



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**“PRE-DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL PROYECTO
LA BENDICIÓN, BARRANCA, PUNTARENAS, COSTA
RICA.”**

CINTHYA STACY BOLAÑOS PICADO

HEREDIA, 22 DE AGOSTO DE 2022

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: **Pre-diseño del sistema de agua potable y de alcantarillado sanitario para el proyecto Bendición de Dios, Barranca, Puntarenas, Costa Rica**, por el (la) estudiante: **BOLAÑOS PICADO CINTHYA STACY**, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

**ALBERTO
GONZALEZ
SOLERA
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por ALBERTO GONZALEZ SOLERA (FIRMA)
Nombre de reconocimiento (DN):
serialNumber=CPF-01-0919-0803,
sn=GONZALEZ SOLERA,
givenName=ALBERTO, c=CR,
o=PERSONA FISICA, ou=CIUDADANO,
cn=ALBERTO GONZALEZ SOLERA
(FIRMA)
Fecha: 2023.01.13 16:15:41 -06'00'
Versión de Adobe Acrobat:
2015.007.00000

Ing. Alberto González Solera
Tutor

**LEONARDO
MOYA
GONZALEZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)
DN: SERIALNUMBER=CPF-01-0406-0491, SN=MOYA GONZALEZ, G=LEONARDO, C=CR, O=PERSONA FISICA, OU=CIUDADANO, CN=LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)
Razón: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2023.01.19 15:22:33-06'00'
Foxit PDF Reader Versión: 12.1.0

Ing. Leonardo Moya González
Lector

**GERARDO
ENRIQUE
CHACON
ROJAS (FIRMA)**

Firmado digitalmente por GERARDO ENRIQUE CHACON ROJAS (FIRMA)
Fecha: 2023.01.14 14:09:53 -06'00'

Ing. Gerardo Chacón Rojas
Representante



CARTA SEGMENTADA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Estimados señores:

En mi calidad de tutor, como miembro del Tribunal Examinador, confirmo la aprobación del siguiente Trabajo Final de Graduación para optar por grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

- Trabajo Final de Graduación, denominado: "Pre-diseño del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el proyecto La Bendición, Barranca, Puntarenas, Costa Rica."
- En la modalidad de Proyecto Final de Graduación.
- Alumno: BOLAÑOS PICADO CINTHYA STACY
- 22 de Diciembre, 2022

Esp. Ing. Alberto González Solera
Ingeniero Civil IC-16251
Consultor Ambiental CI-232-2015-SETENA
Fiscal de Inversión CFIA/ Perito Poder Judicial (FIRMA)
Email: betogs4@gmail.com / albertogonzalez@casaciencr.com
Tel: (506)88167554

ALBERTO
GONZALEZ
SOLERA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ALBERTO GONZALEZ SOLERA (FIRMA)
 Nombre de reconocimiento (DN):
 serialNumber=CPE-01-0919-0003,
 sn=GONZALEZ SOLERA,
 givenName=ALBERTO, o=CR, o=PERSONA FISICA, ou=CIDADANO, cn=ALBERTO GONZALEZ SOLERA (FIRMA)
 Fecha: 2022.12.23 08:58:06 -06'00'
 Versión de Adobe Acrobat: 2015.007.00000



CARTA SEGMENTADA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Estimados señores:

En mi calidad de lector, como miembro del Tribunal Examinador, confirmo la aprobación del siguiente Trabajo Final de Graduación para optar por grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

- Trabajo Final de Graduación, denominado: "Pre-diseño del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el proyecto La Bendición, Barranca, Puntarenas, Costa Rica."
- En la modalidad de Proyecto Final de Graduación.
- Alumno: BOLAÑOS PICADO CINTHYA STACY
- 22 de Diciembre, 2022

**LEONARDO
MOYA
GONZALEZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)
DN: SERIALNUMBER=CPF-01-0406-0491, SN=MOYA GONZALEZ, G=LEONARDO, C=CR, O=PERSONA FISICA, OU=CIUDADANO, CN=LEONARDO MOYA GONZALEZ (FIRMA)
Razón: Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha: 2022.12.23 10:36:26-06'00'
Foxit PDF Reader Versión: 12.1.0

Leonardo Moya González

28 de diciembre de 2022

Señores
Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Información
Universidad Latina de Costa Rica

Respetados señores:

En calidad de filóloga, yo Margarita Jiménez Carmona, cédula de identidad número: 1-0493-0598. Egresada de la Universidad de Costa Rica. Asociada al Colegio de Licenciados y Profesores, hago constar que he revisado y señalado cada uno de los aspectos de: construcción gramatical, ortografía y redacción del proyecto de graduación titulado: **PRE-DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL PROYECTO LA BENDICIÓN, BARRANCA, PUNTARENAS, COSTA RICA**, perteneciente a: Cinthya Stacy Bolaños Picado, número de identificación: 1-1572-0481

Así, cumple con un requisito más para optar por el grado de **Licenciatura en Ingeniería Civil**.

Se agradece toda consideración al respecto.

**MARGARITA
JIMENEZ
CARMONA
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por
MARGARITA JIMENEZ
CARMONA (FIRMA)
Fecha: 2022.12.28
17:42:49 -06'00'

Licda. Margarita Jiménez Carmona
Cédula: 1-0493-0598
Carné: 008487(COLYPRO)

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Cinthya Stacy Bolaños Picado estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

"Pre-diseño del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el proyecto La Bendición, Barranca, Puntarenas, Costa Rica."

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Heredia, 26 de Diciembre de 2022



Cinthya Stacy Bolaños Picado

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)
Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros): Bolaños Picado; Cinthya Stacy

De la Carrera / Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

Modalidad de TFG: Proyecto de Graduación

Titulado: "Pre-diseño del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el proyecto La Bendición, Barranca, Puntarenas, Costa Rica."

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD** **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 25 de Diciembre de a las 14:00

Firma del estudiante(s):



Agradecimientos

En primera instancia agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí a pesar de las adversidades y lograr lo que tanto anhelé

Agradezco profundamente a mis padres por enseñarme durante toda mi vida que con esfuerzo, dedicación y perseverancia las metas se cumplen. Gracias por estar presentes en cada etapa de mi carrera, por todo el apoyo, el aliento y su ayuda incondicional. Los Amo.

A mi novio, por estar presente y en todo momento anuente a brindarme su apoyo en lo que pudiera, gracias por escucharme y siempre creer en mí.

Y por último, pero no menos importante a cada uno de mis compañeros, colegas, amigos, familiares y profesores que durante el camino aportaron de alguna u otra manera con sus enseñanzas o apoyos, siempre los recordaré y se los agradeceré.

Resumen

El crecimiento de la población, así como la mejora social que avanza día tras día en el distrito de Barranca, Puntarenas, permite la construcción de diferentes proyectos habitacionales, en este caso es el llamado “La Bendición”; los cuales conllevan tanto al abastecimiento de agua potable, así como a canalizar las aguas residuales generadas por medio de alcantarillados los cuales resultan determinantes, ya que sin ellos veríamos comprometida en multitud de ocasiones la salud y bienestar.

Las aguas residuales ordinarias, conocidas popularmente como negras, provenientes de la actividad humana, pueden producir enfermedades infecciosas las cuales afectan la salud así como también contribuyen al deterioro del medio ambiente; es por esta razón que deben ser tratadas con las diferentes tecnologías disponibles mediante plantas de tratamiento justo antes de descargarlas en ríos o lagos, o bien de ser reutilizadas para la agricultura, el riego de jardines u otras actividades; lo anterior, según con las normativas vigentes de las entidades involucradas con este fin.

Asimismo, se pretende concienciar e involucrar a las diferentes comunidades sobre la necesidad e importancia de contar con agua potable e implementar el servicio de saneamiento ambiental en futuros proyectos de construcción, para así mejorar la calidad de vida de las familias involucradas y de la población en general, al crear un ambiente limpio, sano y sin contaminación.

Por tanto, este trabajo final de graduación propone un pre-diseño del sistema de distribución de agua potable y alcantarillado sanitario, para el cual se considerarán investigaciones preliminares que permitan tener una visión más amplia de los factores externos e internos que pueden o no ser controlados en el proceso siguiendo principalmente la normativa técnica del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) con el fin de proporcionar diferentes beneficios a la localidad de Barranca, entre ellos: mejorar la calidad de vida de todo el vecindario así como preservar el medio ambiente.

Summary

The growth of the population, as well as the social improvement that advances day after day in the district of Barranca, Puntarenas, allows the construction of different housing projects, in this case it is called "La Bendición"; which lead to both the supply of drinking water, as well as channeling the wastewater generated through sewers, which are decisive, since without them we would see health and well-being compromised on many occasions.

Ordinary wastewater, popularly known as black, from human activity, can produce infectious diseases which affect health as well as contribute to the deterioration of the environment; It is for this reason that they must be treated with the different technologies available through treatment plants just before they are discharged into rivers or lakes, or else be reused for agriculture, garden irrigation or other activities; the foregoing, in accordance with the current regulations of the entities involved for this purpose.

Likewise, it is intended to raise awareness and involve the different communities about the need and importance of having drinking water and implementing the environmental sanitation service in future construction projects, in order to improve the quality of life of the families involved and of the general population, by creating a clean, healthy and pollution-free environment.

Therefore, this final graduation project proposes a pre-design of the drinking water and sanitary sewer distribution system, for which preliminary investigations will be considered that allow a broader vision of the external and internal factors that may or may not be controlled. in the process, mainly following the technical regulations of the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers (AyA) in order to provide different benefits to the town of Barranca, including: improving the quality of life of the entire neighborhood as well as preserving the environment.

Índice de contenido

Agradecimientos.....	V
Resumen	IX
Summary.....	X
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema de investigación	4
Objetivo general	6
Objetivos específicos.....	6
Justificación.....	7
Alcances y limitaciones	8
Impacto	9
Hipótesis	10
Capítulo 1. Fundamentación teórica.....	11
1.1 Importancia del agua en el planeta	11
1.2 Fuentes de agua.....	13
1.3 Red de distribución potable	15
1.4 Características del agua potable.....	15
1.4.1 Características físicas del agua potable	15
1.4.2 Características químicas del agua potable	15
1.4.3 Características bacteriológicas del agua potable.....	16
1.5 Criterios de calidad para el agua potable	16
1.5.1 Control Operativo (CO)	17
1.5.2 Nivel Primero (N1)	18
1.5.3 Nivel Segundo (N2).....	18
1.5.4 Nivel Tercero (N3).....	18
1.5.5 Nivel Cuarto (N4).....	18
1.6 Parámetros del agua potable	20
1.7 Sistema de Alcantarillado	24
1.7.1 Tipos de sistemas de alcantarillados.....	25
1.8 Aguas Residuales	26
1.9 Estructura de una red de saneamiento.....	27

1.10	Prohibiciones del vertido de aguas residuales	28
1.11	Población de diseño potable y sanitario.....	28
1.12	Periodos de diseño	31
1.12.1	<i>Tubería de distribución potable</i>	31
1.12.2	<i>Tanque de almacenamiento potable</i>	31
1.12.3	<i>Red terciaria o red general</i>	31
1.12.4	<i>Red secundaria (subcolectores) y red primaria (colectores)</i>	31
1.12.5	<i>Estaciones de bombeo</i>	32
1.12.6	<i>Planta de tratamiento</i>	32
1.13	Dotación.....	32
1.14	Caudal de diseño aguas residuales.....	32
1.14.1	<i>Factores de demanda</i>	32
1.14.2	<i>Caudal de incendio</i>	33
1.14.3	<i>Caudal coincidente</i>	34
1.14.4	<i>Aguas residuales ordinarias (Q_{paro})</i>	34
1.14.5	<i>Caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare})</i>	34
1.14.6	<i>Contribuciones externas (Q_{ext})</i>	34
1.14.7	<i>Aguas de infiltración (Q_{inf})</i>	34
1.15	Carga hidráulica de la red potable	35
1.15.1	<i>Condición para caudal máximo horario</i>	35
1.15.2	<i>Condición para atención de incendios</i>	36
1.16	Velocidad de la red potable	36
1.17	Presiones de la red potable.....	36
1.17.1	<i>Presión interna en tuberías</i>	37
1.18	Capacidad del sistema sanitario.....	37
1.19	Dimensionamiento de tuberías potables	38
1.20	Dimensionamiento de tuberías sanitarias	39
1.20.1	<i>Clasificación de tuberías</i>	40
1.21	Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto sanitario.....	42
1.22	Tirante hidráulico máximo en tuberías a gravedad o canal abierto sanitario	42
1.23	Cálculo hidráulico en tuberías a gravedad o canal abierto sanitario.....	42

1.24	Continuidad de tuberías sanitarias	43
1.25	Diámetro mínimo potable	43
1.26	Diámetro mínimo sanitario	44
1.27	Ubicación de tubería potable	44
1.28	Profundidad de alcantarillado sanitario	45
1.29	Prevista potable.....	45
1.30	Prevista sanitaria.....	45
1.31	Sifones sanitarios	46
1.32	Mecanismos de limpieza de alcantarillado sanitario	46
1.33	Resistencia de la tubería a cargas externas	47
1.34	Pruebas de presión para tubería potable	47
1.35	Criterios de diseño de alcantarillados sanitarios.....	48
1.36	Programa de mantenimiento del sistema sanitario	50
1.37	Epanet	51
Capítulo 2. Marco metodológico.....		52
2.1	Paradigma, enfoque metodológico y método de investigación	52
2.2	Categorías de análisis de la investigación.....	54
2.3	Población y muestra, técnicas de muestreo	56
2.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	56
2.5	Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de los datos.....	57
Capítulo 3. Análisis de Resultados.....		58
3.1	Procedimiento para el pre-diseño potable.....	58
3.2	Memoria de cálculo para la red potable.....	59
3.2.1	<i>Población de diseño</i>	59
3.2.2	<i>Dotación</i>	59
3.2.3	<i>Caudales</i>	59
3.3	Pre-diseño potable en software Epanet.....	61
3.4	Análisis del pre-diseño de red potable.....	65
3.4.1	<i>Lámina de Sistema Potable</i>	66
3.5	Procedimiento para el pre-diseño sanitario.....	68
3.5.1	<i>Distribución de áreas tributarias</i>	68

3.5.2	<i>Distribución de colectores</i>	68
3.6	Memoria de cálculo para el alcantarillado sanitario	69
3.6.1	<i>Población de Diseño</i>	69
3.6.2	<i>Dotación</i>	69
3.6.3	<i>Caudales</i>	69
3.7	Pre-diseño de alcantarillado sanitario	71
3.7.1	<i>Cálculos hidráulicos</i>	71
3.8	Análisis del pre-diseño.....	82
3.8.1	<i>Lámina de Alcantarillado Sanitario</i>	83
Capítulo 4. Conclusiones.....		85
Capítulo 5. Recomendaciones		86
Referencias		87
Anexos.....		91
Anexo A. Tablas de información mínima para diseño		91
Anexo B. Especificaciones de tubería ASTM D-2241		93
Anexo C. Especificaciones de tubería ASTM D-3034.....		94
Glosario		96

Índice de figuras

Figura 1.	Ubicación del proyecto.	5
Figura 2.	Relieve aproximado de la zona del proyecto.	5
Figura 3.	Ejemplo ilustrado de saneamiento exterior en zona urbanizada.	28
Figura 4.	Parte de la distribución de tuberías e hidrantes.....	58
Figura 5.	Tabla de red – nudos con caudal máximo horario.	64
Figura 6.	Tabla de red – líneas con caudal máximo horario.	64
Figura 7.	Tabla de red – nudos con caudal coincidente.	64
Figura 8.	Tabla de red – líneas con caudal coincidente.....	65
Figura 9.	Lámina Sistema Potable.....	67
Figura 10.	Parte de la distribución de colectores.....	69
Figura 11.	Lámina Alcantarillado Sanitario.	84

Índice de tablas

Tabla 1	12
<i>Nivel de servicio y cantidad de agua recogida</i>	12
Tabla 2	19
<i>Cantidad de análisis que deben ser realizados por parte de un laboratorio, según población abastecida en un periodo de SEIS (6) MESES.</i>	19
Tabla 3	20
<i>Parámetros de Calidad de Agua. Control Operativo (CO)</i>	20
Tabla 4	21
<i>Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Primero (N1)</i>	21
Tabla 5	22
<i>Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Segundo (N2)</i>	22
Tabla 6	22
<i>Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Tercero (N3)</i>	22
Tabla 7	23
<i>Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Cuarto (N4)</i>	23
Tabla 8	29
<i>Cálculo de servicios equivalentes según tipo de actividad a desarrollar</i>	29
Tabla 9	38
<i>Coefficientes máximos (Hazen y Williams)</i>	38
Tabla 10	41
<i>Tubería para alcantarillado sanitario</i>	41
Tabla 11	42
<i>Identificación de tuberías de alcantarillado sanitario en función de su material</i>	42
Tabla 12	43
<i>Coefficientes mínimos para la “n” de Manning</i>	43
Tabla 13	48
<i>Sistemas de alcantarillado sanitario. Criterios de diseño</i>	48
Tabla 14	55
<i>Categorías de análisis de la investigación</i>	55
Tabla 15	59

<i>Población de diseño del proyecto La Bendición</i>	59
Tabla 16	61
<i>Estudio de dotaciones urbanística</i>	61
Tabla 17	62
<i>Repartición de caudal máximo diario en los nodos</i>	62
Tabla 18.....	63
<i>Repartición de caudal máximo horario en los nodos</i>	63
Tabla 19.....	71
<i>Cálculos preliminares por tramo</i>	71
Tabla 20.....	74
<i>Sistema sanitario: cálculos de caudal de diseño</i>	74
Tabla 21	78
<i>Sistema sanitario: cálculos hidráulicos</i>	78

Antecedentes

Los sistemas de distribución de agua potable en el mundo han cumplido con su función de trasladar el recurso a las comunidades asimismo los alcantarillados existen con el fin de evacuar las aguas generadas, ya sea por precipitación o bien por las diferentes actividades humanas, por lo tanto para indagar sobre este tema ha sido necesario conocer que existe información previa, tal como tesis: artículos o libros los cuales permiten establecer puntos de partida por medio de estudios o investigaciones realizadas.

Primeramente, se debe recordar la importancia que tiene para los seres vivos el agua potable así como la calidad de la misma en cualquier parte de nuestro planeta, es por esto que Rodríguez Correa, P. A., Garcés Giraldo, L. F., Valencia Arias, J. A., y Benjumea Arias, M. (2022, junio) desarrollaron una investigación sobre el tema, Calidad del servicio de agua potable para habitantes de Medellín (Colombia): aproximación desde modelos de calidad de servicio; tomando como objetivo principal la percepción de los habitantes sobre la calidad del agua brindada mediante el servicio público de la ciudad y que como conclusión se debe destacar que las empresas encargadas deben de tomar con seriedad y gran responsabilidad las funciones para el correcto funcionamiento de los sistemas, ya que mediante las consultas se identificó que en la mayoría de casos (91 %), las quejas (por fugas, facturación incorrecta o suspensión del servicio) no son resueltas en tiempo y forma.

