



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

### **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS NORMAS PERUANAS DE SANEAMIENTO Y EL MÉTODO DE SIMULTANEIDAD DE CAUDALES, PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DE REDES DEL SISTEMA CONDOMINIAL DE AGUA POTABLE**

#### **Línea de investigación:**

**Diseño urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y  
geotecnia**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Civil

#### **Autor:**

Usto Alvino, Álvaro

#### **Asesor:**

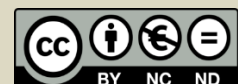
Pumaricra Padilla, Raúl Valentín  
(ORCID:0000-0002-7037-4396)

#### **Jurado:**

Jaramillo Tarazona, Francisco  
Roque García, Urrutia Olovarria  
Tello Malpartida, Omart Demetrio

**Lima - Perú**

**2023**



# ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS NORMAS PERUANAS DE SANEAMIENTO Y EL MÉTODO DE SIMULTANEIDAD DE CAUDALES, PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DE REDES DEL SISTEMA CONDOMINIAL DE AGUA POTABLE.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | <a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a><br>Fuente de Internet                   | 2% |
| 2 | <a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a><br>Fuente de Internet             | 2% |
| 3 | <a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | 2% |
| 4 | <a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a><br>Fuente de Internet                           | 1% |
| 5 | <a href="http://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a><br>Fuente de Internet                     | 1% |
| 6 | <a href="http://repositorio.udch.edu.pe">repositorio.udch.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | 1% |
| 7 | <a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a><br>Fuente de Internet                             | 1% |
| 8 | <a href="http://webturismo.lasalina.es">webturismo.lasalina.es</a><br>Fuente de Internet   | 1% |



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS NORMAS PERUANAS DE  
SANEAMIENTO Y EL MÉTODO DE SIMULTANEIDAD DE CAUDALES, PARA  
OPTIMIZAR EL DISEÑO DE REDES DEL SISTEMA CONDOMINIAL DE AGUA  
POTABLE.

### **Línea de Investigación:**

**Diseño urbano-rural, Catastro, Prevención de riesgos, Hidráulica y  
Geotecnia**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

### **Autor:**

Usto Alvino, Álvaro

### **Asesor**

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

(ORCID:0000-0002-7037-4396)

### **Jurado:**

Jaramillo Tarazona, Francisco

Roque García, Urrutia Olovarria

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Lima-Perú

**2023**

### **Dedicatoria**

A mis padres, por toda su confianza y motivación para poder seguir adelante en mi formación profesional. A Dios por brindarme las fuerzas para poder cumplir esta meta propuesta.

## INDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN.....                                     | 6  |
| ABSTRACT.....                                    | 7  |
| I. INTRODUCCION.....                             | 8  |
| 1.1.Trayectoria del autor .....                  | 8  |
| 1.2.Descripción de la empresa.....               | 9  |
| 1.3.Organigrama de la empresa.....               | 9  |
| 1.4.Áreas y funciones desempeñadas.....          | 9  |
| II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA..... | 10 |
| 2.1.Antecedentes.....                            | 10 |
| 2.2.Descripción del problema.....                | 11 |
| 2.3.Problema.....                                | 12 |
| 2.3.1. Problema principal.....                   | 12 |
| 2.3.2. Problemas secundarios.....                | 12 |
| 2.4.Justificación.....                           | 12 |
| 2.5.Objetivos.....                               | 13 |
| 2.5.1. Objetivo principal.....                   | 13 |
| 2.5.2. Objetivos específicos.....                | 13 |
| 2.6.Hipótesis.....                               | 13 |
| 2.6.1. Hipótesis general.....                    | 13 |
| 2.6.2. Hipótesis específicas.....                | 13 |
| 2.7.Variables.....                               | 14 |
| 2.7.1. Variables independientes.....             | 14 |
| 2.7.2. Variables dependientes.....               | 14 |
| 2.8.Marco teórico.....                           | 14 |
| 2.8.1. Bases teóricas.....                       | 14 |
| 2.8.1.1.Sistema de abastecimiento de agua.....   | 15 |
| 2.8.1.2.Componentes del sistema de agua.....     | 15 |
| 2.8.1.3.Población de diseño.....                 | 15 |
| 2.8.1.4.Dotación.....                            | 16 |
| 2.8.1.5.Caudal promedio.....                     | 17 |
| 2.8.1.6.Caudal máximo diario.....                | 17 |

|   |    |
|---|----|
| 2.8.1.7. Caudal máximo horario.....   | 18 |
| 2.8.1.8. Disposiciones específicas.....   | 18 |
| 2.8.1.9. Simultaneidad de caudales.....   | 20 |
| 2.8.1.10. Métodos semiempíricos.....  | 21 |
| 2.8.1.11. Método del factor de simultaneidad.....   | 21 |
| 2.8.1.12. Método Racional o Español.....  | 22 |
| 2.8.1.13. Caudal simultáneo para cada vivienda.....                                       | 23 |
| 2.8.1.14. Análisis hidráulico.....  | 24 |
| 2.8.1.15. Redes cerradas.....   | 25 |
| 2.8.1.16. Hardy Croos.....  | 26 |
| 2.8.1.17. Redes abiertas.....   | 26 |
| 2.8.1.18. Hazem- Williams.....  | 27 |
| 2.8.1.19. Método de la longitud unitaria.....   | 28 |
| 2.8.1.20. Programas de referencia.....  | 29 |
| 2.9. Método.....  | 29 |
| 2.9.1. Diseño de la investigación.....  | 29 |
| 2.9.2. Tipo de la investigación.....  | 30 |
| 2.9.3. Población y muestra.....   | 30 |
| 2.9.3.1. Población.....   | 30 |
| 2.9.3.2. Muestra.....   | 30 |
| 2.9.4. Instrumentos.....  | 30 |
| 2.9.5. Procedimientos.....  | 30 |
| 2.10. Resultados.....   | 31 |
| 2.10.1. Ubicación.....  | 31 |
| 2.10.2. Coordenadas.....  | 32 |
| 2.10.3. Trabajos de campo.....  | 33 |
| 2.10.4. Consideraciones previas al diseño.....  | 33 |
| 2.10.4.1. Caudal de diseño según las normas peruanas de saneamiento .....                 | 33 |
| 2.10.4.2. Caudal de diseño según la simultaneidad de caudales.....                        | 35 |
| 2.10.5. Análisis con el caudal de diseño obtenido por normas peruanas de saneamiento..... | 38 |

|  |    |
|--|----|
| 2.10.6. Análisis con el caudal de diseño obtenido por simultaneidad de caudales..... | 45 |
| 2.10.7. Discusiones de los resultados.....   | 52 |
| 2.10.7.1. Diseño según las Normas Peruanas de Saneamiento.....                       | 52 |
| 2.10.7.2. Diseño según la Simultaneidad de caudales.....                             | 56 |
| III. APORTE MAS DESTACABLE A LA EMPRESA.....   | 59 |
| IV. CONCLUSIONES.....  | 60 |
| V. RECOMENDACIONES.....  | 61 |
| VI. REFERENCIAS.....   | 62 |
| VII. ANEXOS.....   | 63 |

## RESUMEN

**Objetivo:** En este análisis comparativo entre dos metodologías de diseño de red de agua en el condominio “La Merced” ubicado en el Distrito y Provincia de Huaral, Departamento de Lima, escogiendo así la mejor metodología para su diseño, también se busca demostrar a través del diseño, que el caudal de diseño obtenido por las Normas Técnicas Peruanas de Saneamiento no es viable para el diseño de redes de agua para poblaciones muy reducidas y busco proponer la metodología de simultaneidad de caudales como alternativa de solución para estas mismas poblaciones. **Método:** El diseño de la investigación de este estudio es experimental y de nivel descriptivo y explicativo. **Resultado:** lo que se logró recabar de la realización del análisis comparativo entre ambas metodologías se comprueba que las velocidades obtenidas a través del diseño por las normas peruanas de saneamiento son muy pequeñas en comparación a las obtenidas a través de metodología por la simultaneidad de caudales, lo cual condiciona en bajar aún más los diámetros en el diseño dado por el MVCS, para obtener velocidades permisibles en las redes de tubería. **Conclusiones:** para poblaciones muy reducidas ambas metodologías arrojan a través del análisis, velocidades por debajo del parámetro mínimo establecido, por lo cual es necesario asegurar las presiones dinámicas mínimas en los nodos y las presiones estáticas máximas.

*Palabras clave:* análisis comparativo, diseño de la red de agua, método de simultaneidad de caudales.

## ABSTRACT

**Objective:** In the present work a comparative analysis is made between two water network design methodologies in the "La Merced" condominium located in the District and Province of Huaral, Department of Lima, thus choosing the best methodology for its design, also It seeks to demonstrate through the design, that the design flow obtained by the Peruvian Sanitation Technical Standards is not viable for the design of water networks for very small populations and I seek to propose the flow simultaneity methodology as an alternative solution for these same populations. **Method:** The research design of this study is experimental and descriptive and explanatory level. **Result:** The results that were obtained when making the comparative analysis between both methodologies, it is verified that the speeds obtained through the design by the Peruvian sanitation standards are very small compared to those obtained through the methodology due to the simultaneity of flows, which which conditions further lowering the diameters in the design given by the MVCS, to obtain permissible velocities in the pipe networks. **Conclusions:** for very small populations, both methodologies show, through the analysis, velocities below the established minimum parameter, for which it is necessary to ensure the minimum dynamic pressures in the nodes and the maximum static pressures.

*Keywords:* comparative analysis, design of the water network, flow simultaneity method

## I. INTRODUCCION

El proyecto está ubicado en la ciudad de Huaral, departamento de Lima, dicho condominio cuenta con un área de 2,05 has, destinado para una población de 150 habitantes, está destinado para usos de casas de campo, actualmente se encuentra alejado de las zonas urbanas, por lo que la tubería de EMAPA no llegan a dicho lugar, Se vio la necesidad de crear un sistema interno de suministro de agua.

### I.1. Trayectoria del autor

Soy Bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Federico Villarreal, en el año 2018 trabajé en la municipalidad de Huaral en el área de desarrollo urbano rural.

Desde año 2019 hacia la actualidad estoy laborando en la empresa CONSULTORA Y CONSTRUCTORA ORIUNDO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA-C y C-ORIUNDO S.A.C. donde empecé como asistente del ingeniero residente, posteriormente entré al área de topografía donde estuve a cargo de los levantamientos topográficos, así como los diseños de planos perimétricos, ubicaciones, independizaciones, así como planos de lotizaciones para habilitaciones urbanas.

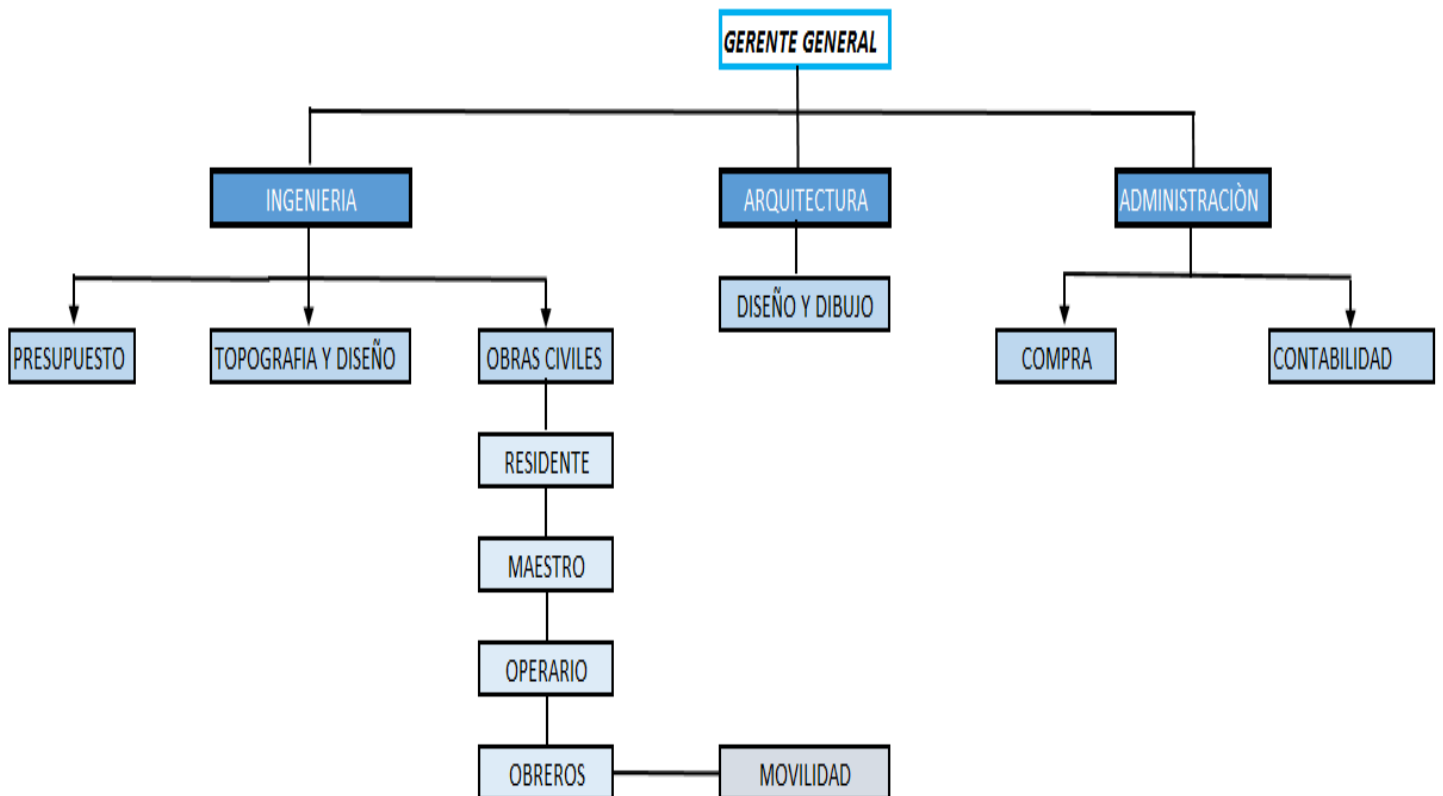
### I.2. Descripción de la empresa

La empresa en la que actualmente me encuentro laborando CONSULTORA Y CONSTRUCTORA ORIUNDO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA-C y C-ORIUNDO S.A.C, es una empresa dedicada a los servicios de construcción, servicios de levantamiento topográfico y mapeos fotogramétricos, consultorías en habilitaciones urbanas, así como independizaciones de terrenos urbanos y rurales.

### 1.3. Organigrama de la empresa

**Figura 1**

*Organigrama de la empresa C y C-ORIUNDO S.A.C*



### 1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Me desempeño como el encargado del área de topografía y diseño, donde se hacía elaboraciones de planos de los levantamientos de terrenos, planos catastrales, perimétricos y de independizaciones, también en los diseños de redes de agua potable de condominios, así como asistente técnico del ingeniero residente teniendo a cargo los metrados y valorizaciones de obra.

## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

### 2.1. Antecedentes

En el Perú el diseño de distribución de la red de agua está regido por dos normas que son la norma de diseño OS.050 (RNE), en el cual determina los requisitos mínimos a cumplir para el diseño de redes de distribución de agua destinada al consumo humano en ciudades de más de 2.000 habitantes, y por otro lado el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistema de Saneamiento en el Ámbito Rural, para las poblaciones rurales menores a 2000 habitantes, teniendo en común el cálculo del caudal de diseño, el cual está relacionado por su dotación de agua de acuerdo al área de lotes o el tipo de clima y por su población total de una localidad.

