la tubería y valorados mediante el coeficiente de Hazen y Williams.

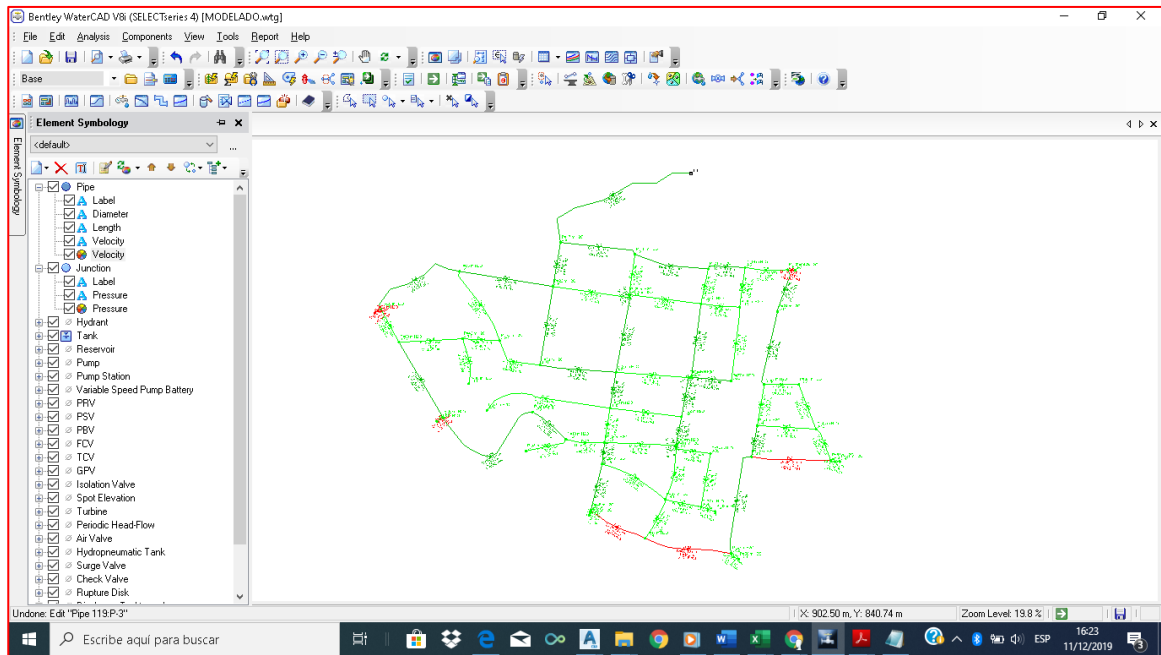


Figura 22: Modelamiento del sistema de redes de agua en el software WaterCAD.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos del proceso comentado se muestran en la Figura . En esta figura se muestra la red agua considerada para este caso en específico.

Una vez definida, tanto la superficie como el sistema de agua, se debe indicarle al programa las cotas de cada uno de los nodos de las tuberías y de los tanques de almacenamiento de agua. Con estos datos el software extraerá información relativa a las posiciones de las tuberías frente a las obras y nos permitirá calcular los parámetros de interés.

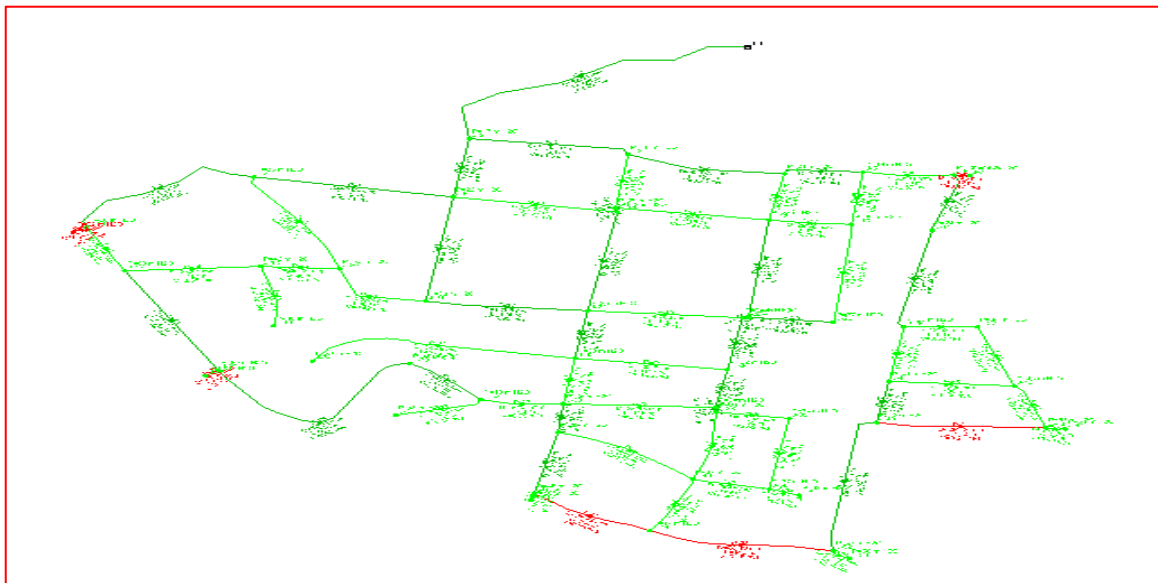


Figura 23: Sistema de redes de agua modelado en el software waterCAD.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 21, existen un gran número de nodos y tuberías, por lo que el cálculo con software se convierte en una necesidad para el ingeniero práctico.

3.5. Resultados del análisis

Los resultados más importantes obtenidos de la aplicación del software a la red considerada para el pueblo de Piscobamba se han resumido en las tablas mostradas a continuación.

Sobre estas tablas se puede comentar, en principio, que forman parte de un reporte entregado por el software de análisis WaverCAD. En esta tabla se aprecian el número de la tubería, la longitud de la tubería, el material, el coeficiente de Hazen y Williams, la velocidad obtenida en el tramo de la tubería considerada, a descarga en el nodo considerado, el gradiente hidráulico o la pendiente de la tubería en el tramo considerado, la pérdida de carga y el gradiente geométrico.

Como se puede observar de los resultados presentados, los diámetros elegidos para las tuberías analizadas fueron de 63 mm, es decir, dos pulgadas y media aproximadamente (2 1/2"). Además, del análisis de las velocidades dentro de las tuberías se puede observar que en ningún caso superaron los valores de 3 m/s establecidos en el reglamento nacional de edificaciones y que de acuerdo con el mismo documento podrían provocar caos en el sistema. También se puede observar que las velocidades fueron mayores a los 0.60m/s, cumpliendo de esta manera con un requisito importante del reglamento nacional de edificaciones.

Tabla 9: Tabla de resultados del flujo en tuberías (presiones)

ID	TUBERIAS	ELEVACIÓN (m)	GRADIENTE HIDRÁULICO (m)	PRESIONES (m H2O)
31	J-2	3327.05	3343.89	17
32	J-3	3324.35	3342.32	18
33	J-4	3319.88	3341.28	21
34	J-5	3325.03	3340.92	16
35	J-6	3325.9	3340.67	15
36	J-7	3326.21	3340.66	14
37	J-8	3307.08	3341.68	35
38	J-9	3321.07	3342.72	22
39	J-10	3312.32	3341.61	29
40	J-11	3312.93	3341.77	29
41	J-12	3312.69	3340.92	28
42	J-13	3314.95	3340.59	26
43	J-14	3315.29	3339	24
44	J-15	3278.79	3340.84	62
45	J-16	3280.82	3340.85	60
46	J-17	3280.88	3340.62	60
47	J-18	3297.96	3340.01	42
48	J-19	3299.22	3339.2	40
49	J-20	3308.22	3340.43	32
50	J-21	3308.42	3341.15	33
81	J-22	3303.16	3338.35	35
86	J-23	3303	3337.43	34
87	J-24	3303.2	3337.73	34
88	J-25	3302.55	3339.72	37
89	J-26	3299.73	3336.87	37
90	J-27	3302.33	3336.45	34
91	J-28	3284.89	3337.83	53
92	J-29	3287.86	3337.84	50
93	J-30	3295.55	3334.43	39
94	J-31	3282.59	3331.56	49
95	J-32	3292.35	3332.08	40
96	J-33	3295.68	3331.64	36
97	J-34	3296.49	3329.8	33
98	J-35	3299.24	3332.11	33
99	J-36	3299.36	3331.24	32
100	J-37	3296.72	3330.76	34
101	J-38	3296.55	3330.71	34
102	J-39	3296.73	3330.47	34
103	J-40	3293.37	3335.92	42
104	J-41	3295.79	3336.48	41
105	J-42	3293.02	3336.06	43
106	J-43	3282.56	3335.62	53
107	J-44	3281.09	3335.5	54
108	J-45	3293.08	3331.17	38
109	J-46	3279.8	3329.3	49
110	J-47	3281.53	3329.37	48
111	J-48	3282.62	3329.39	47
112	J-49	3292.17	3329.74	37
113	J-50	3291.94	3329.48	37
114	J-51	3291.22	3329.29	38
115	J-52	3282.08	3329.56	47
116	J-53	3278.88	3329.44	50

Tabla 10: Tabla de resultados del flujo en tuberías (velocidades)

TUBERÍA	LONGITUD	NODO INICIO	NODO FINAL	DIÁMETRO (mm)	MATERIAL	C	VELOCIDAD (m/s)
P-1	276.00	T-1	J-2	82.04	PVC	150	2.25
P-2	126.00	J-2	J-3	82.04	PVC	150	1.03
P-3	123.00	J-3	J-4	823.02	PVC	150	0.83
P-4	64.00	J-4	J-5	82.04	PVC	150	0.67
P-5	70.00	J-5	J-6	82.04	PVC	150	0.52
P-6	12.00	J-6	J-7	28.48	PVC	150	0.17
P-7	11.00	J-15	J-16	28.48	PVC	150	0.18
P-8	167.00	J-16	J-8	82.04	PVC	150	0.63
P-9	154.00	J-8	J-9	82.04	PVC	150	0.74
P-10	127.00	J-9	J-10	28.48	PVC	150	0.44
P-11	5.00	J-10	J-11	28.48	PVC	150	0.86
P-12	118.00	J-11	J-12	28.48	PVC	150	0.39
P-13	63.00	J-12	J-13	28.48	PVC	150	0.33
P-14	104.00	J-17	J-18	28.04	PVC	150	0.35
P-15	60.00	J-18	J-20	28.48	PVC	150	0.38
P-16	89.00	J-20	J-21	28.48	PVC	150	0.42
P-17	124.00	J-21	J-22	43.68	PVC	150	0.96
P-18	118.00	J-22	J-23	43.68	PVC	150	0.53
P-19	5.00	J-23	J-24	28.48	PVC	150	1.3
P-20	65.00	J-24	J-25	28.48	PVC	150	0.86
P-21	56.00	J-26	J-27	43.58	PVC	150	0.53
P-22	213.00	J-34	J-35	28.48	PVC	150	0.49
P-23	117.00	J-35	J-36	28.48	PVC	150	0.4
P-24	12.00	J-28	J-29	28.48	PVC	150	0.14
P-25	210.00	J-29	J-30	54.58	PVC	150	0.92
P-26	71.00	J-30	J-32	43.58	PVC	150	1.18
P-27	63.00	J-32	J-33	54.58	PVC	150	0.59
P-28	116.00	J-33	J-37	28.48	PVC	150	0.4
P-29	6.00	J-37	J-38	43.68	PVC	150	0.61
P-30	56.00	J-38	J-39	43.68	PVC	150	0.38
P-31	130.00	J-40	J-43	28.48	PVC	150	0.21
P-32	15.00	J-43	J-44	28.48	PVC	150	0.4
P-33	70.00	J-31	J-32	28.48	PVC	150	0.4
P-34	119.00	J-45	J-49	28.48	PVC	150	0.52
P-35	59.00	J-49	J-50	28.48	PVC	150	0.3
P-36	24.00	J-50	J-51	28.48	PVC	150	0.4
P-37	100.00	J-47	J-48	28.48	PVC	150	0.06
P-38	143.00	J-48	J-52	28.48	PVC	150	0.15
P-39	17.00	J-52	J-53	28.48	PVC	150	0.4
P-40	73.00	J-2	J-9	82.04	PVC	150	1.18
P-41	130.00	J-9	J-21	54.58	PVC	150	0.79
P-42	61.00	J-16	J-17	82.04	PVC	150	0.55
P-43	141.00	J-17	J-29	54.58	PVC	150	1.02
P-44	75.00	J-18	J-19	28.48	PVC	150	0.49
P-45	134.00	J-8	J-20	28.48	PVC	150	0.45
P-46	66.00	J-3	J-11	43.68	PVC	150	0.56
P-47	123.00	J-10	J-22	28.48	PVC	150	0.79
P-48	59.00	J-22	J-35	28.48	PVC	150	1.68
P-49	56.00	J-35	J-33	28.48	PVC	150	0.43
P-50	35.00	J-33	J-45	43.58	PVC	150	0.71
P-51	77.00	J-45	J-47	28.48	PVC	150	0.74
P-52	9.00	J-47	J-46	28.48	PVC	150	0.4

P-53	58.00	J-4	J-12	43.68	PVC	150	0.48
P-54	121.00	J-12	J-24	28.48	PVC	150	0.79
P-55	65.00	J-23	J-36	28.48	PVC	150	1.59
P-56	47.00	J-36	J-37	43.58	PVC	150	0.62
P-57	85.00	J-38	J-49	28.48	PVC	150	0.5
P-58	72.00	J-49	J-48	28.48	PVC	150	0.32
P-59	88.00	J-39	J-50	28.48	PVC	150	0.5
P-60	170.00	J-40	J-52	28.48	PVC	150	0.96
P-61	68.00	J-26	J-41	54.58	PVC	150	0.53
P-62	51.00	J-41	J-40	43.58	PVC	150	0.64
P-63	78.00	J-27	J-42	28.48	PVC	150	0.33
P-64	57.00	J-42	J-43	28.48	PVC	150	0.41
P-65	96.00	J-41	J-42	28.48	PVC	150	0.3
P-66	65.00	J-5	J-13	43.68	PVC	150	0.43
P-67	121.00	J-13	J-25	43.58	PVC	150	0.51
P-68	73.00	J-6	J-14	54.58	PVC	150	1.11
P-69	123.00	J-14	J-26	54.58	PVC	150	0.95

IV. DISCUSIÓN

1. Determinar el comportamiento hidráulico en la red de abastecimiento de agua potable por la aplicación de los métodos convencionales en la localidad de Piscobamba Ancash-2019.