De igual manera no se puede olvidar el derecho que tienen los seres humanos al acceso de este recurso, así como lo indica Recalde Castañeda G. (2016) en su artículo de revista llamado *Acceso equitativo a servicios de agua potable y alcantarillado: una oportunidad para el activismo judicial y social a nivel local*; en este documento se puede reflexionar sobre la inequidad existente aun en muchos lugares de diferentes países, en este caso Colombia; así como los factores, estrategias y procesos que existen tanto para generar la brecha como para cerrar la misma.

Respecto del alcantarillado sanitario parte de la historia se refiere inicialmente de zanjias abiertas ubicadas dentro de las ciudades lo cual causaba que los habitantes

depositaran todo tipo de residuos quienes a corto plazo desencadenaban distintas enfermedades. Posteriormente, se decide realizar un cambio en el sistema utilizando ductos como desagües los cuales direccionarían las aguas a los ríos, no obstante, la contaminación de los mismos no esperó y por tanto se consideró necesario brindar un tratamiento adecuado a las aguas residuales (negras) mediante plantas antes de drenarlas en los cuerpos naturales, así como construir las redes individuales (sanitario o pluvial) según sea la necesidad.

En este sentido, Álvarez Rodríguez, J. A. (2004) desarrolló una tesis con el tema *Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas en planta piloto* cuyo objetivo fue analizar el tratamiento en aguas residuales urbanas crudas de baja carga orgánica y a baja temperatura ambiente (entre 14 y 20 °C); y como conclusión de este estudio fue que este sistema es una alternativa consolidada y utilizada, especialmente en el tratamiento de efluentes de media y alta carga y que por tanto entre las principales ventajas frente al tratamiento aerobio es la producción de biogás lo cual brinda información relacionada como base para la comparación entre las diferentes tecnologías.

En el caso de Echeverría, E., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., y Montoya, R. (2020) generaron un artículo de revista en el tema de: *Diseño, construcción y evaluación de un sistema de contactor biológico rotatorio (CBR)* para el tratamiento de aguas residuales municipales a escala piloto en donde pudieron concluir que la digestión aeróbica es una buena alternativa para la remoción de materia orgánica y nitrógeno dada su factibilidad, simplicidad en el diseño y bajos costos de operación y mantenimiento lo cual, brinda otra perspectiva respecto de las tecnologías que existen en el mercado para el tratamiento de aguas.

Desde otro punto Mercado Guzmán, A. R., Cossío Grágeda, C. X., y Copa Mitma, M. (2020, marzo) estudiaron la Eficiencia vinculada a la operación y mantenimiento de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Cochabamba, Bolivia para poder corroborar si existe una relación entre la eficiencia de remoción de contaminantes y el tipo de operación y mantenimiento realizado a estas; mediante la investigación pudieron verificar que efectivamente la eficiencia está influenciada por lo indicado , anteriormente así como por el tipo de tecnología y la calidad del afluente

generado. Con esta investigación se genera un mayor conocimiento respecto de las actividades, criterios y buenas prácticas requeridas para una correcta operación y mantenimiento de una planta de tratamiento.

Costa Rica es uno de los países más avanzados en brindar agua potable a sus habitantes mediante las diferentes redes de distribución; sin embargo, aún existen poblaciones con problemas de abastecimiento de este recurso tan importante; adicional cabe recalcar que al pasar del tiempo se genera una brecha mayor en ciertas poblaciones, respecto del sistema y tratamiento de las aguas residuales por lo que reducir el rezago ha sido uno de los objetivos más retadores de las últimas administraciones.

Tomando esto en cuenta, Mora Alvarado, D. A., Portuguez Barquero, C. F. (2016, abril - junio) desarrollaron el tema de *Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica en el periodo 2000-2014 y expectativas para el 2021* con el objetivo de determinar tanto las coberturas así como la evolución del porcentaje de población con sistemas de disposición de excretas (DE), según los diferentes mecanismos de evacuación como alcantarillado, tanque séptico, letrinas y otros, aunado al inventario y evaluación de la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (DBO mg/L) y de Coliformes Fecales (CF/100 mL), en los sistemas de tratamiento convencionales de aguas residuales a cargo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). El desarrollo de este tema coloca a nuestro país en una posición alta en el sector latinoamericano con un 99 % de cobertura, sin embargo, hay que recalcar que aún se manejan estos sistemas aunque se tiene un gran deterioro en los ríos debido al poco tratamiento de las aguas que se verterán posteriormente.

A partir de lo anterior, Centeno Mora, E., Murillo Marín, A. (2019, julio - diciembre) realizaron una investigación acerca de la *Tipología de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales ordinarias instaladas en Costa Rica* se utilizaron datos de 47 plantas administradas por entidades públicas, complementados con el análisis de una muestra de 382 sistemas tramitados para su construcción entre el 2011 y el 2016 obteniendo que más del 90 % de los sistemas operados por entidades públicas puede ser considerado de pequeña capacidad, con 70 % concebido para caudales inferiores a 5,0 L/s

y respecto de las tipologías el número de plantas que emplean lodos activados representa la mayoría, con 57 % de los sistemas operado por entidades públicas y 98 % de los proyectos tramitados para su construcción. Costa Rica tiene una proporción de sistemas de pequeña capacidad ($Q < 25$ L/s) y utiliza la tecnología de lodos activados en mayor medida que los otros países de la región lo que permite tener un mejor conocimiento respecto de las tecnologías utilizadas en el país, así como la clasificación según el tamaño, tipo de disposición final y rango de población atendida.

Se debe considerar que los diferentes tipos de alcantarillados en su mayoría se encontrarán sometidos a mayores cargas de presión; por lo tanto, es de suma importancia recordar que para Ward y Savić (2012), “en efecto, la mayoría de las redes de alcantarillado son cada vez más propensas a fallar” (como se cita en Hernández y Torres, 2020, p.18) y que por lo tanto es de suma importancia el correcto diseño y construcción de los sistemas.

Planteamiento del problema de investigación

Barranca es el distrito número 8 del cantón central de Puntarenas, se encuentra ubicado a una altitud media de 27 msnm, cuenta con un área rural aproximada de 37,88 km² y según el último censo realizado (2011) posee una población de 37.420 habitantes.

La provincia de Puntarenas así como sus cantones y distritos se han caracterizado por tener un movimiento comercial producto de las actividades pesqueras, portuarias, ferrocarrileras, comerciales y turísticas, sin embargo tiene el mayor índice de pobreza en el país de 29,9 %, y un 9,8 % en pobreza extrema (INEC, 2017) siendo el desempleo la principal razón de esta estadística, ya que en los últimos años el turismo ha seguido decreciendo lo que genera bajas en las compras de los comercios locales y repercute en la economía. También para esta zona el índice de desarrollo social (INEC, 2017) es bajo y refleja la deficiente satisfacción de las necesidades básicas que podría corresponder a la falta de organización institucional lo que conlleva al surgimiento de pequeñas agrupaciones comunitarias, distritales y cantonales como respuesta a las deficiencias con iniciativas propias y autosuficientes para conseguir soluciones a corto plazo.

Actualmente se realizará un proyecto de bienestar social en un terreno de 3,5 hectáreas el cual constara de 255 casas de 42 m² cada una y que hoy cuentan con los permisos correspondiente a los servicios básicos de agua potable y energía eléctrica pero que carece tanto de una red de distribución de aguas, así como de un sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de aguas residuales (negras).



Figura 1. Ubicación del proyecto. Fuente: Google Maps, 2005.



Figura 2. Relieve aproximado de la zona del proyecto. Fuente: Google Earth, 2020.

Cabe destacar que de no elaborarse estas redes de agua potable y alcantarillado los habitantes del proyecto se encontrarían obligados a crear diferentes métodos tanto para abastecerse de agua potable, así como para desechar las múltiples aguas generadas como por ejemplo mediante fosas sépticas o bien drenando en algún otro sistema lo cual podría causar:

- Malos olores y creación de enfermedades varias debido al uso de fosas sépticas o en ciertos casos letrinas.
- Afectación en las aguas subterráneas y el nivel freático con patógenos y contaminantes.
- Contaminación, malos olores y problemas de higiene causadas por aguas domésticas que pueden poseer detergentes que no sean biodegradables.

Basado en lo anterior se destacan las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la mejor vía para realizar un pre-diseño de red potable que pueda abastecer las viviendas en su totalidad?

¿Cuál es la mejor alternativa para crear el pre-diseño de alcantarillado sanitario basado en las correctas técnicas y normas ambientales?

Objetivo general

Proponer un pre-diseño de red potable y de alcantarillado sanitario para obtener las mejores condiciones abastezcan, recolecten y evacuen las aguas generadas por la población del proyecto La Bendición en Barranca, Puntarenas, Costa Rica.

Objetivos específicos

Estimar la población del proyecto, así como el cálculo de caudales para los sistemas de agua potable y alcantarillado a diseñar.

Crear un pre-diseño de red de agua potable según la norma técnica del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Generar un pre-diseño del sistema de alcantarillado sanitario eficiente según la norma técnica del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Justificación

Para justificar la escogencia del tema presentado en este documento se debe partir primeramente que todos los seres vivos tienen el derecho al acceso del agua potable para todas aquellas necesidades básicas de la vida diaria; sin embargo se debe cuidar y preservar dicho recurso; por otra parte durante muchos años la contaminación se ha convertido en uno de los factores por los cuales el agua se ha visto afectada en el mundo, aún cuando es esencial tanto para la vegetación como para el bienestar animal así como para el consumo y la supervivencia del ser humano; como segundo punto pero no menos importante se debe tomar en cuenta el cumplimiento de la legislación ambiental en los proyectos, la cual debe ser objeto de atención por parte de todos los sectores, tanto público como privado.

Generada usualmente por residuos orgánicos e inorgánicos, detergentes y residuos sólidos el agua residual representa una gran afección al agua potable y de acuerdo con la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), este tipo de desechos no solo contaminan los mantos acuíferos, sino que también saturan los suelos, lo que provoca inundaciones a lo largo del territorio nacional, se debe considerar que en algunas ocasiones inclusive las aguas residuales se descargan directamente en el suelo, por las calles, lo que da un mal aspecto al lugar y genera olores desagradables además de convertirse en un foco de infecciones y contaminación, por tanto un manejo inapropiado de las aguas residuales demanda atención no solo desde el punto de vista de la legalidad, sino también por su grado de impacto a nivel ambiental y social; siendo de suma importancia conocer, diseñar y aplicar sistemas en conjunto con las diferentes tecnologías que se encuentran en el mercado para el tratamiento correcto de esas aguas con el propósito no solo de cumplir con la normativa nacional, sino también como una forma de contribución al mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua en el ámbito nacional.

El mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario en términos generales, así como la rehabilitación, construcción y/o renovación de redes en sus

conexiones o colectores de manera correcta en los proyectos, permitirá asegurar la salubridad del entorno urbano y preservar la salud de la población.

Por lo tanto, este proyecto de graduación presentará el pre-diseño de red potable, y alcantarillado sanitario, según con las diferentes normas vigentes generando así distintos beneficios, entre ellos evitar algún tipo de desastre natural a fin de que el proyecto “La Bendición” cumpla con la ley establecida en el país y sea provechoso para cada uno de sus habitantes.

Alcances y limitaciones

Tanto la red potable como el sistema de alcantarillado sanitario se diseñaran basados en procedimientos y especificaciones técnicas vigentes en nuestro país, las cuales procederán a satisfacer las necesidades futuras de la población.

Los objetivos planteados anteriormente se obtendrán mediante los siguientes alcances:

- Se aplicará la normativa nacional tanto para el pre-diseño de la red potable así como para el sistema de alcantarillado sanitario.
- El pre-diseño de la red potable y del alcantarillado sanitario serán técnicamente factibles.
- Se presentarán especificaciones técnicas y memoria de cálculo tanto del pre-diseño del sistema de alcantarillado sanitario como de la red potable.
- Se realizará la revisión de la red potable mediante el software Epanet.
- La tramitología no se tomará en cuenta en este proyecto.

Para este proyecto se deberán considerar las siguientes limitaciones:

- No se realizará estudio de suelos, el mismo será brindado por la Compañía Inmobiliaria SyN S.A, BANHVI.
- No se realizará estudio de impacto ambiental.

- No se realizará levantamiento topográfico, el mismo será brindado por la Compañía Inmobiliaria SyN S.A, BANHVI.
- No se realizará ningún tipo de estudio hidrológico.
- No se realizará la construcción de los pre-diseños elaborados.
- No se realizarán los planos de los sistemas.
- No se realizará el presupuesto de los sistemas.
- No se realizará el pre-diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Impacto

La creación de una red potable así como de alcantarillado sanitario se encuentra dentro de la temática de mejora del medio ambiente cuyo proceso tiene por objetivo tanto el acceso a este recurso hídrico, así como la depuración de aguas generalmente con carga contaminante para disminuir así el impacto ocasionado en el planeta y asociando en su mayoría los beneficios propios que obtiene la sociedad ya que mejoran la calidad de vida, salud, bienestar y seguridad al estar dotados de servicios básicos salubres que aportan al desarrollo local y regional.

En cuanto al impacto social se generará más empleos en la zona dado que durante la construcción de los sistemas se habilitan puestos de trabajo, que, a pesar de ser temporales, constituyen una fuente de ingreso para los pobladores de la región, así como un mayor desarrollo turístico y basado en los dos puntos mencionados se presenta también una disminución de la pobreza; se debe tomar en cuenta que al canalizar de una manera eficiente las aguas residuales disminuirá la saturación de los suelos de las propiedades por lo que habrá un riesgo menor de inundaciones y también se evitarán enfermedades en trabajadores, visitantes y pobladores del sector.

Cabe recalcar que se deben de seguir y cumplir de igual manera con todas aquellas técnicas y buenas prácticas que se comuniquen en los hogares para racionalizar los recursos y eliminar los desechos correctamente lo cual en conjunto con la posterior operación y mantenimiento de los sistemas en este caso genera trabajo constante tanto para personal técnico como operario mientras dure la actividad y que de esta forma los

mecanismos puedan funcionar de manera eficiente en beneficio de la salud de todos y cada uno de los habitantes.

Desde otro punto, con la creación de estos pre-diseños, así como con el respectivo procedimiento por utilizar servirá de modelo para futuros proyectos los cuales aportarán al avance y desarrollo del país en el continuo saneamiento ambiental.

Hipótesis

Tanto la red potable como la red de alcantarillado sanitario permitirán el ingreso hídrico y la posterior evacuación de las aguas residuales mediante los sistemas más adecuados para mejorar la calidad de vida de los habitantes del proyecto La Bendición en Barranca, Puntarenas.

Según su definición, la hipótesis “es una respuesta tentativa al problema de objeto de estudio. Son las preguntas que se hace el investigador sobre el tema por indagar y consiste en una aseveración que puede validarse estadísticamente” (Hernández et al., 2010, p. 92).

Por lo tanto, a partir de la definición anterior y la afirmación “no todas las investigaciones requieren hipótesis”, este proyecto de graduación no cuenta con una, ya que serán diseños técnicos que se realizarán a partir de información proporcionada, en este caso no se realizará una investigación como tal que proporcione respuestas a preguntas de un tema que no se conoce; sino que únicamente se harán análisis de los resultados obtenidos.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

1.1 Importancia del agua en el planeta

Este recurso representa el mayor porcentaje correspondiente a la composición de los organismos del planeta e interviene y desempeña un papel sumamente importante en muchos de los procesos diarios para todos los seres vivos.

El agua es un recurso indispensable para los seres vivos en nuestro planeta, encontrándose presente en todas las formas de vida y en muchas de las actividades que el hombre desarrolla para su subsistencia como la agricultura, ganadería y procesos de obtención de energía. (Pradana Pérez, J. Á., García, J., 2019, p.11)

Como parte fundamental de los derechos humanos se puede verificar desde distintas perspectivas lo siguiente:

Desde un punto de vista biológico, el agua constituye el medio físico en el que tiene lugar la mayor parte de las reacciones bioquímicas producidas en nuestro interior y se comporta, como disolvente, como el medio de transporte de sustancias tanto en el interior de los seres vivos como en el intercambio con el medio externo.

Desde un punto de vista social, el acceso a un suministro de agua adecuado proporciona un mejor nivel de vida y permite la expansión de las economías regionales, siendo catalizador esencial para el desarrollo sostenible, definiendo este como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades.

(Pradana Pérez, J. Á., García, J., 2019, p.12)

Se debe recordar que este recurso a pesar de ser un derecho indispensable para los seres vivos en muchos lugares del mundo no es posible el acceso o bien se encuentra restringido.

Según la OMS, los niveles de servicio y cantidad de agua recogida en los hogares se determinan, básicamente, en función de la distancia que existe entre cada hogar y el lugar de suministro de agua, o bien, del tiempo total necesario para ser recogida

el agua. (Mora Alvarado, D. A., Barboza Topping, R., Orozco Gutiérrez, J., 2019., p.74)

Tabla 1

Nivel de servicio y cantidad de agua recogida

Nivel de Servicio	Distancia / tiempo	Volúmenes probables de agua captada	Riesgo para la salud pública debido a una higiene deficiente	Prioridad de intervención y medidas
Sin acceso	Más de 1 km/más de 30 min, ida y vuelta	Muy bajo: 5 litros per cápita por día	Muy alto. Práctica de higiene comprometida. El consumo básico puede estar comprometido	Muy alta. Suministro del nivel básico de servicio. Educación sanitaria. Tratamiento y almacenamiento seguro de agua a nivel domiciliario como una medida provisional
Acceso básico	En 1 km/en 30 min, ida y vuelta	Promedio aproximado de 20 litros per cápita por día	Alto. La higiene puede estar comprometida. La ropa puede lavarse fuera de la parcela	Alta. Suministro del nivel de servicio mejorado. Educación sanitaria. Tratamiento y almacenamiento seguro de agua a nivel domiciliario como una medida provisional

Nivel de Servicio	Distancia / tiempo	Volúmenes probables de agua captada	Riesgo para la salud pública debido a una higiene deficiente	Prioridad de intervención y medidas
Acceso intermedio	Agua suministrada en la parcela mediante al menos un grifo como mínimo (suministro en el patio)	Promedio aproximado de 50 litros per cápita por día	Bajo. La higiene no debería estar comprometida. Es probable que la ropa se lave en la parcela	Baja. La promoción de la higiene sigue generando beneficios para la salud. Fomento del acceso óptimo
Acceso óptimo	Suministro de agua a través de múltiples grifos en la vivienda	Promedio de 100-200 litros per cápita por día	Muy bajo. La higiene no debería estar comprometida. La ropa se lava en la parcela	Muy baja. La promoción de la higiene sigue generando beneficios para la salud

Nota. La OMS y UNICEF, mediante el programa conjunto de monitoreo (PCM), definieron el concepto de “agua potable gestionada de forma segura”. Fuente: *Índice de calidad y continuidad de los servicios de agua para consumo humano en Costa Rica*, elaborado por UNICEF.