En la Guía para el Diseño de Redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua dada por la Organización Panamericana de la Salud (2019), nos indica que para poblaciones donde tengan a menores de 30 conexiones domiciliarias de agua, se puede usar para la determinación de caudales de diseño en redes de distribución de agua(ramales) el método de simultaneidad, en el cual ya nos habla un poco de este método que básicamente se aplica en el diseño de redes de agua potable en edificios de vivienda y donde se hará la analogía que cada vivienda me represente un lote y el edificio me represente un condominio o una localidad con población reducida, posteriormente se hará un análisis comparativo de los resultados obtenidos por estas metodologías sobre el diseño de la red de tuberías de agua del condominio objeto de estudio.

## 2.2. Descripción del Problema

A consecuencia de la cuarentena impuesta en marzo del año 2020 para evitar la propagación del COVID-19, empezó a incrementarse significativamente la intención de compra de casas de campo fuera de la ciudad de Lima, es el ejemplo en la ciudad de Huaral, el conglomerado y contaminación de la ciudad ya marca una tendencia en las personas por salir de su departamento en la gran ciudad y mudarse a una casa de campo o de playa donde puedan gozar de una mejor salud y clima, la pandemia lo que logró fue dar un mayor impulso y acelerar esta tendencia.

Si a esto le sumamos la liberación de la CTS y el retiro de las AFP que hubo en ese año, no es de sorprender que miles de personas hayan destinado sus ahorros a la compra de lotes para casa de campo.

Presentándose así el incremento de creaciones de condominios en la ciudad de Huaral ya sea en la zona urbana o rural, la ciudad de Huaral a pesar de ser la provincia con la mayor cantidad de población urbana de la región de Lima, cuenta con una gran población en las zonas rurales, algunos condominios las cuales están destinados para casas de campo se encuentran en terrenos rurales, como es el asunto del condominio objeto de estudio , el condominio con una población de 150 habitantes se encuentra en una zonificación aún rural, lejos de la zona urbana, las redes de agua de EMAPA no llegan a dicho lugar ,lo cual queda por hacer para satisfacer la necesidad de demanda de agua ,un diseño de red de agua interno, teniendo como fuente de abastecimiento un pozo tubular, en el cual se busca una metodología óptima para el diseño de la red de abastecimiento, debido a esto se pretende hacer un análisis comparativo entre el diseño técnico dada por las normas peruanas de saneamiento y la simultaneidad de caudales y escoger la mejor opción para el diseño, el cual cumpla con todos los parámetros de diseño especificados en la normas

técnicas peruanas, básicamente también en la experiencia se encontró que para poblaciones muy reducidas como es el caso de estos condominios , el caudal de diseño obtenido por las normas técnicas peruanas de saneamiento, Muchas veces no cumplen con los cuantificaciones mínimas especificadas por estas normas, es por ello que planteo el análisis comparativo entre estas dos metodologías y analizar sus resultados.

### **2.3. Problema**

#### ***2.3.1. Problema Principal***

¿Cuál es la metodología que me asegure un diseño óptimo del sistema condominial de agua potable?

#### ***2.3.2. Problemas Secundarios***

¿El diseño según las normas peruanas de saneamiento me permitirá un diseño óptimo en las redes del sistema condominial de agua potable?

¿El diseño según el método de simultaneidad de caudales me permitirá un diseño óptimo en las redes del sistema condominial de agua potable?

### **2.4. Justificación**

El presente trabajo se justifica debido al incremento de ventas de terrenos para casas de campo en la ciudad de Huaral, haciendo así el incremento de condominios las cuales presentaran la necesidad del abastecimiento de agua en dichos terrenos, viéndose en la necesidad de hacer un correcto diseño de las redes de distribución de agua para poblaciones reducidas.

## **2.5. Objetivos**

### **2.5.1. *Objetivos generales***

Realizar un análisis comparativo entre las normas peruanas de saneamiento y el método de simultaneidad de caudales para optimizar el diseño de redes del sistema condominial de agua potable.

### **2.5.2. *Objetivo específico***

Realizar el diseño según las normas peruanas de saneamiento de las redes del sistema condominial de agua potable.

Realizar el diseño según el método de simultaneidad de caudales de las redes del sistema condominial de agua potable.

## **2.6. Hipótesis**

### **2.6.1. *Hipótesis general***

El análisis comparativo entre las normas peruanas de saneamiento y el método de simultaneidad de caudales, lograra una mayor optimización en el dimensionamiento de la red de distribución y una mejor adecuación a las necesidades reales de la población, a través de las decisiones informadas.

### **2.6.2. *Hipótesis específica***

La aplicación estricta de las normas peruanas de saneamiento al diseño, proporcionará un diseño que cumple con los estándares de calidad, seguridad e eficiencia requeridos para las redes del sistema condominial de agua potable.

La aplicación del método de simultaneidad de caudales en el diseño de redes del sistema condominial de agua potable permitirá una optimización más precisa y eficiente en comparación con la estricta adherencia a las normas peruanas de saneamiento.

## 2.7. Variable

### 2.7.1. *Variables independientes*

Metodología de diseño.

Parámetros permisibles dados por las normas peruanas de saneamiento.

### 2.7.2. *Variables dependientes*

Diámetro de la tubería.

Velocidad de la tubería.

Presión de la tubería

## 2.8. Marco Teórico

### 2.8.1. *Bases Teóricas*

**2.8.1.1. Sistema de abastecimiento de agua.** Agüero (1997), sostiene que es un sistema que capta, conduce el agua a través de tuberías, se almacena y posteriormente se distribuye a zonas con ciertas particularidades.

#### 2.8.1.2. **Componente del sistema de agua**

**A. Fuente de captación.** Una fuente de captación es el lugar donde se captará el agua para posterior conducción, en la cual se debe cumplir dos condiciones las cuales son calidad y cantidad.

**B. Captación.** Es el proceso mediante el cual se procederá a captar el agua a través de obras de ingeniería hidráulica (embalses, bocatomas, pozos tubulares, etc.). Para nuestro objeto de estudio se hará un pozo tubular.

**C. Tratamiento del agua.** Se busca que el agua conducido desde su captación se potabilice para el consumo humano, eliminado así todo organismo patógeno que pueda causar daño alguno a la población.

**D. Almacenamiento.** Es la acumulación y retención del agua en un espacio dado, se puede almacenar mediante estructuras como tanques elevados, tanques apoyados, cisternas, etc., este almacenamiento nos permite la acumulación de agua durante épocas de abundancia para su posterior uso en épocas donde el agua no es abundante.

**E. Distribución.** Parte desde el almacenamiento hasta las conexiones prediales, es el conjunto de tuberías trabajando a presión trasladando el agua potable.

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2019), fija el diseño de redes de abastecimiento de agua para el consumo en ciudades de más de 2000 habitantes, en cuanto las la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistema de Saneamiento en el Ámbito Rural dado por el MVCS nos fija los criterios para poblaciones menores a 2000 habitantes.

**2.8.1.3. Población de diseño.** Según el MVCS nos señala que para las poblaciones rurales usaremos el método aritmético que está dado por la siguiente formula:

$$P_d = P_i \left[ 1 + \frac{r \times t}{100} \right] \dots \dots \dots \text{Ecuación N° 1}$$

**Siendo:**

$P_d$  = población de diseño (habitantes)

$P_i$  = población inicial (habitantes)

r = tasa de crecimiento

t = periodo de diseño

El MVCS también nos señala que:

La tasa de crecimiento anual debe corresponder al intervalo censal en un área determinada. En caso contrario, se debe utilizar otra tasa de crecimiento poblacional con características similares, en caso contrario se utiliza la tasa de crecimiento rural. Si la tasa

de crecimiento anual es negativa se debe adoptar una población de diseño correspondiente a la población de diseño actual ( $r=0$ ), en caso contrario se debe obtener la opinión del INEI.

**2.8.1.4. Dotación.** Es el consumo de agua que satisface por día, a cada integrante de una vivienda, el RNE nos ofrece el siguiente cuadro de dotaciones.

**Tabla 1**

*Reglamento Nacional de Edificaciones*

| <b>Clima</b>    | <b>Lotes mayores a 90m<sup>2</sup></b> | <b>Lotes mayores a 90m<sup>2</sup></b> |
|-----------------|--|--|
| <b>frio</b>     | 180 lhd                                | 120 lhd                                |
| <b>templado</b> | 220 lhd                                | 150 lhd                                |

El Ministerio de Salud (MINSA) nos ofrece las siguientes dotaciones para poblaciones rurales

**Tabla 2**

*Dotación del MINSA*

| <b>Región geográfica</b> | <b>Letrinas sin arrastre hidráulico</b> | <b>Letrina con arrastre hidráulico</b> |
|--------------------------|---|--|
| sierra                   | 40-50 lhd                               | 80 lhd                                 |
| costa                    | 50-60 lhd                               | 90 lhd                                 |
| selva                    | 60-70 lhd                               | 100 lhd                                |

**2.8.1.5. Caudal promedio diario.** El caudal medio diario se define como el consumo medio diario durante el año. Expresado como porcentaje del consumo diario total de la población.

$$Q_p = \frac{\text{Dot} \times P_d}{86400} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 2)}$$

Donde:

$Q_p$  = caudal promedio diario anual(l/s)

$P_d$  = población de diseño(hab)

Dot= dotación en l/hab.d

**2.8.1.6. Caudal máximo diario.** Es el caudal máximo correspondiente al día de máximo consumo en la serie de datos de medición. De nuevo, a falta de datos, el caudal se obtiene aplicando el coeficiente de variación diario. Se calcula con la fórmula:

$$Q_{md} = K_1 \times Q_p \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 3)}$$

$Q_{md}$  = Caudal máximo diario

$Q_p$  = Caudal promedio

$K_1$  = Coeficiente de variación  $k_1 = 1.3$  para poblaciones urbanas y rurales

**2.8.1.7. Caudal máximo horario.** Es el caudal correspondiente a la hora de mayor consumo del día de mayor consumo se calcula a partir del caudal medio y del coeficiente de variación horaria. Se calcula con la fórmula:

$$Q_{mh} = Q_p * K_2 \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 4)}$$

$Q_{mh}$  = caudal máximo diario

$Q_p$  = Caudal promedio

$K_2$  = coeficiente de variación horaria

$K_2$  = 1.8 o 2.5 para poblaciones urbanas

$K_2$  = 2 para poblaciones rurales

**2.8.1.8. Disposiciones Específicas.** Nos establece los siguientes parámetros:

**A. Velocidad en la tubería.** Según la norma de diseño OS.050- (RNE), nos indica que la mínima velocidad para líneas de agua potable no será menor a 0.60 m/s y no mayor a 3m/s., en caso excepcionales no será menor a 0.30 m/s.

**B. Diámetro mínimo.** Según RNE OS.050, el diámetro mínimo de los tubos troncales para uso residencial es de 75 mm y para uso industrial de 150 mm. se pueden utilizar tuberías con un diámetro de 50 mm en condiciones especiales, si el agua entra por un extremo la longitud máxima es de 100 metros, si el agua entra por ambos extremos, la longitud máxima es de 200 mm. mientras que el MVCS nos indica que es necesario utilizar un diámetro que garantice el flujo, es decir, que asegure el flujo y la presión ideales en cualquier punto de la red de tuberías. Diámetro nominal mínimo: malla principal 25 mm, malla secundaria 20 mm.

Este estudio considerará el diámetro especificado por MVCS

**Tabla 3***Cuadro de diámetros de tuberías Pavco*

| DIÁMETRO EXTERIOR |      |
|-------------------|------|
| NOMINAL           | REAL |
| PULGADAS          | MM   |
| 1/2               | 21.0 |
| 3/4               | 26.5 |
| 1                 | 33   |
| 1 1/4             | 42.0 |
| 1 1/2             | 48   |
| 2                 | 60   |

**C. Presiones.** Según la Norma OS. 050 del RNE nos dice que la presión estática en cualquier punto de la red de distribución no supera los 50 metros, y durante el pico de consumo horario, la presión dinámica no es inferior a 10 metros. Las Normas Rurales emitidas por el (MVCS, 2018) establecen que la presión dinámica en cualquier punto de la red de tuberías no debe ser inferior a 5 m. La presión estática no supera los 50 m

**D. Coeficiente de fricción.** El coeficiente de fricción dados por el RNE está dado por tabla N° 1:

**Tabla 4**

*Norma OS 0.50 del Reglamento Nacional de Edificaciones*

| <b>TIPO DE TUBERIA</b>                  | <b>"C"</b> |
|---|------------|
| <b>Hierro fundido</b>                   | 100        |
| <b>Hierro fundido con revestimiento</b> | 140        |
| <b>Hierro galvanizado</b>               | 100        |
| <b>Polietileno( HDPE)</b>               | 140        |
| <b>Policloruro de vinilo(PVC)</b>       | 150        |

#### **2.8.1.9. Simultaneidad de Caudales**

Pancorbo (2011), sostiene que es un método para hallar las estimaciones de caudal de diseño en edificaciones, se refiere al consumo máximo que se puede producir en el edificio. Este es el valor máximo que determinará los requisitos de demanda del edificio. El mayor tráfico posible se produce cuando los edificios se ubican en áreas donde son utilizados activamente por la mayoría de residentes o usuarios.

En la tesis de Zamora (2013), nos señala que existen diversos métodos que se pueden utilizar para estimar el caudal máximo posible, entre ellos los empíricos (método británico, método de Dawson y Bowman), métodos semiempíricos (método de la raíz cuadrada, método de la razón de simultaneidad, método racional o español) y métodos probabilísticos. (Henry-método) Hoy en día, en nuestro país se utiliza el método probabilístico (método Hunter modificado). En nuestros objetos de investigación, nos centramos en métodos semiempíricos.

**2.8.1.10. Métodos Semiempíricos.** Estos métodos también tienen una base empírica y una base teórica para derivar ecuaciones y expresiones matemáticas. Los métodos más comunes son el método de la raíz cuadrada, el método de factores simultáneos, el método estándar francés, la Norma Española, la Norma Alemana, para nuestro objeto de estudio nos fijaremos básicamente en dos métodos que son el método de factor de simultaneidad y el método racional que están muy relacionados entre sí.

**2.8.1.11. Método del Factor de Simultaneidad.** Para la obtención del caudal máximo probable ( $Q_p$ ) se hace preciso establecer los caudales de los aparatos instalados, sumarlos y, posteriormente, afectar los resultados por un coeficiente de simultaneidad  $K_1$ .

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \dots \dots \dots \text{(Ecuación N° 5)}$$

Donde:

$K_1$  = coeficiente de simultaneidad

$n$  = número de aparatos sanitarios

Los caudales mínimos recomendados se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 5**

*Fuente: Adaptado de Castro et al., 2006*

| APARATO               | $Q_{\min}$<br>(lt/seg) |
|-----------------------|------------------------|
| Calentador eléctrico  | 0.30                   |
| ducha                 | 0.20                   |
| Inodoro con tanque    | 0.15                   |
| Inodoro de fluxómetro | 0.95                   |
| lavamanos             | 0.20                   |
| lavadero              | 0.20-0.30              |
| lavaplatos            | 0.25-0.30              |

|               |           |
|---------------|-----------|
| lavadora      | 0.20-0.30 |
| Llave externa | 0.25      |

Quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$Q_p = K_1 \times Q_{\max} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 6)}$$

Donde:

$K_1$ = coeficiente de simultaneidad

$Q_p$ = caudal máximo probable

$Q_{\max}$ = sumatorio de caudal de los aparatos sanitarios.

**2.8.1.12. Simultaneidad de caudales (método Racional).** Como en el caso anterior, el caudal lo determinan los dispositivos instalados, los resultados se suman y afectan el factor de coincidencia  $K_1$ , pero en este caso  $N$  será el número de dispositivos instalados en la vivienda. Castro et al. (2006), señala que el enfoque racional, también conocido como enfoque español, considera un tipo de edificio formado por varias unidades residenciales con características similares. Este método sigue los mismos principios que el método francés, donde se determina un coste para cada dispositivo sanitario, que luego se multiplica por el número de dispositivos del mismo tipo en el edificio, y la cantidad de caudal se somete a un factor de simultaneidad.  $k_1$ .