Al respecto Vergaray (2017), en su investigación donde trata el tema del Mejoramiento en el Agua que debe ser Potable por cuestiones de salud para La Junta Vecinal José de San Martín, con el objetivo de mejorar una nueva red de distribución en una localidad de Tacna, llega a las siguientes conclusiones: Con la nueva red de distribución se logra los objetivos resolviendo satisfactoriamente el desabastecimiento que existe en la zona de la junta vecinal; los resultados obtenidos fueron simulados en el programa WaterCAD V8i (aplicativo empleado como herramienta de diseño); de esta manera podemos garantizar el cumplimiento de un periodo de diseño de 20 años de la red de diseñada. Usando el modelo numérico en WaterCAD V8i, se han efectuado todas las cosas con respecto a simulación en un primer término en régimen permanente y en segundo término en régimen que no es permanente, el transitorio o el periodo extendido, la misma puede mostrarse con los diferentes datos en reportes y muy principalmente la variación óptima en lo que de presiones se refiere en cada nudo y las velocidades dadas en cada una de las tuberías de la red. La evaluación del desempeño en redes depende mucho de las condiciones al que está expuesta la propia red, al momento de ejecutar cualquier modelamiento en softwares se debe tener en cuenta los datos exactos y necesarios ya que el fluido varía su comportamiento por diversos factores y la mayoría de los softwares trabajan con flujo continuo en el cual las presiones y las velocidades se mantienen constantes y son iguales en diferentes puntos de la tubería respecto al tiempo. Vergaray garantiza un diseño con un periodo de 20 años, pero cuando se trabaja en las condiciones de esta investigación, como la topografía, la demanda variada y la escasez de agua no se puede garantizar un diseño para 20 años, lo ideal sería garantizar el cumplimiento de un periodo de 10 años.

2. Determinar si las velocidades del flujo dentro de la red abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba cumple con los mínimos y máximos valores establecidos.

Al respecto, Chuquiviguel y Rodríguez (2017) en su tesis trata sobre la evaluación en el diseño de toda una red de agua con el objetivo de Evaluar todo el diseño con una red ya existente de agua potable con todo calibrado, llegaron a la siguiente conclusión: Para el comportamiento de la red de agua potable existente utilizando los parámetros de C y K2 calibrados en escenario de fuga, presenta una presión mínima de 9.98 mca y máxima de 15.52 mca; mientras que sus velocidades varían entre 0.00 m/s y 1.12 m/s. Para el escenario normado la presión mínima fue de 10.56 mca y máxima de 17.26 mca, mientras que su velocidad mínima fue de 0.00 m/s y máxima de 1.73 m/s. Siendo este caso donde la red normada 171 cumple los rangos de presiones establecida por el OS 0.50, a diferencia de la red calibrada denotando aún más el diferente comportamiento. Con respecto a las velocidades, ambas aún incurren en el incumplimiento de la velocidad mínima establecida de 0.60 m/s. Si bien es cierto que los límites máximos y mínimos están establecidos en las normas, es complejo mantener ciertos estándares debido a las condiciones de la zona en estudio. Las zonas rurales poseen pendientes considerables por lo cual las velocidades tienen variaciones bruscas. Para que las velocidades mantengan los criterios o los límites máximos y mínimos establecidos por la norma es necesario contar de diferentes tipos de accesorios y cámaras rompedoras. En tal sentido, económicamente, resulta difícil hacer realidad el diseño.

3. Establecer los niveles de presión suministrados por la red de abastecimiento de agua potable de la localidad de Piscobamba y determinar si cumplen con los niveles máximos y mínimos recomendados.

Sobre este objetivo, Alvarado y Rosero (2016), “Estudio y Diseño Integral del Sistema de Distribución de Agua Potable, Tratamiento y Aprovechamiento de Aguas Residuales Domesticas en los Recintos: San Gregorio, El Salto, Sabana Grande, La vuelta, Rio Nuevo; de la Parroquia Laurel del Cantón Daule Provincia del Guayas” en sus tesis investigaron varios aspectos como sistemas de distribución de agua potable, tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales domésticas. A estos temas le hicieron un estudio y diseño integral para ser aplicados en una serie de recintos, en la Provincia de Guayas. Ecuador. El objetivo principal de la investigación consiste en hacer una propuesta de un estudio de factibilidades para lograr así que el agua potable se distribuya a las poblaciones indicadas en el estudio. Esto se combina con el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales de las casas de la Provincia mencionada. Aplicando un proyecto que englobe varios aspectos donde se resalta principalmente que se pasará de un sistema individual a uno colectivo que se tiene como de mejor calidad, con esto se beneficiará el desarrollo de las localidades indicadas. Concluyen que, el caudal que actualmente es bombeado de la planta de bombeo Arco Las Mercedes mejoró la presión con la colocación del tanque un poco más arriba de lo que estaba antes, esto se demuestra con las presiones que se han logrado que sobrepasan los 15 mca. Y se demuestra aún más porque esta planta debe abastecer a un grupo grande de población. La presencia de pendientes irregulares en zonas rurales andinas hace que la presión tenga un comportamiento desfavorables para las redes de distribución y en consecuencia en algunos casos no se puede cumplir con los límites establecidos por las normas, el programa WaterCAD nos da diferentes resultados dependiendo a los datos que ingresemos a él, pero se complica el diseño puesto que es necesario diferentes accesorios para poder controlarlos y tener un flujo ideal y esto nos lleva a ver la parte económica.

4. Determinar la cantidad de agua suministrada por la red de abastecimiento de agua potable en la localidad de Piscobamba.

Respecto a este objetivo, Maylle (2017) en su investigación presentada para optar el título de ingeniería civil estudia la influencia en la calidad de vida de la localidad de Huacamayo de un diseño de un sistema de Agua Potable, con el objetivo específico de determinar la influencia de los tipos de fuentes del diseño del sistema de agua potable en la calidad de vida de la localidad de Huacamayo – Junín concluye: para diseñar la línea de conducción se tiene en cuenta un máximo caudal diario $Q_{md} = 0.99 \text{ L/s}$. Se tiene que considerar para diseñar el sistema que haya una presión que como máximo sea de 50 mca para la clase 7.5 con esto se busca asegurar que funcione el sistema. Este diseño de sistema que abastece agua potable contara con las siguientes estructuras; captación de tipo ladera, línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, esto indica que es pertinente diseñar redes cerradas en zonas rurales con sus respectivas limitaciones. Para poder hacer la modelación de una red lo primero que se debe tener en cuenta es la demanda, esto se puede determinar de acuerdo a la dotación de esta manera se puede determinar el caudal máximo, pero para ellos es necesario identificar bien la zona. En las zonas rurales la población se dedica mayormente a la agricultura y es evidente que los lotes y parcelas tengan áreas muy variadas lo cual dificulta la dotación a asignar a cada usuario, si bien es cierto que las normas nos dan algunos alcances de valorar también es necesario el criterio del diseñador, también se debería considerar la fuente ya que es la parte más importante de un diseño. En las zonas rurales casi todas las captaciones de agua son de tipo subterráneo manantial y estos puntos son difíciles de identificar puesto que varían su caudal de acuerdo al tiempo estacionario.

V. CONCLUSIONES

1. La fuente de elección es de tipo manantial de ladera subterránea y está con condiciones de satisfacer la demanda de agua para el consumo humano de la población por un periodo de 20 años.
2. De acuerdo a los aforos obtenidos, comparados con la demanda de la Población actual y futura se estima que el caudal de la fuente denominada Manantial de puna tiene un rendimiento total de 10.23 l/seg. Lo cual es insuficiente para cubrir la demanda de la población actual y futura.
3. Las presiones en las tuberías no deben ser menores a 5 mca y la presión estática no debe superar los 60 mca, el diseño cumple con el rango mínimo siendo el valor más bajo 14 mca mas no con los requisitos máximos ya que en un punto la presión llega hasta los 62 mca, sin embargo, cabe resaltar que la zona es de tipo rural y con topografía considerablemente pronunciada, por ende, esta diferencia se puede considerar.
4. Las redes cerradas no presentan una solución absoluta al problema planteada porque la topografía no presenta las condiciones necesarias para que una red funcione de manera tal que brinde un servicio eficaz y duradera.
5. Debido a la mala planificación urbana y el crecimiento poblacional desordenado, hace que las redes sean complejas de analizar debido a su forma y configuración. Los cambios de pendiente bruscos en distintas partes del a ciudad, hace que las velocidades y las presiones no actúen de forma ideal como en otros casos, de este modo cabe indicar que el diseño no cumple con el límite mínimo establecido por la norma OS. 050 que es los 0.3m/s sin embargo no supera los límites máximos ya que ningún flujo sobrepasa los 3 m/s manteniéndose por debajo de 2 m/s.

VI. RECOMEDACIONES

- 1.** Realizar el aforo en época de estiaje, para tener como referencia el caudal más bajo al momento de calcular la demanda de la población actual y futura.
- 2.** En aquellos lugares que presentan pendientes irregulares es recomendable tomar varios puntos topográficos, de esta manera el cálculo será más eficiente y real.
- 3.** El trazo de las redes se debe regir a una sola forma, no se debe tratar de cerrar todas las manzanas ya que en algunos casos se presentan en formas irregulares, pequeñas o de pendiente muy pronunciada, esto hace que los cálculos y modelaciones nos den resultados equívocos.
- 4.** Se debe tratar de encerrar con la matriz a todo el casco urbano, de esta manera aseguramos una presión favorable, si en caso la población tuviera una división notoria la matriz también se dividirá para ambos sectores.
- 5.** La demanda debe tener un cálculo bien elaborado y que reflejen las condiciones reales y las necesidades de la población, caso contrario, los resultados de la modelación en el software WaterCAD no serán ideal para su análisis.

VII. REFERENCIAS

AGUERO, Roger. Agua Potable Para Población Rurales Sistemas De Abastecimiento Por Gravedad Sin Tratamiento. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 1997. 165 pp.

ALEGRÍA, Jairo. Ampliación Y Mejoramiento Del Sistema De Agua Potable De La Ciudad De Bagua Grande. Tesis (Ingeniero Sanitario y Ambiental). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_b41be06fbf0221d8da0ee21cf0025b42/Details

ALVARADO, Ruddy y ROSERO, Jonathan. Estudio y Diseño Integral del Sistema de Distribución de Agua Potable, Tratamiento y Aprovechamiento de Aguas Residuales Domesticas en los Recintos: San Gregorio, El Salto, Sabana Grande, La vuelta, Rio Nuevo; de la Parroquia Laurel del Cantón Daule Provincia del Guayas. Tesis (Ingeniero Civil), Ecuador, 2016. Disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/ec/>

APAZA, Paco. Diseño De Un Sistema Sostenible De Agua Potable Y Saneamiento Básico En La Comunidad De Miraflores - Cabanilla - Lampa - Puno. Tesis (Ingeniero Agrícola). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4580>

BAUTISTA, Ángel y SAMANIEGO, Pedro. Diseño De Un Sistema De Distribución De Agua Para Consumo Humano En Sumaco-Canton Quijos, Provincia De Napo. Tesis (Ingeniero Mecánico). Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2015. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9246/6/UPS-KT01152.pdf>

BEJARANO, Esteban. Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora. Tesis (Ingeniero Civil). Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2013. Disponible en <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Diagn%C3%B3stico%20de%20acueducto%20de%20Santa%20Cruz%20y%20propuesta%20de%20mejora%20Esteban%20Bejarano%20SP.pdf>

BENTLEY. Software de modelado y análisis de distribución de agua. [En línea] 2020 [Fecha de Consulta: 25 de mayo de 2018]. Disponible en

<https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>

BENTLEY SYSTEMS INC. Software de modelado y análisis de distribución de agua. [En línea] 2016 [Fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en <https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>.

BONO, Roser. Diseños cuasi - experimentales y longitudinales. [En línea] 2012, Barcelona [Fecha de Consulta: 30 de mayo de 2018]. Disponible en <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>

CASTRO, Mario. Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2011. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7483/tesis599.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHACÓN, Víctor y AMOROSO, Mauricio. Alcance a los Diseños Definitivos para Agua Potable del Ecoparque Industrial Chaullayacu. Guayaquil: EMPRESA DE DESARROLLO ECONOMICO DE CUENCA EDEC - EP, 2014. 160 pp.

CLEMENTE, Josué; GARCÍA, Oscar y REINOSA, Norma. Mejoramiento Integral De La Red Principal De Distribución De Agua Potable De Los Municipios De Ciudad Arce Y El Congo, Departamentos De La Libertad Y Santa Ana. Tesis (Ingeniero Civil). El Salvador: Universidad de el Salvador, 2015. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15262/1/MEJORAMIENTO%20INTEGRAL%20DE%20LA%20RED%20PRINCIPAL%20DE%20DISTRIBUCI%3%93N%20DE%20AGUA%20POTABLE%20DE%20LOS%20MUNICIPIOS%20DE%20CIUDAD%20ARCE%20Y%20EL%20CONGO%2C%20DEPARTAMENTOS%20DE%20LA%20LIBERTAD%20Y%20SANTA%20ANA.pdf>

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México: © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014. 200 pp.

DOROTEO Calderón, Félix. Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad

y Sewercad. Tesis (Ingeniero Civil) Lima: Universidad Peruana de Ciencias, 2014. Disponible en

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581935/DOROTEO_CF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DUZINKIEWICZ, Kasimierz y CIMINSKI, Arkadiusz. Drinking water distribution system modelling - an approach to skeletonization. Revista ELSEVIER [En línea] 2012. [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015326264>

HERNÁNDEZ, Roberto, HERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. [En línea] México: Editores, S.A DE C.V., 2014. [Fecha de consulta: 05 de diciembre 2019] Disponible en <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0

JEGATHEESAN, Veeriah, KASTL, George y FISHER, Ian. Water Quality Modelling for Drinking Water Distribution Systems. Revista ResearchGate [En línea]. Julio 2000. Fecha de consulta: 15 de agosto de 2019] Disponible en file:///C:/Users/IGP2/Downloads/Water_Quality_Modelling_for_Drinking_Water_Distrib.pdf

LOSSIO, Milagros. Sistema De Abastecimiento De Agua Potable Para Cuatro Poblados Rurales Del Distrito De Lancones. Tesis (Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2012. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MARTINEZ, Leidy. Propuesta de rehabilitación para la red de abasto de agua potable de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Tesis (Ingeniero Civil). Santa Clara: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2016. Disponible en <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8666?show=full>

MAYLLE, Adriano. Diseño del Sistema de Agua Potable y su Influencia en la Calidad de Vida de la. Lima: Universidad César Vallejo, 2017. Tesis (Ingeniero Civil), Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/11892>

MENDIETA, Paúl. Modelación Del Sistema Hidráulico De La Red De Agua Potable De La Planta De Tratamiento Jesús Del Gran Poder. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2014. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20921>

MEZA, Jorge. Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/188>

NATHANSON, Jerry. Sistema de suministro de agua. Enciclopedia Británica INC. [En línea] 2014 [Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.britannica.com/technology/water-supply-system>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD y UNICEF. 2017. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2017. World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF). [En línea] 2017. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019] Disponible en <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258617/9789241512893-eng.pdf;jsessionid=E609880D7D8FC07074B37F7A7A72294F?sequence=1>.