1.2 Fuentes de agua

Se pueden reconocer a simple vista algunas fuentes de agua como lo son los ríos, los lagos o bien los humedales las cuales corresponden a las aguas superficiales; sin embargo, existen otros orígenes donde se genera este recurso hídrico, entre ellos los que se van a comentar a continuación. Las aguas subterráneas corresponden a todas aquellas aguas que se encuentren bajo la superficie de la tierra; estas se acumulan en los llamados mantos acuíferos o bien se encuentran en manantiales y se pueden extraer mediante pozos.

Esta fuente es de las más abundantes en el planeta, pero también de las más concurridas esta tiende a recargarse o reponerse de manera natural o bien artificial, sin embargo también requiere de un cuidado minucioso, ya que al encontrarse bajo tierra no se posee un control del suministro.

De acuerdo con sus características (comportamiento hidráulico o textura) se pueden dividir de la siguiente manera:

- Libres: en este caso el agua se encuentra a presión atmosférica debido a que no cuenta con una capa impermeable.
- Confinados: el agua cuenta con dos capas impermeables por lo tanto posee mayor presión atmosférica.
- Semiconfinados: el agua posee características intermedias entre los libres y los confinados.
- Porosos: se encuentran en gravas o arenas.
- Fisurados: se encuentran en rocas o grietas.

De igual manera se pueden encontrar las fuentes de agua no convencionales como lo son todas aquellas que han recibido algún tipo de tratamiento para ser recicladas o bien de alguna manera son de difícil recolección o acceso, entre ellas se pueden encontrar:

- Desalación: si bien esta fuente requiere de un proceso que consume mucha energía con las diferentes e innovadoras tecnologías se puede convertir en el recurso de agua con menor costo.
- Reutilización del agua: en este caso se puede hablar de los tratamientos brindados a las aguas residuales las cuales quedan posteriormente con altos estándares de calidad. Aparte de ser una fuente para suministro de agua potable también es de suma importancia ya que también colabora con la protección de aguas superficiales y a recargar las aguas subterráneas.
- Captura de agua llovida: esto corresponde a una práctica de tiempos atrás en la cual mediante la recolección en techos o micro cuencas se captura el agua y se utiliza para cultivos, ganado o bien necesidades diarias.

1.3 Red de distribución potable

Se podría definir como todos aquellos conjuntos de tubería o conducciones que se instalan y trabajan generalmente a presión para facilitar el abastecimiento de agua desde un punto de captación hasta los diferentes lugares de consumo por ende se puede considerar uno de los sistemas de mayor importancia en términos de proyectos habitacionales.

Un sistema de abastecimiento de agua potable consta fundamentalmente de las siguientes partes: obra de captación, línea de conducción, tanque de regulación o de almacenamiento, línea de alimentación y red de distribución. Eventualmente se incluye planta potabilizadora y la planta de bombeo.

Un buen servicio de agua potable debe suministrar agua de buena calidad, en cantidad suficiente, a la presión necesaria, a toda hora y en todos los puntos de la población. (López Alegría, P., 2010, p.39)

1.4 Características del agua potable

No todas las fuentes brindan agua potable, es por esto que este fluido antes de poder ser abastecido para la población en general debe poseer algunas características y cumplir con ciertos parámetros que permiten saber con certeza que la salud no corre peligro.

Dentro de los análisis más comunes que se realizan para comprobar la potabilización del agua se encuentran los físicos y los químicos; sin embargo también se pueden considerar algunos otros, como los de bacterias.

1.4.1 Características físicas del agua potable

Estas se determinan mediante ensayos donde se podrá corroborar que se encuentren dentro de los rangos establecidos de turbiedad, color, olor, sabor, temperatura, entre otros.

1.4.2 Características químicas del agua potable

Corresponden a todas aquellas donde se puede encontrar contenido contaminante como por ejemplo sólidos totales, gases disueltos, metales, cloros, amoniaco, entre otros que bien se puedan validar dentro de los parámetros.

1.4.3 Características bacteriológicas del agua potable

Dentro de estas características se podrá encontrar la cantidad y tipo de bacterias o gérmenes que pueda contener el fluido como por ejemplo el Bacilo Coli o bien la Escherichia.

1.5 Criterios de calidad para el agua potable

Como bien se comentaba el agua se podría indicar que es el recurso más importante para la vida del ser humano, ya que es parte de actividades necesarias en la vida como la agricultura, industria e incluso puede formar parte de otra fuente indispensable, como lo es la energía; es por esto que para que esta sea potable debe contar con distintos criterios y parámetros establecidos, y no basarse únicamente de las fuentes de donde proviene el fluido.

El acceso al agua y al saneamiento este reconocido como un derecho humano fundamental para el que se deben cumplir con una serie de requisitos imprescindibles, entre ellos se pueden mencionar:

- Un abastecimiento de agua suficiente y continuo.
- El agua necesaria, tanto para uso personal como doméstico, ha de estar libre de microorganismos, sustancias químicas o peligros radiológicos que puedan poner en peligro la salud humana.
- El agua ha de presentar un olor y sabor aceptables.
- Los servicios de agua han de ser fácilmente accesibles y asequibles para todos.

(Pradana Pérez, J. Á., García, J., 2019, p.12)

Según la normativa nacional vigente de nuestro país, así como existen parámetros también existen niveles de control para que la calidad del agua sea la idónea, entre ellos:

- **Turbiedad:** corresponde a la propiedad óptica que mide el grado de transparencia que posee el agua en base a la cantidad de partículas suspendidas que posea en fluido, entre más sólidos haya en el agua, la turbidez será más alta y por ende causa una sensación de suciedad.

- Color: este parámetro varía dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentre; sin embargo, se encuentra estrechamente relacionado tanto con las sustancias disueltas (lo que genera el llamado color verdadero) como con las partículas en suspensión (llamado también como color aparente), sin embargo lo ideal para tener agua de calidad siempre será que la misma sea lo más incolora posible.
- pH: indica la medida de acidez o alcalinidad en este caso del agua (concentración de iones de hidrógeno); es importante ya que determina la corrosividad del recurso mediante una escala logarítmica con valores desde cero hasta catorce definiendo si el pH será alto, medio o bajo según sea el caso para cada muestra tomada.
- Temperatura: corresponde a la medida de la energía cinética que se encuentran en las moléculas que conforman el agua basado en una escala de grados Centígrados o Fahrenheit.
- Olor: este parámetro es causado por la cantidad de compuestos que pueda tener el agua; sin embargo, lo idóneo es que la misma siempre sea inodora.
- Sabor: cierto tipo de algas y bacterias pueden influir en el sabor del agua, no obstante el mismo generalmente deberá ser insípida para mantener los estándares de calidad para el consumo humano.

Asimismo se pueden considerar los siguientes controles para que se cumpla a cabalidad lo establecido en los reglamentos:

1.5.1 Control Operativo (CO)

Le corresponde a los entes operadores, para lo cual deben realizar mediciones periódicamente de los parámetros: turbiedad, olor y cloro residual libre. Deben contar con el equipo básico de laboratorio para el monitoreo en cada fuente o en la mezcla de todas las fuentes y red de distribución, y llevar el control mediante una bitácora. (Reglamento para la calidad del agua potable, 2015, p.4).

1.5.2 Nivel Primero (N1)

Corresponde al programa de control básico, el cual consiste en la inspección sanitaria para evaluar la operación y mantenimiento en la fuente, el almacenamiento, la distribución del agua potable y la determinación de los siguientes parámetros: color aparente, conductividad, pH, olor, temperatura, turbiedad, coliformes fecales, *Escherichia coli*, y cloro residual libre o combinado. (Reglamento para la calidad del agua potable, 2015, p.4).

1.5.3 Nivel Segundo (N2)

Corresponde a un programa ampliado, el cual consiste en la inspección sanitaria para evaluar la operación y mantenimiento en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución. En este nivel los parámetros de control son: aluminio, calcio, cloruro, cobre, dureza total, fluoruro, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, sulfato y zinc. (Reglamento para la calidad del agua potable, 2015, p.4).

1.5.4 Nivel Tercero (N3)

Corresponde a un programa de control avanzado, el cual consiste en la inspección sanitaria para evaluar la operación y mantenimiento en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución. Los parámetros de control contemplados en este nivel son: amonio, antimonio, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, nitrato, nitrito, plomo, y selenio. (Reglamento para la calidad del agua potable, 2015, p.4).

1.5.5 Nivel Cuarto (N4)

El mismo “corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales, de emergencia o porque la inspección sanitaria realizada por el Ministerio de Salud identifica un riesgo inminente de contaminación del agua”. (Reglamento para la calidad del agua potable, 2015, p.4).

Asimismo, se debe considerar por parte de las entidades correspondientes a la ejecución de las diferentes pruebas por realizar en los laboratorios especializados para poder así cumplir con la calidad del agua que se brindará a la población en base a los reglamentos nacionales.

Estas pruebas se deberán realizar en tiempos definidos y establecidos en la tabla que se verá a continuación dependiendo de la cantidad de habitantes en cada uno de los proyectos que se procederá a revisar.

Tabla 2

Cantidad de análisis que deben ser realizados por parte de un laboratorio, según población abastecida en un periodo de SEIS (6) MESES.

< 5000 Habitantes	5000 a 100.000 Habitantes
1 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento.	1 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento.
1 Análisis microbiológico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución.	2 Análisis microbiológico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución.
Cada tres años: 1 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución.	Cada dos años: 1 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución.
100.001 a 500.000 Habitantes	> 500.000 Habitantes
6 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento.	6 Análisis físico-químico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento.

100.001 a 500.000 Habitantes	> 500.000 Habitantes
6 Análisis microbiológico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento, tanque de almacenamiento y en la red de distribución.	6 Análisis microbiológico del Nivel Primero (N1) en la fuente de abastecimiento y tanque de almacenamiento.
Cada año: 1 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y del Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución.	182 Análisis microbiológicos del Nivel Primero (N1) en la red de distribución.
	2 Análisis químico del Nivel Segundo (N2) y Nivel Tercero (N3) en la fuente de abastecimiento y en la red de distribución.

Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable, 2015 (www.pgrweb.go.cr).

1.6 Parámetros del agua potable

Basado en cada uno de los niveles de calidad mencionados anteriormente se establecen los parámetros que se deberán considerar en las pruebas realizadas periódicamente al fluido que abastecerá a la población y que cuyas características tienen que encontrarse dentro de los rangos mencionados a continuación.

Tabla 3

Parámetros de Calidad de Agua. Control Operativo (CO)

Parámetros de aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
pH ^(a)	Valor pH	6,0	8,0
Cloro residual libre ^(a)	mg/L	0,3	0,6 ^{(b)(c)}

Nota. (a) Para los parámetros de pH y cloro residual libre, se establecen rangos permisibles y no VA ni VMA. (b) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg/L en no más del 20 % de las muestras medidas. (c) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución. Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable, 2015 (www.pgrweb.go.cr).

Tabla 4

Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Primero (NI)

Parámetro	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor Máximo Admisible (VMA)
Color aparente	U-Pt-Co	< 5	15 ^(c)
Conductividad	μS/cm	400	-
	UFC/100 ml		
Escherichia coli	NMP/100 ml o	No detectable ^(c)	No detectable ^(c)
	UFC/100 ml		
Cloro residual libre ^(a)	mg/L	0,3	0,6 ^(d,e)
Cloro residual combinado ^{(a)(b)}	mg/L	1,0	1,8

Nota. (a) Para los parámetros de pH, temperatura, cloro residual libre y cloro residual combinado, se establecen rangos permisibles y no VA ni VMA. (b) Solo en el caso que el residual del cloro se encuentre en forma combinada o se esté dosificando cloro en la forma de cloramina (cloro-amoniaco). (c) No detectable (N.D.): de acuerdo al límite de detección del método. (d) Se permitirá valor máximo de cloro residual libre de 0,8 mg/L en no más del 20 % de las muestras medidas. (e) En situaciones de emergencia calificadas como tal por el Ministerio de Salud se permitirá una concentración de cloro residual libre de 0,8 mg/L en los puntos de muestreo medidos en la red de distribución. Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable, 2015 (www.pgrweb.go.cr).

Tabla 5*Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Segundo (N2)*

Parámetro	Valor de Alerta	Valor Máximo
	(VA) mg/L	Admisible (VMA) mg/L
Aluminio (Al ⁺³)	-	0,2
Calcio (Ca ⁺²)	-	100
Cloruro (Cl)	25	250
Cobre (Cu)	1,0	2,0
Dureza Total (CaCO ₃)	300	400
Fluoruro (F)	-	0,7 a 1,5 ^(a)
Hierro (Fe)	-	0,3 ^(b)
Magnesio (Mg ⁺²)	30	50
Manganeso (Mn)	0,1	0,5 ^(b)
Potasio (K ⁺)	-	10
Sodio (Na ⁺)	25	200
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	25	250
Zinc (Zn)	-	3,0

Nota. (a) 1.5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C. (b) En aguas subterráneas, donde se encuentran estos dos metales, el VMA (Fe + Mn) es 0,3 mg/L. Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable, 2015 (www.pgrweb.go.cr).

Tabla 6*Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Tercero (N3)*

Parámetro	Valor de Alerta	Valor Máximo
	(VA) mg/L	Admisible (VMA) mg/L
Amonio (NH ₄ ⁻)	0,05	0,5
Antimonio (Sb)	-	0,005

Parámetro	Valor de Alerta (VA) mg/L	Valor Máximo Admisible (VMA) mg/L
Arsénico (As)	-	0,01
Cadmio (Cd)	-	0,003
Cianuro (CN)	-	0,07
Cromo (Cr)	-	0,05
Mercurio (Hg)	-	0,001
Níquel (Ni)	-	0,02
Nitrato (NO ₃ ⁻)	25	50
Nitrito (NO ₂ ⁻)	-	0,1
Plomo (Pb)	-	0,01
Selenio (Se)	-	0,01

Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable, 2015 (www.pgrweb.go.cr).

Tabla 7

Parámetros de Calidad de Agua. Nivel Cuarto (N4)

Residuos de Plaguicidas	
Parámetro	Valor Máximo Admisible (VMA) µg/L
Plaguicidas ^(a)	0,10
Plaguicidas organoclorados ^(b)	0,03
Total de plaguicidas ^(c)	0,50

(a) Por “Plaguicidas se entiende: insecticidas orgánicos, herbicidas orgánicos, fungicidas orgánicos, nematocidas orgánicos acaricidas orgánicos, alguicidas orgánicos, rodenticidas orgánicos, molusquicidas orgánicos, productos relacionados (regulares de crecimiento) y sus pertinentes metabólicos y productos de degradación y reacción. Solo es preciso controlar aquellos plaguicidas que sea probable que estén presentes en un suministro dado. De estar presentes en el suministro e implementando el sistema de tratamiento; estos deben ser evaluados con una frecuencia mensual.

Residuos de Plaguicidas

- (b) Sustancias de uso prohibido en el país, pero que debido a su persistencia en Costa Rica podrían encontrarse en aguas dada su larga vida media en el ambiente y su uso extensivo en épocas anteriores.
- (c) Por “Total de plaguicidas”, se entiende la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de control.

Nota. “Verificar otros tipos de sustancias orgánicas y parámetros físicos e inorgánicos, desinfectantes y subproductos de desinfección así como microorganismos mencionados adicionalmente en la tabla general del reglamento”. Fuente: Reglamento para la calidad del agua potable, 2015 (www.pgrweb.go.cr).

La idoneidad de un sistema de abastecimiento de agua para consumo no debe depender solo de su calidad fisicoquímica y microbiológica, el mismo debe abarcar los conceptos de las “6c”, es decir cantidad, continuidad, calidad, costos, cobertura y la cultura hídrica de la población abastecida. (Mora Alvarado, D. A., Barboza Topping, R., Orozco Gutiérrez, J., 2019., p.73)

1.7 Sistema de Alcantarillado

La red de alcantarillado en general cumple con función de evacuar el agua de las ciudades, ya sea la que procede por medio de las lluvias o bien el agua residual generada por la actividad humana.

Según López Cualla (2003) un sistema de alcantarillado “consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia” (p. 341).

Existen diferentes tipos de sistemas de alcantarillados en los proyectos de construcción por realizarse que se estudiarán más adelante, sin embargo; para el presente trabajo se centrará con una mayor importancia en el sanitario, por tanto y basado en las diferentes investigaciones previas se determina que:

Es aquel que se diseña únicamente para recibir las aportaciones de aguas de desecho, tanto domésticas como industriales, con el fin de alejarlas de la localidad

hasta un sitio adecuado y previamente seleccionado, donde serán tratadas para posteriormente verterlas a una corriente natural, o volver a usarlas en riego de jardines y servicios diversos, en la industria o en la agricultura cuando su calidad lo permite. (Sánchez Segura, A., 2001, p. 29)

Actualmente, los sistemas de alcantarillado son de gran importancia en todo el mundo ya que permiten resolver de una manera positiva y eficiente el problema de alejamiento y conducción de aguas tanto residuales como pluviales originados como bien se indicaba por la actividad diaria de la población mediante tuberías las cuales generalmente se colocan de manera subterránea con el fin de transportar las aguas de desecho.

1.7.1 Tipos de sistemas de alcantarillados

Dentro de los sistemas existentes para los alcantarillados se puede destacar los convencionales y los no convencionales.

1.7.1.1 Convencionales.

Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, necesaria debido a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad de población y su estimación futura, a un sistema de mantenimiento inadecuado o insuficiente, que conlleva una mayor exigencia de las normas y, por tanto, unos costos mayores. (López Cualla, R. A. 2003, p. 342)

Los sistemas de alcantarillado convencionales se clasifican en base al tipo de agua de conduzcan, los mismos son:

- Alcantarillado separado (pluvial o sanitario): es aquel sistema de alcantarillado que se diseña exclusivamente para captar ya sean las aguas de escorrentía superficial producidas por las precipitaciones o bien las aguas de desecho ya sean domésticas o industriales.
- Alcantarillado combinado: “es aquel sistema de alcantarillado que sirve para captar y conducir por la misma red de conductos, tanto las aguas negras de desecho como las de lluvia” (Sánchez, 2001, p. 29).

1.7.1.2 No convencionales.

Surgen como respuesta de saneamiento básico de poblaciones con recursos económicos limitados, pero son sistemas poco flexibles que requieren una mayor definición y control de los caudales, de un mantenimiento intensivo y, más importante aún que la parte tecnológica, necesitan una cultura de la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que estos pueden tener. (López Cualla, R. A. 2003, p. 342)

Los sistemas no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología y se limitan exclusivamente a la evacuación de las aguas residuales:

- Alcantarillado simplificado: este sistema es similar a un alcantarillado convencional pero eliminando los criterios de diseño tan conservativos de esta tecnología y considerando más el contexto local para su diseño.
- Alcantarillado condominal: este sistema recoge las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas para posteriormente conducir las a un sistema de alcantarillado convencional.
- Alcantarillado sin arrastre de sólidos: en dicho sistema de redes las aguas se decantan o sedimentan antes de ser conducidas a las redes convencionales con el fin de retener la parte sólida; la parte líquida fluye hacia los colectores.