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 7)}$$

Donde:

K1= Factor de simultaneidad de una vivienda

n= Número de aparatos sanitarios (unidades)

**2.8.1.13. Caudal simultaneo para cada vivienda.** El caudal configurado se utiliza para determinar el caudal en diferentes partes del dispositivo, cuyo valor se determina a partir de la suma del caudal instantáneo (Q<sub>min</sub>) de cada dispositivo sanitario, reflejado en la Tabla N° 3, para obtener el valor total. establecer el caudal (Q<sub>i</sub>).

$$Q_{\max} = Q_i \cdot K_1 \dots \dots \dots \text{(Ecuación N° 8)}$$

Siendo:

Q<sub>max</sub>: Caudal máximo o simultaneo para una vivienda (l/s).

K<sub>1</sub>: Coeficiente de simultaneidad para una vivienda (adimensional)

Q<sub>i</sub>: Caudal instalado en cada vivienda (l/s)

**Tabla 6**

*Fuente: Adaptado de Castro et al., 2006*

| Tipo de aparato        | Caudal instantáneo mínimo de agua fría(lt/seg) | Caudal instantáneo mínimo de ACS(lt/seg) |
|------------------------|--|--|
| Lavamanos              | 0.05   | 0.03                                     |
| Lavabo                 | 0.10   | 0.065                                    |
| Ducha                  | 0.20   | 0.10                                     |
| Bañera de 1.40 m o mas | 0.30   | 0.20                                     |
| Bañera de menos 1.40 m | 0.20   | 0.15                                     |
| Bidé                   | 0.10   | 0.065                                    |
| Inodoro con cisterna   | 0.10   |  |
| Fregadero domestico    | 0.20   | 0.10                                     |
| Fregadero no domestico | 0.30   | 0.20                                     |
| Lavavajillas domestico | 0.15   | 0.10                                     |
| Lavadero               | 0.20   | 0.10                                     |
| Lavadero domestico     | 0.20   | 0.15                                     |
| Grifo aislado          | 0.15   | 0.10                                     |
| Grifo garaje           | 0.20   |  |
| Vertedero              | 0.20   |  |

Para tener en cuenta la simultaneidad de este grupo de unidades residenciales y obtener el flujo pico (QP) del repartidor frecuente del conjunto habitacional, la suma de los flujos pico de cada unidad se afecta por los siguientes valores.

$$K_E = \frac{(N+19)}{10 \times (N+1)} \dots \dots \dots \text{(Ecuación N° 9)}$$

Siendo:

$K_E$ : Factor de simultaneidad del edificio (adimensional), con un valor mínimo de 0,20

N: Número de viviendas en el edificio.

Por tanto, la fórmula de cálculo del flujo de diseño se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_c = N \times K_E \times K_1 \times Q_{\max} \dots \dots \dots \text{(Ecuación N° 10)}$$

Donde:

$Q_c$  = caudal de diseño

N = Suma total de viviendas

$K_E$  = Factor de simultaneidad del edificio o conjunto de viviendas.

$K_1$  = Factor de simultaneidad de cada vivienda.

$Q_{\max}$  = caudal máximo de cada vivienda

**2.8.1.14. Análisis hidráulico.** Este diseño hidráulico se puede realizar como redes abiertas, cerradas y combinadas, y en los cálculos se tiene en cuenta el diámetro interior de las tuberías.

**2.8.1.15. Redes cerradas.** El flujo de agua a través de ellos estará regulado por dos condiciones:

El tráfico total que llega a un nodo es igual al tráfico que sale del nodo.

La pérdida de carga entre dos puntos en cualquier camino es siempre la misma.

Su dimensionamiento se basará en cálculos hidráulicos para asegurar el caudal y presión adecuados en cualquier punto de la red.

Se puede utilizar el método de Hardy Cross o cualquier otro método equivalente para el análisis hidráulico de sistemas de distribución., así mismo podemos usar cualquier programa de software como lo son watercad ,Epanet entre otros.

**2.8.1.16. Hardy Cross.** Suponiendo un caudal para cada sección de la red de tuberías cerrada, la pendiente y la altura se calculan utilizando la Ecuación 11, y el cambio de flujo ( $\Delta Q$ ) se calcula utilizando la Ecuación 12.

$$Sf = \frac{\Delta h}{L} = \frac{10.67 \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.875}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 11)}$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup> /s)

$\Delta h$  = Diferencia de alturas (m)

L = Longitud de tuberías

D = Diámetro (m)

Sf = Pérdida de carga unitaria (m/m)

$$\Delta Q = \frac{\sum \Delta h}{1.85 \times \sum \frac{\Delta h}{Q}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 12)}$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup> /s)

$\Delta Q$  = Diferencia de Caudal (m<sup>3</sup> /s)

Sume este valor al caudal de cada sección para obtener un nuevo caudal, luego repita el proceso anterior con el nuevo caudal hasta  $\Delta Q=0$ , obteniendo así el caudal real de cada sección.

**2.8.1.17. Redes abiertas.** Las redes abiertas o redes ramificadas se calcularán en base a los siguientes criterios:

La distribución del flujo será uniforme a lo largo de toda la extensión de cada distancia. La pérdida de carga en el colector se determinará haciendo coincidir el caudal observado en su extremo. Si hay un gasto significativo a lo largo del oleoducto debido a características demográficas, se debe considerar como un nodo más. En el diseño hidráulico se considerarán los siguientes criterios: Darcy – Weisbach, Hazen – Williams.

**2.8.1.18. Hazen – Williams.** Es una de las ecuaciones experimentales más famosas y manejadas con mayor frecuencia para calcular las pérdidas de carga en tuberías de redes de distribución porque es más sencillo su uso y su cálculo.

$$f = \frac{\Delta h}{L} = \frac{10.67 \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.875}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 13)}$$

Dónde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup> /s)

$\Delta h$  = Diferencia de cotas (m)

L = Longitud de tuberías

D = Diámetro (m)

Sf = Pérdida de carga unitaria (m/m)

C=Coeficiente de fricción

Despejando el caudal Q, tenemos

$$Q = 0.2785xCxD^{0.63}xSf^{0.54} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 14)}$$

Posteriormente se hace el cálculo de la velocidad en las tuberías y de la presión en los nodos.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 15)}$$

$$pf(m) = Po + \Delta Ho - \Delta Hu \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 16)}$$

Dónde:

Pf = Presión final (m)

Po = Presión inicial (m)

$\Delta Ho$  = Diferencia de alturas (m)

$\Delta Hu$  = Pérdida de presión debido a la fricción en tuberías (m)

### 2.8.1.19. Método de la longitud unitaria

Con este método, el caudal unitario se calcula dividiendo el caudal máximo por hora

La longitud total de la red entre ellos.

Para calcular el caudal en cada distancia de la red, El caudal unitario deberá multiplicarse por la longitud del tramo correspondiente.

$$Qi = qxLi \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 17)}$$

$$q = Qmh/Lt \dots\dots\dots \text{(Ecuación N° 18)}$$

$q$  : Caudal unitario por metro lineal de tubería (L/s/m)

$Q_i$  : Caudal en el tramo “i” (L/s)

$Q_{mh}$  : Caudal máximo horario (L/s)

$L_t$  : Longitud total de tubería del proyecto (m)

$L_i$  : Longitud del tramo “i” (m)

**2.8.1.20. Referencias de Programas.** En la tesis de Vargas (2020), nos define los siguiente:

**A. *WaterCAD*.** WaterCAD es un software confiable para el modelado, análisis y diseño de sistemas de redes de agua potable. Este programa nos permite hacer simulaciones hidráulicas de una red de agua, así mismo nos permite modelar redes cerradas, abiertas y redes mixtas, utilizando el método de gradiente hidráulico, del cual nos indicara los valores de presiones estáticas y dinámicas, sus máximos y mínimos, así como las velocidades y caudales, en cada tramo de la red de agua.

**B. *Epanet*.** Es un programa de simulación a largo plazo de procesos hidráulicos y gestión del agua en redes de diseño. La red consta de un conjunto de tuberías, nodos (conexiones de tuberías), válvulas y accesorios. También ayuda a evaluar otras estrategias de gestión destinadas a optimizar la eficacia del agua en todo el sistema. Nos permite seguir el transporte del agua en las redes de tuberías, así como las velocidades y presiones en cada nodo de los tramos de las redes de agua potable.

## 2.9. Método

### 2.9.1 *Diseño de la investigación*

Diseño de la investigación El diseño de este estudio es experimental, ya que al hacer el diseño se puede manipular las variables de estudio.

### **2.9.2. Nivel de investigación**

Hernández R. (2000), señala que es una investigación descriptiva se detallan las características y las circunstancias de las variables de estudio que son consideradas tomando en cuenta el espacio y al tiempo en un argumento real; por lo contrario, la investigación explicativa nos da a ver las causas y resultados del problema trazado con el fin de orientar y dirigir el asunto de investigación.

Por lo que en la presente investigación se tomará en cuenta los dos niveles (descriptivo y explicativo).

### **2.9.3. Población y muestra**

#### **2.9.3.1.Población**

En el siguiente trabajo la población sería el conjunto de condominios existentes en la ciudad de Huaral, las cuales cuenten con sus redes de distribución de agua potable internos.

#### **2.9.3.2.Muestra**

En el siguiente trabajo la muestra es el condominio “La Merced”, la cual cuenta con una población de 220 habitantes.

### **2.9.4. Instrumentos**

Se usó los siguientes programas como el AutoCAD, EPANET.

Se revisó normas, libros con respecto a los diseños de redes de agua potable.

Se hizo uso de estación total para el levantamiento topográfico del terreno.

### **2.9.5. Procedimientos**

- En la metodología por simultaneidad de caudales haremos la analogía de que cada vivienda me represente un lote y que el edificio me represente el condominio, dado que esta metodología solo esta aplicado a los diseños de redes de agua potable en edificios.
- Se caculo el caudal de diseño mediante las dos metodologías.

- Se diseñó la red de agua condominial por ambas metodologías.
- Se hizo la comparación de resultados obtenidos por los diseños.
- Se escogió la mejor metodología para la red de agua potable condominial.

## 2.10. Resultados

### 2.10.1. Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en la parcela N°2 Fundo la merced, altura km

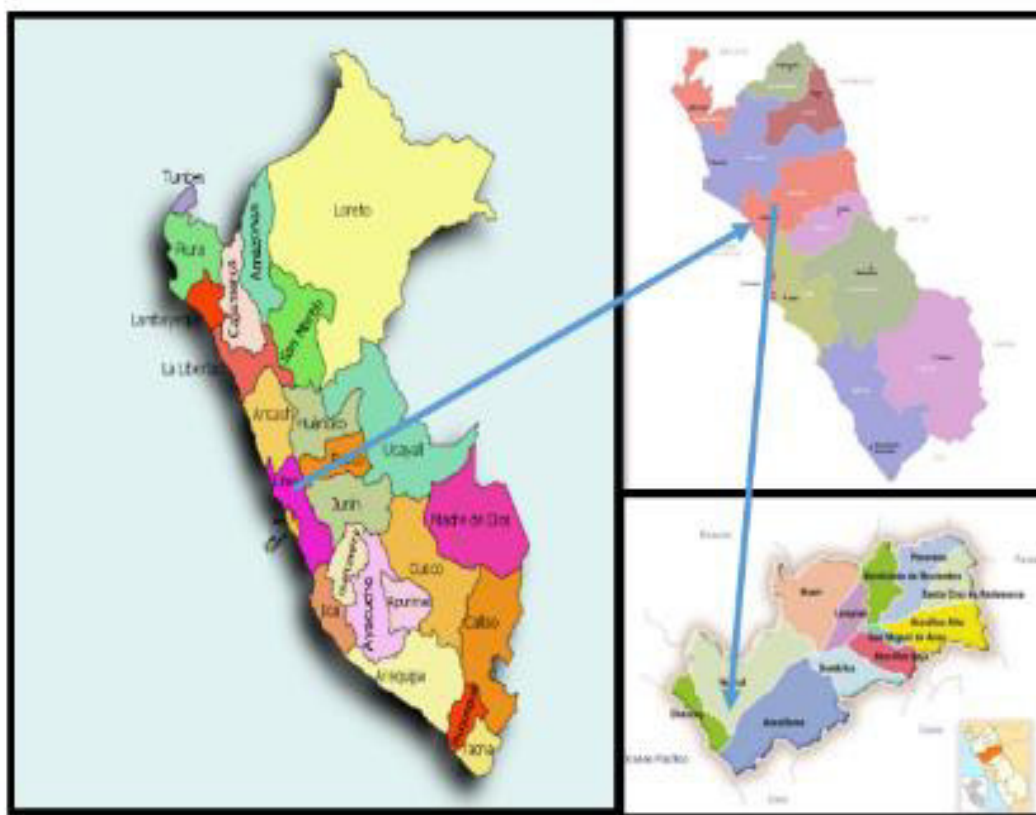
Distrito: Huaral

Provincia: Huaral

Departamento: Lima

### Figura 2

*Ubicación del proyecto*



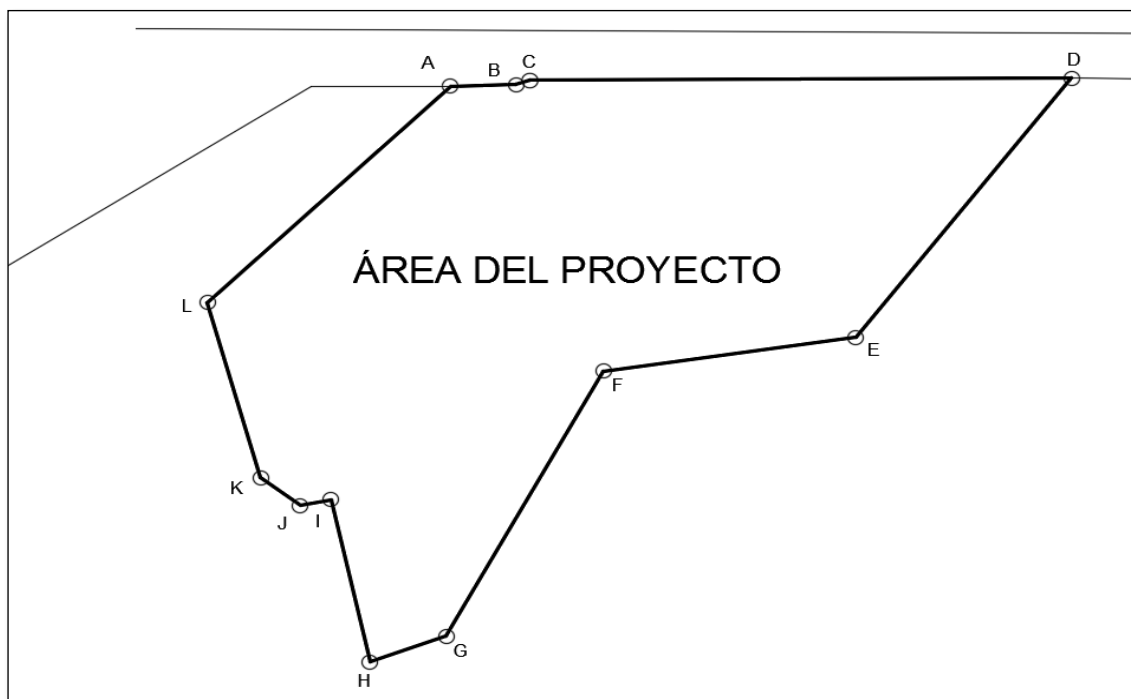
Fuente: Elaboración propia

### 2.10.2. Coordenadas

La siguiente poligonal se encuentra encerrada entre las siguientes coordenadas.