PIMENTEL, Grecia y PALACIOS, Oswaldo. El agua es un bien escaso que el Perú no sabe administrar. RPP. [En línea] 22 de marzo de 2017. [Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2019] Disponible en <http://rpp.pe/peru/actualidad/la-falta-de-agua-potable-afecta-a-8-millones-de-peruanos-noticia-998969>.

PORRAS, Oscar. Reducción De Pérdidas De Caudal En Red De Tuberías -Para Mejorar Distribución De Agua Potable- Sector San Carlos- La Merced. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/188>

PRADHIKARAN, M. Training Module for Local Water and Sanitation Management [En línea]. 2012. [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2019] Disponible en https://pas.org.in/Portal/document/ResourcesFiles/pdfs/Module_1%20Basics%20of%20water%20supply%20system.pdf.

REYES, Ernesto y MONIES, Mario. Recolección de agua usando estructuras superficiales y subterráneas. [En línea] 2013. [Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2019] Disponible en <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea59e/ch14.htm>.

ROSSMAN, Lewis. EPANET 2 Users manual, United States Environment Protection Agency, Cincinnati. [En línea] 2000 [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2019]. Disponible en http://www-ext.lnec.pt/projects2013/saa/pdf/Manual_EPANET_MSX.pdf

SENSICO. Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) vigentes. SENSICO.gob.pe. [En línea] octubre de 2011. [Fecha de consulta: 16 de diciembre de 2019] Disponible en <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>.

SIPA. Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la A.M.G. SIPA agua. [En línea] enero de 2016. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019] Disponible en <http://www.siapa.gob.mx/transparencia/criterios-y-lineamientos-tecnicos-para-factibilidades-en-la-zmg>.

STEPHEN, Zhang y VLADAN, Babovic. Un enfoque de opciones reales para el diseño y la arquitectura de sistemas de suministro de agua utilizando tecnologías hídras innovadoras en condiciones de incertidumbre. S.l.: Revista de Hidroinformática, 2012.

TORRES, Juan. Diseño hidráulico del sistema de agua potable y alcantarillado del sector de San Jacinto, distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo-Junín. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. Disponible en <http://ateneo.unmsm.edu.pe/handle/123456789/4521?show=full>

TRISOLINI, Eduardo. Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales. Lima: Fondo Perú - Alemania, 2009. 145 pp.

UNE, Meios. La captación de agua representa el inicio del proceso de abastecimiento hídrico para la población. Agua para o futuro. [En línea] junio de 2015. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2019]. Disponible en <https://auaparaofuturo.mpmt.mp.br/es/abastecimiento/sistemas-de-captacion>.

UNESCO. Agua: una responsabilidad compartida. París, Francia: Programa Mundial de Evaluación del Agua (Naciones Unidas). [En línea] 2006. [Fecha de consulta: 16 de agosto de

2019] Disponible en <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr2-2006/>

UNESCO-IHE. Introduction to Urban Water Distribution [En línea].1996. [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2019]. Disponible en [https://books.google.com.pe/books?id=nnLWl2qG7voC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=Water+distribution+system+in+Zanzibar,+Tanzania+\(Hemed,+1996\).&source=bl&ots=mneQpUIhOU&sig=ACfU3U0JLzorwkOKwuUoZHCdm89MPrdYvw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi6kZzB8a7mAhVJEbkGHWOnBBQQ6AEwCnoECAoQAQ#v=onepage&q=Water%20distribucion%20system%20in%20Zanzibar%2C%20Tanzania%20\(Hemed%2C%201996\).&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=nnLWl2qG7voC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=Water+distribution+system+in+Zanzibar,+Tanzania+(Hemed,+1996).&source=bl&ots=mneQpUIhOU&sig=ACfU3U0JLzorwkOKwuUoZHCdm89MPrdYvw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi6kZzB8a7mAhVJEbkGHWOnBBQQ6AEwCnoECAoQAQ#v=onepage&q=Water%20distribucion%20system%20in%20Zanzibar%2C%20Tanzania%20(Hemed%2C%201996).&f=false)

VALENZUELA, Isabel. Mejoramiento de agua potable de la junta vecinal José de San Martín. [En línea] 29 de setiembre de 2017. [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2019] Disponible en https://tuxdoc.com/download/tesis-mejoramiento-de-agua-potable-de-la-junta-vecinal-jose-de-san-martin_pdf#download-require.

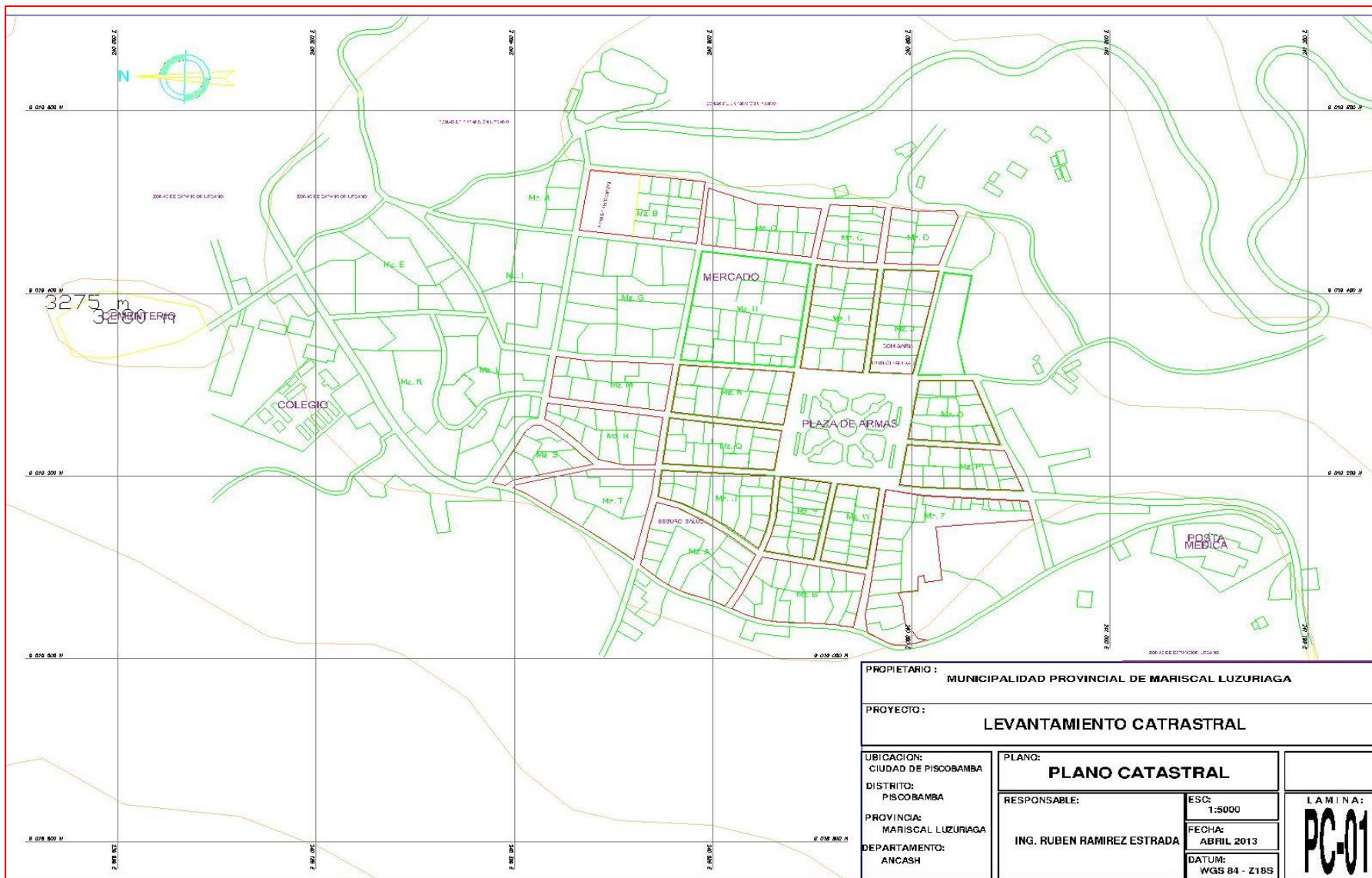
VILCA, Aracely y SOTO, Jonatan. Diseño De Un Sistema De Abastecimiento De Agua Potable Del Caserío De La Hacienda – Distrito De Santa Rosa – Provincia De Jaén - Departamento De Cajamarca. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Nacional Antenor Orrego, 2016. Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3591>

WATER.ORG. Crisis de agua y saneamiento en el Perú. water.org. [En línea] 2018. [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2019] Disponible en <https://water.org/our-impact/peru/>.

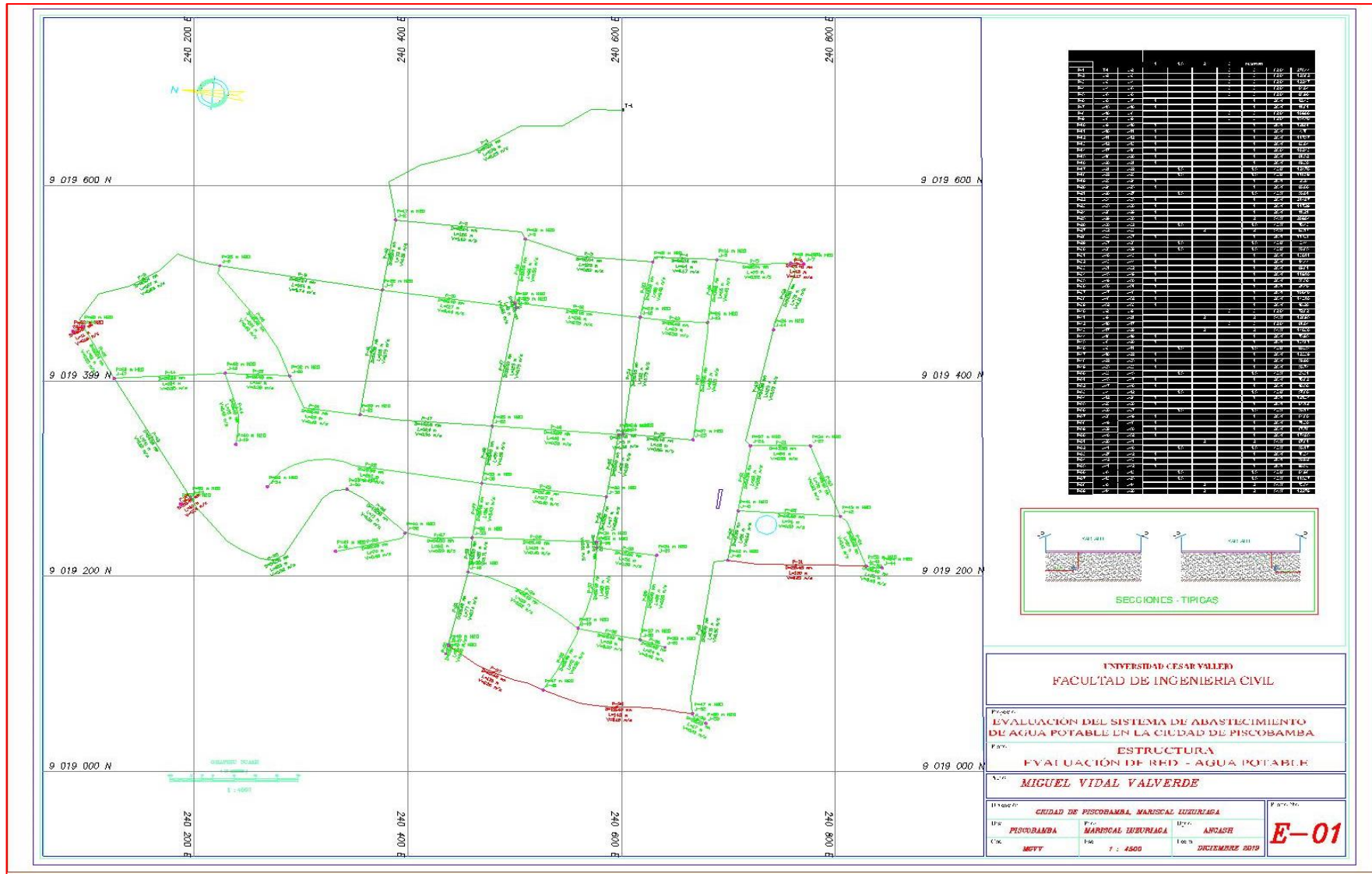
ZANABRIA, Juan. Abastecimiento De Agua Potable Y Alcantarillado Para El Asentamiento Humano San Agustín. Tesis (Ingeniero Civil) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2015. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/121>