1.8 Aguas Residuales

Se denomina agua residual a toda aquella que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes por una u otra razón; basado en los diferentes estudios las aguas residuales son originadas principalmente por medio de cuatro diferentes fuentes como lo son:

- Aguas domésticas o urbanas: son las aguas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos de zonas residenciales, comerciales o institucionales y que también en su mayoría son el resultado del contacto del agua con los desechos del cuerpo humano (heces y orina).
- Aguas residuales industriales: son aquellas que han tenido contacto con contaminantes después de cualquier tipo de actividad industrial textilera, láctea,

química, azucarera, papelera, entre otras, o bien en su respectivo proceso de producción.

- Aguas de usos agrícolas: son las generadas por los diferentes procesos para la agricultura y que están contaminadas por todos los pesticidas que se utilizan para eliminar las plagas que atacan los cultivos.
- Aguas pluviales: son todas aquellas que provienen de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos. (López Cualla, R. A. 2003, p. 341)

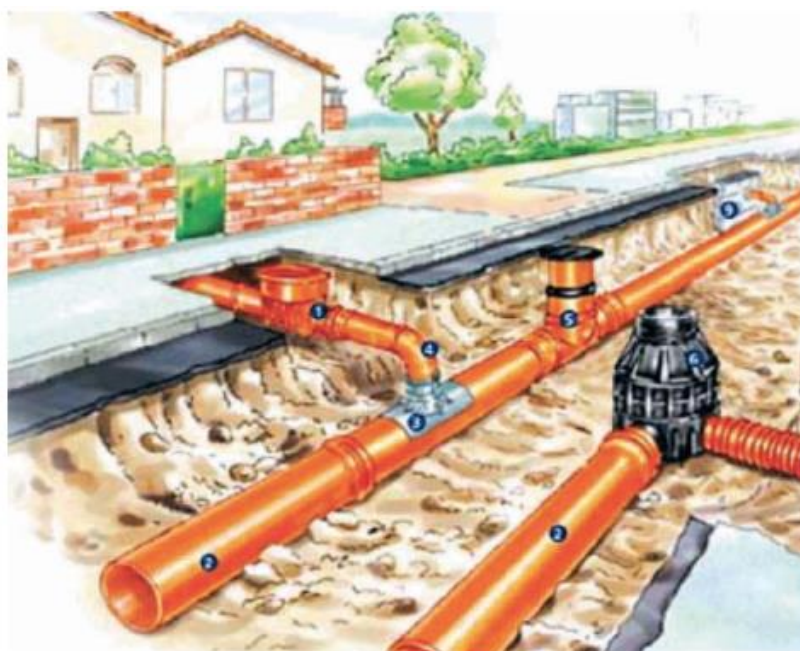
Es importante considerar que las aguas residuales se dividen en:

- Tipo Ordinario: se considera toda aquella agua residual generada por las actividades domésticas del ser humano.
- Tipo Especial: se considera toda aquella agua residual de tipo diferente al ordinario.

La primera de mayor importancia para este proyecto es de graduación debido a que el proyecto por realizar será habitacional y se enfocará en el tratamiento de estas aguas.

1.9 Estructura de una red de saneamiento

A lo largo del recorrido de una red de saneamiento se encontrarán diferentes elementos como por ejemplo las cajas de registro (arquetas) exteriores las cuales a partir de ellas se recolectarán las aguas residuales del proyecto y que al conectarse con las tuberías colectoras posteriormente llegarán a los pozos, sumideros o estaciones de bombeo correspondientes.



- 1- Arquetas de inspección domiciliaria
- 2- Colectores de reunión
- 3- Accesorio de unión
- 4- Accesorio para cambio de dirección
- 5- Arqueta de inspección bajo vial público
- 6- Pozo de registro colectivo
- 7- Colector interceptor
- 8- Colector interceptor
- 9- Imbornal

Figura 3. Ejemplo ilustrado de saneamiento exterior en zona urbanizada. Fuente: A. Soriano, 2008, Marcombo (<https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/45923>)

1.10 Prohibiciones del vertido de aguas residuales

Para la correcta ejecución del vertido de aguas residuales se debe tomar en consideración las siguientes prohibiciones:

- De la dilución de aguas: Se prohíbe la dilución de efluentes con aguas de otro tipo con el fin de alterar la concentración de los contaminantes.
- Del uso incorrecto de alcantarillados: Se prohíbe el vertido de aguas pluviales al alcantarillado sanitario así como aguas residuales, tratadas o no, al alcantarillado pluvial.
- Del vertido de lodos residuales: Se prohíbe el vertido de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de potabilización de aguas y de tanques sépticos a los cuerpos de agua y alcantarillado sanitario. (Reglamento de Vertido y Reúso de aguas residuales, 2007, p.28).

1.11 Población de diseño potable y sanitario

Respecto de la población mínima de diseño debe calcularse a partir de la cantidad de unidades habitacionales contempladas en la zona del alcantarillado multiplicado por el factor de hacinamiento, este último es investigado mediante el censo actual realizado en el

distrito que generalmente será realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Para el cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales, se deben aplicar los valores que se detallan en la siguiente tabla para determinar una equivalencia con el consumo de una unidad habitacional; lo anterior, para poder estimar el parámetro de población y el consumo respectivo en proyectos cuya actividad esencial es de naturaleza comercial, industrial u otra distinta a la habitacional. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.12)

Tabla 8

Cálculo de servicios equivalentes según tipo de actividad a desarrollar

Tipo de actividad del nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE) *
Hoteles, moteles	Habitación	Un servicio Equivalente por cada 3 Unidades de Cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	Estudiante	Un servicio Equivalente por cada 25 Unidades de Cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidad de Cálculo
Restaurantes, sodas, bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 100 Unidad de Cálculo

Tipo de actividad	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo
del nuevo desarrollo		equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE) *
Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas bancarias (industrial, o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidad de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidad de Cálculo
Centros de recreación, turísticos o club campestre	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo

Nota. ()* Un servicio equivalente se aplica para actividades distintas a la de los proyectos esencialmente habitacionales (residencias, finca filial, condominios habitacionales o apartamentos), se hace corresponder con una unidad habitacional simplemente para facilitar el cálculo total del consumo de agua del proyecto que es requerido para estimar la población de diseño. Fuente: *Norma técnica para Diseño*

y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados (AyA), 2017.

Se debe respetar que “en proyectos mixtos (varios tipos de actividad), el cálculo de unidades equivalentes debe realizarse de manera independiente para cada tipo de actividad; el valor final será la suma de las unidades habitacionales y todas las unidades equivalentes” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

Cabe destacar que generalmente se utilizará como dato de hacinamiento el investigado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

1.12 Periodos de diseño

1.12.1 Tubería de distribución potable

Para la red de distribución potable se debe contemplar “para líneas de distribución el período es de 20 años” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.14).

1.12.2 Tanque de almacenamiento potable

Dependiendo del tipo de construcción o proyecto se deberá verificar que “para los tanques el período es de 25 años, cuando los proyectos no son de desarrollo urbanístico, se debe dejar previsto en el terreno el espacio para construir otro tanque de dimensiones similares” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.14).

1.12.3 Red terciaria o red general

En esta caso se debe de considerar que “para las líneas de tubería que conectan la red pública a la red privada: de 20 a 25 años” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.12.4 Red secundaria (subcolectores) y red primaria (colectores)

Se tomará en cuenta que “para las líneas de tubería en redes secundarias y primarias: de 40 a 50 años” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.12.5 Estaciones de bombeo

Para estaciones de bombeo que se ubican en zonas por desarrollar: de 20 a 25 años.

Para estaciones de bombeo que se ubican en condominios o en zonas que han alcanzado su punto de saturación, el período de diseño debe ser igual al establecido para la red terciaria de ese sistema. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27)

1.12.6 Planta de tratamiento

En dicho caso se tomará en consideración que “para plantas de tratamiento: de 20 a 25 años” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27).

1.13 Dotación

Para el proyecto en mención se debe destacar que al ser nuevo no existen datos reales correspondientes a patrones de consumo y demanda, por lo tanto se deben utilizar los siguientes valores mínimos establecidos por la *Norma técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* de Acueductos y Alcantarillados (AyA), 2017 para los cálculos pertinentes:

- Poblaciones rurales: 200 l/p/d; en caso de zonas rurales costeras se aplicará la dotación establecida para “Población costera”
- Poblaciones urbanas: 300 l/p/d
- Poblaciones costeras: 375 l/p/d
- Área Metropolitana: 375 l/p/d

1.14 Caudal de diseño aguas residuales

Se debe recordar que “el caudal de diseño para un tramo de tubería es el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo del tramo y se debe calcular considerando las siguientes contribuciones” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27):

1.14.1 Factores de demanda

Para los cálculos correspondientes al abastecimiento de agua potable de deben considerar los dos tipos de demanda mencionados, como:

El caudal máximo diario será igual a 1,2 veces el caudal promedio diario, es decir el factor máximo diario (FMD) es 1,2.

El caudal máximo horario será igual a 1,80 veces el caudal máximo diario, es decir el factor máximo horario (FMH) es 1,80 (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.15)

Se debe considerar la siguiente fórmula para el cálculo del caudal máximo diario por utilizar como parte del proceso:

$$QMD = QP * FMD \quad (1)$$

Dónde:

QMD: caudal máximo diario

QPD: caudal promedio diario

FMD: factor máximo diario

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.16)

1.14.2 Caudal de incendio

Corresponde a la tasa de flujo que está disponible para el Departamento de Bomberos el cual será utilizado para combatir incendios de ser requerido, tomando en cuenta lo siguiente:

El caudal de incendio, la ubicación y el tipo de los hidrantes requeridos para el proyecto así como cualquier otro sistema alternativo o volúmenes de reserva, deben ser definidos de forma tal que se cumpla con los requerimientos técnicos que establece el Benemérito Cuerpo de Bomberos, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 8641 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley N° 8641 vigente y en La Ley N° 8228 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley N° 8228 vigente. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.16)

1.14.3 Caudal coincidente

Se debe considerar para el posterior caudal de diseño de la red potable que “el caudal coincidente se calculará a partir de la suma del caudal máximo diario y el caudal de incendio” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.16)

1.14.4 Aguas residuales ordinarias (Q_{paro})

El caudal promedio de aguas tipo ordinario se debe calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{paro} = FR * Q_{pap} \quad (2)$$

Donde

Q_{paro} : Caudal promedio de agua residual tipo ordinario.

FR: Factor de retorno (0,80).

Q_{pap} : Caudal promedio diario de agua potable.

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28)

1.14.5 Caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare})

En este caso para lo que corresponde con base en: “el caudal promedio de agua residual especial tratada se debe calcular para cada caso particular según la actividad” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28).

1.14.6 Contribuciones externas (Q_{ext})

En todos los casos que se realicen para el pre-diseño sanitario “se deben considerar las contribuciones de redes de alcantarillado sanitario adyacentes, existentes o futuras, indicadas por el Ente Operador correspondiente” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28).

1.14.7 Aguas de infiltración (Q_{inf})

Para lo que corresponde al Q_{inf} de las aguas específicas de infiltración “se establece en 0,25 l/s/km cuando el material de la tubería corresponda a: concreto, PVC o PEAD; en caso de que se utilice otro material se debe someter a aprobación de AyA el

caudal de infiltración correspondiente” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28) por tanto:

- El caudal promedio de aguas residuales (Q_{par}) equivale a la suma de todas las contribuciones, a saber:

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext} \quad (3)$$

- El caudal mínimo de diseño (Q_{min}) no debe ser inferior a 1,5 l/s y equivale a:

$$Q_{min} = FMD * Q_{par} + Q_{inf} \quad (4)$$

- El caudal máximo de diseño ($Q_{máx}$) equivale a:

$$Q_{máx} = Q_{par} * FMH + Q_{inf} \quad (5)$$

Dónde:

Q_{par} : Caudal promedio de aguas residuales

FMH: Factor Máximo Horario (aplica el FMH establecido en el capítulo de Sistemas de abastecimiento de agua potable)

FMD: Factor Máximo Diario (aplica el FMD establecido en el capítulo de Sistemas de abastecimiento de agua potable)

Q_{inf} : Caudal de infiltración

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.28)

1.15 Carga hidráulica de la red potable

1.15.1 Condición para caudal máximo horario

A la hora de realizar los cálculos se debe considerar que “la red debe ser diseñada para que, en todo punto o nudo de la red, la presión de servicio (presión Nodal) sea mayor o igual a 15 mca (1,5 kg/cm²)” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.17)

1.15.2 Condición para atención de incendios

Asimismo se debe considerar la condición mencionada para la atención de incendios la cual indica lo siguiente:

El caudal de incendio se distribuirá entre los hidrantes contiguos más alejados o críticos de la red del desarrollo (condominios, fraccionamientos, parcelamientos o urbanizaciones). Para esta condición la red debe ser diseñada para que en todo punto o nudo de la red, la presión de servicio sea mayor o igual a 15 mca (1,5 kg/cm²). (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.17)

1.16 Velocidad de la red potable

La velocidad que pueda tener el fluido dentro de la red potable es de gran importancia debido a que si se cruza la mínima podrían existir sedimentaciones de materias que pueda llevar el agua en suspensión; asimismo su valor máximo se encuentra de cierta manera definido por el posible desgaste que pueda generarse en el interior de las tuberías. Es por esto que se debe considerar:

La velocidad máxima en redes de distribución es de 3,0 m/s.

La velocidad máxima en líneas de conducción y de aducción es de 5,0 m/s y la mínima de 0,60 m/s. En los casos en los que se obtengan valores de velocidad inferiores al mínimo establecido, prevalecerá el criterio de diámetro mínimo de la tubería.

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.19)

1.17 Presiones de la red potable

Uno de los puntos de suma importancia a considerar en una red potable corresponde a la presión del agua dentro de la tubería, ya que cuando esta supera el máximo podría dañar la instalación como tal en diferentes componentes, como: válvulas, así como producirse la aparición de los llamados golpes de ariete y por el contrario si se tiene una baja presión se puede generar un mal funcionamiento del sistema. Por lo que se debe considerar:

La presión estática máxima será de 50 metros columna de agua (mca) en el punto más bajo de la red.

Se permitirán en puntos aislados presiones de hasta de 70 mca cuando el área de servicio sea muy quebrada.

La presión dinámica de servicio no será menor de 15 mca en la interconexión con la red de distribución, en el punto crítico de la red.

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.19)

1.17.1 Presión interna en tuberías

En este caso se debe considerar ciertos parámetros de presión, específicamente en las tuberías que se utilizarán en el diseño de la red potable.

Las tuberías deben tener la capacidad de soportar la presión estática interna más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso dicha capacidad será menor a 100 mca (presión nominal de trabajo), con las siguientes excepciones:

a) En líneas de conducción y de aducción, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías será menor a 80 mca.

b) En redes de distribución de acueductos rurales, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías será menor a 80 mca.(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.21)

1.18 Capacidad del sistema sanitario

El sistema sanitario se realizará, únicamente para aguas residuales de tipo ordinario para el proyecto en mención, así como lo indica la norma técnica del AyA al considerar los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales.

El punto de conexión con el sistema público debe ser definido por el ente operador de previo a la presentación del diseño ante el AyA. El sistema propuesto debe permitir que las aguas residuales converjan en un punto único a un pozo de registro a construir o existente de un subcolector o colector existente o a construir. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.29)

1.19 Dimensionamiento de tuberías potables

La función primordial de las tuberías en la red potable es distribuir el agua a los puntos de consumo dentro del proyecto a realizar; las mismas deberán ser dimensionadas tomando en cuenta diferentes condiciones entre ellas las mencionadas anteriormente, así como basándose en fórmulas como las que se utilizarán en este proyecto llamada Hazen Williams. Es por esto que se debe verificar:

Las tuberías se deben dimensionar aplicando las fórmulas de Hazen y Williams u otras. Se acepta la aplicación de otras fórmulas, para lo cual se debe aportar la debida justificación y documentación técnica, lo cual quedará sujeto a la aprobación de AyA. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.19)

Para lo que corresponde a la elección del coeficiente máximo basado en el material de la tubería se debe considerar la siguiente tabla:

Tabla 9

Coefficientes máximos (Hazen y Williams)

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130
Concreto	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Hierro dúctil	120
Hierro fundido ^a	130
Hierro fundido (10 años de edad)	107 - 113

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Hierro fundido (20 años de edad)	89 - 100
Hierro fundido (30 años de edad)	75 - 90
Hierro fundido (40 años de edad)	64 - 83
Acero	130
Acero ^a	140 - 150
Acero rolado	110
Cobre	130 - 140

Nota. (a) Se refiere al material utilizado en productos fabricados durante los últimos 10 años. En caso de que el material no esté contemplado en la tabla anterior, se debe someter al AyA una propuesta para el valor de “C”, aportando la documentación de respaldo para el material propuesto. AyA se reserva el derecho de aceptar el valor propuesto o de indicar el valor a utilizar en el diseño. Fuente: *Norma técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados (AyA), 2017.*

1.20 Dimensionamiento de tuberías sanitarias

Las tuberías son conductos que cumplen con la función de transportar de un lugar a otro cualquier tipo de líquidos o bien gases, en nuestro caso aguas residuales, ya sea por gravedad o bien a presión con ayuda de otros equipos o elementos y se suelen elaborar de distintos materiales como por ejemplo en hierro, polietileno, acero, cobre, policloruro de vinilo (PVC) entre otros materiales, siendo el PVC más utilizado para los sistemas sanitarios.

El policloruro de vinilo, también llamado PVC, es un material termoplástico, químicamente inerte, además de inodoro, inocuo e insípido. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales: cloruro de sodio o sal común (NaCl) (57 %) y derivados del petróleo o gas natural (43 %). Ello hace que sea menos dependiente de los recursos no renovables que otros materiales utilizados para el transporte de agua. En el ámbito de la edificación existen tuberías de PVC para las

aplicaciones de conducción de agua a presión y evacuación de aguas pluviales y residuales. (Soriano Rull, A. 2011, p. 131)

1.20.1 Clasificación de tuberías

Entre las tuberías que comúnmente son utilizadas en los sistemas de alcantarillado sanitario, así como la función que cumple cada una de ellas dentro del sistema como tal, se pueden mencionar:

- Primarias o iniciales: corresponden a todas aquellas tuberías que recibe el agua que proviene de los domicilios.
- Secundarias: estas tuberías reciben el caudal proveniente de dos o más tuberías primarias.
- Colector secundario: las cuales recibe el agua que proviene de dos o más tuberías secundarias.
- Colector principal: estas tuberías reciben el caudal proveniente de dos o más colectores secundarios.
- Emisario de tuberías: las cuales son las que conduce todas aquellas aguas que son recolectadas y llevadas hasta el punto de entrega el cual puede ser una planta de tratamiento o bien al punto de vertido.