**Figura 3**

*Área del proyecto*



Fuente: plano del proyecto

**Tabla 7**

*Cuadro de datos técnicos UTM*

| VERTICE | LADO | DISTANCIA | ANGULO INTERNO | COORDENADAS  |                |
|---------|------|-----------|----------------|--------------|----------------|
|         |      |           |                | ESTE         | NORTE          |
| A       | A-B  | 18.27     | 137° 25'45.52" | 257,680.9932 | 8,725,898.1726 |
| B       | B-C  | 4         | 195° 21'4.99"  | 257,699.2543 | 8,725,898.7854 |
| C       | C-D  | 151.04    | 162° 59'12.08" | 257,703.0806 | 8,725,899.9751 |
| D       | D-E  | 99.81     | 52° 38'33.40"  | 257,854.1200 | 8,725,900.6600 |
| E       | E-F  | 71.1      | 135° 33'1.26"  | 257,793.9188 | 8,725,821.0528 |
| F       | F-G  | 92.53     | 233° 17'43.13" | 257,723.5887 | 8,725,810.6012 |
| G       | G-H  | 22.62     | 138° 23'41.52" | 257,679.7907 | 8,725,729.0957 |
| H       | H-I  | 51.03     | 82° 9'27.17"   | 257,658.5522 | 8,725,721.3055 |
| I       | I-J  | 8.82      | 270° 00'0.05"  | 257,647.6802 | 8,725,771.1669 |
| J       | J-K  | 13.99     | 129° 40'4.83"  | 257,639.0594 | 8,725,769.2872 |
| K       | K-L  | 55.74     | 143° 22'9.34"  | 257,628.0416 | 8,725,777.9049 |
| L       | L-A  | 94.9      | 119° 09'16.70" | 257,613.2965 | 8,725,831.6649 |

### 2.10.3. *Labor de campo*

- Se realizó el reconocimiento e inspección del lugar del proyecto.
- Se procedió a la medición del terreno con uso de una estación total, para determinar las curvas de nivel, así como distancias y perímetro del proyecto.

### 2.10.4. *Consideraciones previas al diseño*

#### 2.10.4.1. Caudal de diseño según las normas peruanas de saneamiento

**A. Población de diseño.** Para obtener la población de diseño haremos uso de la ecuación N°1, donde haremos uso de la información de la tasa de aumento y la población actual, pero debido a que en el presente trabajo es un condominio que es un lugar cerrado donde la población futura será la población actual, nuestra tasa de aumento será igual a 0.

$$P_d = P_i \times \left[ 1 + \frac{r \times t}{100} \right]$$

$$P_d = 220 \text{ hab}$$

$$r = 0$$

$$t = 20 \text{ años}$$

**Tenemos:**

$$P_d = 220 \times \left[ 1 + \frac{0 \times 20}{100} \right]$$

$$P_d = 220 \times \left[ 1 + \frac{0 \times 20}{100} \right]$$

$$P_d = 220 \text{ hab}$$

Nuestra población de diseño es de 220 habitantes.

**B. Dotación.** Según a la tabla N2 tenemos que para una población rural ubicado en la costa tenemos 60 l/h/d.

**C. Caudal promedio.** Para obtener el caudal promedio haremos uso de la ecuación N2.

Tenemos que

$$Q_p = \frac{\text{Dot} \times P_d}{86400}$$

Reemplazando los datos tendríamos que

$$Q_p = \frac{60 \times 220}{86400}$$

$$Q_p = 0.15 \text{ lts/seg}$$

**D. Caudal máximo horario.** En nuestro proceso de diseño de redes de agua, para obtener el caudal máximo haremos uso de la ecuación N4.

Tenemos:

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

$$Q_{mh} = 2 \times 0.15$$

$$Q_{mh} = 0.30 \text{ lts/seg}$$

Obteniendo así un caudal de diseño de 0.30 lts/seg

**Tabla 8***Cuadro de resumen de datos*

| RESUMEN DE DATOS PARA EL DISEÑO |                |
|---------------------------------|----------------|
| TIEMPO DE DISEÑO                | 20 años        |
| CONTROL DE CRECIMIENTO ANUAL    | 0%             |
| POBLACIÓN ACTUAL                | 220 habitantes |
| POBLACIÓN DE DISEÑO             | 220 habitantes |
| DOTACIÓN LT/SEG                 | 60 lts/seg     |
| FACTOR DE VARIACIÓN HORARIA     | 2              |
| CAUDAL PROMEDIO                 | 0.15 lts/seg   |
| CAUDAL MÁXIMO HORARIO           | 0.30 lts/seg   |

**2.10.4.2. Caudal de diseño según la simultaneidad de caudales.** Para obtener el caudal de diseño vamos a hacer uso de la ecuación N10

$$Q_c = N \times K_E \times Q_{\max}$$

Se procederá hallar los valores del coeficiente de simultaneidad del edificio, así como su caudal máximo.

**A. Coeficiente de simultaneidad del edificio.** Para hallar el coeficiente haremos uso de la ecuación N° 9.

$$K_E = \frac{(N + 19)}{10x(N + 1)}$$

Tenemos:

N= 55 lotes

Entonces la ecuación nos quedaría de la siguiente forma:

$$K_E = \frac{(55 + 19)}{10x(55 + 1)}$$

$$K_E = 0.13$$

Tenemos que el valor mínimo debería ser 0.20, por lo tanto, el valor de  $K_e$  será de 0.20

**B. Caudal máximo de cada vivienda.** Para obtener este caudal haremos uso de la ecuación N7 y de la ecuación N8.

Calculamos  $K_1$

$$k1 = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

$$k1 = \frac{1}{\sqrt{(5 - 1)}}$$

$$k_1 = 0.5$$

Para obtener el caudal simultaneo de cada vivienda, haremos uso de la tabla N5, donde haremos una sumatorio de caudales de los instrumentos sanitarios comunes en una vivienda que son lavamanos, ducha, inodoro, lavadero, lavadora, entonces tenemos una sumatoria de 0.75 lt/seg.

Por lo tanto, tenemos:

$$Q_{\max} = Q_i \times K_1$$

$$Q_{\max} = 0.75 \times 0.50$$

$$Q_{\max} = 0.375 \text{ lts/seg}$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación N10 tenemos que el caudal de diseño nos queda de la siguiente forma:

$$Q_c = N \times K_E \times Q_{\max}$$

$$Q_c = 55 \times 0.20 \times 0.375$$

$$Q_c = 4.125 \text{ lt/seg}$$

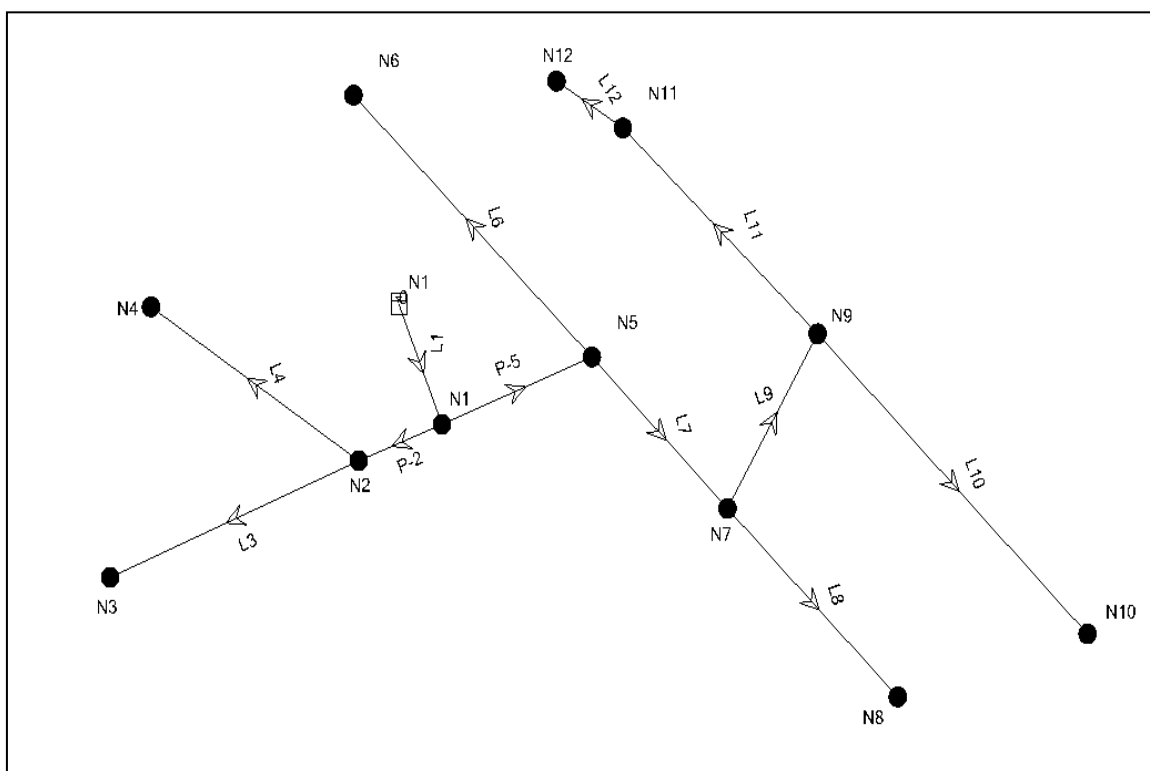
El caudal de diseño hallado por la simultaneidad de caudales es de 4.125 lt/seg

### 2.10.5. Análisis con el caudal de diseño obtenido por normas peruanas de saneamiento

Se hará representación gráfica de la red de agua potable en el programa waterCAD, con el caudal de diseño obtenido por las normas del RNE y el MVCS.

#### Figura 4

Representación gráfica de la red de agua



**2.10.5.1. Diseño de caudales y diámetros.** Teniendo nuestro caudal de diseño igual a 0.30 lt/seg, ingresamos los caudales unitarios a los nodos, para ello emplearemos el método de caudales unitarios por la longitud equivalente, previo ello colocaremos diámetros tentativos, que se aproximen al caudal de diseño, haciendo uso la tabla 3.

Calculamos los caudales unitarios por tramos con la ecuación N° 17 y N° 18, y lo plasmamos en la siguiente tabla.

**Tabla 9***Caudales unitarios de cada tramo*

| TRAMO | NODO INICIAL | NODO FINAL | q. UNITARIO<br>L/S/m <sup>2</sup> | LONGITUD(m) | CAUDAL<br>TRAMO<br>LPS |
|-------|--------------|------------|-----------------------------------|-------------|------------------------|
| L2    | N1           | N2         | 0.0005                            | 11.84       | 0.00592                |
| L3    | N2           | N3         | 0.0005                            | 67.16       | 0.03358                |
| L4    | N2           | N4         | 0.0005                            | 70.54       | 0.03527                |
| L5    | N1           | N5         | 0.0005                            | 47.58       | 0.02379                |
| L6    | N5           | N6         | 0.0005                            | 100.13      | 0.050065               |
| L7    | N5           | N7         | 0.0005                            | 38.81       | 0.019405               |
| L8    | N7           | N8         | 0.0005                            | 48.46       | 0.02423                |
| L9    | N7           | N9         | 0.0005                            | 44.31       | 0.022155               |
| L10   | N9           | N10        | 0.0005                            | 77.44       | 0.03872                |
| L11   | N9           | N11        | 0.0005                            | 63.99       | 0.031995               |
| L12   | N11          | N12        | 0.0005                            | 29.33       | 0.014665               |

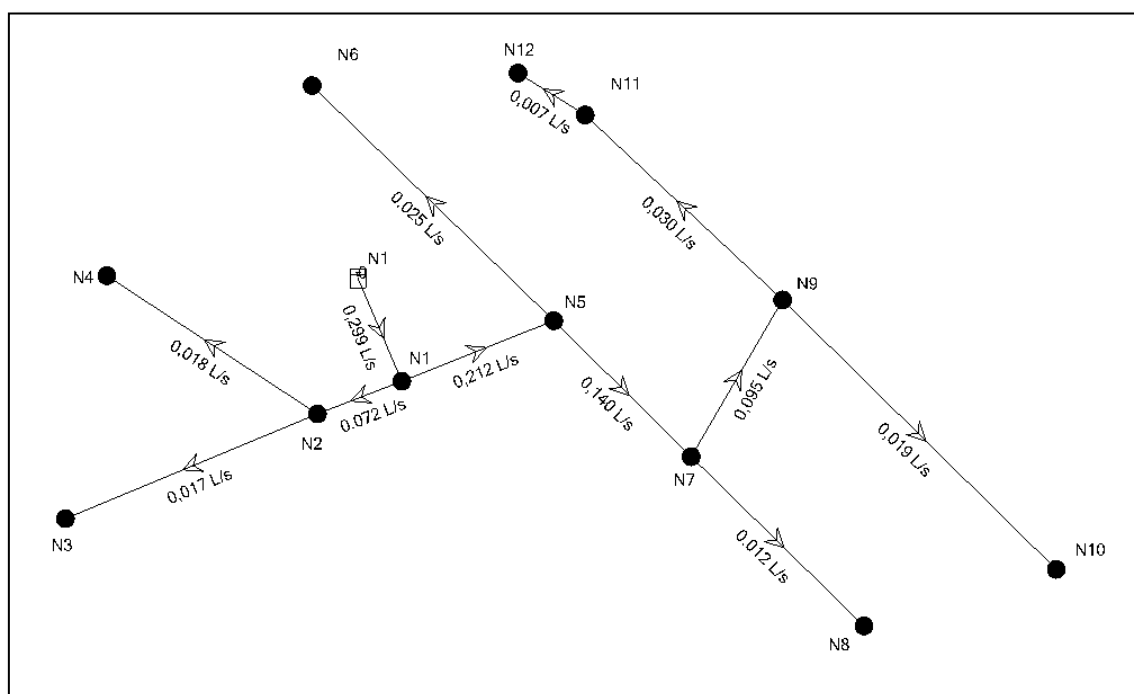
**Tabla 10***Caudal por cada nodo*

| CAUDAL NODO |              |        |
|-------------|--------------|--------|
| NODO        | TRAMO        | CAUDAL |
| N1          | L5+L2/2      | 0.015  |
| N2          | L2+L3+L4/2   | 0.037  |
| N3          | L3/2         | 0.017  |
| N4          | L4/2         | 0.018  |
| N5          | L5+L6+L7/2   | 0.047  |
| N6          | L6/2         | 0.025  |
| N7          | L7+L8+L9/2   | 0.033  |
| N8          | L8/2         | 0.012  |
| N9          | L9+L10+L11/2 | 0.046  |
| N10         | L10/2        | 0.019  |
| N11         | L11+L12/2    | 0.023  |
| N12         | L12/2        | 0.007  |
| total       |              | 0.299  |

Hallado los caudales por cada nodo se ingresa al programa, y haciendo uso de la tabla N3 y la tabla N4 se ingresa los coeficientes de Hazzen-Williams, así como los diámetros tentativos para la simulación en el programa de la red de abastecimiento de agua, los resultados de caudal para cada tramo son los siguientes:

**Figura 5**

*Caudales en los tramos de la red*



Nota: podemos observar que el valor de caudales de cada tramo son inferiores a los 0,10 lt/seg, estando así, por debajo del caudal mínimo establecido por la norma dada por el MVCS.

Resumiendo, tenemos la siguiente tabla que nos da la información los caudales por cada tramo.