VIII. ANEXOS

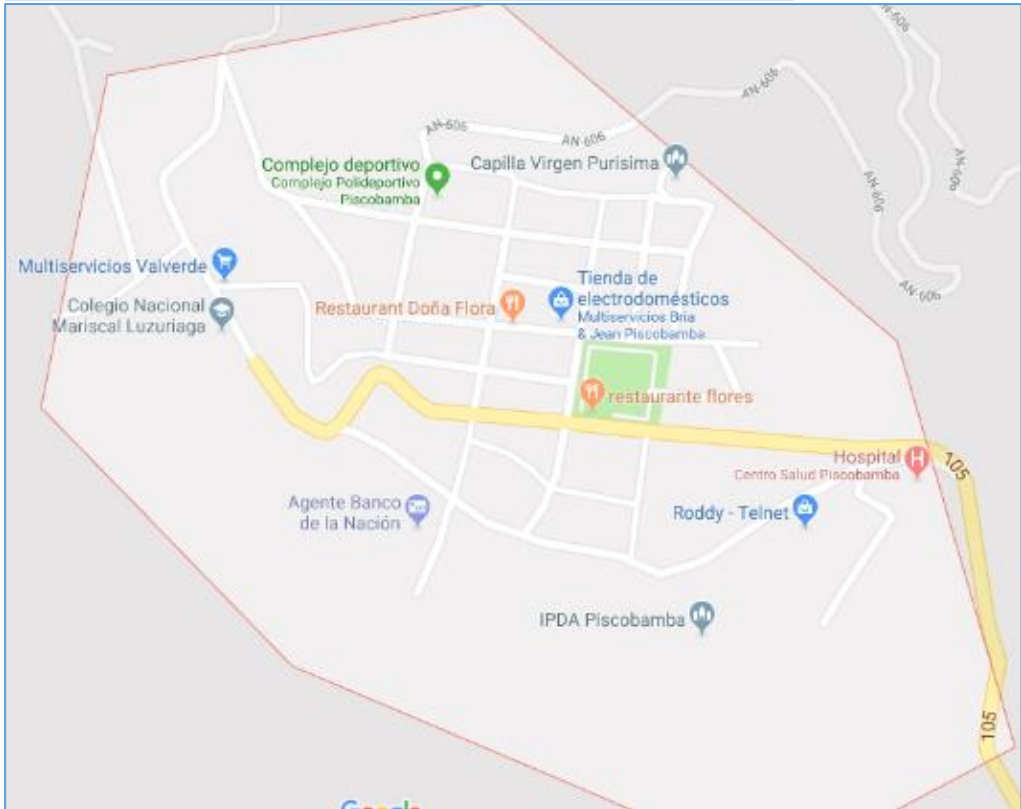
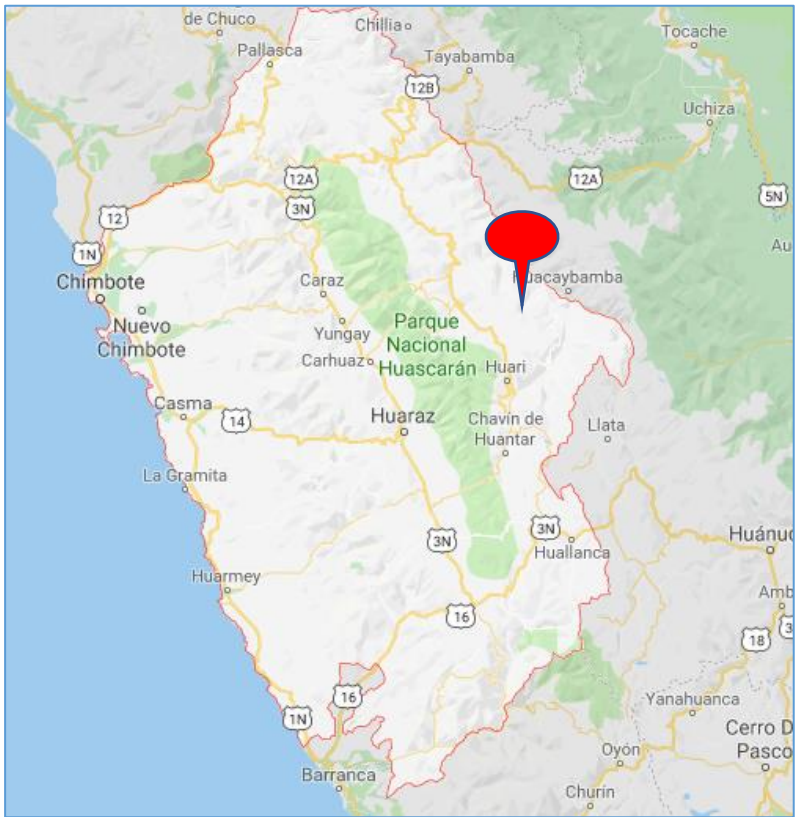
Anexo 1: Plano catastral de la ciudad de Piscobamba



Anexo 3: Plano de la red evaluada



Anexo 4: Localización y ubicación de la zona en estudio



Anexo 5: Matriz de Operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable, por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash - 2018					
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Red de abastecimiento de agua potable (Variable Independiente)	Según Nathanson, mencionan que: [...] es una infraestructura para la recolección, transmisión, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua para hogares, establecimientos comerciales, industria y riego, así como para necesidades públicas tales como extinción de incendios y lavado de calles. (2014 pág. 13)	Es una infraestructura diseñada técnicamente para cumplir la función de recolectar y transmitir agua para fines como el consumo humano, riegos, etc.	Tuberías	-Tipos -Plasticidad -Diámetro -Material	-Observación directa -Métodos de medición estandarizada
			Accesorios	-Tipos -Plasticidad	-reglamentos
			Conexiones	-Especificaciones - Técnicas	-Especificaciones Técnicas
Comportamiento hidráulico (Variable Dependiente)	Según la Universidad Politecnica de Valencia (UPV), el desempeño hidraulico se debería entender como el comportamiento de las variaciones de presiones en la red cuando cambia el caudal y las cargas térmicas y ello recibe el nombre de análisis de redes. Permite reducir una red compleja en una resistencia equivalente que determina la característica resistiva del sistema. (2008, parr. 2)	Es la evaluación de la red hidráulica mediante diferentes métodos para poder obtener el óptimo flujo para su servicio domiciliario, domiciliario, riego, etc.	Velocidad	m/s Pa mH2O	Observación directa
			Presiones		Evaluación
			Tipo de flujo		Softwares Formulas Ecuaciones

**DISEÑO HIDRÁULICO
"RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE- PISCOBAMBA"**

BASE DE DATOS

POBLACIÓN FUTURA

CÁLCULO DE LA DEMANDA

Anexo 7: Base de datos para el caculo de población futura.

BASE DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA						
PROYECTO	: EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA					
DISTRITO	: PISCOBAMBA					
PROVINCIA	: MARISCAL LUZURIAGA					
DEPARTAMENTO:	ANCASH					
ESTUDIO TÉCNICO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE SUPE						
BASE DE DATOS						
CENSOS POBLACIONAL						
	AÑO	POBLACIÓN				
	2012	3765				
	2013	3768				
	2014	3771				
	2015	3774				
	Fuente: INEI					
PERIODO DE DISEÑO	20	años				
POBLACIÓN PROYECTADA PARA LA CIUDAD DE PISCOBAMBA						
PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LA POBLACIÓN PROYECTADA PARA LAS NUEVAS URBANIZACIONES						
Para determinar la población actual se tuvo que realizar lo siguiente:						
<ol style="list-style-type: none"> 1.- Del levantamiento topográfico se obtuvo 321 Viviendas 2.- los lotes constan de área variable 3.- como no se trata de una habilitación urbana nueva, se consideró 6 hab/vivienda 4.- Conociendo el números de lotes se procedió ha determinar la Población proyectada 						
CIUDAD DE PISCOBAMBA						
COMUNIDAD	Nº DE VIVIENDAS	No DE FAMILIAS	POBLACIÓN ACTUAL	DEMANDA MAX DIARIA (lt/seg)	DEMANDA MAX HORARIA (lt/seg)	DEMANDA VOLUMEN ALMACENAMIENTO (m3)
CIUDAD DE PISCOBAMBA	321	7.00	2247			
TOTAL	321		2247			

Anexo 8: Hoja de cálculo de población futura

HOJA DE CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA		
PROYECTO	: EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	
DISTRITO	: PISCOBAMBA	
PROVINCIA	: MARISCAL LUZURIAGA	
DEPARTAMENTO	: ANCASH	

PERIODO DE DISEÑO	20	Años
CENSO POBLACIONAL	AÑO	POBLACIÓN
	2012	3765
	2013	3768
	2014	3771
	2015	3774

1. CRECIMIENTO LINEAL

Este método sugiere que la población aumenta con una ratio constante de crecimiento aritmético, es decir, que ala población actual del ultimo censo se le adiciona un numero fijo de habitantes para cada periodo en el futuro.

Esto gráficamente representa una línea recta.

$$\frac{dP}{dT} = k_a \quad \Rightarrow \quad K = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} = \frac{P_1 - P_0}{m}$$

$$dP = k_a dT$$

m: periodo intercensal entre los censos P1 y P0
 t1: año correspondiente al censo P1
 t0: año correspondiente al censo P0
 k: constante o rata de crecimiento aritmético

$$P = P_1 + n \left(\frac{P_1 - P_0}{m} \right)$$

Ecuación de la recta

p: población al final del periodo de diseño
 n: periodo comprendido entre el ultimo censo considerado y el ultimo año del periodo de diseño

CRECIMIENTO LINEAL

CUADRO N° 01: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

AÑO	2012	2013	2014	2015	PROM.
K	3.00	3.00	3.00		3.00
2016	3777.00	3777.00	3777.00		3777.00
2017	3780.00	3780.00	3780.00		3780.00
2018	3783.00	3783.00	3783.00		3783.00
2019	3786.00	3786.00	3786.00		3786.00
2020	3789.00	3789.00	3789.00		3789.00
2021	3792.00	3792.00	3792.00		3792.00
2022	3795.00	3795.00	3795.00		3795.00
2023	3798.00	3798.00	3798.00		3798.00
2024	3801.00	3801.00	3801.00		3801.00
2025	3804.00	3804.00	3804.00		3804.00
2026	3807.00	3807.00	3807.00		3807.00
2027	3810.00	3810.00	3810.00		3810.00
2028	3813.00	3813.00	3813.00		3813.00
2029	3816.00	3816.00	3816.00		3816.00
2030	3819.00	3819.00	3819.00		3819.00
2031	3822.00	3822.00	3822.00		3822.00
2032	3825.00	3825.00	3825.00		3825.00
2033	3828.00	3828.00	3828.00		3828.00
2034	3831.00	3831.00	3831.00		3831.00
2035	3834.00	3834.00	3834.00		3834.00
2036	3837.00	3837.00	3837.00		3837.00
2037	3840.00	3840.00	3840.00		3840.00
2038	3843.00	3843.00	3843.00		3843.00
2039	3846.00	3846.00	3846.00		3846.00
PROM.	3811.50	3811.50	3811.50		3811.50

AÑOS	POBL.
2012	3765
2013	3768
2014	3771
2015	3774
2016	3777.00
2017	3780
2018	3783.00
2019	3786
2020	3789.00
2021	3792
2022	3795.00
2023	3798
2024	3801.00
2025	3804
2026	3807.00
2027	3810
2028	3813.00
2029	3816
2030	3819.00
2031	3822
2032	3825.00
2033	3828
2034	3831.00
2035	3834
2036	3837.00
2037	3840
2038	3843.00
2039	3846

2. MÉTODO GEOMÉTRICO

Este método se puede usar para algunas poblaciones, en especial aquellas ciudades que no han alcanzado su desarrollo y crecen manteniendo un porcentaje uniforme obtenido en los periodos pasados. La representación gráfica sería la de una curva de interés compuesto.

La ecuación de este método es: $\frac{dP}{dT} = rP$ $\frac{dP}{P} = r \cdot dT$

integrando y sacando logaritmo en ambos miembros de la ecuación queda así:

$$r = \text{Ln}(1+r)$$

se concluye que: $e^{n \cdot r} = (1+r)^n$

Luego: $P = P_1(1+r)^n$

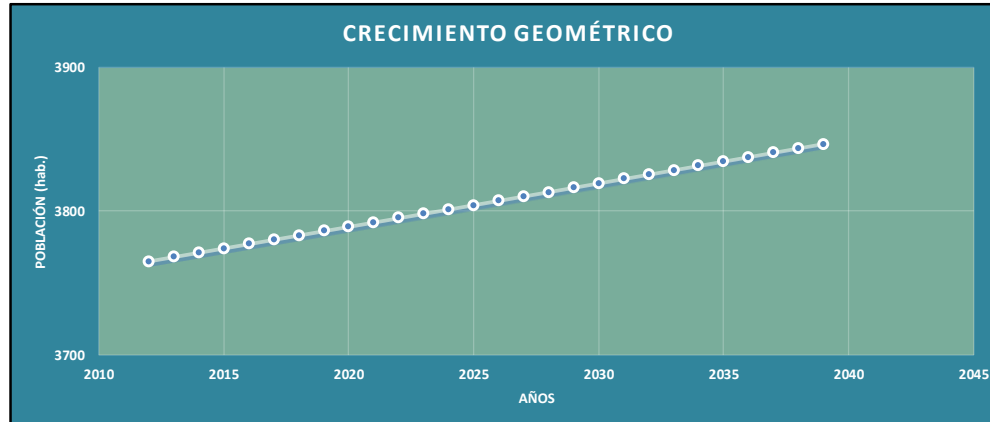
Donde:

P: población

r: constante de crecimiento geométrico

n: número de años entre el último censo y el último del periodo de diseño

t: tiempo



CUADRO N° 02: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

AÑO	2012	2013	2014	2015	PROM.
r	0.00	0.00	0.00		0.00
2016	3777.0	3777.0	3777.0		3777.00
2017	3780.0	3780.0	3780.0		3780.01
2018	3783.0	3783.0	3783.0		3783.02
2019	3786.0	3786.0	3786.0		3786.03
2020	3789.0	3789.0	3789.0		3789.04
2021	3792.1	3792.1	3792.1		3792.06
2022	3795.1	3795.1	3795.1		3795.08
2023	3798.1	3798.1	3798.1		3798.10
2024	3801.1	3801.1	3801.1		3801.12
2025	3804.2	3804.1	3804.1		3804.14
2026	3807.2	3807.2	3807.2		3807.17
2027	3810.2	3810.2	3810.2		3810.20
2028	3813.2	3813.2	3813.2		3813.23
2029	3816.3	3816.3	3816.3		3816.27
2030	3819.3	3819.3	3819.3		3819.31
2031	3822.4	3822.3	3822.3		3822.35
2032	3825.4	3825.4	3825.4		3825.39
2033	3828.5	3828.4	3828.4		3828.43
2034	3831.5	3831.5	3831.5		3831.48
2035	3834.6	3834.5	3834.5		3834.53
2036	3837.6	3837.6	3837.6		3837.58
2037	3840.7	3840.6	3840.6		3840.63
2038	3843.7	3843.7	3843.7		3843.69
2039	3846.8	3846.7	3846.7		3846.75
PROM.	3811.79	3811.77	3811.76		3811.77

AÑOS	POBL.
2012	3765
2013	3768
2014	3771
2015	3774
2016	3777
2017	3780
2018	3783
2019	3786
2020	3789
2021	3792
2022	3795
2023	3798
2024	3801
2025	3804
2026	3807
2027	3810
2028	3813
2029	3816
2030	3819
2031	3822
2032	3825
2033	3828
2034	3831
2035	3835
2036	3838
2037	3841
2038	3844
2039	3847