Para lo que corresponde a la elección de la tubería sanitaria se deben considerar los datos que se obtienen de los pre-diseños elaborados los cuales posteriormente serán comparados y corroborados, respecto de los parámetros que se establecen en la norma ,como por ejemplo la presión que llevará el agua por medio de las tuberías, para así poder tomar escoger la rigidez adecuada.

En la siguiente tabla se podrá observar cierta información o características que poseen las tuberías para el alcantarillado sanitario en base en el material:

Tabla 10*Tubería para alcantarillado sanitario*

Material	Tipo de tubería	Norma de correspondencia	Designación (Cédula, SDR, rigidez, clase)	Norma de referencia INTECO	Rango de diámetros nominales (mm)	Tipo de unión
PVC	Tubería de pared sólida	ASTM D 3034	SDR 41, 35	INTE 16-01-02	-	Junta con empaque de hule
	Tubería de doble pared corrugada	ASTM F 949	PS46	RTCR 304: 1997	-	Junta con empaque de hule
PVC	Tubería de pared perfilada	ASTM F 2307	PS10	RTCR 304:1997	-	Junta con empaque de hule
	Tubería lisa	AASTH O M525:9	-	INTE 16-05-04-95	76 A 254	-
PEAD	interna y corrugado externo	AASTH O D M 294 M:98	-	-	-	Junta con empaque de hule

Fuente: Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, 1997 (www.senara.cr.cr).

De la misma manera se debe considerar algunas características específicas de las tuberías más comunes para la construcción de estos alcantarillados como las siguientes:

Tabla 11

Identificación de tuberías de alcantarillado sanitario en función de su material

Tipo de material	Identificación
Cloruro de Polivinilo (PVC)	Fabricada en color negro.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	4 franjas de color negro separadas 90° entre sí.

Fuente: Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, 1997 (www.senara.cr.cr).

1.21 Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto sanitario

Se debe considerar que el caudal de un líquido o de un gas es proporcional a la velocidad de circulación y al tamaño de la sección de la tubería o soporte por el que circula, por lo tanto:

La velocidad no debe ser mayor de 5,0 m/s y la velocidad mínima se debe establecer con base en el análisis de fuerza tractiva. El criterio que debe regir la pendiente mínima debe ser el de fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m² (1 Pa), generado por el caudal mínimo del proyecto que corresponde a la condición crítica de diseño. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.29)

1.22 Tirante hidráulico máximo en tuberías a gravedad o canal abierto sanitario

Al hablar del tirante hidráulico se indica la profundidad del flujo que corresponde a la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre del agua; para esto se debe tomar en cuenta que “el valor máximo del tirante hidráulico debe ser de 75 % del diámetro interno de la tubería seleccionada en redes de distribución para el caudal de diseño y de un 50 % en el caso de colectores y subcolectores” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.30).

1.23 Cálculo hidráulico en tuberías a gravedad o canal abierto sanitario

Para los sistemas se debe realizar el diseño de los conductos en escurrimiento libre por gravedad mediante las fórmulas hidráulicas de canal abierto, se debe considerar que al utilizar la ecuación de Manning se requerirán los coeficientes mínimos brindados en la siguiente tabla llamados “n” de Manning:

Tabla 12*Coefficientes mínimos para la "n" de Manning*

Tipo de material	Coefficiente para la "n" de Manning
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,010
Poliétileno de Alta Densidad (PEAD) de pared sólida	0,010
Poliétileno de Alta Densidad (PEAD) de pared corrugada estructurada	0,012
Hierro dúctil revestido internamente	0,011
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,010
Acero sin revestir con juntas soldadas	0,012
Concreto C-14 y C-76 sin revestir por dentro	0,013

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017 (www.aya.go.cr).

1.24 Continuidad de tuberías sanitarias

Para conservar la masa de un fluido, en nuestro caso las aguas residuales, a través de dos o más secciones de un conducto se establece que “no se acepta reducir el diámetro de las tuberías respecto al diámetro de la tubería aguas arriba, aunque por capacidad no exista limitación alguna; lo anterior también aplica cuando hay cambios de dirección o de pendiente” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.31) con el fin de establecer que lo que ingresa será igual a lo que sale.

1.25 Diámetro mínimo potable

Para el pre-diseño y la construcción como tal de la red potable se debe definir el diámetro de la tubería y se deberá considerar que basado en la norma técnica habrá un mínimo permitido.

Cuando el diámetro nominal de la tubería a la cual se interconectará la nueva red del proyecto, es de 100 mm o menos, el diámetro nominal mínimo de la tubería de interconexión del hidrante debe ser de 100 mm. Cuando el diámetro nominal de la tubería a la cual se interconectará la nueva red del proyecto, es igual o mayor a 150 mm, la interconexión del hidrante debe ser de 150 mm. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.21)

1.26 Diámetro mínimo sanitario

Equivale al diámetro interior mínimo de las piezas de tubería en milímetros (mm) que se necesitarán para la posterior construcción del alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales.

Para las redes terciarias el diámetro nominal mínimo debe ser de 150 mm y para colectores y subcolectores el diámetro nominal mínimo debe ser mayor al de la red terciaria tributaria con mayor diámetro; en cada caso, la pendiente mínima debe ser la que se obtenga para la velocidad mínima permitida que es producida por una fuerza tractiva mínima de $0,10 \text{ kg/m}^2$. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.31)

Por lo tanto debido a que este proyecto es completamente nuevo, que será una red terciaria que no se conectará a ninguna otra red adicional y que tiene como fin llegar a una planta de tratamiento de aguas residuales se utiliza como diámetro mínimo 150 mm.

1.27 Ubicación de tubería potable

La ubicación como tal de la tubería a la hora de la construcción de la red potable se deberá someter a la normativa vigente en cada uno de los países, en nuestro caso se debe aplicar lo que se indica en la norma técnica.

Las tuberías que conforman la red de distribución se deben ubicar en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1,50 m del cordón del caño y a una profundidad mínima de 0,80 m sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle.

Cuando se requiera la instalación de tubería en rutas nacionales o cantonales, la profundidad mínima debe ser de 1,00 m sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle.

En las esquinas, todas las tuberías se interconectarán por medio de cruces o tees y en todos los lados de un cuadrante las tuberías se deben interconectar formando un circuito (red cerrada).

La distancia entre las conexiones domiciliarias de la red de distribución de agua potable y de la red terciaria de aguas residuales, debe ser de al menos 1,50 m en planta. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.23)

1.28 Profundidad de alcantarillado sanitario

Para lo que corresponda en el proyecto por construir, la profundidad mínima será de 1,20 m y la máxima de 3,85 m contemplada desde la rasante hasta la corona del tubo, cabe destacar que para cualquier otra situación especial donde las condiciones topográficas necesiten cualquier otro tipo de profundidad mayor a la indicada, se debe consultar previamente al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y verificar cómo se debe proceder.

1.29 Prevista potable

Estas corresponden a los tramos de tubería y conexión que se deben considerar para acceder al recurso hídrico desde la red principal del condominio a cada una de las viviendas unifamiliares generalmente utilizada en polietileno de alta densidad.

La tubería para una prevista domiciliar debe tener un diámetro nominal entre 12 y 13 mm, ambos inclusive. Cuando se requiera de una conexión con un tubo de un diámetro nominal superior a 13 mm, se deben aportar para su análisis las memorias. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.21)

Asimismo se deberá validar la correcta ubicación de las previstas dentro de la distribución de la red de la siguiente manera:

“Cada predio debe contar con una prevista independiente y exclusiva”.

“La tubería debe quedar en el plano horizontal, en posición perpendicular con respecto a la tubería de la red de distribución”. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.23)

1.30 Prevista sanitaria

Cuando se habla de cierto tipo de red de tuberías que se ubica en las calles de una comunidad y que permite la conducción del agua residual generada hasta una planta de tratamiento estamos hablando de lo que llamamos prevista, también es conocida como la

cantidad de tubería instalada desde la red de recolección que da el servicio al sector habitacional, pero que no ha sido conectada a la caja sifón.

La tubería para una prevista domiciliar debe tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm y una pendiente mínima del 2 %.

Para el caso de condominios verticales se permite que hasta diez conexiones converjan en una misma prevista de 150 mm de diámetro nominal; para más de diez conexiones el diseño debe contemplar la construcción de pozos de registro en la acera y los sifones respectivos a lo interno del inmueble para cumplir con la función de eliminar olores provenientes del sistema de alcantarillado.

El diámetro nominal mínimo de la prevista individual en parques industriales, incluidos los que están en régimen de condominio, debe ser de 150 mm. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo según el diámetro nominal seleccionado. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.31)

1.31 Sifones sanitarios

Se podrán incorporar en los diseños sanitarios los sifones siempre y cuando exista algún tipo de obstáculo en el terreno (líneas férreas, canales, causes, entre otros); en el caso de presentarse aguas residuales tratadas se aceptará la variación en el detalle del sifón anteriormente establecido presente en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) del AyA.

1.32 Mecanismos de limpieza de alcantarillado sanitario

La limpieza de los diferentes mecanismos son parte de los sistemas de alcantarillado son de suma importancia para el correcto y eficiente funcionamiento.

Antes del sifón, en el sentido del flujo, se debe colocar un pozo de registro con dos rejillas o un triturador con mecanismo de reja para ser accionado en condiciones de emergencia, para evitar que los sólidos no obstruyan el sifón. En relación con las dos rejillas se debe cumplir lo siguiente:

- Una separación libre entre rejas de 20 a 50 mm para retener sólidos gruesos, ambos inclusive y, de 20 mm para retener sólidos finos.
- Una orientación vertical con un ángulo de 60° respecto a la horizontal, colocadas de forma tal que sean atravesadas en su parte inferior por el flujo del agua residual cruda,
- Una guía fabricada en el mismo material de la rejilla de 10 mm (3/8 pulgadas) en acero según código UNS S30400 (AISI 304), que al mismo tiempo funcione como soporte de la rejilla y que quede empotrada en la pared de concreto; cada guía debe permanecer fija y no se permite el paso del agua por los laterales de la rejilla cuando esta cumple la función de removedor de sólidos gruesos,
- Las rejillas y las guías deben fabricarse en acero inoxidable igual o superior al acero según código UNS S30400 (AISI 304).

(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.32)

1.33 Resistencia de la tubería a cargas externas

La reacción natural que opone el material ante la imposición de una carga, a fin de evitar o alcanzar los niveles de una falla corresponde a la resistencia que deberá tener la tubería por utilizar en cada tipo de sistema por construir.

La tubería deberá resistir las cargas permanentes debidas al relleno, los temporales y el tránsito. Se calculará de acuerdo con la teoría y formulaciones vigentes tales como las de Marston y Spangler para tuberías rígidas o flexibles, con las recomendaciones de la Norma AWWA (Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos, 2006, p.16).

1.34 Pruebas de presión para tubería potable

Las pruebas hidrostáticas corresponden a todas aquellas cuyo proceso es aplicar presión a un equipo o línea de tubería en este caso, con el fin de poder verificar la mano de obra del sistema, el buen funcionamiento de los materiales, así como la integridad estructural para evitar fallas a posterior, la misma se realiza antes de culminar con la instalación de toda la red y se practicará en tramos terminados.

Las tuberías, de previo a su recepción una vez instaladas, se deben someter a una prueba de presión hidrostática equivalente a una y media vez la presión de trabajo del tramo de tubería que es sometido a prueba, no siendo inferior, en ningún caso, a 10 kg/cm^2 (100 metros columna de agua).

Esta prueba debe ser aplicada a secciones de tubería con una longitud máxima de 500 m. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.24)

Se destaca también la prueba de hermeticidad con la cual se comprueba que todas aquellas conexiones realizadas entre los accesorios no tengan ningún tipo de fuga; esta prueba de igual manera se realiza mediante presión en el sistema por tramos.

1.35 Criterios de diseño de alcantarillados sanitarios

La funcionalidad, confiabilidad, competencia, creatividad entre otros, son factores de importancia que se deben atender de manera general para crear el mejor diseño posible en los sistemas de alcantarillado; adicional se deben considerar los siguientes criterios establecidos por la entidad de nuestro país:

Tabla 13

Sistemas de alcantarillado sanitario. Criterios de diseño

Ítem	Criterios de diseño
1. Aporte	Aguas Residuales: Domésticas. Industriales. Comerciales. Institucionales. Infiltraciones (ver punto 10). Lluvia (ver punto 11).
2. Factores de demanda	Utilizar las curvas de consumo de agua potable de la comunidad. A partir de estas curvas se calculan: Factor máximo diario de consumo. Factor máximo horario de consumo. Factor mínimo de consumo.
3. Dotación	Tomar en cuenta el caudal medio y el número de conexiones domiciliarias.

Ítem	Criterios de diseño
4. Coeficiente de rugosidad	Depende del material de la tubería, de la especificación del fabricante y si la red es existente o nueva.
5. Cálculo de la red	Basado en el concepto de la fuerza tractiva mínima $T \geq 1$ Pascal $\sim 0,1$ kg/cm ² .
6. Pendiente mínima	Adoptar: $S = 0,0055 \times Q_i^{(-0,47)}$ Donde $Q_i =$ Caudal inicial mínimo (L/s) [ver ítem 9].
7. Pendiente máxima	Es el resultado de la velocidad máxima. La velocidad máxima está en función de la recomendación del fabricante.
8. Diámetro mínimo	150 mm
9. Caudal mínimo en el tramo	$Q_{\min} = 1,5$ L/s. En el momento en que el caudal promedio acumulado supere al caudal mínimo asumido igual a 1,5 L/s, para el diseño de los tramos subsiguientes, se debe utilizar el caudal promedio acumulado. Red existente: 1,0 L/s / km.
10. Infiltración	Red nueva: PVC: 0,25 L/s / km. Concreto: 0,50 L/s / km.
11. Agua de lluvia	Para las redes nuevas no tomar en cuenta. Para las redes existentes estudiar un valor.
12. Profundidad de la red	Mínima: 1,2 m. Máxima: 5,0 m.
13. Coeficiente de retorno	$C = 0,80$.
14. Distancia entre pozos de registro	Hasta 120 m.
15. Ubicación	Según Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial.

Fuente: AyA. Dirección de estudios y proyectos, 2000 (www.aya.go.cr).

1.36 Programa de mantenimiento del sistema sanitario

Un servicio de alcantarillado, moderno y eficiente de igual manera deberá contar con un mantenimiento profesional para su buen funcionamiento, ya que de no contar con un drenado eficiente se podrían formar atascos por acumulación de residuos en ciertos casos.

Como bien se comenta, “la sostenibilidad de las instalaciones sanitarias se preserva con su mantenimiento. El mantenimiento comienza por conocer que vamos a mantener, como lo vamos a hacer y cuál es la oportunidad más adecuada para hacerlo” (Barreneche, 2017, p. 519).

Respecto de los sistemas que se construyen y manejan actualmente en nuestro país: No se permiten rebalses de aguas residuales en sistemas de este tipo; por lo tanto, se debe presentar conjuntamente con el diseño para su aprobación, un plan de contingencia ante situaciones que afecten la operación continua del sistema y el mantenimiento, particularmente en los siguientes casos:

- Fallo de energía eléctrica.
- Obstrucción en algún dispositivo.
- Cambio de partes o componentes o de la totalidad del sistema, tanto en el caso de los sistemas domiciliarios como cuando se utilice uno general en el condominio.

Adicionalmente, se debe presentar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.34)

Tomando en consideración lo mencionado por el AyA se puede destacar lo correspondiente a los tipos de mantenimiento, como el preventivo:

Es una serie de etapas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones. En esta fase se trabaja con la información recolectada, dándole valor, optimizando planes y realizando análisis, en las cuales se logra optimizar frecuencias y los alcances de estas. Se destina a

aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, aumentando la vida útil de los mismos; es planeada mediante reuniones de los encargados del departamento de mantenimiento. En este mantenimiento se incluyen indicadores para mantener un control sobre todas las acciones que se vayan a llevar a cabo o al contrario valorar y analizar las que ya se efectuaron. (Vega Ramírez, C. A. 2019, p. 42)

Asimismo, el mantenimiento correctivo corresponde a lo siguiente:

Se basa en el conjunto de acciones no planeadas que suceden en el proceso, las cuales son avisadas al departamento de mantenimiento.

Este, debe tener personal entrenado para intervenir la falla ocasionada, pues el proceso no puede parar, pues se generan muchas pérdidas. Además, si el equipo continúa trabajado con una falla, puede ocasionar la pérdida total de ese equipo. Esto es aceptable en muy pocos casos y es posible que se prefiera para equipos de bajo costo y pequeñas consecuencias de falla. (Vega Ramírez, C. A. 2019, p. 42)

Cada uno de los mantenimientos comentados son relevantes para evitar inconvenientes en el funcionamiento del sistema y que, si bien es cierto, los mismos tienen su costo debido a las diferentes labores que se realizarán de forma periódica es indudable que a posterior serán ganancia, siempre y cuando se proceda con programas establecidos para este servicio en específico.

El desarrollo de un programa de mantenimiento de las instalaciones sanitarias comienza por la creación de una filosofía, que asumida por los usuarios por la preservación y renovación de los edificios como una actividad permanente y continua. Debe ser realizada ajustada a un estricto control de gastos, para racionalizar el uso de los recursos que se aporta. (Barreneche, R. O. 2017, p. 519).

1.37 Epanet

Entre las herramientas que se pueden utilizar para los pre-diseños en este caso de redes de distribución potables se pueden encontrar el programa Epanet.

Básicamente, se puede indicar que corresponde un software de dominio público utilizado para la libre simulación de la red potable y posterior análisis hidráulico de la

calidad del agua en redes de distribución de agua a presión en base a los datos que se ingresan y que después el sistema brindará para poder corroborar que el modelo cumpla con los requisitos establecidos tanto por la norma del país donde se está haciendo uso de la herramienta, así como de lo definido por el diseñador.

Este tipo de herramientas simplifica en gran cantidad los procesos de modelado, edición y datos de las redes de tubería ya que dentro de la misma se podrá encontrar diferentes botones o sub herramientas para obtener informes e interpretar datos por medio de tablas, mapas codificados por colores y gráficos, entre otros.

Capítulo 2. Marco metodológico

2.1 Paradigma, enfoque metodológico y método de investigación

Cuando se habla sobre la potabilización y el saneamiento ambiental se debe incluir todo lo que conlleva desde el acceso al recurso hídrico sin importar la zona geográfica hasta la evacuación y el tratamiento de las aguas residuales que producen todos aquellos habitantes así como el proceso de vertido o bien reutilización con el fin de generar una menor contaminación en el planeta.

Si bien es cierto, actualmente la mayoría de la población tiene acceso al agua potable existen aún una brecha con respecto al saneamiento que a pesar de ser un tema que se ha mejorado con los años en Latinoamérica aún se pueden encontrar poblaciones con poco acercamiento y conocimiento hacia los sistemas y que por lo tanto es acá donde entra en juego el viejo paradigma de tratar las aguas residuales por sus propios medios con mecanismos como por ejemplo tanques sépticos o drenajes e incluso disponer en letrinas los cuales no son supervisados ni regulados con procedimientos correctos lo que generaría de igual manera contaminación en el ambiente.