Tabla 11

*Caudales por cada tramo de la red*

| TRAMO | NODO INICIAL | NODO FINAL | CAUDAL(lt/seg) |
|-------|--------------|------------|----------------|
| L1    | N            | N1         | 0.3            |
| L2    | N1           | N2         | 0.072          |
| L3    | N2           | N3         | 0.017          |
| L4    | N2           | N4         | 0.018          |
| L5    | N1           | N5         | 0.212          |
| L6    | N5           | N6         | 0.025          |
| L7    | N5           | N7         | 0.014          |
| L8    | N7           | N8         | 0.012          |
| L9    | N7           | N9         | 0.095          |
| L10   | N9           | N10        | 0.019          |
| L11   | N9           | N11        | 0.03           |
| L12   | N11          | N12        | 0.007          |

**2.10.5.2. Cálculo de la velocidad.** Según los parámetros mínimos que nos establece el MVCS, la velocidad mínima deberá ser de 0.60 m/s y en casos extremos no será menor a 0.30 m/s, y no mayor a 3 m/s, del análisis con el programa tenemos lo siguiente:

Figura 6

*Velocidades de los tramos de tuberías*

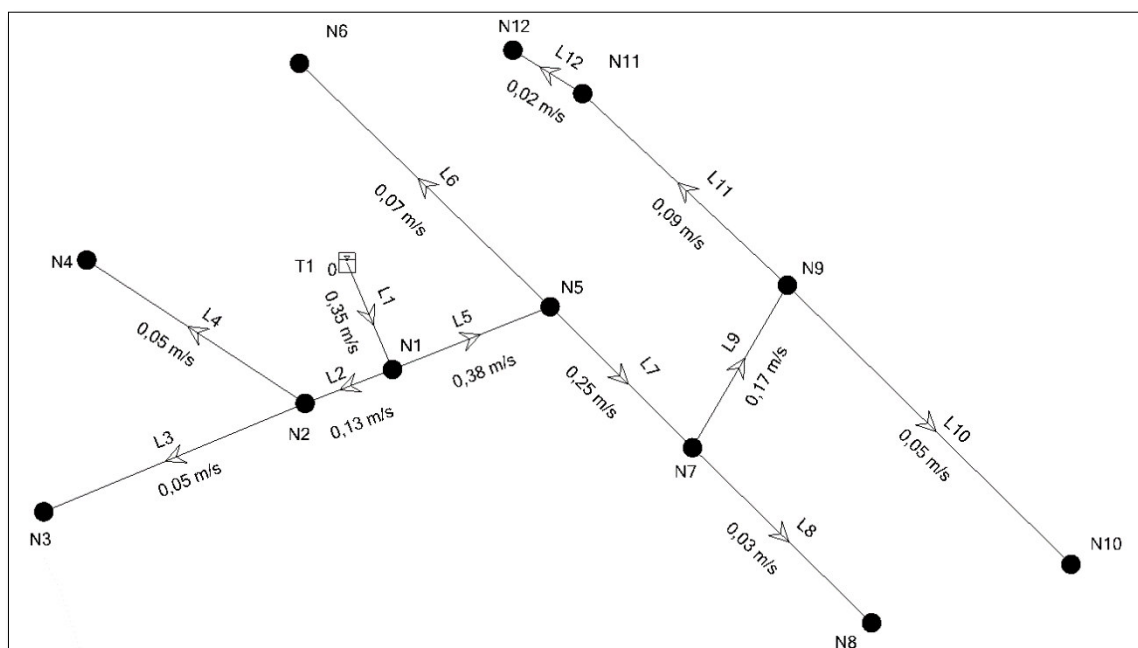


Tabla 12

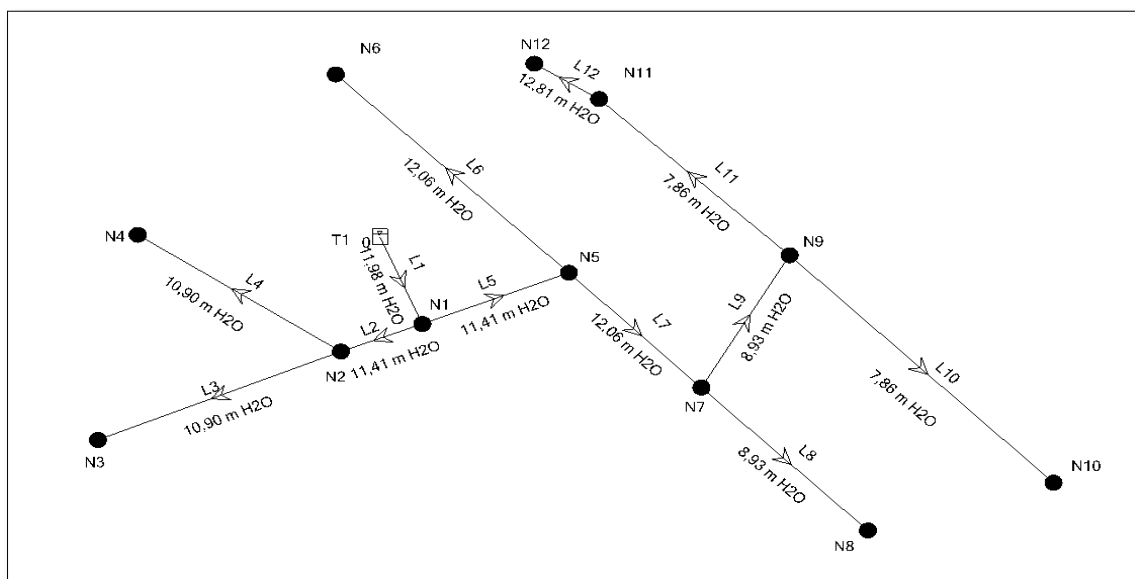
Cuadro de velocidades de los tramos de la tubería

| TRAMO | NODO INICIAL | NODO FINAL | VELOCIDADES(m/s) |
|-------|--------------|------------|------------------|
| L1    | N            | N1         | 0.35             |
| L2    | N1           | N2         | 0.13             |
| L3    | N2           | N3         | 0.05             |
| L4    | N2           | N4         | 0.05             |
| L5    | N1           | N5         | 0.38             |
| L6    | N5           | N6         | 0.07             |
| L7    | N5           | N7         | 0.25             |
| L8    | N7           | N8         | 0.03             |
| L9    | N7           | N9         | 0.17             |
| L10   | N9           | N10        | 0.05             |
| L11   | N9           | N11        | 0.09             |
| L12   | N11          | N12        | 0.02             |

**2.10.5.3. Cálculo de las presiones.** Según lo establecido por el MVCS, la presión dinámica mínima es de 5mca, tendremos la altura del reservorio será de 10 m de altura, para asegurar la suficiente presión en las tuberías.

Figura 7

Presiones en los nodos



Resumiendo, hacemos el cuadro de presiones en cada nodo, podemos observar que en cada nodo las presiones obtenidas son muy buenas

**Tabla 13**

*Cuadro de presiones de los nodos*

| <b>NODO</b> | <b>PRESIONES(M.C.A)</b> |
|-------------|-------------------------|
| N1          | 11.98                   |
| N2          | 11.41                   |
| N3          | 10.90                   |
| N4          | 10.90                   |
| N5          | 11.41                   |
| N6          | 12.06                   |
| N7          | 12.06                   |
| N8          | 8.93                    |
| N9          | 8.93                    |
| N10         | 7.86                    |
| N11         | 7.86                    |
| N12         | 12.81                   |

**2.10.5.4. Resumen de datos obtenidos.** Se recopilará todos los datos obtenidos por el análisis con el programa waterCAD, para su posterior revisión con los parámetros establecidos por el RNE Y EL MVCS.

Figura 8

Valores de la red de agua

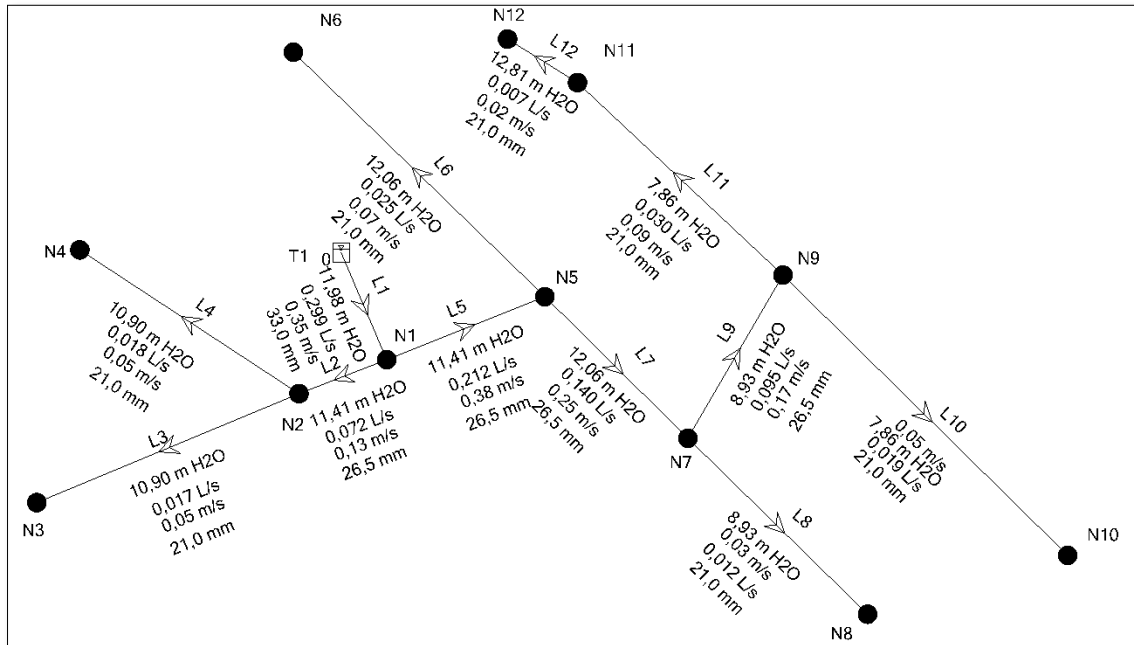


Tabla 14

Cuadro resumen de los valores obtenidos

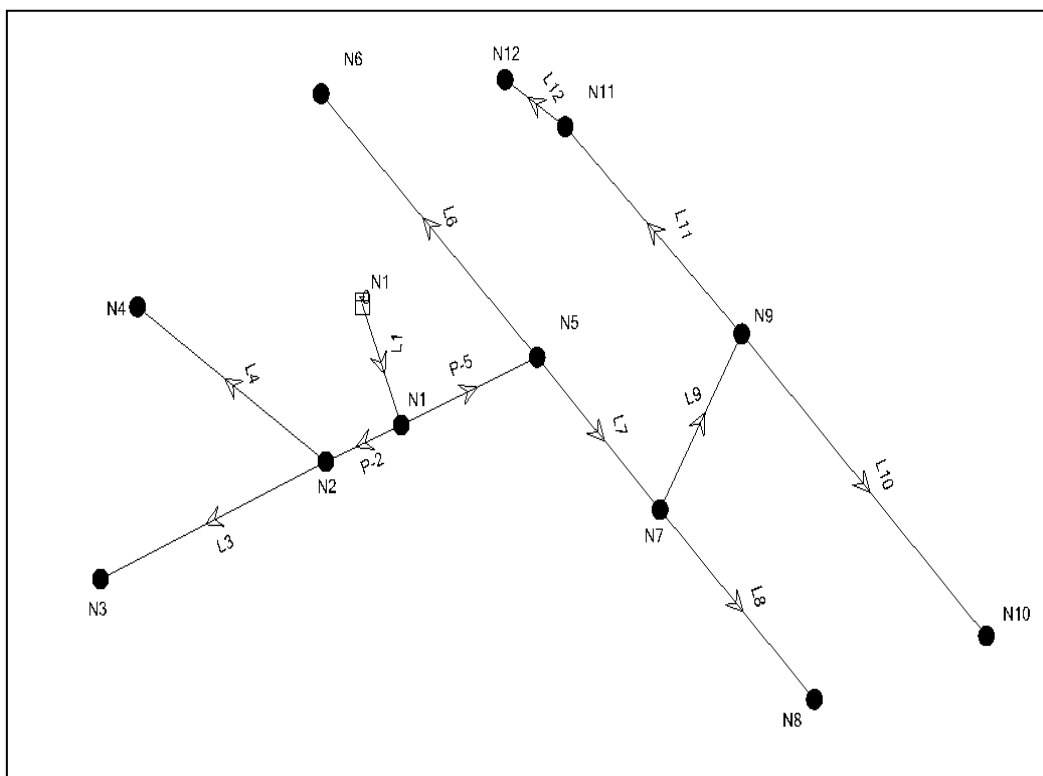
| tramo | nodo inicial | nodo final | caudal(lt/seg) | diámetro(mm) | velocidad(m/s) | presión(mca) |
|-------|--------------|------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| L1    | N            | N1         | 0.3            | 33           | 0.35           | 11.98        |
| L2    | N1           | N2         | 0.072          | 26,5         | 0.13           | 11.41        |
| L3    | N2           | N3         | 0.017          | 21           | 0.05           | 10.90        |
| L4    | N2           | N4         | 0.018          | 21           | 0.05           | 10.90        |
| L5    | N1           | N5         | 0.212          | 26,5         | 0.38           | 11.41        |
| L6    | N5           | N6         | 0.025          | 21           | 0.07           | 12.06        |
| L7    | N5           | N7         | 0.014          | 26,5         | 0.25           | 12.06        |
| L8    | N7           | N8         | 0.012          | 21           | 0.03           | 8.93         |
| L9    | N7           | N9         | 0.095          | 26,5         | 0.17           | 8.93         |
| L10   | N9           | N10        | 0.019          | 21           | 0.05           | 7.86         |
| L11   | N9           | N11        | 0.03           | 21           | 0.09           | 7.86         |
| L12   | N11          | N12        | 0.007          | 21           | 0.02           | 12.81        |

### 2.10.6. Análisis con el caudal de diseño obtenido por simultaneidad de caudales

Se hará representación gráfica de la red de agua potable en el programa waterCAD, con el caudal de diseño obtenido por la simultaneidad de caudales.

**Figura 9**

*Representación gráfica de la red de agua*



**2.10.6.1. Diseño de caudales y diámetros.** Teniendo nuestro caudal de diseño igual a 4.125 lt/seg, ingresamos los caudales unitarios a los nodos, para ello emplearemos el método de caudales unitarios por la longitud equivalente, previo ello colocaremos diámetros tentativos, que se aproximen al caudal de diseño, haciendo uso la tabla 3.

Calculamos los caudales unitarios por tramos con la ecuación N° 17 y N° 18, y lo plasmamos en la siguiente tabla.