3. MÉTODO WAPPUS

La ecuación de proyección de población por el método de wapus es:

$$P_f = P_i \left(\frac{200 + i(T_f - T_i)}{200 - i(T_f - T_i)} \right)$$

La tasa de crecimiento se calcula a partir de la expresión:

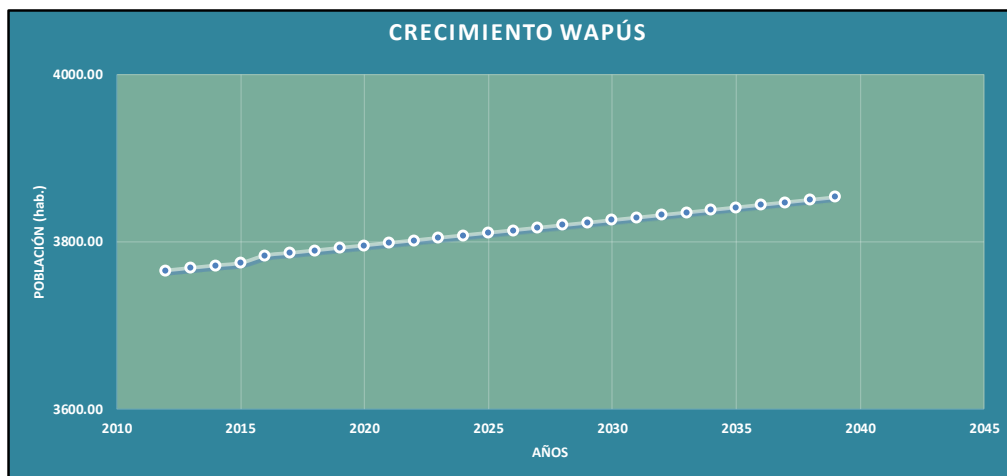
$$i = \frac{200 (P_u - P_i)}{(T_u - T_i) (P_u - P_i)}$$

Donde:

P: población

i: constante de crecimiento geométrico

t: número de años entre el último censo y el ultimo del periodo de diseño



CUADRO N° 03: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

AÑO	2012	2013	2014	2015	PROM.
i	0.08	0.08	0.08		0.08
2016	3786.0	3783.0	3780.0		3783.02
2017	3789.0	3786.0	3783.0		3786.03
2018	3792.1	3789.0	3786.0		3789.04
2019	3795.1	3792.1	3789.0		3792.06
2020	3798.1	3795.1	3792.1		3795.08
2021	3801.1	3798.1	3795.1		3798.10
2022	3804.2	3801.1	3798.1		3801.12
2023	3807.2	3804.1	3801.1		3804.15
2024	3810.2	3807.2	3804.1		3807.17
2025	3813.2	3810.2	3807.2		3810.20
2026	3816.3	3813.2	3810.2		3813.24
2027	3819.3	3816.3	3813.2		3816.27
2028	3822.4	3819.3	3816.3		3819.31
2029	3825.4	3822.3	3819.3		3822.35
2030	3828.5	3825.4	3822.3		3825.39
2031	3831.5	3828.4	3825.4		3828.43
2032	3834.6	3831.5	3828.4		3831.48
2033	3837.6	3834.5	3831.5		3834.53
2034	3840.7	3837.6	3834.5		3837.58
2035	3843.7	3840.6	3837.6		3840.64
2036	3846.8	3843.7	3840.6		3843.69
2037	3849.8	3846.8	3843.7		3846.75
2038	3852.9	3849.8	3846.7		3849.82
2039	3856.0	3852.9	3849.8		3852.88
PROM.	3820.90	3817.85	3814.79		3817.85

AÑOS	POBL.
2012	3765.00
2013	3768.00
2014	3771.00
2015	3774.00
2016	3783.02
2017	3786.03
2018	3789.04
2019	3792.06
2020	3795.08
2021	3798.10
2022	3801.12
2023	3804.15
2024	3807.17
2025	3810.20
2026	3813.24
2027	3816.27
2028	3819.31
2029	3822.35
2030	3825.39
2031	3828.43
2032	3831.48
2033	3834.53
2034	3837.58
2035	3840.64
2036	3843.69
2037	3846.75
2038	3849.82
2039	3852.88

4. CRECIMIENTO LOGARÍTMICO

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{dP}{dT} = K_g P \quad \frac{dP}{P} = K_g dT$$

integrando la ecuación entre dos periodos de tiempo se tiene:

$$\ln P_2 - \ln P_1 = K_g (T_2 - T_1)$$

$$K_g = \frac{\ln P_{CP} - \ln P_{CA}}{T_{CP} - T_{CA}}$$

Donde:

El índice *cp* corresponde al censo posterior y el sub índice *ca* al censo anterior. La aplicación de este método requiere el conocimiento de por lo menos tres censos, ya que al evaluar un *Kg* promedio se requiere de un mínimo de dos valores de *kg*.

$$\ln P + C = K_g T$$

$$C = -\ln P_{CI}$$

para T=0

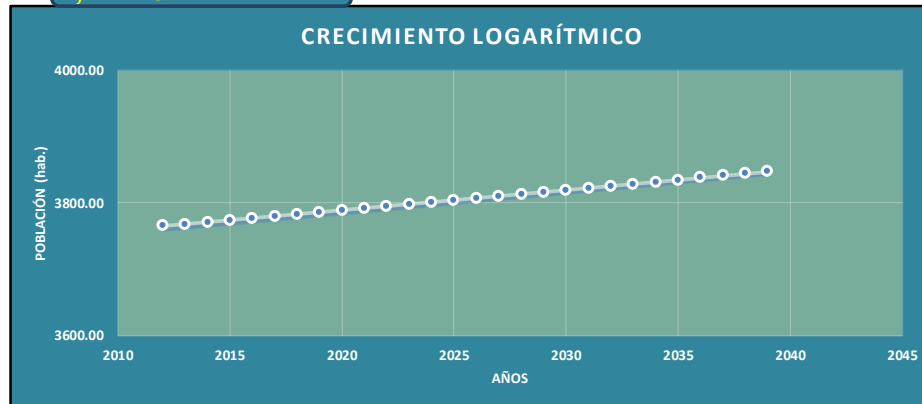
P=Pci

reemplazando el valor de *Kg* se obtiene la ec. De proyección de población:

$$\ln P_f = \ln P_a + K_g (T_f - T_{CI})$$

donde:

$$P_f = P_{CI} \cdot e^{K_g (T_f - T_{CI})}$$



CUADRO N° 04: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

AÑO	2012	2013	2014	2015	PROM.
Kg	0.00	0.00	0.00		0.00
2016	3777.0	3777.0	3777.0		3777.00
2017	3780.0	3780.0	3780.0		3780.01
2018	3783.0	3783.0	3783.0		3783.02
2019	3786.1	3786.0	3786.0		3786.03
2020	3789.1	3789.0	3789.0		3789.05
2021	3792.1	3792.1	3792.0		3792.06
2022	3795.1	3795.1	3795.1		3795.08
2023	3798.1	3798.1	3798.1		3798.11
2024	3801.2	3801.1	3801.1		3801.13
2025	3804.2	3804.2	3804.1		3804.16
2026	3807.2	3807.2	3807.2		3807.18
2027	3810.3	3810.2	3810.2		3810.22
2028	3813.3	3813.2	3813.2		3813.25
2029	3816.3	3816.3	3816.2		3816.29
2030	3819.4	3819.3	3819.3		3819.32
2031	3822.4	3822.4	3822.3		3822.36
2032	3825.5	3825.4	3825.4		3825.41
2033	3828.5	3828.5	3828.4		3828.45
2034	3831.6	3831.5	3831.4		3831.50
2035	3834.6	3834.6	3834.5		3834.55
2036	3837.7	3837.6	3837.5		3837.61
2037	3840.7	3840.7	3840.6		3840.66
2038	3843.8	3843.7	3843.7		3843.72
2039	3846.8	3846.8	3846.7		3846.78
PROM.	3811.83	3811.79	3811.75		3811.79

AÑOS	POBL.
2012	3765.00
2013	3768.00
2014	3771.00
2015	3774.00
2016	3777.00
2017	3780.01
2018	3783.02
2019	3786.03
2020	3789.05
2021	3792.06
2022	3795.08
2023	3798.11
2024	3801.13
2025	3804.16
2026	3807.18
2027	3810.22
2028	3813.25
2029	3816.29
2030	3819.32
2031	3822.36
2032	3825.41
2033	3828.45
2034	3831.50
2035	3834.55
2036	3837.61
2037	3840.66
2038	3843.72
2039	3846.78

5. MÉTODO DE CURVA DE CRECIMIENTO:

- Este método requiere como mínimo de tres datos:
- Debe de cumplirse la siguiente condición:

$$T_2 - T_1 \cong T_1 - T_0 = m$$

m= VERDADERO
 m= VERDADERO \implies 1 años.

- Tercera condición:

$$\frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} - \frac{P_1 - P_0}{T_1 - T_0} > 0 \quad \text{FALSO} \quad \text{OK}$$

SEGÚN LAS CONDICIONES ANTERIORES ESCOGEAMOS:

AÑOS	POBLACIÓN
2012	3765
2013	3768
2014	3771

HALLAMOS EL VALOR DE "R":

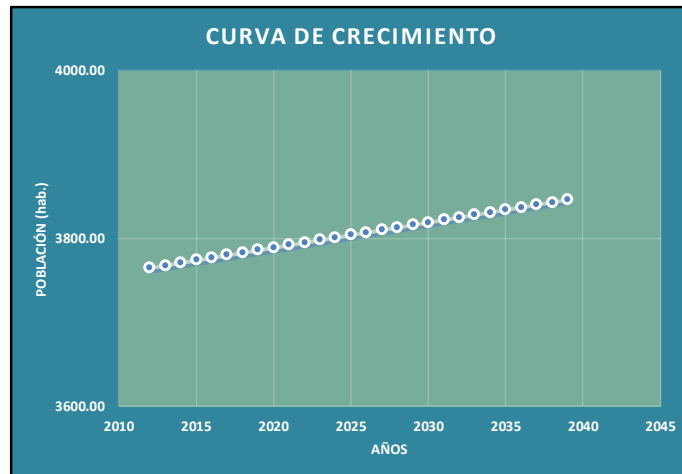
$$\frac{P_3 - P_2}{T_3 - T_2} + \left(\frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} - \frac{P_1 - P_0}{T_1 - T_0} \right) = R$$

$$3 + 0 = R$$

R	=	3	hab./año.
m	=	1	años.

Donde:

$$P_{T+m} = P_0 + R m$$



CUADRO N° 05: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

AÑOS	OBLACIÓ	R	m	POBL.
2015	3771	3	1	3774
2016	3774	3	1	3777
2017	3777	3	1	3780
2018	3780	3	1	3783
2019	3783	3	1	3786
2020	3786	3	1	3789
2021	3789	3	1	3792
2022	3792	3	1	3795
2023	3795	3	1	3798
2024	3798	3	1	3801
2025	3801	3	1	3804
2026	3804	3	1	3807
2027	3807	3	1	3810
2028	3810	3	1	3813
2029	3813	3	1	3816
2030	3816	3	1	3819
2031	3819	3	1	3822
2032	3822	3	1	3825
2033	3825	3	1	3828
2034	3828	3	1	3831
2035	3831	3	1	3834
2036	3834	3	1	3837
2037	3837	3	1	3840
2038	3840	3	1	3843
2039	3843	3	1	3846

AÑOS	POBL.
2012	3765.00
2013	3768.00
2014	3771.00
2015	3774.00
2016	3777.00
2017	3780.00
2018	3783.00
2019	3786.00
2020	3789.00
2021	3792.00
2022	3795.00
2023	3798.00
2024	3801.00
2025	3804.00
2026	3807.00
2027	3810.00
2028	3813.00
2029	3816.00
2030	3819.00
2031	3822.00
2032	3825.00
2033	3828.00
2034	3831.00
2035	3834.00
2036	3837.00
2037	3840.00
2038	3843.00
2039	3846.00

Anexo 9: Resumen de cálculo de población futura.

RESUMEN DE CALCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA DEL PROYECTO.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

AÑO	LINEAL	GEOMÉTRICO	LOGARÍTMICO	WAPPUS	CURVA CREC.	PROMEDIO
2012	3765	3765	3765	3765	3765	3765
2013	3768	3768	3768	3768	3768	3768
2014	3771	3771	3771	3771	3771	3771
2015	3774	3774	3774	3774	3774	3774
2016	3777	3777	3777	3783	3777	3778
2017	3780	3780	3780	3786	3780	3781
2018	3783	3783	3783	3789	3783	3784
2019	3786	3786	3786	3792	3786	3787
2020	3789	3789	3789	3795	3789	3790
2021	3792	3792	3792	3798	3792	3793
2022	3795	3795	3795	3801	3795	3796
2023	3798	3798	3798	3804	3798	3799
2024	3801	3801	3801	3807	3801	3802
2025	3804	3804	3804	3810	3804	3805
2026	3807	3807	3807	3813	3807	3808
2027	3810	3810	3810	3816	3810	3811
2028	3813	3813	3813	3819	3813	3814
2029	3816	3816	3816	3822	3816	3817
2030	3819	3819	3819	3825	3819	3820
2031	3822	3822	3822	3828	3822	3823
2032	3825	3825	3825	3831	3825	3826
2033	3828	3828	3828	3835	3828	3829
2034	3831	3831	3832	3838	3831	3833
2035	3834	3835	3835	3841	3834	3836
2036	3837	3838	3838	3844	3837	3839
2037	3840	3841	3841	3847	3840	3842
2038	3843	3844	3844	3850	3843	3845
2039	3846	3847	3847	3853	3846	3848

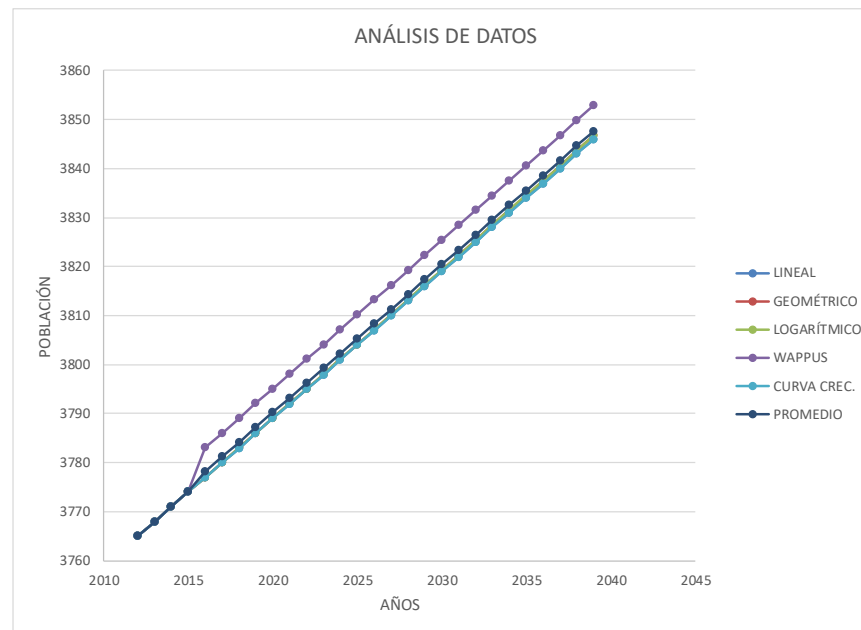
Resumen de Cálculos de población futura por diferentes métodos

Excluimos este cálculo dejando con el criterio de cada diseñador, de acuerdo al análisis del crecimiento de cada comunidad, de acuerdo al plano urbanístico y de expansión o ampliación, tomando en cuenta las características de condiciones climáticas del lugar, topografía y condiciones socioeconómicas. escoja el método apropiado para su estudio

Calculo de población futura

$$P_f = \frac{P_{lineal} + P_{geométrico} + P_{logarítmico}}{3}$$

Población futura = 3846 Habitantes



Anexo 10: Cálculo de demanda.