La recuperación de los recursos que se pueden encontrar en las aguas residuales en forma de energía, biosólidos o nutrientes, representan un beneficio económico en muchos países que pueden contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de saneamiento transformándolo de ser un servicio costoso a uno que es auto sostenible; asimismo se debe destacar que al tratar las aguas con distintos métodos genera hasta cierto punto la

potabilización del recurso como tal; lo que causa que posteriormente sea reutilizada en actividades de la vida diaria ocasionando un uso racional de esta.

Es por esto que el Banco Internacional de Desarrollo discute e intenta generar un nuevo paradigma el cual presentan en el artículo: BID promueve nuevo paradigma para universalizar acceso al agua y saneamiento básico, de la *Revista Summa*, 2019, el cual comenta:

Durante Latinosan, el BID presentó la plataforma de saneamiento óptimo, que busca precisamente, incentivar un cambio de paradigma en dicho sector en América Latina. Se trata de un llamado a la acción a los diferentes actores involucrados en el sector de saneamiento.

Asimismo, José Agustín Aguerre, durante el Latinosan 2019, expresó:

Invertir en saneamiento no es solamente tener una casa más limpia o playas más agradables. Se trata de gestionar de manera responsable los recursos hídricos para la salud y bienestar de las generaciones futuras y nuestro planeta (párr. 7).

Dentro de los objetivos para eliminar el antiguo paradigma se incluyen mantener e inclusive mejorar la calidad del agua por lo tanto es importante seguir corroborando que el agua potable mantengas sus estándares y que las aguas residuales pueden evacuarse y tratarse de la mejor manera hasta lograr diversas calidades, las cuales llegarían posteriormente a reutilizarse para satisfacer la demanda de diferentes sectores, incluidos la industria y la agricultura.

Para avanzar en el cambio de este paradigma se han identificado cuatro acciones en específico por considerar:

- Desarrollar iniciativas para las aguas residuales que maximicen los beneficios, mejore la eficiencia y la asignación de recursos y que involucre a las personas o entidades pertinentes.
- Desarrollar a las empresas que brindan servicios de aguas del futuro sustituyendo lo que conocemos actualmente como planta de tratamiento por

instalaciones de recuperación de recursos y tomar provecho del valor del agua residual.

- Apoyar el desarrollo de financiamiento y de modelos de negocios sostenibles e innovadores.
- Ejecutar todas aquellas políticas, normas y reglamentos necesarios que buscan promover un cambio de paradigma en dicho sector.

Dado que el fin de este proyecto es el pre-diseño de la red potable y del alcantarillado sanitario para el proyecto La Bendición en Barranca, Puntarenas se recurre por tanto a un enfoque cuantitativo mediante cálculos establecidos y debidamente normados para cada sistema en específico.

Asimismo el método de investigación que procede para el trabajo a realizar es un no experimental ya que se basa en cálculos delimitados que se obtendrán de datos puntuales que podrán ser manipulados para las diferentes decisiones que se deseen tomar en el diseño final tanto de la red de distribución potable como del alcantarillado sanitario del proyecto por construir.

2.2 Categorías de análisis de la investigación

A continuación, se presenta una tabla la cual incluye los objetivos, variables dependientes e independientes que estarán alineados al proyecto en mención, así como las herramientas por utilizar para el correcto cumplimiento de la gestión.

Tabla 14*Categorías de análisis de la investigación*

Objetivo	Variable dependiente	Variable independiente	Herramientas
Estimar la población del proyecto, así como el cálculo de caudales para los sistemas de agua potable y alcantarillado a diseñar.	Población	Tipo de actividad de cada servicio equivalente	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados, Excel. Información brindada por el cliente.</i>
Generar un pre-diseño del sistema de alcantarillado sanitario eficiente.	Población, periodos de diseño, caudales, capacidad del sistema, dimensiones de tuberías, entre otros.	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados.</i>	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados. Excel.</i>
Crear un pre-diseño de red de agua potable.	Población, periodos de diseño, caudales, capacidad del sistema, presiones, pérdidas de carga, conexiones, dimensiones de tuberías, entre otros.	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados.</i>	<i>Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados. Excel y Epanet 2.0.12</i>

Nota. Las variables dependientes rigen en función de los valores máximos o mínimos que serán indicados en la *Norma técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* del AyA. Fuente: Propia.

2.3 Población y muestra, técnicas de muestreo

Cabe recalcar que este proyecto será de bien social y contará con unidades habitacionales, por lo tanto, la población y muestreo se realizarán con base en lo indicado en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* de Acueductos y Alcantarillados.

Se debe mencionar que al incluir cualquier otro tipo de unidades no habitacionales se debe aplicar el cálculo “Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE)” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.27), según lo indicado en este documento.

La población total para este proyecto se obtiene de la suma de las unidades habitacionales reales multiplicado por el factor de hacinamiento, que como se menciona anteriormente, lo proporciona la documentación que se encuentra en el INEC; de este modo se puede destacar que la población total corresponderá con la muestra pues el pre-diseño por realizar en ambos casos será para los habitantes de este proyecto en específico.

2.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Los datos requeridos para este trabajo se reunirán según lo solicitado por la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Se destacan de la norma mencionada las siguientes variables, entre otras que serán consideradas para la recolección de datos, en conjunto con la demás documentación e investigaciones realizadas:

- Tipo de aguas captadas (potable, residual, industrial, doméstica, entre otras)
- Población de diseño
- Periodos de diseño (red de tubería primaria, secundaria o terciaria)
- Caudales de diseño (sumatoria de aguas)

- Tuberías (velocidad, tirante hidráulico, diámetro nominal)
- Velocidades
- Presiones

Se debe considerar que tanto el levantamiento topográfico como el estudio de suelos serán proporcionados por la Compañía Inmobiliaria SyN S.A, BANHVI y serán utilizados para realizar todas aquellas verificaciones respecto a la superficie del terreno (cortes, rellenos, capacidad soportante, nivel freático, entre otros) que nos servirán como guía para la modelación y el pre-diseño de la red de distribución potable así como para el sistema de alcantarillado sanitario.

2.5 Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de los datos

La ejecución correcta para la elaboración del trabajo en cuestión depende del levantamiento topográfico (en específico de las curvas de nivel) así como del estudio de suelos de la zona donde se construirá el proyecto y que será brindado como se menciona anteriormente por la empresa desarrolladora.

Mediante hojas electrónicas en Excel se realizarán los cálculos para los pre-diseños que se requieren, así mismo en Epanet se procederá con la simulación de la red potable; sin embargo se debe tomar en cuenta que en el proceso se podrán utilizar diferentes complementos como, por ejemplo: Google Earth o Google Maps del cual se extraen imágenes que son de gran importancia para tener una visualización real y gráfica de la ubicación, así como del relieve y una delimitación precisa de la zona por trabajar.

Así pues, con las herramientas y programas definidos se procede a ingresar datos de importancia, como: valores mínimos y máximos para cada sistema que son fundamentales según la *Norma Técnica para el Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial* para generar los cálculos necesarios de los pre-diseños bajo la legislación vigente.

Capítulo 3. Análisis de Resultados

3.1 Procedimiento para el pre-diseño potable

1. Se obtiene una lámina con la topografía del lugar donde también se pueden observar los lotes que, posteriormente se convertirán en las viviendas de bien social; así como las calles y avenidas del proyecto; esto brindado por el cliente y en formato PDF.
2. Haciendo uso del programa AutoCAD se importa el PDF entregado por el cliente y se procede a trazar la red de distribución potable al norte y al oeste, a 1,50 m del cordón de caño según lo indica el reglamento, asimismo se colocan dos hidrantes en lugares estratégicos para que en caso de incendio puedan cubrir todas las viviendas.

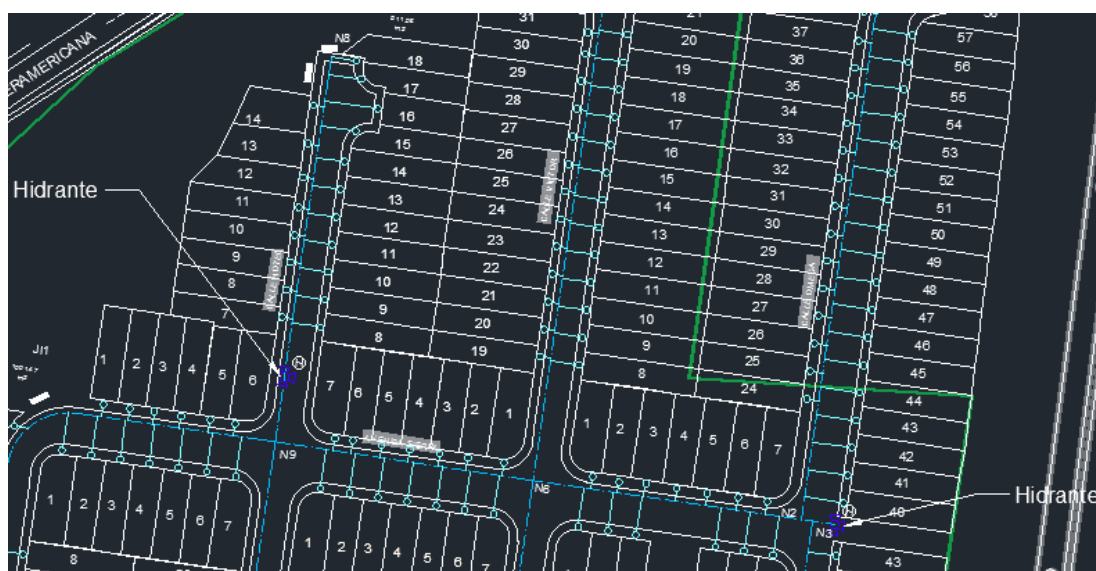


Figura 4. Parte de la distribución de tuberías e hidrantes. Fuente: Propia

3. Se procede a calcular la densidad poblacional que corresponde a la población resultante de las unidades habitacionales, el caudal promedio diario, el caudal máximo horario, el caudal máximo diario y el caudal coincidente haciendo uso de las formulas indicadas en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados (AyA)*. Adicionalmente se procede con el cálculo de distribución de gasto medio y gasto máximo en los nodos correspondientes según en cuenta cada tramo de tubería.

4. La información obtenida se traslada al programa EPANET, se realiza el cálculo de las pérdidas de carga unitarias según la fórmula Hazen – Williams y se estima el diámetro de la tubería por utilizar en la red de distribución.
5. Mediante la información obtenida con ayuda del programa se identifica y corrobora que los datos que se generen se encuentren dentro de los parámetros establecidos en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* de Acueductos y Alcantarillados (AyA) obteniendo un modelo eficiente.

3.2 Memoria de cálculo para la red potable

3.2.1 Población de diseño

Se basa en la cantidad de viviendas unifamiliares; el mismo multiplicado por el factor de hacinamiento de 3,63 habitantes / unidades habitacionales obtenido de la base de datos del INEC (2011), lo que da como resultado lo siguiente:

Tabla 15

Población de diseño del proyecto La Bendición

Cantidad de unidades habitacionales	Factor de hacinamiento	Cantidad de Habitantes
255	3,63	925,65

Fuente: Propia

3.2.2 Dotación

La dotación utilizada y que corresponde para este proyecto es de 200 l/p/d basado en las poblaciones rurales.

3.2.3 Caudales

El cálculo de los mismos se basa en las fórmulas mencionadas en la norma, como las que se tienen a continuación.

Fórmula para el caudal promedio diario neto de agua potable (Q_{pap} en l/s):

$$Q_{pap} = (Pf * Dr) / 86400 \quad (6)$$

Dónde:

Pf: Población al final del periodo de diseño (habitantes)

Dr: Dotación (l/p/día)

Por lo tanto:

$$Q_{pap} = (925,65 * 200) / 86400$$

$$Q_{pap} = 2,14 \text{ l/s}$$

Se determina lo que corresponde al caudal máximo diario en base a la fórmula:

$$QMD = QPD * FMD \quad (1)$$

Dónde:

QMD: caudal máximo diario

QPD: caudal promedio diario

FMD: factor máximo diario

Por lo tanto:

$$QMD = 2,14 \text{ l/s} * 1,2$$

$$QMD = 2,57 \text{ l/s}$$

En base al *Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva* (2020) que establece el Benemérito Cuerpo de Bomberos se puede establecer que el caudal de incendio (Q_i) para este proyecto será igual a 31,55 l/s (500 gpm), de esta manera se obtiene también el caudal coincidente ($QMD + Q_i$):

$$Q_{coincidente} = QMD + Q_i \quad (8)$$

$$Q_{coincidente} = 2,57 \text{ l/s} + 31,55 \text{ l/s}$$

$$Q_{coincidente} = 34,13 \text{ l/s}$$

Asimismo se realiza el cálculo del caudal máximo horario basado en los factores indicados en la norma:

$$QMH = QMD * FMH \quad (9)$$

$$QMH = 2,57 \text{ l/s} * 1,8$$

$$QMH = 4,63 \text{ l/s}$$

Si bien es cierto existen algunas excepciones, respecto de la colocación de hidrantes en los proyectos (basado en la Ley de Hidrantes), este caso específico debido al tamaño de su población corresponde a una de estas excepciones; sin embargo, con el objetivo de controlar un eventual caso de incendio se definen dos hidrantes en puntos estratégicos, los cuales serán incluidos en la etapa de diseño y revisión de las redes.

Cabe destacar que la ubicación final de los hidrantes queda sujeta a la evaluación técnica del Benemérito Cuerpo de Bombero de Costa Rica así como del ente operador del sistema.

3.3 Pre-diseño potable en software Epanet

Según la información anterior se procede con el estudio de dotaciones para el urbanismo con base en el caudal máximo horario para los tramos establecidos, unidades habitacionales, caudales y tipo de zonificación así mismo posteriormente se realiza el cálculo de la repartición del caudal máximo (diario y horario) en cada uno de los nodos correspondientes.

Tabla 16

Estudio de dotaciones urbanística

Tramo	Unidades Habitacionales	Zonificación	QMD (l/s)	QMH (l/s)
N1-N2	35	Vivienda Unifamiliar	0,35	0,63
N3-N4	41	Vivienda Unifamiliar	0,41	0,73
N2-N6	13	Vivienda Unifamiliar	0,14	0,26

Tramo	Unidades Habitacionales	Zonificación	QMD (l/s)	QMH (l/s)
N5-N6	30	Vivienda Unifamiliar	0,30	0,54
N6-N7	35	Vivienda Unifamiliar	0,35	0,63
N6-N9	14	Vivienda Unifamiliar	0,15	0,27
N8-N9	19	Vivienda Unifamiliar	0,19	0,35
N9-N10	30	Vivienda Unifamiliar	0,30	0,54
N9-N11	38	Vivienda Unifamiliar	0,38	0,69

Fuente: Propia

Tabla 17*Repartición de caudal máximo diario en los nodos*

Tramo	QMD (l/s)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
N1-N2	0,35	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N3-N4	0,41	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N2-N6	0,14	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
N5-N6	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N6-N7	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
N6-N9	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
N8-N9	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00
N9-N10	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00
N9-N11	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,19
Total	2,57	0,17	0,25	0,20	0,20	0,15	0,40	0,25	0,10	0,51	0,15	0,19

Fuente: Propia

Tabla 18*Repartición de caudal máximo horario en los nodos*

Tramo	QMH (l/s)	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
N1-N2	0,63	0,31	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N3-N4	0,73	0,00	0,00	0,37	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N2-N6	0,26	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
N5-N6	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N6-N7	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
N6-N9	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
N8-N9	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,00
N9-N10	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,27	0,00
N9-N11	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,35
Total	4,63	0,31	0,44	0,37	0,37	0,27	0,72	0,44	0,17	0,92	0,27	0,35

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos se procede a trazar la simulación de la red potable en el programa para análisis hidráulico EPANET en su versión 2.0, se ingresa cierta información adicional como diámetro de tubería propuesta, altura de rasante, ecuación por utilizar (en este caso, Hazen-Williams), coeficiente de rugosidad y factor de demanda. Corriendo el modelo elaborado se obtiene lo siguiente:

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Calidad Inicial	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión N1	58.37	0.17	0	0,31	76,83	18,46	0,00
Conexión N2	58.11	0.25	0	0,45	76,18	18,07	0,00
Conexión N3	58.11	0.20	0	0,36	76,18	18,07	0,00
Conexión N4	57.69	0.20	0	0,36	76,17	18,48	0,00
Conexión N5	58.00	0.15	0	0,27	76,03	18,03	0,00
Conexión N6	57.32	0.40	0	0,72	76,03	18,71	0,00
Conexión N7	57.00	0.25	0	0,45	76,02	19,02	0,00
Conexión N8	57.00	0.10	0	0,18	75,98	18,98	0,00
Conexión N9	56.38	0.51	0	0,92	75,98	19,60	0,00
Conexión N10	56.29	0.15	0	0,27	75,98	19,69	0,00
Conexión N11	55.66	0.19	0	0,34	75,98	20,32	0,00
Embalse Emb1	77	No Disponible	0	-4,63	77,00	0,00	0,00

Figura 5. Tabla de red – nudos con caudal máximo horario. Fuente: Propia

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Coef. Flujo	Coef. Pared	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción mg/L/d	Calidad	Estado
Tubería Tub1	162.27	100	130	0	0	4.32	0.55	4.03	0.026	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub2	162.80	100	130	0	0	0.36	0.05	0.04	0.038	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub3	134.48	100	130	0	0	-0.27	0.03	0.02	0.039	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub4	161.29	100	130	0	0	0.45	0.06	0.06	0.037	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub5	96.67	100	130	0	0	-0.18	0.02	0.01	0.042	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub6	143.83	100	130	0	0	0.27	0.03	0.02	0.039	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub7	2.58	100	130	0	0	-0.72	0.09	0.15	0.034	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub8	67.51	100	130	0	0	3.15	0.40	2.24	0.027	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub9	64.84	100	130	0	0	1.71	0.22	0.72	0.030	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub10	175.23	100	130	0	0	0.34	0.04	0.04	0.038	0.00	0.00	Abierto
Tubería Tub0	36.49	100	130	0	0	4.63	0.59	4.57	0.026	0.00	0.00	Abierto

Figura 6. Tabla de red – líneas con caudal máximo horario. Fuente: Propia

Es importante destacar que se analizó el comportamiento de la red con el caudal coincidente (suma del caudal máximo diario más el caudal de incendio), se obtuvieron los siguientes datos:

ID Nudo	Cota m	Calidad Inicial	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión N1	58.37	0	1.93	76,77	18,40	0,00
Conexión N2	58.11	0	3,76	75,85	17,74	0,00
Conexión N3	58.11	0	1,96	75,85	17,74	0,00
Conexión N4	57.69	0	1,96	75,83	18,14	0,00
Conexión N5	58.00	0	1,91	75,60	17,60	0,00
Conexión N6	57.32	0	5,66	75,61	18,29	0,00
Conexión N7	57.00	0	3,76	75,54	18,54	0,00
Conexión N8	57.00	0	1,85	75,53	18,53	0,00
Conexión N9	56.38	0	7,52	75,54	19,16	0,00
Conexión N10	56.29	0	1,91	75,53	19,24	0,00
Conexión N11	55.66	0	1,94	75,54	19,88	0,00
Embalse Emb1	77	0	-34,15	77,00	0,00	0,00

Figura 7. Tabla de red – nudos con caudal coincidente. Fuente: Propia

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Coef. Flujo	Coef. Pared	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s	Calidad	Estado
Tubería Tub1	162.27	200	130	0	0	32.22	1.03	5.69	0.021	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub2	162.80	150	130	0	0	1.96	0.11	0.13	0.031	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub3	134.48	150	130	0	0	-1.91	0.11	0.12	0.031	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub4	161.29	150	130	0	0	3.76	0.21	0.43	0.028	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub5	96.67	150	130	0	0	-1.85	0.10	0.12	0.031	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub6	143.83	150	130	0	0	1.91	0.11	0.12	0.031	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub7	2.58	200	130	0	0	-3.91	0.12	0.12	0.029	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub8	67.51	200	130	0	0	24.55	0.78	3.44	0.022	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub9	64.84	200	130	0	0	13.22	0.42	1.09	0.024	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub10	175.23	200	130	0	0	1.94	0.06	0.03	0.032	0.00	0.00	Abierta
Tubería Tub0	36.49	200	130	0	0	34.15	1.09	6.33	0.021	0.00	0.00	Abierta

Figura 8. Tabla de red – líneas con caudal coincidente. Fuente: Propia

3.4 Análisis del pre-diseño de red potable

A partir de la información anterior se puede analizar lo siguiente, respecto del modelo de la red potable y lo establecido en el reglamento:

Primeramente, se puede observar en la Figura 5 con base en la simulación establecida la presión en todos los nudos es superior a la condición mínima y la condición para atención de incendios mencionada en la norma técnica la cual es de 15 mca, por lo tanto, se puede garantizar una conducción eficiente del flujo hídrico en el sistema.