**Tabla 15**

*Caudales unitarios de cada tramo*

| TRAMO | NODO INICIAL | NODO FINAL | q. UNITARIO<br>L/S/m2 | LONGITUD(m) | CAUDAL<br>TRAMO<br>LPS |
|-------|--------------|------------|-----------------------|-------------|------------------------|
| L2    | N1           | N2         | 0.00688               | 11.84       | 0,0814592              |
| L3    | N2           | N3         | 0.00688               | 67.16       | 0,4620608              |
| L4    | N2           | N4         | 0.00688               | 70.54       | 0,4853152              |
| L5    | N1           | N5         | 0.00688               | 47.58       | 0,3273504              |
| L6    | N5           | N6         | 0.00688               | 100.13      | 0,6888944              |
| L7    | N5           | N7         | 0.00688               | 38.81       | 0,2670128              |
| L8    | N7           | N8         | 0.00688               | 48.46       | 0,3334048              |
| L9    | N7           | N9         | 0.00688               | 44.31       | 0,3048528              |
| L10   | N9           | N10        | 0.00688               | 77.44       | 0,5327872              |
| L11   | N9           | N11        | 0.00688               | 63.99       | 0,4402512              |
| L12   | N11          | N12        | 0.00688               | 29.33       | 0,2017904              |

**Tabla 16**

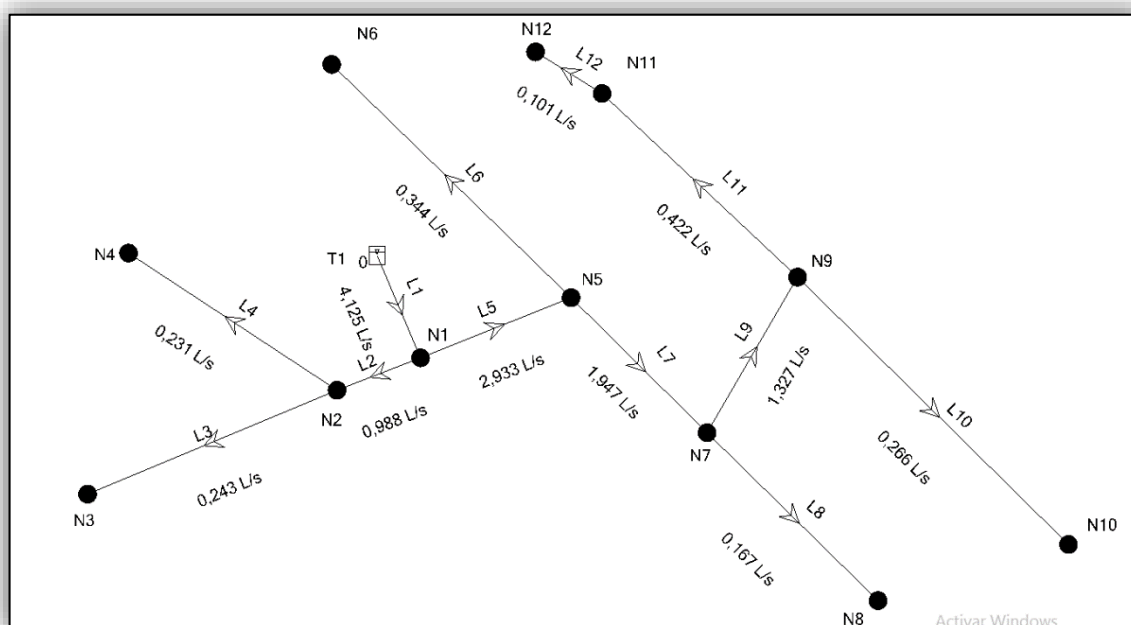
*Caudal por cada nodo*

| CAUDAL NODO |              |                |
|-------------|--------------|----------------|
| NODO        | TRAMO        | CAUDAL(lt/seg) |
| N1          | L5+L2/2      | 0,204          |
| N2          | L2+L3+L4/2   | 0,514          |
| N3          | L3/2         | 0,231          |
| N4          | L4/2         | 0,243          |
| N5          | L5+L6+L7/2   | 0,642          |
| N6          | L6/2         | 0,344          |
| N7          | L7+L8+L9/2   | 0,453          |
| N8          | L8/2         | 0,167          |
| N9          | L9+L10+L11/2 | 0,639          |
| N10         | L10/2        | 0,266          |
| N11         | L11+L12/2    | 0,321          |
| N12         | L12/2        | 0,101          |
| total       |              | 4,125          |

Hallado los caudales por cada nodo se ingresa al programa, y haciendo uso de la tabla N3 y la tabla N4 se ingresa los coeficientes de Hazzen-Williams, así como los diámetros tentativos para la simulación en el programa de la red de abastecimiento de agua, los resultados de caudal para cada tramo son los siguientes:

**Figura 10**

*Representación de caudales*



Nota: podemos observar que el valor de caudales de cada tramo es superior a los 0,10 lt/seg, estando así, por encima del caudal mínimo establecido por la norma dada por el MVCS.

Resumiendo, los caudales tenemos la siguiente tabla que nos da la información los caudales por cada tramo

**Tabla 17**

*Caudales por cada tramo de la red*

| TRAMO | NODO INICIAL | NODO FINAL | CAUDAL(lt/seg) |
|-------|--------------|------------|----------------|
| L1    | N            | N1         | 4.125          |
| L2    | N1           | N2         | 0.988          |
| L3    | N2           | N3         | 0.243          |
| L4    | N2           | N4         | 0.231          |
| L5    | N1           | N5         | 2,933          |
| L6    | N5           | N6         | 0.344          |
| L7    | N5           | N7         | 1.947          |
| L8    | N7           | N8         | 0.167          |
| L9    | N7           | N9         | 1.327          |
| L10   | N9           | N10        | 0.266          |
| L11   | N9           | N11        | 0.422          |
| L12   | N11          | N12        | 0.101          |

**2.10.6.2. Cálculo de la velocidad.** Según los parámetros mínimos que nos establece el MVCS, la velocidad mínima deberá ser de 0.60 m/s y en casos extremos no será menor a 0.30 m/s, y no mayor a 3 m/s, del análisis con el programa tenemos lo siguiente:

**Figura 11**

*Cuadro de velocidades de los tramos de la tubería*

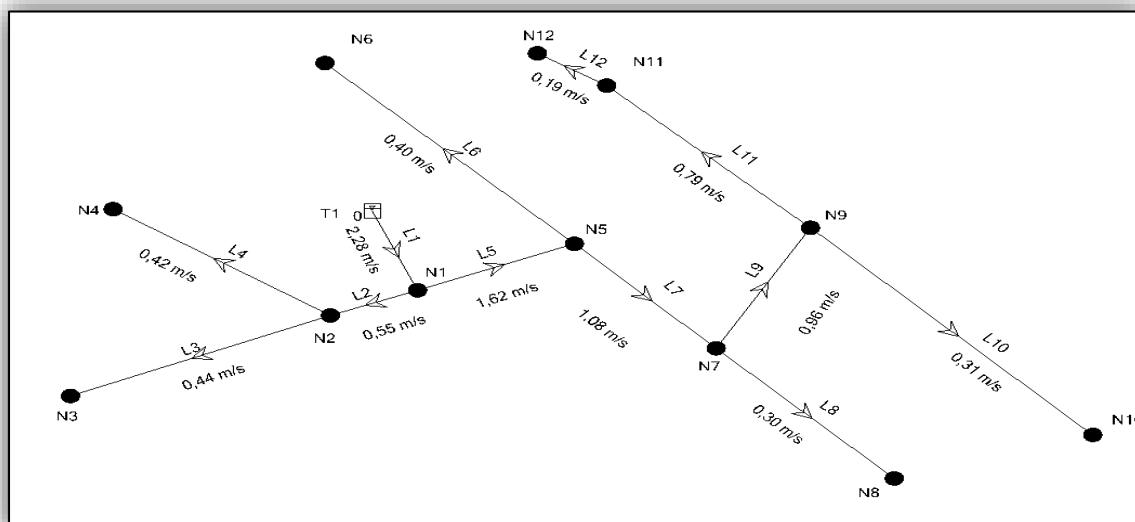


Tabla 18

Cuadro de velocidades de los tramos de la tubería

| TRAMO | NODO INICIAL | NODO FINAL | VELOCIDADES(m/s) |
|-------|--------------|------------|------------------|
| L1    | N            | N1         | 2.28             |
| L2    | N1           | N2         | 0.55             |
| L3    | N2           | N3         | 0.44             |
| L4    | N2           | N4         | 0.42             |
| L5    | N1           | N5         | 1.62             |
| L6    | N5           | N6         | 0.40             |
| L7    | N5           | N7         | 1.947            |
| L8    | N7           | N8         | 0.30             |
| L9    | N7           | N9         | 0.96             |
| L10   | N9           | N10        | 0.31             |
| L11   | N9           | N11        | 0.79             |
| L12   | N11          | N12        | 0.19             |

**2.10.6.3. Cálculo de las presiones.** Según lo establecido por el MVCS, la presión dinámica mínima es de 5mca, tendremos la altura del reservorio será de 10 m de altura, para asegurar la suficiente presión en las tuberías.

Figura 12

Presiones en los nodos

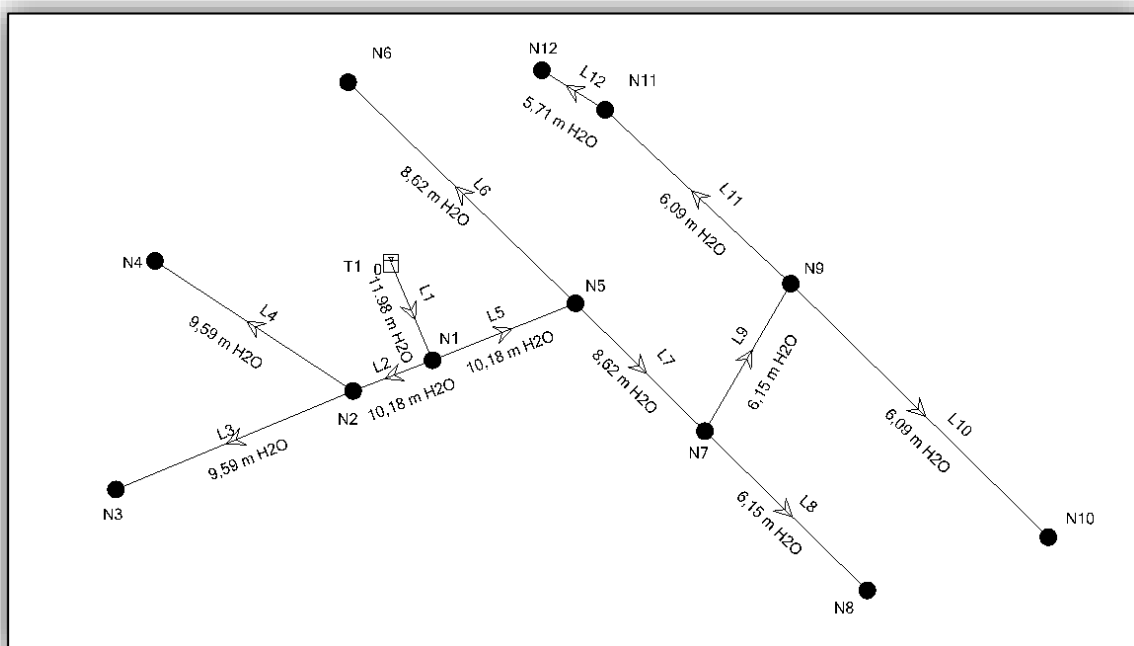


Tabla 19

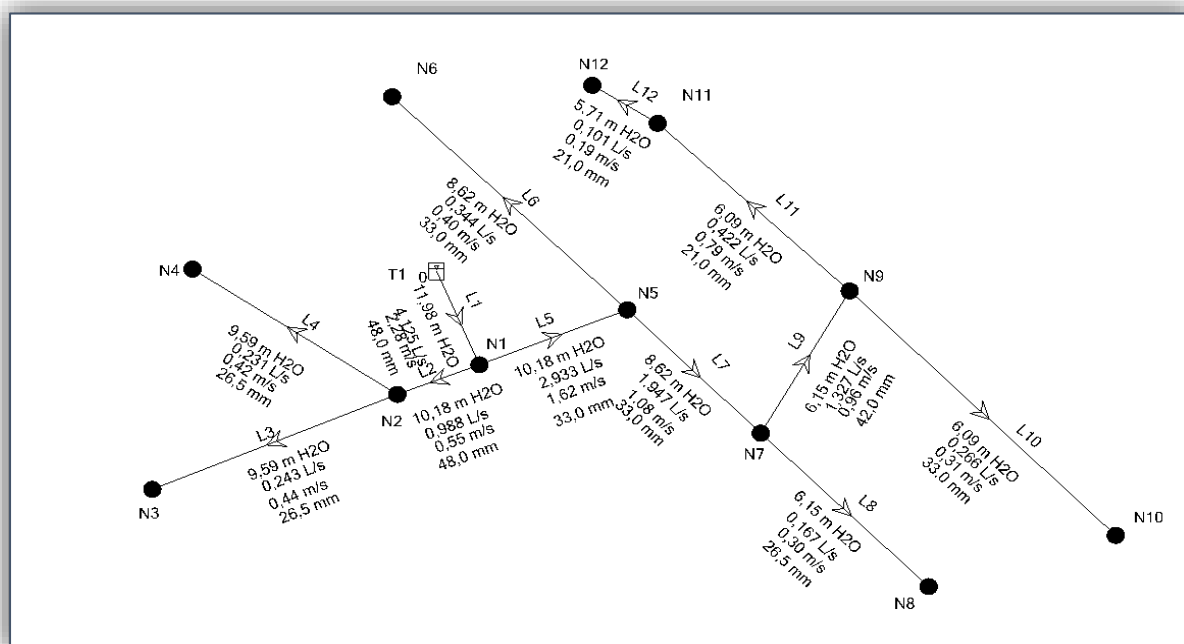
Cuadro de presiones de los tramos de la tubería

| NODO | PRESIONES(M.C.A) |
|------|------------------|
| N1   | 11.98            |
| N2   | 10.18            |
| N3   | 9.59             |
| N4   | 9.59             |
| N5   | 10.18            |
| N6   | 8.62             |
| N7   | 8.62             |
| N8   | 6.15             |
| N9   | 6.15             |
| N10  | 6.09             |
| N11  | 6.09             |
| N12  | 5.71             |

**2.10.6.4. Resumen de datos obtenidos.** Se recopilará todos los datos obtenidos por el análisis con el programa waterCAD, para su posterior revisión con los parámetros establecidos por el RNE Y EL MVCS.

Figura 13

Valores de la red de agua



**Tabla 20***Cuadro resumen de los valores obtenidos*

| tramo | nodo inicial | nodo final | caudal(lt/seg) | diámetro(mm) | velocidad(m/s) | presión(m.c.a) |
|-------|--------------|------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| L1    | N            | N1         | 4.125          | 33           | 2.28           | 11.98          |
| L2    | N1           | N2         | 0.988          | 48           | 0.55           | 10.18          |
| L3    | N2           | N3         | 0.243          | 26,5         | 0.44           | 9.59           |
| L4    | N2           | N4         | 0.231          | 26,5         | 0.42           | 9.59           |
| L5    | N1           | N5         | 2,933          | 33           | 1.62           | 10.18          |
| L6    | N5           | N6         | 0.344          | 33           | 0.40           | 8.62           |
| L7    | N5           | N7         | 1.947          | 33           | 1.947          | 8.62           |
| L8    | N7           | N8         | 0.167          | 26,5         | 0.30           | 6.15           |
| L9    | N7           | N9         | 1.327          | 42           | 0.96           | 6.15           |
| L10   | N9           | N10        | 0.266          | 33           | 0.31           | 6.09           |
| L11   | N9           | N11        | 0.422          | 21           | 0.79           | 6.09           |
| L12   | N11          | N12        | 0.101          | 21           | 0.19           | 5.71           |

### 2.10.7. Discusiones de los resultados

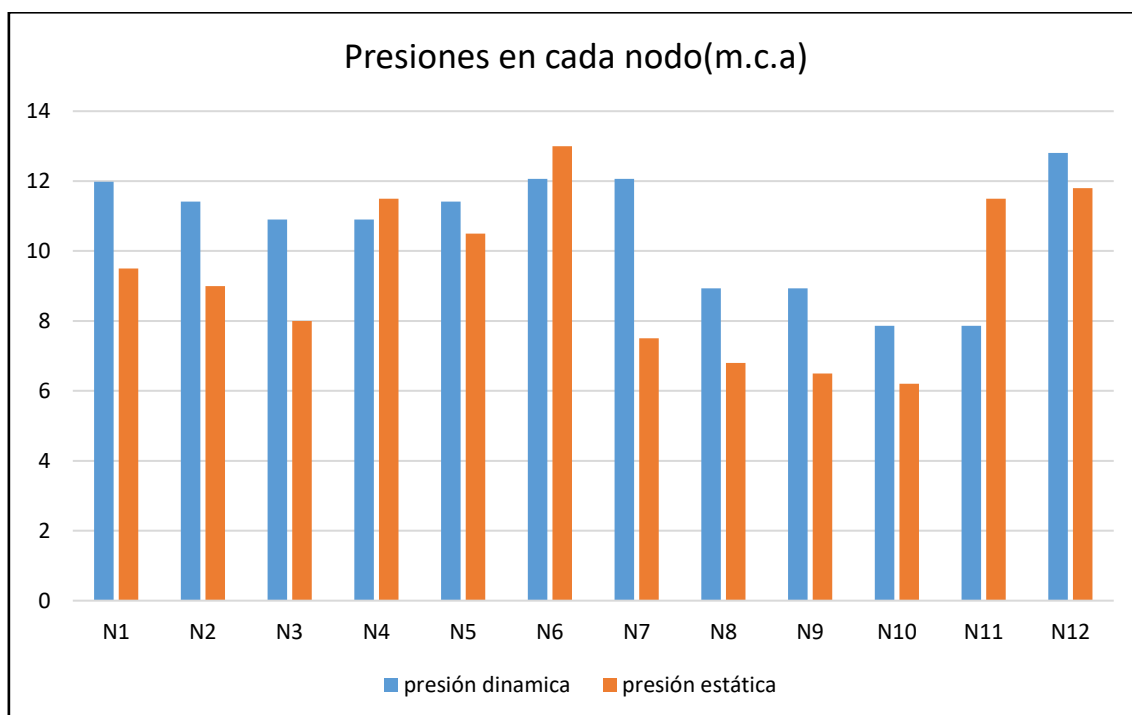
Con los resultados obtenidos procedemos a analizar según los parámetros mínimos establecidos:

#### 2.10.7.1. Diseño según las Normas Peruanas de Saneamiento

**A. Presiones.** Según los reportes obtenidos por el cálculo hidráulico realizado por el programa waterCAD, se verifica que la presión dinámica en cualquier punto de la red de tuberías es superior a 5 metros de columna de agua (5m H<sub>2</sub>O) y la presión estática es inferior a 50 metros de columna de agua (50m H<sub>2</sub>O). Como se muestra en Figura 14 en donde la presión dinámica mínima es de 7.86 mH<sub>2</sub>O y la presión estática máxima es de 13 mH<sub>2</sub>O.