CÁLCULO DE DOTACIONES

NOTA: En la fase de diseño, una vez definida la configuración geométrica de la Red de Distribución de Agua se procede, a partir de la información del estudio de dotaciones y en base a la distribución de viviendas en m² o sector a atender, a realizar la repartición de las demandas medias que abastece cada tramo de la Red de Distribución de Agua en estudio

Es en los nodos de la Red de Distribución de Agua donde se concentrarán al final las demandas para poder realizar el cálculo hidráulico respectivo (determinación de presiones y caudales en tránsito).

En el plano a trabajar, (Nodos y Tuberías) de la Red de Distribución de Agua, se presenta, identificados con letras(manzanas) y números(lotes), los diferentes tipos de viviendas presentes en el urbanismo y para las cuales se han estimado las demandas medias presentadas en la siguiente tabla:

NODO	DEMANDA A (L/s)	COTA (msnm)
R1	0.000	3355.56
J2	#####	3327.05
J3	#####	3324.35
J4	#####	3319.88
J5	#####	3325.03
J6	#####	3325.90
J7	#####	3326.21
J8	#####	3307.08
J9	#####	3321.07
J10	#####	3312.32
J11	#####	3312.93
J12	#####	3312.69
J13	#####	3314.95
J14	#####	3315.29
J15	#####	3278.79
J16	#####	3280.82
J17	#####	3280.88
J18	#####	3297.96
J19	#####	3299.22
J20	#####	3308.22
J21	#####	3308.42
J22	#####	3303.16
J23	#####	3303.00
J24	#####	3303.20
J25	#####	3302.55
J26	#####	3299.73
J27	#####	3302.33
J28	#####	3284.89
J29	#####	3287.86
J30	#####	3295.55
J31	#####	3282.59
J32	0.127	3292.35
J33	#####	3295.68
J34	#####	3296.49
J35	#####	3299.24
J36	#####	3299.36
J37	#####	3296.72
J38	0.014	3296.55
J39	#####	3296.73
J40	#####	3293.37
J41	#####	3295.79
J42	#####	3293.02
J43	0.139	3282.56
J44	0.257	3281.09
J45	0.257	3293.08
J46	0.257	3279.80
J47	0.257	3281.53
J48	0.257	3282.62
J49	0.257	3292.17
J50	0.257	3291.94
J51	0.257	3291.22
J52	0.257	3282.08
J53	0.257	3278.88
	#####	

Área total del lote en m ²	Dotación L/d
Hasta 200	1500
201 a 300	1700
301 a 400	1900
401 a 500	2100
501 a 600	2200
601 a 700	2300
701 a 800	2400
801 a 900	2500
901 a 1000	2600
1001 a 1200	2800
1201 a 1400	3000
1401 a 1700	3400
1701 a 2000	3800
2001 a 2500	4500
2501 a 3000	5000
Mayores de 3000	5000 más 100 L/d por cada 100 m ² de superficie adicional.

Diámetro	D. Interior	Espesor (In)
1	28.48	0.09
1.1/2	43.68	0.09
2	54.58	0.11
3	82.04	0.17
4	105.52	0.21

	TUBERÍA		DIÁMETRO (In)					D. Interior (mm)	LONGITUD (m)
	INICIO	FIN	1	1.5	2	3	DIÁMETRO		
P-1	T-1	J-2				3	3	82.04	278.44
P-2	J-2	J-3				3	3	82.04	125.82
P-3	J-3	J-4				3	3	82.04	122.47
P-4	J-4	J-5				3	3	82.04	64.04
P-5	J-5	J-6				3	3	82.04	68.96
P-6	J-6	J-7	1				1	28.48	12.43
P-7	J-15	J-16	1				1	28.48	11.81
P-8	J-16	J-8				3	3	82.04	169.60
P-9	J-8	J-9				3	3	82.04	154.70
P-10	J-9	J-10	1				1	28.48	126.58
P-11	J-10	J-11	1				1	28.48	4.78
P-12	J-11	J-12	1				1	28.48	117.57
P-13	J-12	J-13	1				1	28.48	63.64
P-14	J-17	J-18	1				1	28.04	102.43
P-15	J-18	J-20	1				1	28.48	61.52
P-16	J-20	J-21	1				1	28.48	89.30
P-17	J-21	J-22		1.5			1.5	43.68	124.76
P-18	J-22	J-23		1.5			1.5	43.68	118.59
P-19	J-23	J-24	1				1	28.48	2.36
P-20	J-24	J-25	1				1	28.48	66.60
P-21	J-26	J-27		1.5			1.5	43.58	56.01
P-22	J-34	J-35	1				1	28.48	214.07
P-23	J-35	J-36	1				1	28.48	117.29
P-24	J-28	J-29	1				1	28.48	11.21
P-25	J-29	J-30	1				2	54.58	209.64
P-26	J-30	J-32		1.5			1.5	43.58	70.43
P-27	J-32	J-33			2		2	54.58	63.17
P-28	J-33	J-37	1				1	28.48	117.38
P-29	J-37	J-38		1.5			1.5	43.68	3.44
P-30	J-38	J-39		1.5			1.5	43.68	56.85
P-31	J-40	J-43	1				1	28.48	130.11
P-32	J-43	J-44	1				1	28.48	14.44
P-33	J-31	J-32	1				1	28.48	69.81
P-34	J-45	J-49	1				1	28.48	119.10
P-35	J-49	J-50	1				1	28.48	58.56
P-36	J-50	J-51	1				1	28.48	27.40
P-37	J-47	J-48	1				1	28.48	100.40
P-38	J-48	J-52	1				1	28.48	143.16
P-39	J-52	J-53	1				1	28.48	16.26
P-40	J-2	J-9				3	3	82.04	72.82
P-41	J-9	J-21			2		2	54.58	128.95
P-42	J-16	J-17				3	3	82.04	61.64
P-43	J-17	J-29			2		2	54.58	140.36
P-44	J-18	J-19	1				1	28.48	75.95
P-45	J-8	J-20	1				1	28.48	134.81
P-46	J-3	J-11		1.5			1.5	43.68	66.35
P-47	J-10	J-22	1				1	28.48	123.39
P-48	J-22	J-35	1				1	28.48	59.96
P-49	J-35	J-33	1				1	28.48	56.74
P-50	J-33	J-45		1.5			1.5	43.58	35.31
P-51	J-45	J-47	1				1	28.48	76.82
P-52	J-47	J-46	1				1	28.48	10.56
P-53	J-4	J-12		1.5			1.5	43.68	57.80
P-54	J-12	J-24	1				1	28.48	121.34
P-55	J-23	J-36	1				1	28.48	64.12
P-56	J-36	J-37		1.5			1.5	43.58	50.17
P-57	J-38	J-49	1				1	28.48	84.80
P-58	J-49	J-48	1				1	28.48	71.36
P-59	J-39	J-50	1				1	28.48	87.78
P-60	J-40	J-52	1				1	28.48	174.05
P-61	J-26	J-41			2		2	54.58	67.81
P-62	J-41	J-40		1.5			1.5	43.58	50.17
P-63	J-27	J-42	1				1	28.48	78.34
P-64	J-42	J-43	1				1	28.48	56.62
P-65	J-41	J-42	1				1	28.48	96.53
P-66	J-5	J-13		1.5			1.5	43.68	64.98
P-67	J-13	J-25		1.5			1.5	43.58	115.37
P-68	J-6	J-14			2		2	54.58	73.54
P-69	J-14	J-26			2		2	54.58	122.79

Diámetro Nominal		Referencia	Peso	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Promedio
mm	pułg.			mm	pułg.	mm	pułg.	
21	1/2	2900266	218	21.34	0.84	2.37	0.09	16.60
26	3/4	2900210	304	26.67	1.05	2.43	0.09	21.81
21	1/2	2902440	157	21.34	0.84	1.58	0.06	18.18
33	1	2900213	364	33.40	1.31	2.46	0.09	28.48
26	3/4	2900237	189	26.7	1.05	1.52	0.06	23.63
33	1	2900220	252	33.4	1.31	1.60	0.06	30.20
42	1,1/4	2900225	395	42.2	1.66	2.01	0.08	38.14
48	1,1/2	2902450	514	48.3	1.90	2.29	0.09	43.68
60	2	2902453	811	60.3	2.37	2.87	0.11	54.58
73	2,1/2	2900230	1185	73.0	2.87	3.48	0.14	66.07
88	3	2900233	1761	88.9	3.50	4.24	0.17	80.42
114	4	2900240	2904	114.3	4.50	5.44	0.21	103.42
168	6	2904616	5835	168.3	6.62	8.03	0.32	152.22
60	2	2900246	655	60.3	2.37	2.31	0.09	55.70
73	2,1/2	2900248	964	73.0	2.87	2.79	0.11	67.45
88	3	2900251	1438	88.9	3.50	3.43	0.13	82.04
114	4	2900254	2376	114.3	4.50	4.39	0.17	105.52
168	6	2904617	4759	168.3	6.62	6.48	0.25	155.32
88	3	2900256	1157	88.9	3.50	2.74	0.11	83.42
114	4	2900258	1904	114.3	4.50	3.51	0.14	107.28

ELEVACIÓN BASE	3355.56
ELEVACIÓN MÍNIMA	3357.06
ELEVACIÓN INICIAL	3358.56
ELEVACIÓN MÁXIMA	3361.56

MANZANA	LOTE	ÁREA	DOTACION
A	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	200.00 m2	1500 L/d
	3	200.00 m2	1500 L/d
	4	200.00 m2	1500 L/d
	5	345.90 m2	1900 L/d
	6	200.00 m2	1500 L/d
	7	200.00 m2	1500 L/d
	8	200.00 m2	1500 L/d
	9	200.00 m2	1500 L/d
B	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	200.00 m2	1500 L/d
	3	200.00 m2	1500 L/d
	4	200.00 m2	1500 L/d
	5	200.00 m2	1500 L/d
	6	200.00 m2	1500 L/d
	7	200.00 m2	1500 L/d
	8	200.00 m2	1500 L/d
C	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	200.00 m2	1500 L/d
	3	200.00 m2	1500 L/d
	4	200.00 m2	1500 L/d
	5	200.00 m2	1500 L/d
	6	200.00 m2	1500 L/d
	7	200.00 m2	1500 L/d
	8	200.00 m2	1500 L/d
	9	200.00 m2	1500 L/d
	10	200.00 m2	1500 L/d
	11	200.00 m2	1500 L/d
	12	200.00 m2	1500 L/d
	13	200.00 m2	1500 L/d
	14	200.00 m2	1500 L/d
	15	200.00 m2	1500 L/d
	16	200.00 m2	1500 L/d
D	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	200.00 m2	1500 L/d
	3	200.00 m2	1500 L/d
	4	200.00 m2	1500 L/d
	5	200.00 m2	1500 L/d
	6	200.00 m2	1500 L/d
	7	200.00 m2	1500 L/d
	8	200.00 m2	1500 L/d
E	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	200.00 m2	1500 L/d
	3	200.00 m2	1500 L/d
	4	200.00 m2	1500 L/d
	5	200.00 m2	1500 L/d
	6	200.00 m2	1500 L/d
	7	200.00 m2	1500 L/d
	8	200.00 m2	1500 L/d
F	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	200.00 m2	1500 L/d
	3	200.00 m2	1500 L/d
	4	200.00 m2	1500 L/d
	5	157.48 m2	1500 L/d
	6	157.80 m2	1500 L/d
	7	194.12 m2	1500 L/d
	8	212.44 m2	1700 L/d
G	1	200.00 m2	1500 L/d
	2	162.54 m2	1500 L/d
	3	149.46 m2	1500 L/d
	4	213.00 m2	1700 L/d
	5	200.00 m2	1500 L/d
	6	200.00 m2	1500 L/d
	7	200.00 m2	1500 L/d

DETERMINACION DE LA DEMANDA EN CADA TUBERIA								
DIAMETRO (In)	TRAMO	VIVIENDAS	DEMANDA (L/d)	DEMANDA (L/s)	DEMANDA TOTAL (L/s)			
4	R1-J1	--	0	0	0.000			
4	J1-J42	--	0	0	0.000			
3	J2-J3	C2	1500	0.017	0.139			
		C3	1500	0.017				
		C4	1500	0.017				
		C5	1500	0.017				
		C6	1500	0.017				
		C7	1500	0.017				
		C8	1500	0.017				
		C9	1500	0.017				
		3	J3-J4	--		0	0	0.000
3	J4-J5	--	0	0	0.000			
3	J5-J6	--	0	0	0.000			
2	J6-J7	F5	1500.00	0.017	0.072			
		F6	1500.00	0.017				
		F7	1500.00	0.017				
		F8	1700.00	0.020				
2	J7-J11	G2	1500	0.017	0.035			
		G3	1500	0.017				
3	J5-J8	E5	1500	0.017	0.139			
		E6	1500	0.017				
		E7	1500	0.017				
		E8	1500	0.017				
		F1	1500	0.017				
		F2	1500	0.017				
		F3	1500	0.017				
		F4	1500	0.017				
		3	J8-J12	G1		1500	0.017	0.176
				G4		1700	0.020	
G5	1500			0.017				
G6	1500			0.017				
G7	1500			0.017				
H2	1500			0.017				
H3	1500			0.017				
H4	1500			0.017				
H5	1500			0.017				
H6	1500			0.017				
3	J4-J9	D5	1500	0.017	0.139			
		D6	1500	0.017				
		D7	1500	0.017				
		D8	1500	0.017				
		E1	1500	0.017				
		E2	1500	0.017				
		E3	1500	0.017				
		E4	1500	0.017				
2	J9-J13	H1	1500	0.017	0.087			
		H7	1500	0.017				
		H8	1500	0.017				
		H9	1500	0.017				
		H10	1500	0.017				
3	J3-J10	D1	1500	0.017	0.069			
		D2	1500	0.017				
		D3	1500	0.017				
		D4	1500	0.017				
3	J10-J14	J1	2800	0.032	0.112			
		J2	2400	0.028				
		PARQUE A	4500	0.052				
3	J12-J14	I3	1700	0.020	0.079			
		I4	1700	0.020				
		I5	1700	0.020				
		I6	1700	0.020				