Se puede verificar de igual manera lo que corresponde a la velocidad máxima (3,0 m/s en redes de distribución y 5,0 m/s en líneas de conducción o aducción) y mínima (0,6 m/s en líneas de conducción o aducción) en la Figura 6, según el criterio que “en los casos en los que se obtengan valores de velocidad inferiores al mínimo establecido, prevalecerá el criterio de diámetro mínimo de la tubería” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p.19)

Para la simulación se establece como diámetro mínimo inicial tuberías de 100 mm las cuales aplicando posteriormente la fórmula de Hazen –Williams con su respectivo coeficiente de rugosidad (130 para PVC) brindan las pérdidas de carga unitarias ubicadas en la Figura 6 y que estas nos indican que son bastante bajas lo cual beneficia el funcionamiento de la red de una manera eficiente.

Posteriormente, se realiza la corrida en el programa incluyendo el caudal coincidente; sin embargo, para que los datos de presiones y velocidades cumplan con los parámetros establecidos en la norma técnica se deben aumentar los diámetros de las calles a 200 mm y las avenidas a 150 mm (Figura 8) lo cual no es económicamente viable para el

proyecto y es por esto que se toma la decisión de dejar la corrida anterior la cual obedece a cabalidad.

Asimismo, dentro del pre-diseño de la red potable se deberá contemplar los bloques de anclaje, los mismos deben ser colocados en todos aquellos lugares dentro del sistema donde existan inflexiones (con codos ya sean en grados de 90 o 45), bifurcaciones (con accesorios como te o ye según sea necesario) o bien se produzcan cambios de diámetro de las tuberías (con reducciones), lo cual cabe destacar que para este modelo el último punto mencionado no aplica debido a que todo el sistema contará con un solo valor de tubería. Estos bloques de anclaje son de gran importancia, ya que serán los encargados de transmitir el empuje producido por la presión del recurso hídrico al terreno.

3.4.1 Lámina de Sistema Potable

Si bien es cierto dentro de los alcances de este proyecto no se encuentra la elaboración de planos, se realizó una lámina donde se puede observar el diseño de sitio en este caso del sistema potable donde se establece la distribución de la red como tal ubicando la tubería, nodos, previstas domiciliarias, dirección del flujo, cotas y los hidrantes de ser necesarios; así mismo podemos observar una tabla con simbología potable y algunas notas generales importantes a considerar para la elaboración del sistema según la información obtenida anteriormente.

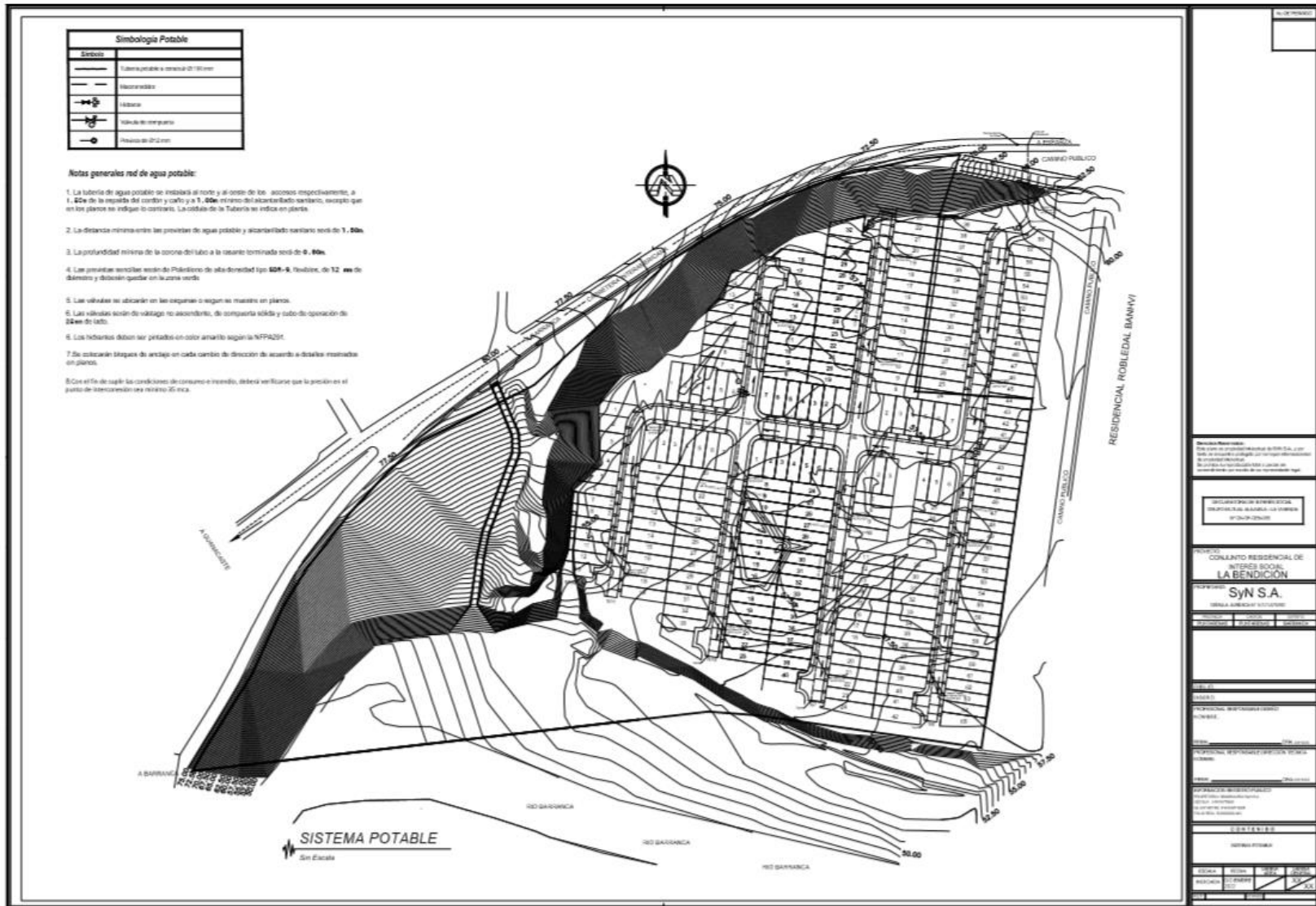


Figura 9. Lámina Sistema Potable. Fuente: Propia

3.5 Procedimiento para el pre-diseño sanitario

1. Se obtiene una lámina con la topografía del lugar donde también se pueden observar los lotes que posteriormente se convertirán en las viviendas de bien social; así como las calles y avenidas del proyecto; esto brindado por el cliente y en formato PDF.
2. Mediante el programa AutoCAD se importa el PDF entregado por el cliente y se procede a trazar las rutas del alcantarillado sanitario, estas se ubican por el centro de las calles según con lo que indica el reglamento. Asimismo, se ubican los colectores y se obtienen las distancias de los tramos, para así definir las áreas tributarias correspondientes.
3. Se procede a calcular la densidad poblacional que corresponde a la población resultante de las unidades habitacionales y haciendo uso de la hoja de cálculo MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños se coloca la información por tramos y se obtiene el resultado de diferentes caudales, velocidades, diámetros mínimos, pendientes y demás datos por tramo según lo indica el reglamento para posteriormente corroborar que cumplan con los parámetros establecidos en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial de Acueductos y Alcantarillados (AyA)*; adicionalmente, se obtienen resultados de cálculos hidráulicos que dejan conocer si se cumplen varios criterios como por ejemplo la fuerza tractiva y que de esta manera permite tener un pre-diseño de sistema de alcantarillado sanitario óptimo.

3.5.1 *Distribución de áreas tributarias*

Respecto de la distribución de áreas tributarias corresponde al número de viviendas o bien unidades habitacionales con su respectiva cantidad de habitantes que se puede encontrar en cada tramo de tubería que va de pozo a pozo.

3.5.2 *Distribución de colectores*

En este caso se ubicaron los colectores, tanto en las calles principales, como en las avenidas o calles secundarias así se puede observar a continuación.



Figura 10. Parte de la distribución de colectores. Fuente: Propia

3.6 Memoria de cálculo para el alcantarillado sanitario

3.6.1 Población de Diseño

Corresponde a la misma población de diseño calculada para la red de distribución potable en el apartado 3.2.1 Población de Diseño.

3.6.2 Dotación

En este caso al tratarse del mismo proyecto, de igual manera se utilizaría la dotación mencionada en el apartado 3.2.2 Dotación.

3.6.3 Caudales

El cálculo de estos se basa en las fórmulas mencionadas en la norma, como las que se presentan a continuación.

Cálculo de las aguas residuales ordinarias (Q_{paro}):

$$Q_{paro} = FR * Q_{pap} \quad (2)$$

Dónde:

FR: Factor de retorno (0,80).

Q_{pap} : Caudal promedio diario de agua potable.

Por lo tanto:

$$Q_{paro} = 0,80 * 2,14 \text{ l/s}$$

$$Q_{paro} = 1,71 \text{ l/s}$$

En este proyecto no se cuenta con aguas residuales especiales tratadas, por lo tanto no se realizará el cálculo del caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare}); asimismo al ser un proyecto completamente nuevo no se tomarán en cuenta las contribuciones externas (Q_{ext}).

Basado en el reglamento se debe considerar una infiltración de 0,25 l/s/km para las tuberías de PVC las cuales serán utilizadas en este pre-diseño y que, por lo tanto, se deberá multiplicar por la longitud total de las tuberías para el cálculo de aguas de infiltración como se ve a continuación:

$$Q_{inf} = 0,25 \text{ l/s/km} * \text{longitud de tubería} \quad (7)$$

$$Q_{inf} = 0,25 \text{ l/s/km} * 1,35 \text{ km}$$

$$Q_{inf} = 0,34 \text{ l/s}$$

El caudal promedio de aguas residuales corresponde a la suma de los caudales calculados, anteriormente, con la fórmula:

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext} \quad (3)$$

$$Q_{par} = 1,71 \text{ l/s} + 0 + 0$$

$$Q_{par} = 1,71 \text{ l/s}$$

De acuerdo con la norma el caudal mínimo de diseño no podrá ser inferior a 1,5 l/s, por lo tanto, al corroborar con el cálculo realizado se cumple con este requisito:

$$Q_{min} = FMD * Q_{par} + Q_{inf} \quad (4)$$

$$Q_{min} = 1,2 * 1,71 \text{ l/s} + 0,34 \text{ l/s}$$

$$Q_{min} = 2,41 \text{ l/s}$$

Asimismo, se realiza el cálculo del caudal máximo de diseño:

$$Q_{máx} = Q_{par} * FMH + Q_{inf} \quad (5)$$

Perfil Básico							Proyecto	
Línea (Colector o Ramal)	Tramo						Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo
	De Pozo		A Pozo		L	SR		
	Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	%	UH	h
1	P-2	1,37	P-3	1,40	59,61	-0,05	17	62
	P-3	1,40	P-4	1,50	45,78	-0,22	8	29
	P-4	1,50	P-17	1,65	96,00	-0,16	23	83
	P-17	1,65	P-18	1,70	61,97	-0,08	18	65
	P-18	1,70	P-16	1,75	70,28	-0,07	0	0
	P-16	1,75	P-14	1,80	67,27	-0,07	0	0
	P-14	1,80	PLANTA	1,85	70,18	-0,07	0	0
	P-5	1,35	P-6	1,40	63,07	-0,08	20	73
	P-6	1,40	P-7	1,55	64,70	-0,23	10	36
	P-7	1,55	P-15	1,60	112,09	-0,04	23	83
P-15	1,60	P-16	1,75	44,30	-0,34	12	44	

Perfil Básico							Proyecto	
Línea (Colector o Ramal)	Tramo						Unidades Habitacionales en el Tramo	Población de diseño en el Tramo
	De Pozo		A Pozo		L	SR		
	Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	%	UH	h
3	P-8	1,35	P-9	1,40	55,98	-0,09	17	62
	P-9	1,40	P-10	1,60	38,73	-0,52	2	7
	P-10	1,60	P-13	1,65	104,42	-0,05	22	80
	P-13	1,65	P-14	1,80	34,33	-0,44	8	29
4	P-4	1,50	P-7	1,55	68,75	-0,07	13	47
	P-7	1,55	P-10	1,60	64,93	-0,08	14	51
	P-10	1,60	P-11	1,65	52,03	-0,10	13	47
	P-11	1,65	P-12	1,70	65,21	-0,08	10	36
	P-12	1,70	PLANTA	1,85	55,59	-0,27	15	54

Fuente: Propia

Tabla 20

Sistema sanitario: cálculos de caudal de diseño.

Perfil Básico	Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
Línea (Colector o Ramal)	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin Tramo	Qmax Tramo	Qmin Acumulado	Qmax Acumulado		Qmin	Qmax
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s		l/s	l/s
												≥ 1,50 l/s	≥ 1,50 l/s
1	0,08	0,07	0,00	0,00	0,01	0,07	0,10		0,10		P-2	1,50	
								0,14		0,14	P-2		1,50
	0,14	0,11	0,00	0,00	0,01	0,11	0,15		0,25		P-3	1,50	
								0,22		0,36	P-3		1,50
	0,07	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05	0,08		0,33		P-4	1,50	
								0,11		0,47	P-4		1,50
	0,19	0,15	0,00	0,00	0,02	0,15	0,21		0,21		P-17	1,50	
								0,30		0,30	P-17		1,50
	0,15	0,12	0,00	0,00	0,02	0,12	0,16		0,37		P-18	1,50	
							0,23		0,53	P-18		1,50	

Perfil Básico	Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño		
Línea (Colector o Ramal)	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño
	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin Tramo	Qmax Tramo	Qmin Acumulado	Qmax Acumulado		Qmin	Qmax
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s		l/s	l/s
												≥ 1,50 l/s	≥ 1,50 l/s
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02		0,81		P-16	1,50	
								0,02		1,16	P-16		1,50
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02		1,13		P-14	1,50	
								0,02		1,61	P-14		1,61
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02		1,75		PLANTA	1,75	
							0,02		2,50	PLANTA		2,50	
2	0,17	0,13	0,00	0,00	0,02	0,13	0,18		0,18		P-6	1,50	
								0,26		0,26	P-6		1,50
	0,08	0,07	0,00	0,00	0,02	0,07	0,10		0,10		P-7	1,50	
								0,14		0,14	P-7		1,50
	0,19	0,15	0,00	0,00	0,03	0,15	0,21		0,31		P-15	1,50	
							0,31		0,45	P-15		1,50	

Perfil Básico	Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño			
Línea (Colector o Ramal)	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño	
	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin Tramo	Qmax Tramo	Qmin Acumulado	Qmax Acumulado		Qmin	Qmax	
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s		l/s	l/s	
												≥ 1,50 l/s	≥ 1,50 l/s	
2	0,10	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08	0,11		0,42		P-16	1,50		
								0,16		0,61	P-16		1,50	
3	0,14	0,11	0,00	0,00	0,01	0,11	0,15		0,15		P-9	1,50		
								0,22		0,22	P-9		1,50	
	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03		0,03		P-10	1,50		
									0,03		0,03	P-10		1,50
	0,18	0,15	0,00	0,00	0,03	0,15	0,20		0,23		P-13	1,50		
									0,29		0,32	P-13		1,50
	0,07	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05	0,07		0,30		P-14	1,50		
								0,11		0,43	P-14		1,50	
4	0,11	0,09	0,00	0,00	0,02	0,09	0,12		0,12		P-7	1,50		
								0,17		0,17	P-7		1,50	

Perfil Básico	Caudales en los tramos								Caudales acumulados		Caudales de diseño			
Línea (Colector o Ramal)	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo en el Tramo	Caudal máximo en el Tramo	Caudal mínimo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Caudal máximo acumulado en la Línea (Colector o Ramal)	Punto considerado	Caudal mínimo Diseño	Caudal máximo Diseño	
	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin Tramo	Qmax Tramo	Qmin Acumulado	Qmax Acumulado		Qmin	Qmax	
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s		l/s	l/s	
												≥ 1,50 l/s	≥ 1,50 l/s	
4	0,12	0,09	0,00	0,00	0,02	0,09	0,13		0,25		P-10	1,50		
								0,19		0,36	P-10		1,50	
	0,11	0,09	0,00	0,00	0,01	0,09	0,12		0,37		P-11	1,50		
									0,17		0,53	P-11		1,50
	0,08	0,07	0,00	0,00	0,02	0,07	0,10		0,47		P-12	1,50		
									0,14		0,67	P-12		1,50
	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,13		0,60		PLANTA	1,50		
								0,20		0,87	PLANTA		1,50	

Fuente: Propia

Tabla 21

Sistema sanitario: cálculos hidráulicos

Perfil Básico		Cálculos Hidráulicos																				
Línea (Colector o Ramal)	Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)	$h_t = \left[\left(q_1^2 + \frac{V_1^2}{g} \right) - \left(q_2^2 + \frac{V_2^2}{g} \right) \right] + 0,2 \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \right)$		
	S	Dc	D		V	Q	T	q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D	v	d	d	t	H	F	Régimen	v ² /2g	hi	Total
	%	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m ²	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m ²	m			m	m	m
	n		0,010		< 5					< 0,75						> 0,10						
	Manning:																					
1	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			