**Figura 14**

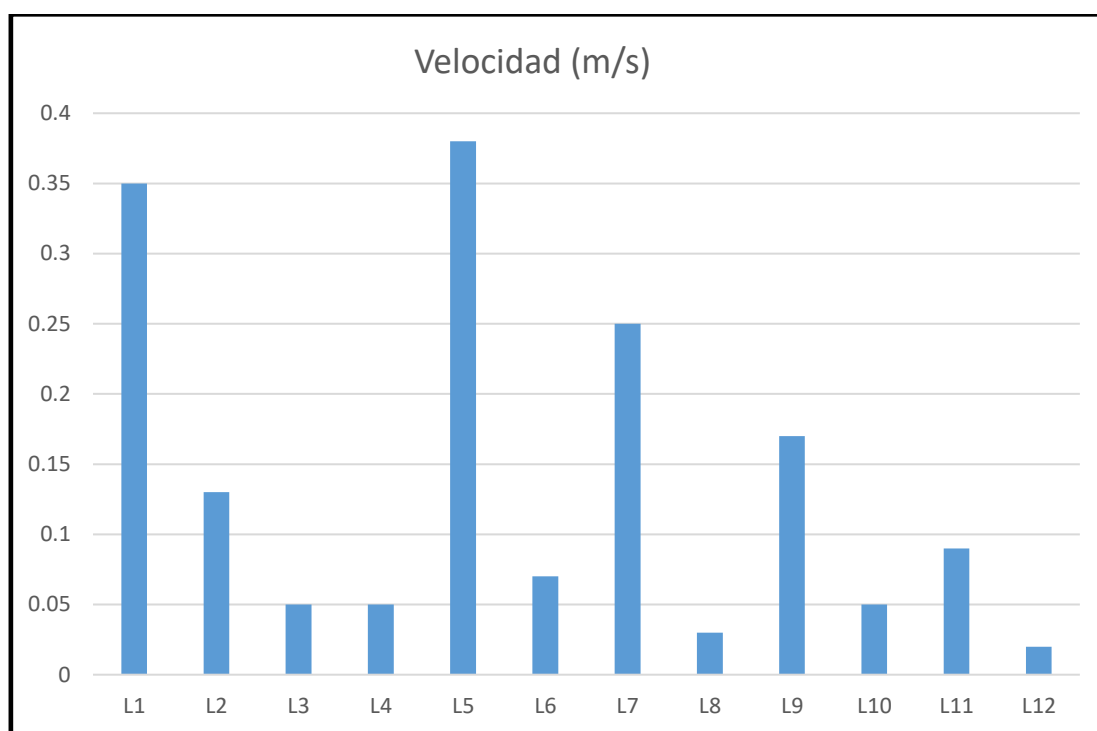
*Gráfico de presiones en los nodos*



**B. Velocidades.** Según los reportes obtenidos por el cálculo hidráulico realizado por el programa waterCAD, se verifica que la velocidad máxima será de 3m/seg y la velocidad mínima en casos excepcionales deberá ser 0.30 m/s. Así como se ve en la Figura 15 en donde solo en dos tramos cumplen las velocidades mínimas (L1 con 0.35 m/seg y L5 con 0.38m/seg), siendo las velocidades de los demás tramos inferiores a 0.30 m/seg.

**Figura 15**

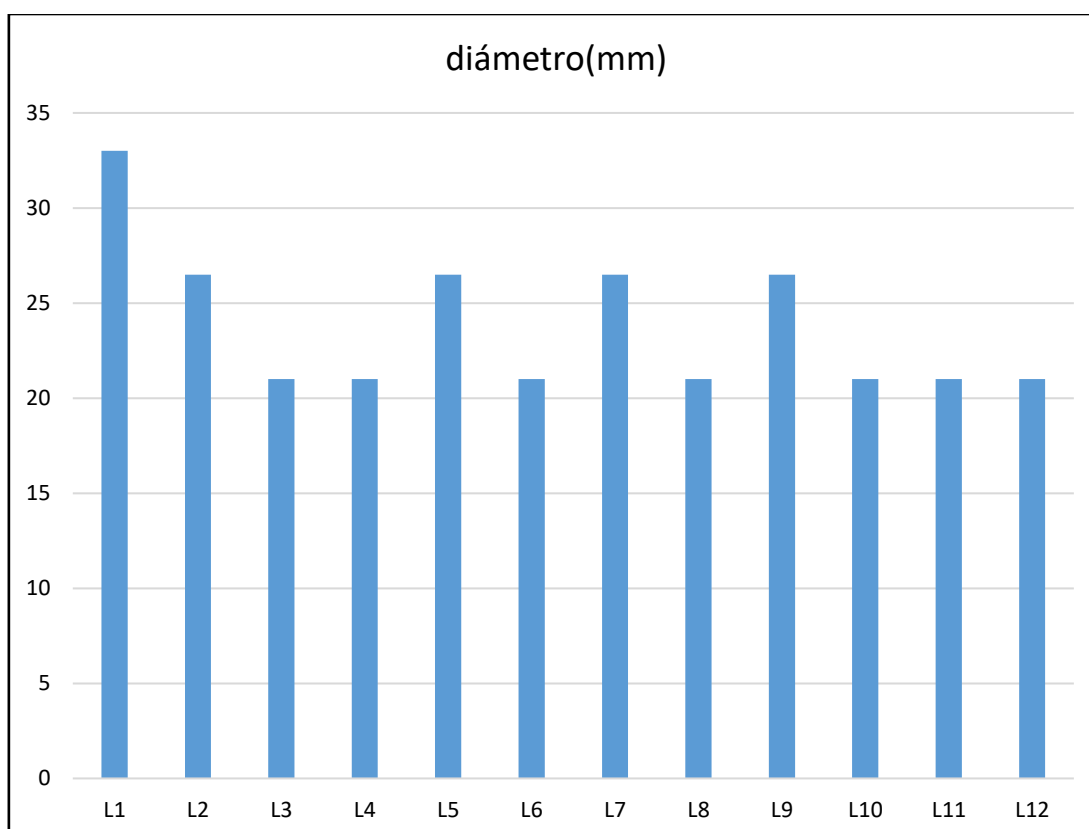
*Gráfico de velocidades en los tramos de la red*



**C. Diámetros.** Según los reportes obtenidos por el cálculo hidráulico realizado por el programa waterCAD, se verifica que el diámetro utilizado asegurará suficiente caudal y presión en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos son: red principal 25 mm, ramal 20 mm. Así como se ve en la Figura 16 en donde el diámetro menor es de 21mm, el cumpliría con la medida mínima, pero me genera velocidades muy menores, se necesitaría bajar aún más el diámetro para poder cumplir con las velocidades mínimas.

**Figura 16**

*Gráfico de diámetros en los tramos de la red*

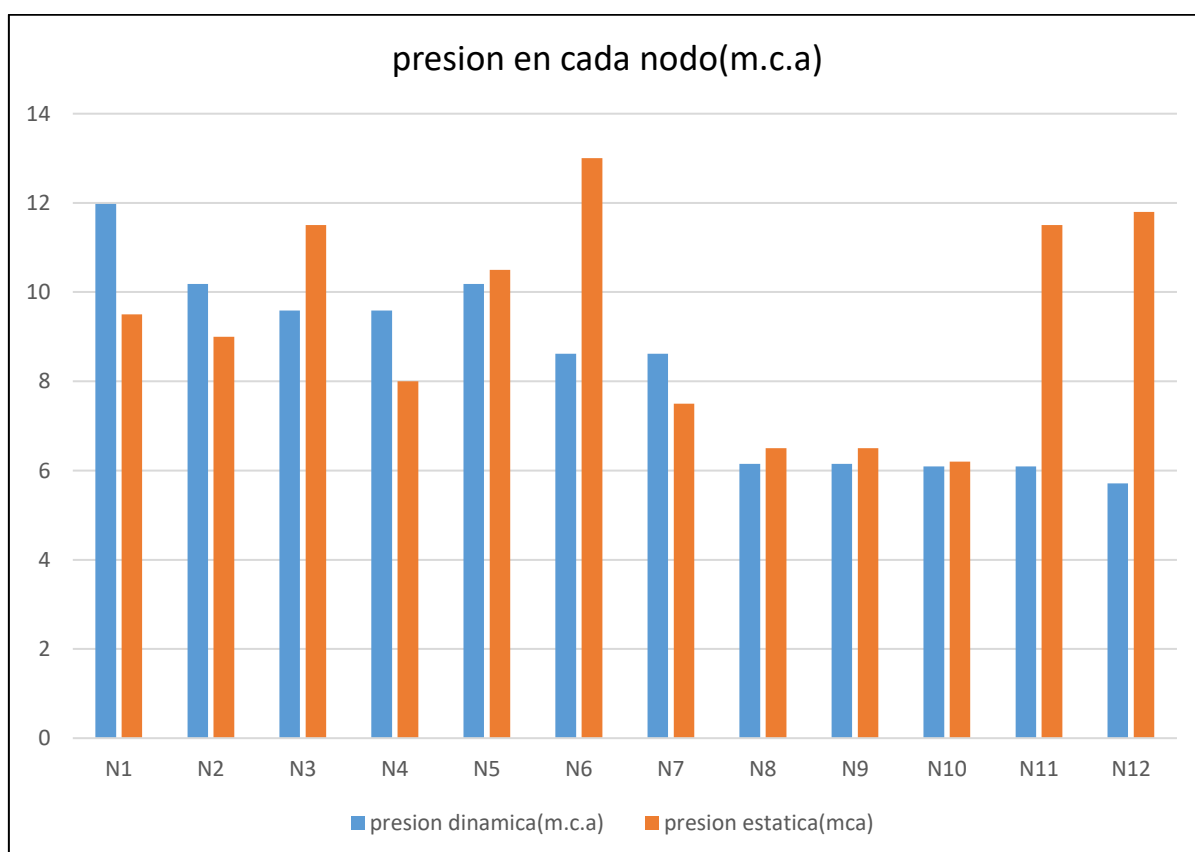


### 2.10.7.2. Diseño según la simultaneidad de caudales

**A. Presiones.** Según los reportes obtenidos por el cálculo hidráulico realizado por el programa waterCAD, se verifica que que la presión dinámica en cualquier punto de la red de tuberías es superior a 5 metros de columna de agua (5m H<sub>2</sub>O) y la presión estática es inferior a 50 metros de columna de agua (50m H<sub>2</sub>O). Como se muestra en la Figura 17, la presión dinámica mínima es de 5.71 mH<sub>2</sub>O y la presión estática máxima es de 13 mH<sub>2</sub>O.

**Figura 17**

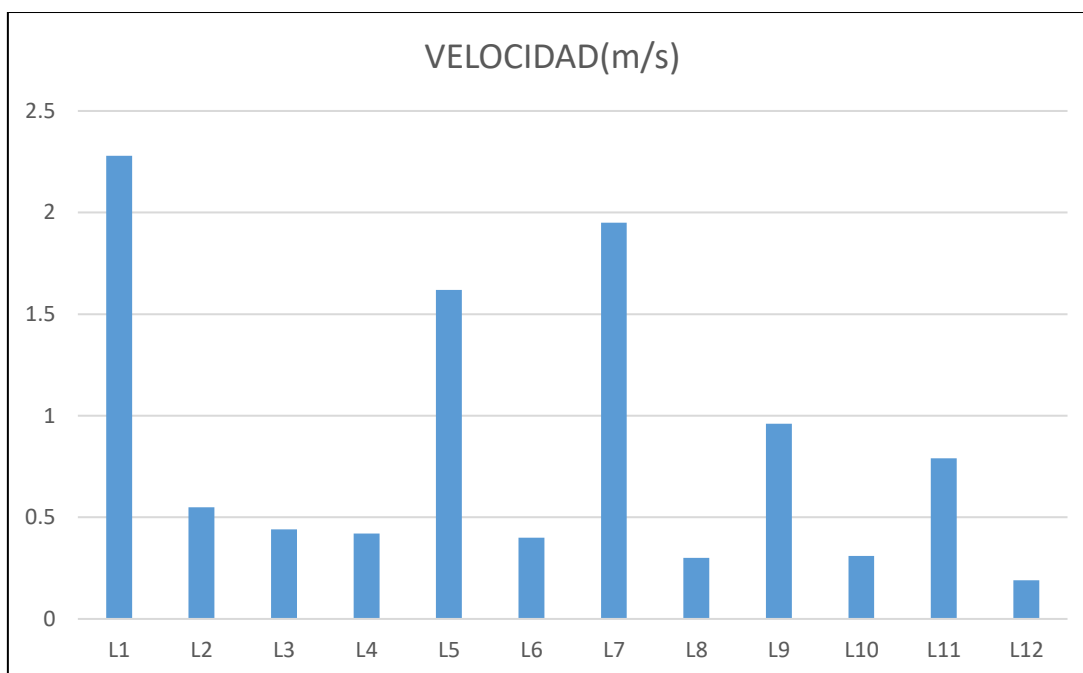
*Gráfico de presiones en los tramos de la red*



**B. Velocidades.** Según los reportes obtenidos por el cálculo hidráulico realizado por el programa waterCAD, se verifica que la máxima velocidad será de 3m/seg y la velocidad mínima en casos excepcionales deberá ser 0.30 m/s. Así como se ve en la Figura 18 en donde solo en 1 tramo no cumplen con las velocidades mínimas (L12 que es el tramo más corto con 0.19 m/seg), siendo las velocidades en los demás tramos superior a la velocidad mínima.