H	1	200.00	m2	1500	L/d	3	J14-J15	I1	1700	0.020	0.039				
	2	200.00	m2	1500	L/d			I2	1700	0.020					
	3	200.00	m2	1500	L/d		3	J2-J16	B5	1500		0.017	0.069		
	4	200.00	m2	1500	L/d				B6	1500		0.017			
	5	200.00	m2	1500	L/d				B7	1500		0.017			
	6	200.00	m2	1500	L/d				B8	1500		0.017			
	7	200.00	m2	1500	L/d		3	J10-J16	C1	1500		0.017	0.139		
	8	200.00	m2	1500	L/d				C10	1500		0.017			
	9	200.00	m2	1500	L/d				C11	1500		0.017			
	10	200.00	m2	1500	L/d				C12	1500		0.017			
	I	1	285.36	m2	1700				L/d	C13		1500		0.017	0.087
		2	220.00	m2	1700				L/d	C14		1500		0.017	
3		255.89	m2	1700	L/d	C15			1500	0.017					
4		269.95	m2	1700	L/d	C16			1500	0.017					
5		217.11	m2	1700	L/d	3	J16-J17	M2	1500	0.017	0.139				
6		249.41	m2	1700	L/d			M3	1500	0.017					
J	1	1200.00	m2	2800	L/d	M4	1500	0.017	0.087						
	2	800.00	m2	2400	L/d	M5	1500	0.017							
K	1	200.00	m2	1500	L/d	M6	1500	0.017	0.139						
	2	200.00	m2	1500	L/d	K1	1500	0.017							
	3	200.00	m2	1500	L/d	K2	1500	0.017							
	4	200.00	m2	1500	L/d	K3	1500	0.017							
	5	200.00	m2	1500	L/d	3	J14-J17	K4		1500	0.017	0.139			
	6	200.00	m2	1500	L/d			K5		1500	0.017				
	7	200.00	m2	1500	L/d			K6		1500	0.017				
	8	200.00	m2	1500	L/d			K7		1500	0.017				
	9	289.54	m2	1700	L/d			K8		1500	0.017				
	10	231.40	m2	1700	L/d			L2		1500	0.017		0.069		
	11	262.10	m2	1700	L/d			L3		1500	0.017				
	12	142.56	m2	1500	L/d			L4		1500	0.017				
L	1	200.00	m2	1500	L/d	L5	1500	0.017	0.076						
	2	200.00	m2	1500	L/d	2	J17-J18	K9		1700	0.020				
	3	200.00	m2	1500	L/d			K10		1700	0.020				
	4	200.00	m2	1500	L/d	K11	1700	0.020							
	5	200.00	m2	1500	L/d	2	J15-J18	K12		1500	0.017				
	6	200.00	m2	1500	L/d			A6		1500	0.017				
	7	200.00	m2	1500	L/d	A7	1500	0.017		0.139					
	8	200.00	m2	1500	L/d	A8	1500	0.017							
M	1	200.00	m2	1500	L/d	A9	1500	0.017							
	2	200.00	m2	1500	L/d	B1	1500	0.017							
	3	200.00	m2	1500	L/d	B2	1500	0.017							
	4	200.00	m2	1500	L/d	B3	1500	0.017							
	5	200.00	m2	1500	L/d	B4	1500	0.017							
	6	200.00	m2	1500	L/d	3	J42-J19	M1	1500		0.017	0.174			
	7	200.00	m2	1500	L/d			M7	1500	0.017					
	8	200.00	m2	1500	L/d			M8	1500	0.017					
	9	200.00	m2	1500	L/d			M9	1500	0.017					
	10	200.00	m2	1500	L/d			M10	1500	0.017					
Ñ	1	200.00	m2	1500	L/d			N2	1500	0.017					
	2	200.00	m2	1500	L/d	N3	1500	0.017							
	3	200.00	m2	1500	L/d	N4	1500	0.017							
	4	200.00	m2	1500	L/d	N5	1500	0.017							
	5	200.00	m2	1500	L/d	N6	1500	0.017							
	6	200.00	m2	1500	L/d	2	J20-J21	L1	1500	0.017	0.139				
7	200.00	m2	1500	L/d	L6			1500	0.017						
8	200.00	m2	1500	L/d	L7			1500	0.017						
N	1	200.00	m2	1500	L/d			L8	1500	0.017					
	2	200.00	m2	1500	L/d			N2	1500	0.017					
	3	200.00	m2	1500	L/d	N3	1500	0.017							
	4	200.00	m2	1500	L/d	N4	1500	0.017							
	5	200.00	m2	1500	L/d	N5	1500	0.017							
	6	200.00	m2	1500	L/d	3	J1-J25	A5	1900	0.022	0.022				
	7	200.00	m2	1500	L/d			A1	1500	0.017					
	8	200.00	m2	1500	L/d	A2	1500	0.017	0.069						
	9	200.00	m2	1500	L/d	A3	1500	0.017							
	10	200.00	m2	1500	L/d	A4	1500	0.017							
O	1	1726.80	m2	26000	L/d	3	J19-J24	--	0	0	0.000				
	2	193.59	m2	1500	L/d			N1	1500	0.017					
	3	180.78	m2	1500	L/d	N7	1500	0.017	0.156						
	4	200.00	m2	1500	L/d	N8	1500	0.017							
	5	184.85	m2	1500	L/d	N9	1500	0.017							
	6	184.85	m2	1500	L/d	N10	1500	0.017							
	7	200.00	m2	1500	L/d	P2	1500	0.017							
	8	200.00	m2	1500	L/d	P3	1500	0.017							
P	1	202.66	m2	1700	L/d	P4	1500	0.017		0.000					
	2	200.00	m2	1500	L/d	P5	1500	0.017							
	3	200.00	m2	1500	L/d	3	J24-J26	--	--		--	0.000			
	4	200.00	m2	1500	L/d			N1	1500		0.017				
	5	200.00	m2	1500	L/d			N6	1500		0.017				
	6	200.00	m2	1500	L/d	2	J22-J23	N7	1500	0.017	0.069				
	7	200.00	m2	1500	L/d			N8	1500	0.017					
	8	200.00	m2	1500	L/d			O	26000	0.301		0.301			
	9	196.45	m2	1500	L/d	2	J26-J27	P1	1500	0.017	0.069				
	10	169.06	m2	1500	L/d			P6	1500	0.017					
	11	183.44	m2	1500	L/d	P7	1500	0.017							
	12	204.56	m2	1700	L/d	P8	1500	0.017							
Q	1	203.69	m2	1700	L/d	2	J25-J32	COLEGIO	11000	0.127	0.127				
	2	203.69	m2	1700	L/d										

R	1	208.28	m2	1700	L/d
	2	206.68	m2	1700	L/d
	3	205.06	m2	1700	L/d
	4	203.44	m2	1700	L/d
	5	201.84	m2	1700	L/d
	6	200.23	m2	1500	L/d
	7	204.59	m2	1700	L/d
	8	211.27	m2	1700	L/d
	9	200.23	m2	1700	L/d
	10	201.83	m2	1700	L/d
	11	203.44	m2	1700	L/d
	12	205.10	m2	1700	L/d
	13	206.70	m2	1700	L/d
	14	208.25	m2	1700	L/d
S	1	181.26	m2	1500	L/d
	2	145.22	m2	1500	L/d
	3	137.23	m2	1500	L/d
	4	135.85	m2	1500	L/d
	5	134.47	m2	1500	L/d
	6	133.10	m2	1500	L/d
	7	131.35	m2	1500	L/d
	8	131.04	m2	1500	L/d
	9	131.06	m2	1500	L/d
	10	131.06	m2	1500	L/d
	11	131.06	m2	1500	L/d
T	12	131.06	m2	1500	L/d
	13	148.55	m2	1500	L/d
	14	167.97	m2	1500	L/d
	15	158.18	m2	1500	L/d
	1	200.00	m2	1500	L/d
	2	200.00	m2	1500	L/d
	3	200.00	m2	1500	L/d
	4	200.00	m2	1500	L/d
	5	200.00	m2	1500	L/d
	6	200.00	m2	1500	L/d
	7	200.00	m2	1500	L/d
	8	200.00	m2	1500	L/d
	9	200.00	m2	1500	L/d
	10	200.00	m2	1500	L/d
	11	200.00	m2	1500	L/d
	12	200.00	m2	1500	L/d
13	200.00	m2	1500	L/d	
14	200.00	m2	1500	L/d	
15	200.00	m2	1500	L/d	
16	200.00	m2	1500	L/d	
U	1	331.99	m2	1900	L/d
	2	400.00	m2	1900	L/d
	3	400.00	m2	1900	L/d
	4	383.40	m2	1900	L/d
	5	383.40	m2	1900	L/d
	6	400.00	m2	1900	L/d
	7	400.00	m2	1900	L/d
	8	318.67	m2	1900	L/d
V	1	531.65	m2	2200	L/d
	2	450.00	m2	2100	L/d
	3	450.00	m2	2100	L/d
	4	450.00	m2	2100	L/d
	5	450.00	m2	2100	L/d
	6	450.00	m2	2100	L/d
	7	450.00	m2	2100	L/d
	8	450.00	m2	2100	L/d
	9	450.00	m2	2100	L/d
	10	502.05	m2	2200	L/d
W	1	539.26	m2	2200	L/d
	2	553.96	m2	2200	L/d
	3	581.94	m2	2200	L/d
	4	642.61	m2	2300	L/d
	5	707.64	m2	2400	L/d

COLEGIO	9651.19	m2	11000	L/d
PARQUE (A)	2200.00	m2	4500	L/d
PARQUE (B)	977.82	m2	2600	L/d
ESTADIO	10383.62	m2	1200	L/d

3	J26-J31	R1	1700	0.020	0.135
		R2	1700	0.020	
		R3	1700	0.020	
		R4	1700	0.020	
		R5	1700	0.020	
		R6	1500	0.017	
		R7	1700	0.020	
3	J27-J30	Q2	1500	0.017	0.207
		Q3	1500	0.017	
		Q4	1500	0.017	
		Q5	1500	0.017	
		R8	1700	0.020	
		R9	1700	0.020	
		R10	1700	0.020	
		R11	1700	0.020	
		R12	1700	0.020	
		R13	1700	0.020	
		R14	1700	0.020	
		Q1	1700	0.020	
		Q11	1700	0.020	
		Q12	1700	0.020	
3	J29-J30	Q6	1500	0.017	0.059
		Q7	1500	0.017	
2	J28-J29	Q8	1500	0.017	0.087
		Q9	1500	0.017	
		Q10	1500	0.017	
3	J31-J34	S1	1500	0.017	0.122
		S2	1500	0.017	
		S3	1500	0.017	
		S4	1500	0.017	
		S5	1500	0.017	
		S6	1500	0.017	
		S7	1500	0.017	
3	J30-J33	S8	1500	0.017	0.134
		S9	1500	0.017	
		S10	1500	0.017	
		S11	1500	0.017	
		S12	1500	0.017	
		S13	1500	0.017	
	PARQUE B	2600	0.030		
2	J33-J34	S1	1500	0.017	0.052
		S14	1500	0.017	
		S15	1500	0.017	
3	J34-J36	T1	1500	0.017	0.139
		T2	1500	0.017	
		T3	1500	0.017	
		T4	1500	0.017	
		T5	1500	0.017	
		T6	1500	0.017	
		T7	1500	0.017	
		T8	1500	0.017	
3	J33-J35	T9	1500	0.017	0.139
		T10	1500	0.017	
		T11	1500	0.017	
		T12	1500	0.017	
		T13	1500	0.017	
		T14	1500	0.017	
		T15	1500	0.017	
		T16	1500	0.017	
2	J35-J41	U5	1900	0.022	0.088
		U6	1900	0.022	
		U7	1900	0.022	
		U8	1900	0.022	
2	J36-J40	U1	1900	0.022	0.211
		U2	1900	0.022	
		U3	1900	0.022	
		U4	1900	0.022	
		V6	2100	0.024	
		V7	2100	0.024	
		V8	2100	0.024	
		V9	2100	0.024	
		V10	2200	0.025	
3	J36-J37	--		0.000	0.000
2	J37-J39	V1	2200	0.025	0.253
		V2	2100	0.024	
		V3	2100	0.024	
		V4	2100	0.024	
		V5	2100	0.024	
		W1	2200	0.025	
		W2	2200	0.025	
		W3	2200	0.025	
		W4	2300	0.027	
		W5	2400	0.028	
3	J37-J38	ESTADIO	1200	0.014	0.014
3	J42-J2	--	0	0	0.000