**Figura 18**

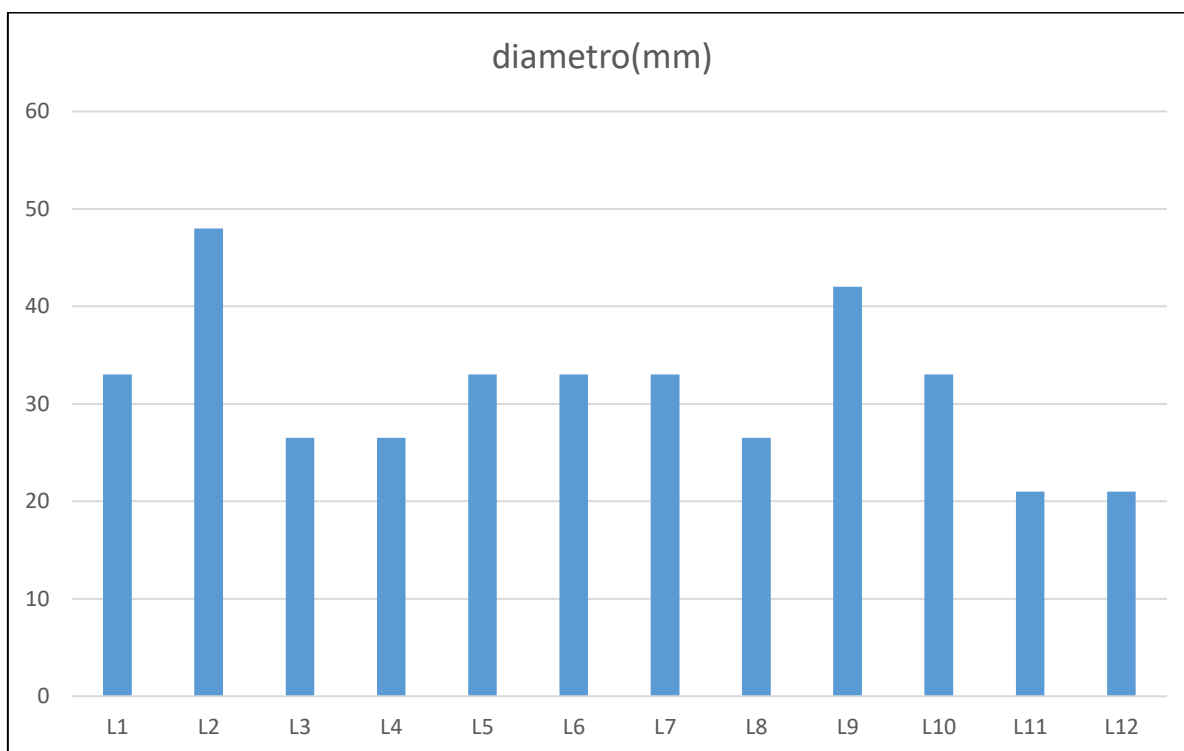
*Gráfico de velocidades en los tramos de la red*



**C. Diámetros.** Según los reportes obtenidos por el cálculo hidráulico realizado por el programa waterCAD, se verifica que el diámetro utilizado asegurará suficiente caudal y presión en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos son: red principal 25 mm, ramal 20 mm. Así como se ve en la Figura 19 en donde el diámetro menor es de 21mm, el cumple con la medida mínima y me genera velocidades que están por encima de la velocidad mínima establecida en los parámetros dado por el MVCS.

**Figura 19**

*Gráfico de diámetros en los tramos de la red*



### III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

En el tiempo que me encuentro desempeñando mi profesión en la empresa CONSULTORA Y CONSTRUCTORA ORIUNDO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA-C y C-ORIUNDO S.A.C. he podido realizar varios proyectos de lotizaciones, manzaneo, diseño de viviendas unifamiliares para casas de campo, diseños de canales de regadíos, así como diseños de abastecimiento de agua en condominios.

se puede mencionar entre los principales aportes lo siguiente:

La elaboración de los planos topográficos para independizaciones de terreno.

La elaboración de planos arquitectónicos para casas de campo.

Diseño de canales de regadíos para predios rurales.

La elaboración de los planos de lotizaciones para proyectos urbanísticos.

Gestión en habilitaciones urbanas.

El diseño óptimo de las redes de agua para el abastecimiento de agua potable en condominios.

Lograr el servicio básico de agua potable para condominios que se encuentran en zonas rurales.

#### IV.CONCLUSIONES

- El diseño basado en las Normas Técnicas Peruanas de Saneamiento y el método de simultaneidad de caudales cumple con los requisitos mínimos establecidos por el (MVCS) en cuanto a presión mínima en estado dinámico y presión máxima en estado estático. Aunque ambos enfoques logran cumplir con los estándares regulatorios, es esencial considerar otros factores y criterios de diseño para tomar decisiones informadas sobre la elección del método más adecuado para las condiciones específicas del sistema condominial de agua potable.
- Para poblaciones muy reducidas, tanto en el diseño mediante las Normas Técnicas Peruanas de Saneamiento como en el diseño por la simultaneidad de caudales, se observa que existe la posibilidad de que algunos tramos de las redes no cumplan con la velocidad mínima establecida por la normativa. Esto indica que, en contextos con poblaciones pequeñas, puede ser un desafío garantizar que todos los tramos cumplan con los criterios de velocidad mínima.
- En ambas metodologías el diámetro menor es de 21mm, que cumpliría con la medida mínima, pero en la metodología de las Normas Técnicas Peruanas de Saneamiento genera velocidades muy menores, lo que implicaría bajar aún más el diámetro para poder cumplir con las velocidades mínimas.
- Se puede concluir que la metodología de la simultaneidad de caudales nos sirve en el diseño de redes de agua condominiales donde las cuales las poblaciones son reducidas, ya que me garantiza velocidades mínimas, así como el uso de los diámetros sin estar por debajo de los diámetros mínimos establecidos por el MVCS.

## V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda asegurar las presiones mínimas en los nodos, así como los diámetros mínimos en las redes, ya que como se vio en los resultados en algunos tramos de la red las velocidades mínimas no cumplirán en ambas metodologías.
- Se recomienda no diseñar con la metodología dada por las normas técnicas peruanas de saneamiento para poblaciones reducidas o para el diseño de redes condominiales, ya que como se vio en los resultados los valores obtenidos están muy por debajo de los parámetros mínimos que se debe cumplir.
- Se recomienda la aplicación de la metodología de simultaneidad de caudales para redes de diseño de agua en condominios o en lugares rurales cuya población sea reducida o no sobrepase los 200 habitantes aproximadamente.

## VI. REFERENCIAS

- Agüero, R. (1997). *Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*.  
<http://siar.minam.gob.pe/lambayeque/documentos/agua-potable-poblaciones-rurales-sistemas-abastecimiento-gravedad-sin>.
- Hernandez, R. (2000) *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Normas Técnicas de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Abastecimiento en el ámbito Rural*.<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informespublicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>.
- Nelson Castro, J. G. y R. O. (2006). *Aplicación de los métodos para el Cálculo de Caudales Máximos Probables en Edificaciones de diferentes tipos* [Tesis de maestría] Universidad Nacional de Colombia.
- Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*.  
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/49654>
- Pancorbo, F. (2011). *Caudales de cálculo en las instalaciones de distribución de agua*. Barcelona Lexus.
- Vargas, L. (2020). *Diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina la ensenada de Collanac Distrito de Pachacamac mediante el uso de los programas Watercad y Sewercad* [ Tesis de pregrado Pontificia Universidad

Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP.

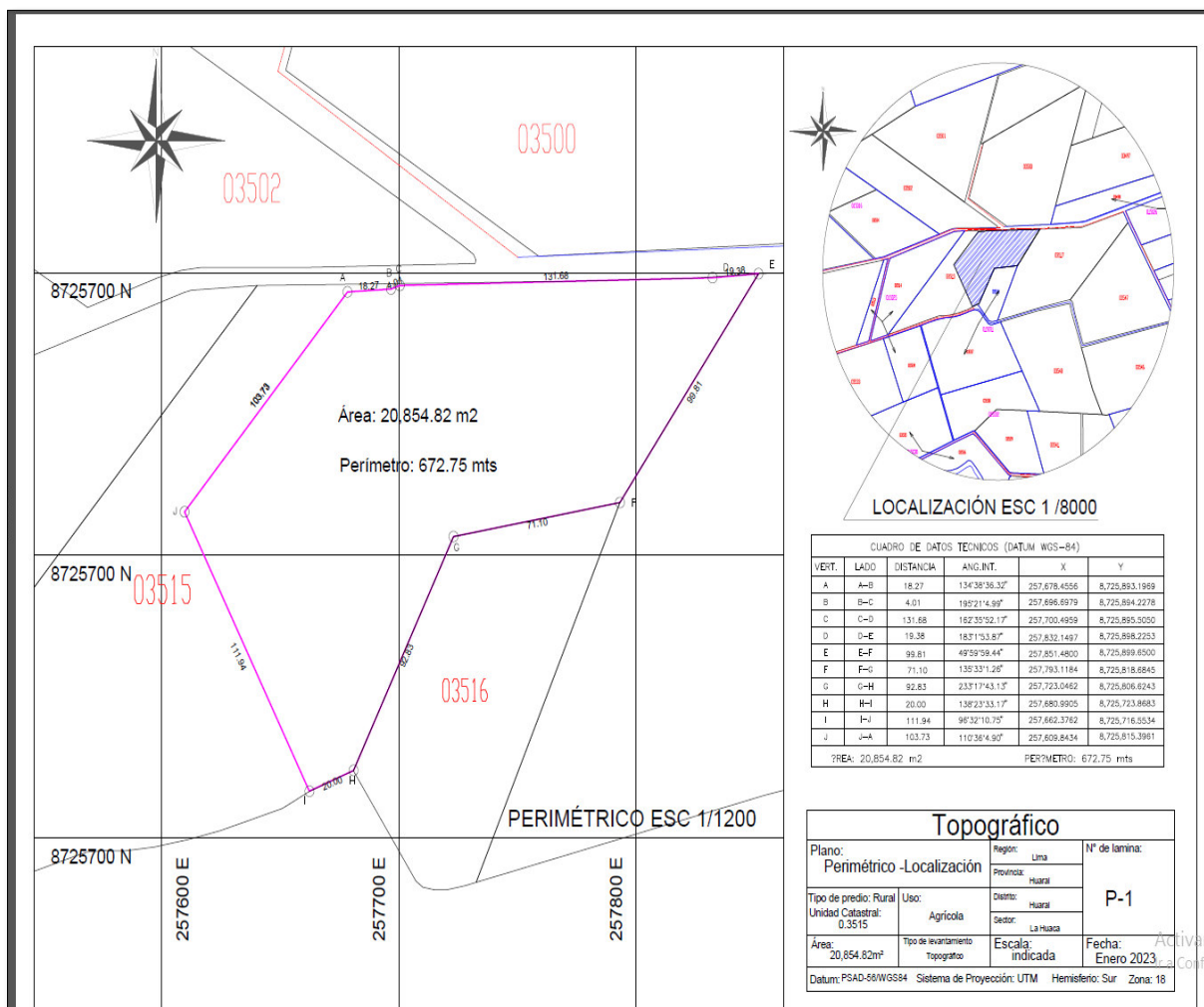
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/17207>.

Zamora, R. (2013) *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones*. [Tesis de pregrado Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción]. Repositorio TEC.

<https://hdl.handle.net/2238/6203>

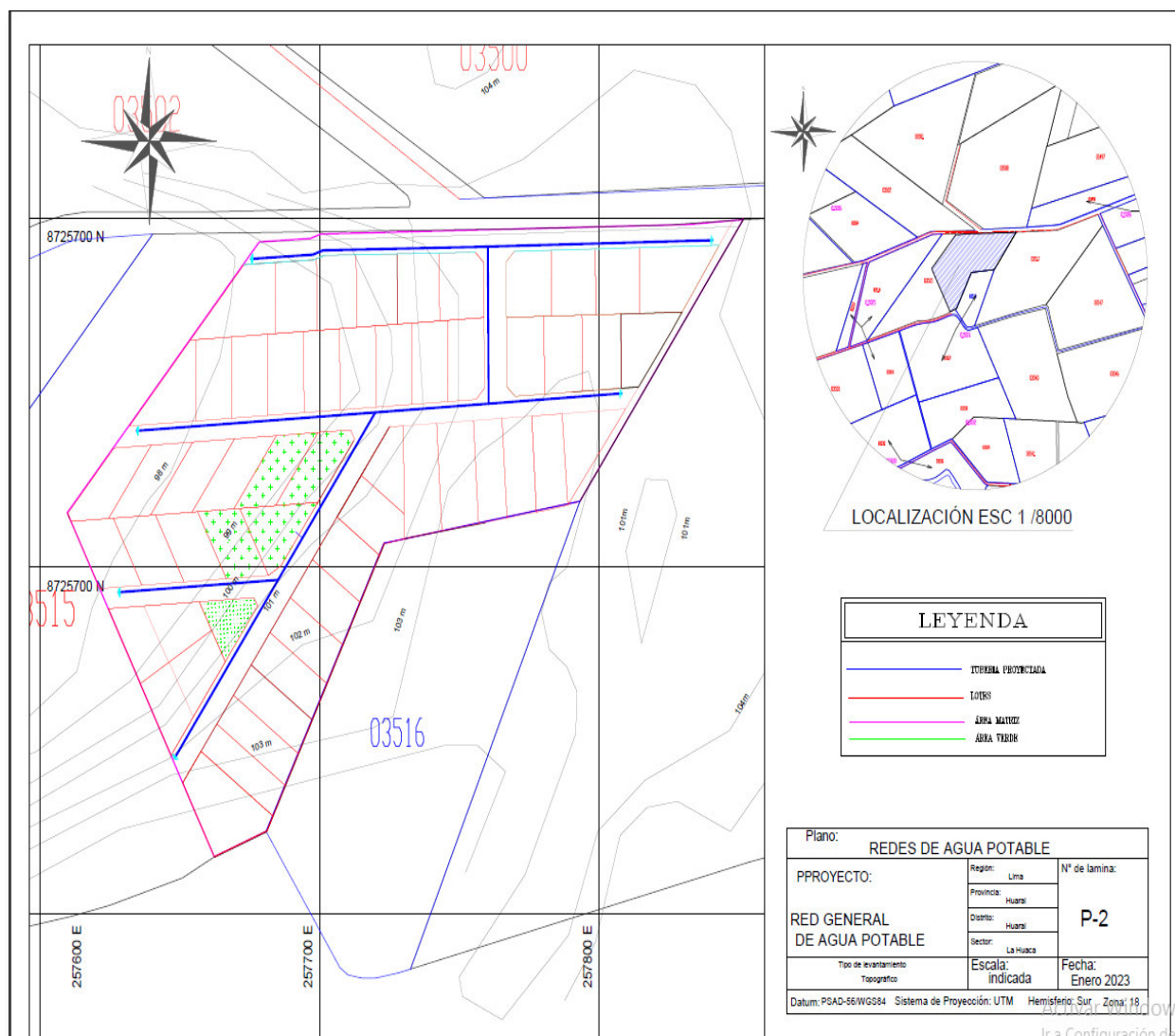
VII. ANEXOS

Anexo A: Plano topográfico



Fuente: Plano del proyecto

Anexo B: Plano de la red de agua



Fuente: Plano del proyecto

## Anexo C: Trazado de vías



Fuente: Memoria fotográfica del proyecto

Anexo D: Compactado y nivelado de vías



Fuente: Memoria fotográfica del proyecto

Anexo E: Compactado y nivelado de vías



Fuente: Memoria fotográfica del proyecto

Anexo F: Compactado de afirmado en vías



Fuente: Memoria fotográfica del proyecto