TOTAL(L/s): 4.572

DETERMINACION DE LA DEMANDA EN CADA NODO				
NODO	TRAMOS CONCURRENTES		DEMANDA (L/s)	DEMANDA TOTAL (L/s)
J1	R1-J1	P1	0.000	0.0220 L/s
	J1-J25	P26	0.022	
	J1-J42	P49	0.000	
J2	J42-J2	P2	0.000	0.208 L/s
	J2-J3	P3	0.139	
	J2-J16	P20	0.069	
J3	J2-J3	P3	0.139	0.208 L/s
	J3-J4	P4	0.000	
	J3-J10	P13	0.069	
J4	J3-J4	P4	0.000	0.139 L/s
	J4-J5	P5	0.000	
	J4-J9	P11	0.139	
J5	J4-J5	P5	0.000	0.139 L/s
	J5-J6	P6	0.000	
	J5-J8	P9	0.139	
J6	J5-J6	P6	0.000	0.072 L/s
	J6-J7	P7	0.072	
J7	J6-J7	P7	0.072	
	J7-J11	P8	0.035	
J8	J5-J8	P9	0.139	0.315 L/s
	J8-J12	P10	0.176	
J9	J4-J9	P11	0.139	
	J9-J13	P12	0.087	
J10	J3-J10	P13	0.069	0.321 L/s
	J10-J14	P14	0.112	
	J10-J16	P17	0.139	
J11	J7-J11	P8	0.035	0.035 L/s
J12	J8-J12	P10	0.176	0.255 L/s
	J12-J14	P16	0.079	
J13	J9-J13	P12	0.087	
J14	J10-J14	P14	0.112	0.369 L/s
	J12-J14	P16	0.079	
	J14-J15	P15	0.039	
	J14-J17	P18	0.139	
J15	J14-J15	P15	0.039	0.116 L/s
	J15-J18	P19	0.076	
J16	J2-J16	P20	0.069	
	J10-J16	P17	0.139	
	J16-J17	P21	0.087	
J17	J14-J17	P18	0.139	0.295 L/s
	J16-J17	P21	0.087	
	J17-J18	P22	0.069	
J18	J15-J18	P19	0.076	0.146 L/s
	J17-J18	P22	0.069	
J19	J42-J19	P23	0.139	
	J19-J20	P24	0.174	
	J19-J24	P27	0.000	
J20	J19-J20	P24	0.174	0.313 L/s
	J20-J21	P25	0.139	
J21	J20-J21	P25	0.139	
J22	J22-J23	P30	0.069	0.069 L/s
J23	J22-J23	P30	0.156	0.613 L/s
	J23-J24	P29	0.156	
	J23-J27	P33	0.301	
J24	J19-J24	P27	0.000	0.226 L/s
	J23-J24	P29	0.156	
	J24-J25	P28	0.069	
	J24-J26	P32	0.000	
J25	J1-J25	P26	0.022	0.219 L/s
	J24-J25	P28	0.069	
	J25-J32	P31	0.127	
J26	J24-J26	P32	0.000	0.205 L/s
	J26-J27	P34	0.069	
	J26-J31	P35	0.135	
J27	J23-J27	P33	0.301	0.578 L/s
	J26-J27	P34	0.069	
	J27-J30	P36	0.207	
J28	J28-J29	P37	0.087	0.087 L/s
J29	J28-J29	P37	0.087	0.146 L/s
	J29-J30	P38	0.059	
J30	J27-J30	P36	0.207	
	J29-J30	P38	0.059	
	J30-J33	P40	0.134	
J31	J26-J31	P35	0.135	0.257 L/s
	J31-J34	P39	0.122	
J32	J25-J32	P31	0.127	
J33	J30-J33	P40	0.134	0.325 L/s
	J33-J34	P41	0.052	
	J33-J35	P43	0.139	
J34	J31-J34	P39	0.122	0.313 L/s
	J33-J34	P41	0.052	
	J34-J36	P42	0.139	
J35	J33-J35	P43	0.139	0.227 L/s
	J35-J41	P48	0.088	
J36	J34-J36	P42	0.139	0.350 L/s
	J36-J37	P44	0.000	
	J36-J40	P47	0.211	
J37	J36-J37	P44	0.000	0.267 L/s
	J37-J38	P45	0.014	
	J37-J39	P46	0.253	
J38	J37-J38	P45	0.014	0.014 L/s
J39	J37-J39	P46	0.253	0.253 L/s
J40	J36-J40	P47	0.211	0.211 L/s
J41	J35-J41	P48	0.088	0.088 L/s
J42	J42-J19	P23	0.139	0.139 L/s

Anexo 11: Memoria de cálculo de población.

MEMORIA DE CÁLCULO DE POBLACIÓN

PROYECTO : EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
REGIÓN : ANCASH
DISTRITO : PISCOBAMBA
PROVINCIA : MARISCAL LUZURIAGA

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

POBLACIÓN	N° HAB X VI	FUENTE	N° VIVIENDAS
PISCOBAMBA	7.0	PROPIA	321
TOTAL	7.0	Habitantes	#¿NOMBRE?

Población 2015 : 3774.00 habitantes

A.- CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

El método más utilizado para el cálculo de la población futura en las zonas rurales es el analítico y con mas frecuencia el de crecimiento aritmético. Para lo cual se usa la siguiente expresión.

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{rt}{100} \right)$$

Donde: Pf = Población futura
 Pa = Población actual
 r = Coeficiente de crecimiento anual por cien hab.
 t = Tiempo en años (periodo de diseño)

A.1.- PERIODO DE DISEÑO KI

Es el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la insistencia física de las instalaciones.

v Periodo de diseño recomendado para poblaciones rurales	
COMPONENTE	PERIODO DE DISEÑO
Obras de captación	20 años
Conducción	10 a 20 años
Reservorio	20 años
Red principal	20 años
Red secundaria	10 años

CUADRO 01.02 Periodo de diseño recomendado según la población	
POBLACIÓN	PERIODO DE DISEÑO
2,000 - 20,000	15 años
Mas de 20,000	10 años

Nota.- Para proyectos de agua potable en el medio rural las Normas del Ministerio de Salud recomienda un periodo de diseño de 20 años para todo los componentes

De la consideración anterior se asume el periodo de diseño:

t = 20 años

A.2.- COEFICIENTE DE CRECIMIENTO ANUAL (r)

NOTA : Según el perfil aprobado adopta una tasa de crecimiento poblacional de 2.00 %, Siendo este dato utilizado

Coeficiente "r" según INEI 2007

r = 2.10 %

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{rt}{100} \right)$$

$$P_f = P_{actual} \left(1 + \frac{r}{100} \right)^t$$



P 2015 = 3774 hab.

P 2035 = 5719 hab.

B.- CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA

B.1.- DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN

Mientras no exista un estudio de consumo, podrá tomarse los siguientes valores guías, teniendo en cuenta la zona geográfica, clima, hábitos y costumbres, y niveles de servicio a alcanzar

Para centros poblados sin proyección de servicios de alcantarillado	
REGIÓN	DOTACIÓN (l/hab/día)
COSTA	50
SIERRA	40
SELVA	60

Para centros poblados con proyección de servicios de alcantarillado	
REGIÓN	DOTACIÓN (l/hab/día)
COSTA	180
SIERRA	120
SELVA	170

También: Para sistemas de abastecimiento Indirecto (Piletas Públicas):

$$D = 30 - 50 \text{ lt / hab. / día}$$

Demanda de dotación asumido:



$$D = 180 \text{ (l/hab/día)}$$

B.2.- VARIACIONES PERIÓDICAS

CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL (Qm)

Se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, y se determina mediante la expresión:

$$Q_m = \frac{P_f \cdot D}{86400}$$

Donde: Q_m = Consumo promedio diario (l / s)
 P_f = Población futura
 D = Dotación (l / hab / día)

$$Q_m = \frac{P_f \cdot D}{86400} \Rightarrow Q_m = 11.91 \text{ (l / s)}$$

CONSUMO MÁXIMO DIARIO (Qmd) Y HORARIO (Qmh)

Se definen como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año, y la hora de máximo consumo del día de máximo consumo respectivamente.

$$Q_{md} = k_1 Q_m; Q_{mh} = k_2 Q_m$$

Donde:
 Q_m = Consumo promedio diario (l / s)
 Q_{md} = Consumo máximo diario (l / s)
 Q_{mh} = Consumo máximo horario (l / s)
 K_1, K_2 = Coeficientes de variación

El valor de K_1 para pob. rurales varia entre 1.2 y 1.5; y los valores de k_2 varían desde 1 hasta 4. (dependiendo de la población de diseño y de la región)

Valores recomendados y mas utilizados son:

$$K_1 = 1.3$$

$$K_2 = 1.9$$

$$Q_{md} = k_1 Q_m \Rightarrow Q_{md} = 15.48 \text{ (l / s) Demanda de agua}$$

$$Q_{mh} = k_2 Q_m \Rightarrow Q_{mh} = 23.05 \text{ (l / s)}$$

DEMANDA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

CÁLCULOS JUSTIFICATORIOS PARA EL RESERVORIO

PROYECTO:

EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

$$\mathbf{Valm = Vr + VR + Vci}$$

Donde:

Valm = Volumen de Almacenamiento

Vr = Volumen de Regulación

$$Vr = Qmd \times 0.25 \times 86.40$$

VR = Volumen de Reserva

$$VR = Qmd \times 0.05 \times 86.4$$

Entonces:

Vr : 334.43 M3

VR: 66.89 M3

Vci: 30.00 M3

V alma : ##### M3 ##### M3

VOLUMEN DEL RESERVORIO (Vr)

$$V_{reservorio} = Qm(25 - 30)\%$$

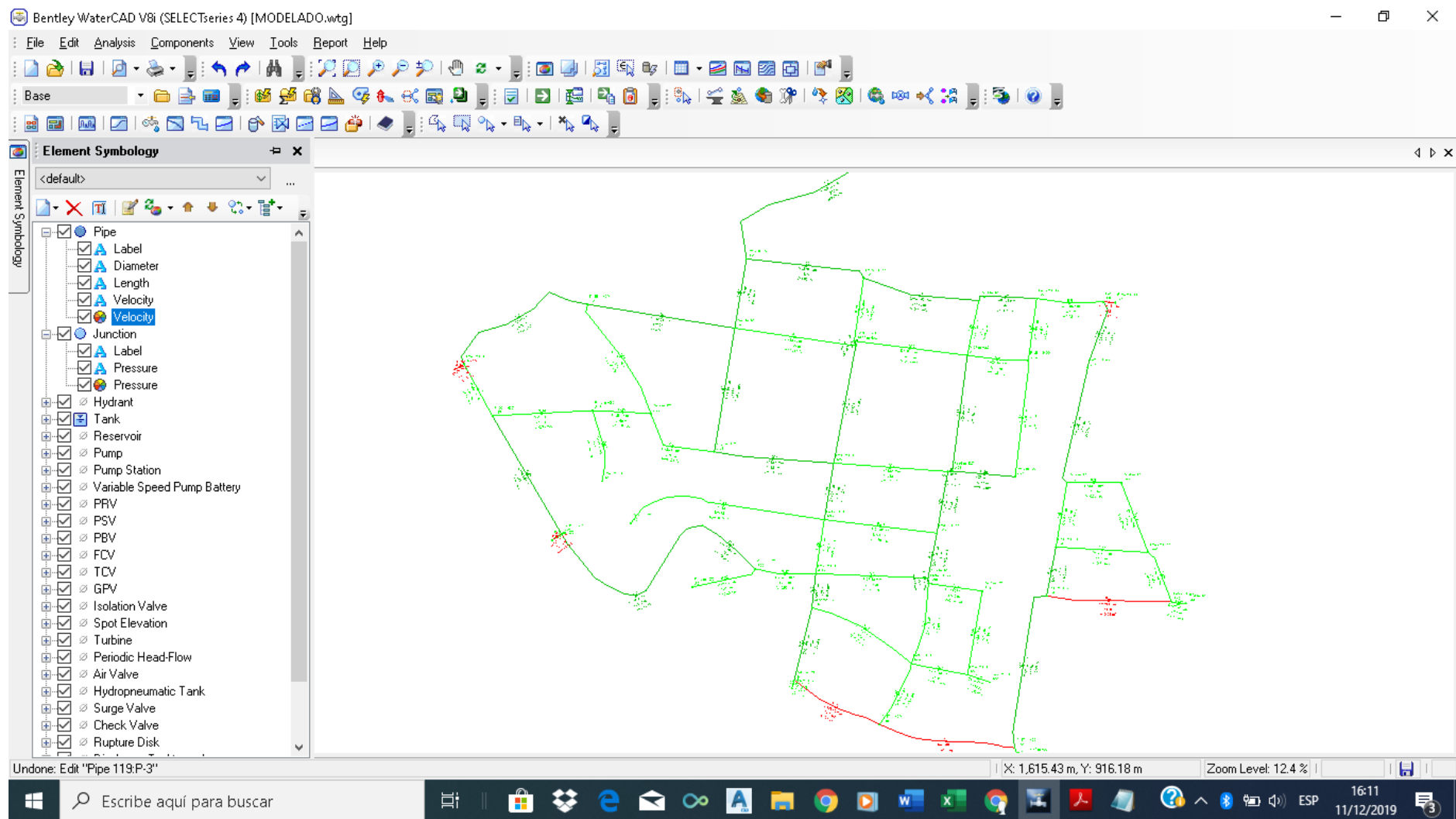
$$Vr = 0.25 * Qmd * \frac{86400}{1000}$$

Vr : 361.19 M3

*) El caudal fue aforado en época de estiaje

**) El caudal que se requiere captar es el máximo diario, y éste es menor que el caudal aforado
Por lo tanto el caudal que ofrece el manantial es suficiente

Anexo 12: Ilustración de modelación en WaterCAD.



Anexo 13: Imágenes fotográficas de trabajo en campo



Fotografía 01: Levantamiento topográfico mediante la ayuda de estación, exteriores del casco urbano



Fotografía 02: Levantamiento topográfico mediante la ayuda de estación, interior del casco urbano



*Fotografía 03:
Reservorio existente,
visita toma de datos*



*Fotografía 04:
Reservorio existente,
toma de datos
topográficos*



*Fotografía 05:
Levantamiento
topográfico mediante
la ayuda de estación,
tomando puntos en la
plaza principal*



*Fotografía 06:
Levantamiento
topográfico mediante
la ayuda de estación,
tomando puntos en la
exteriores de la
poblacion*



*Fotografía 07:
valvulas de control
del reservorio
existente*



Fotografía 08: Casco urbano, Ciudad de Piscobamba

CONSTANCIA DE REVISIÓN

Por medio de la presente dejo constancia que el **Sr. Miguel Grisel Vidal Valverde**, identificado con DNI N° 70223108 con código de alumno N° 6700265315 de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil, hizo los cálculos correspondientes en su proyecto de investigación titulada "**Evaluación del comportamiento hidráulico en redes de abastecimiento de agua potable por métodos convencionales en la ciudad de Piscobamba, Ancash -2019**" con el objetivo de evaluar el comportamiento hidráulico en redes de abastecimiento cerrado.

De este modo, doy credibilidad a: los cálculos, modelados y resultados de este último, mas no los resultados de la tesis ya que la revisión se enfocó a los procedimientos de cálculo y evaluación.

Lima, noviembre del 2019


.....
ERYK MÁRQUEZ REQUENA
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 95716

Firma del especialista