Perfil Básico		Cálculos Hidráulicos																						
Línea (Colector o Ramal)	Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)	$h_i = \left[\left(d_i^2 + \frac{V_i^4}{2g} \right) - \left(d_1^2 + \frac{V_1^4}{2g} \right) + 0,2 \left(\frac{V_1^4}{2g} - \frac{V_2^4}{2g} \right) \right]$				
			mm	pulg				q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D		v	d					d	t	H	F	Régimen
	%	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m ²	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m ²	m				m	m	m	
	n Manning: 0,010				< 5					< 0,75							> 0,10							
1	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,08	0,506	0,215	0,515	0,151	0,57	1,29	33	0,19	0,02	1,22	Supercrítico	0,017	0,01	0,03		
	1,00	2,38	6	150	1,13	20,65	0,38	0,08	0,506	0,215	0,515	0,151	0,57	1,29	33	0,19	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,38	6	150	1,13	20,65	0,38	0,12	0,567	0,265	0,615	0,188	0,64	1,59	40	0,23	0,03	1,22	Supercrítico	0,021		0,03		
2	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
3	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		

Perfil Básico		Cálculos Hidráulicos																						
Línea (Colector o Ramal)	Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)	$h_i = \left[\left(d_i^2 + \frac{V_i^4}{2g} \right) - \left(d_1^2 + \frac{V_1^4}{2g} \right) + 0,2 \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_i^2}{2g} \right) \right]$				
			pulg	mm				q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D		v	d					d	t	H	F	Régimen
		%	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m ²	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m ²	m				m	m	m	
		n Manning: 0,010			< 5					< 0,75							> 0,10							
3	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,02	0,03		
4	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03		
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico					
1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016	0,00	0,03			

Perfil Básico		Cálculos Hidráulicos																				
Línea (Colector o Ramal)	Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro Nominal Seleccionado		Velocidad a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	Fuerza tractiva a tubo lleno	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua		fuerza tractiva real	Profundidad Hidráulica	Número de Froude	Flujo Crítico (Inestable)	$h_t = \left[\left(d_1^2 + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(d_2^2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) + 0,2 \left(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} \right) \right]$		
	S	Dc	D		V	Q	T	q/Q	v/V	d/D	t/T	H/D	v	d	d	t	H	F	Régimen	v ² /2g	hi	Total
	%	pulg	pulg	mm	m/s	l/s	kg/m ²	adimensionales					m/s	pulg	mm	kg/m ²	m			m	m	m
	n		0,010		< 5					< 0,75						> 0,10						
	Manning:																					
4	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico			
	1,00	2,24	6	150	1,13	20,65	0,38	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	0,55	1,21	31	0,18	0,02	1,22	Supercrítico	0,016		0,03

Fuente: Propia

3.8 Análisis del pre-diseño

Basado en la información que se muestra en el apartado anterior podemos mencionar lo siguiente:

En la Tabla 19 se puede observar lo que corresponde a los cálculos iniciales por tramo quienes se limitan de pozo a pozo, posteriormente se establece la elevación que tendrá cada uno de estos obteniendo debido a la diferencia de alturas en base al terreno una pendiente para cada pozo así como la distancia lineal de cada tramo.

También se indica la cantidad de unidades habitacionales que tributarán en cada ramal y el número de habitantes que representa cada una de ellas según los cálculos realizados.

El cálculo del caudal promedio de agua residual por tramo, así como los caudales acumulados se pueden obtener de la Tabla 20, asimismo se puede verificar que el caudal mínimo cumple con lo establecido en la norma, sin embargo se debe tener claro que de no cumplir se procede a considerar un caudal de 1,5 l/s según reglamento. Es importante recalcar que no se están tomando datos de contribuciones externas ni de aguas especiales debido a que el proyecto no cuenta con estas.

Por último se establecen las pendientes y diámetros de pre-diseño de las tuberías en cuestión, se tomó en consideración el mínimo establecido en la norma técnica; posteriormente se revisan los factores críticos de diseño como la velocidad a tubo lleno la cual no debe exceder los 5,0 m/s, la relación respecto del tirante hidráulico el cual no debe sobrepasar el 75 % con base en el diámetro definido y por último, pero no menos importante lo es que la fuerza tractiva que debe estar superior a 0,10 kg/cm²; todo lo anterior según la Tabla 21.

En esta misma tabla se puede observar y verificar el número de Froude (menor que 0,9 = régimen subcrítico, mayor que 1,1 = régimen supercrítico y entre estos dos parámetros = régimen crítico - inestable) y el tipo de flujo de igual manera en cada tramo.

A partir de todo lo anterior se destaca que los datos ingresados cumplen en su totalidad con los parámetros de diseño establecidos en la norma, por lo que el pre-diseño es factible con un flujo estable para la red de alcantarillado sanitario.

Cabe destacar que la disposición final de las aguas residuales será tratada, mediante una planta de tratamiento la cual no se incorpora en este documento.

3.8.1 Lámina de Alcantarillado Sanitario

Se puede observar en la siguiente lámina el diseño de sitio donde se ubica la tubería, colectores, previstas, dirección de flujo, acotaciones de longitud, diámetro, pendiente, altura, entre otros.

También se observan las tablas de nomenclatura y simbología sanitaria, así como la de opciones de tubería para alcantarillado, diámetro interno por tipo de pozo y la de dimensiones de pozos en concreto; asimismo se puede observar algunas notas generales a considerar para el sistema.

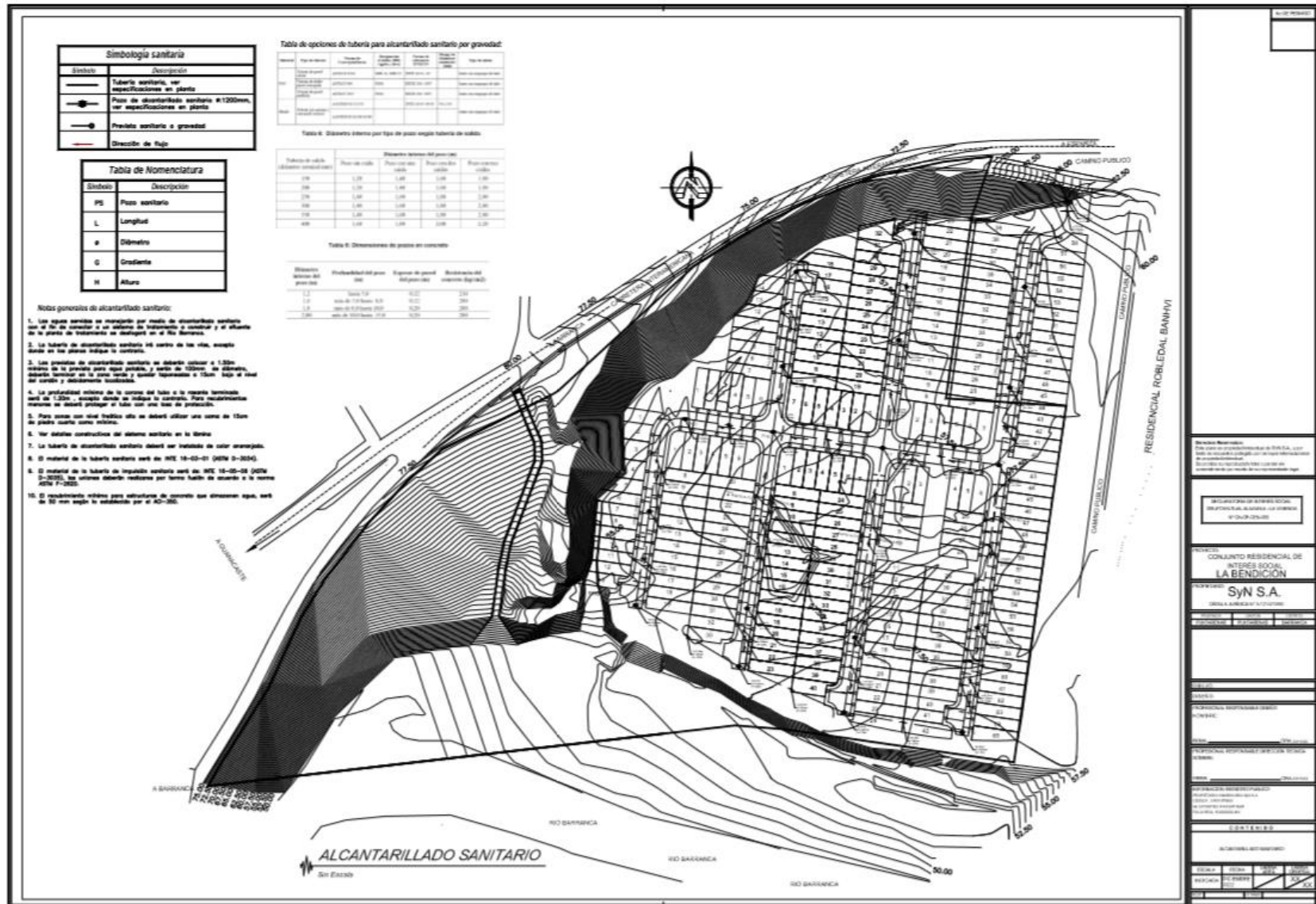


Figura 11. Lámina Alcantarillado Sanitario. Fuente: Propia

Capítulo 4. Conclusiones

1. Debido a que el proyecto en mención es completamente nuevo y que se construirá desde cero la estimación de la población se obtuvo por medio del método de servicios equivalentes que establece la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) de Acueductos y Alcantarillados siendo en este caso igual a la cantidad de unidades habitacionales (255 viviendas unifamiliares, esto según información brindada por el cliente Inmobiliaria SyN S.A) el cual se multiplicó por el factor de hacinamiento se obtiene como resultado de 926 habitantes. Con este dato fue posible realizar el cálculo de los caudales mínimos y máximos utilizados para el pre-diseño de la red de distribución de agua potable, así como para el sistema de alcantarillado sanitario.

2. Basado en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) de Acueductos y Alcantarillados, las deducciones realizadas en Excel y con el soporte del software Epanet se realizó el modelado y pre-diseño de la red de distribución potable para el proyecto de dónde con todos los cálculos respectivos, por ejemplo presiones, velocidades y pérdidas de carga que posteriormente fueron verificados con base en los parámetros dando como resultado tuberías en PVC SDR26 (ver Anexo B para especificaciones) de 100 mm (4 pulgadas) que serán ubicados a 1,50 m del cordón de caño en sentido norte y oeste en calles y avenidas, con una profundidad mínima de 0,80 m en todo el sistema.

3. Con el apoyo de la herramienta en Excel del Ingeniero Calixto Pacheco Bolaños se premeditaron los datos que corresponden al pre-diseño del alcantarillado sanitario, entre ellos de valores generales tanto para cálculos de diseño como los cálculos hidráulicos que fueron comprobados más adelante en base a lo establecido en la *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial* (2017) de Acueductos y Alcantarillados, dando como resultado 19 pozos, los cuales se unirán con tuberías en PVC SDR41 (ver Anexo B y C para especificaciones) de 150 mm (6 pulgadas) ubicadas en el centro por debajo de la tubería de agua potable tanto para las calles como para las avenidas del proyecto La Bendición.

Capítulo 5. Recomendaciones

Para complementar el proyecto en general y que este sea idóneo, factible, eficiente y posible para el beneficio de toda la población se exponen algunas sugerencias, entre ellas:

Debido a que es un proyecto que se construirá desde cero, ya que no han existido edificaciones anteriores, se recomienda la construcción del sistema de alcantarillado sanitario basado en el diseño realizado, ya que además se confirma que no se contaminarán los suelos ni los cuerpos de agua; de esta manera se asegura que la población no recurra a otros métodos para disponer las aguas residuales en tanques sépticos o letrinas las cuales generalmente están mal construidas y no son regulados por las autoridades como se comentó en este documento.

De igual manera se sugiere la construcción de la red de distribución potable, tal y como se diseñó, ya que garantiza la correcta y eficiente distribución del recurso hídrico necesario para las actividades diarias en cada vivienda, y fortalece el derecho que tienen los seres humanos del acceso al agua potable de calidad.

Como tercera recomendación, pero no menos importante corresponde a todo aquello que tenga un ligamen con el mantenimiento preventivo para ambos sistemas propuestos, ya que de aplicarse constantemente el mismo producirá grandes beneficios para la comunidad en general, a fin de evitar posteriores pérdidas ambientales o de altas sumas de dinero en el caso de requerir reparaciones por atascos como bien, se mencionó en los apartados anteriores, asimismo concienciar a la población para el uso racional del agua, ya que con esto se preserva el recurso y se generan menos aguas residuales.

Por último cabe recalcar que cada una de las sugerencias comentadas se realizan para el beneficio de la población del proyecto La Bendición, ya que aporta y apoya a todos aquellos programas que tienen como fin el avance en el acceso al recurso hídrico y al saneamiento ambiental; así mismo del país en general, dado que se estará cumpliendo con todas las leyes y reglamentos nacionales vigentes establecidos.

Referencias

- Álvarez Rodríguez, J. A. (2004). *Tratamiento anaerobio de aguas residuales urbanas en planta piloto* (Publicación n° 978-84-692-8074-4) [Tesis doctoral, Universidad de Coruña]. Dialnet. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/990>
- Banco Interamericano de Desarrollo BID. (2019). Expertos discuten nuevo paradigma en saneamiento durante Latinosan. <https://www.iadb.org/es/noticias/expertos-discutennuevo-paradigma-en-saneamiento-durante-latinosan#>
- Barreneche, R. O. (2017). *Instalaciones sanitarias sostenibles..* Editorial Nobuko. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/77454>
- Benemérito cuerpo de Bomberos. (2020). *Manual de Diseño de Hidrantes y Tanques de Reserva.* Costa Rica. <https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-Disen%CC%83o-de-Hidrantes-y-Tanques-de-Reserva-V2020-.pdf>
- Centeno Mora, E., Murillo Marín, A. (2019, julio - diciembre). Tipología de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales ordinarias instaladas en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2), 97-110. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rca/v53n2/2215-3896-rca-53-02-97.pdf>
- Echeverría, E., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., y Montoya, R. (2020, mayo - junio). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de contactor biológico rotatorio (CBR) para el tratamiento de aguas residuales municipales a escala piloto. *Investigación y Desarrollo*, 20(1), 41-49. http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v20n1/v20n1_a03.pdf
- Hernández Rodríguez, N. (2020). *Gestión patrimonial de alcantarillados..* Editorial Pontificia Universidad Javeriana. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/178116>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación.* (5 ed.). McGRAW-HILL.

- INEC. (2011). Cuadro 37. Costa Rica: Indicador de tenencia, estado y hacinamiento de la vivienda, según provincia, cantón y distrito. www.inec.cr
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). *Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial*. Costa Rica. www.aya.go.cr
- López Alegría, P. (2010). *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas..* Instituto Politécnico Nacional. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/72163>
- López Cualla, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. (2 ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Mercado Guzmán, A. R., Cossío Grágeda, C. X., y Copa Mitma, M. (2020, febrero - marzo). Eficiencia vinculada a la operación y mantenimiento de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Cochabamba, Bolivia. *Revista Acta Nova*, 9(4), 524-542. http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v9n4/v9n4_a04.pdf
- Mora Alvarado, D. A., Portuguez Barquero, C. F. (2016, abril - junio). Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica en el periodo 2000-2014 y expectativas para el 2021. *Tecnología en Marcha*, 29(2), 43-62. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n2/0379-3982-tem-29-02-43.pdf>
- Mora Alvarado, D. A., Barboza Topping, R., Orozco Gutiérrez, J. (2019, diciembre). Índice de calidad y continuidad de los servicios de agua para consumo humano en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 32, 72-81. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/issue/view/526/62
- Pradana Pérez, J. Á. & García, J. (Coord.). (2019). *Criterios de calidad y gestión del agua potable..* UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/111749>

- Recalde Castañeda, G. (2016). Acceso equitativo a servicios de agua potable y alcantarillado: una oportunidad para el activismo judicial y social a nivel local. *Revista de Derecho*, 46, 257–291.
- Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos. Ley N° 2006-730. (2006). Costa Rica. Sistema Costarricense de Información Jurídica.
- Reglamento a la Ley de Declaratoria del Servicio de Hidrantes como Servicio Público y Reforma de Leyes Conexas N°8641. (11 de Junio del 2008). Costa Rica.
- Reglamento de Aprobación y Operación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Ley N°31545-S-MINAE. (2016). Costa Rica. www.pgrweb.go.cr
- Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales. Ley N° 26042-S-MINAE. (19 de junio de 1997). Costa Rica. Universidad de Costa Rica
- Reglamento para el Manejo y Disposición Final de Lodos y Biosólidos. Ley N° 39316-S. Costa Rica. www.pgrweb.go.cr
- Reglamento para la calidad del agua potable. Ley 38924-S. (12 de enero de 2015). Costa Rica. www.pgrweb.go.cr
- Rodríguez-Correa, P. A., Garcés-Giraldo, L. F., Valencia-Arias, J. A., & Benjumea-Arias, M. (2022). Calidad del servicio de agua potable para habitantes de Medellín (Colombia): aproximación desde modelos de calidad de servicio. *Información Tecnológica*, 33(3), 89–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000300089>
- Sánchez Segura, A. (2001). *Proyecto de sistemas de alcantarillado*.. Instituto Politécnico Nacional. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/74019>
- Soriano Rull, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*.. Marcombo. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/45923>

Soriano Rull, A. (2011). *Tuberías plásticas en edificación: manual técnico*. AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. <https://elibro.net/es/lc/ulatinacr/titulos/53617>

Vega Ramírez, C. A. (Agosto 2019). Informe de Práctica de Especialidad (Licenciatura en Mantenimiento Industrial) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electromecánica. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10891/disen_modelo_integrado_gestion_mantenimiento_riesgo_aplicado_mantenimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10891/disen%C3%B3_modelo_integrado_gestion_mantenimiento_riesgo_aplicado_mantenimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Anexos

Anexo A. Tablas de información mínima para diseño

Tabla A.1

Sistema de saneamiento: caudal de diseño (contenido mínimo de información)

FECHA: _____ PROYECTO: _____ PROFESIONAL RESPONSABLE: _____
 Parámetros: Población: _____ Dotación agua potable: _____ L/hab./d Factor de retorno (FR) = _____ Caudal de infiltración de lluvia (Qinf) = _____ L/s/km

Línea (colector o ramal)	Perfil básico				Proyecto				Caudales en los tramos								Caudales de diseño			
	De Pozo		A Pozo		L	N°	A	P	S	Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf	Qpar	Qmin	Qmax	Punto considerado	Caudal mínimo acumulado en la Línea (colector principal) - mínimo 1,5 L/s	Caudal máximo acumulado en la línea (colector o ramal) - mínimo 1,5 L/s
	Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	U.H.	ha	hab.	%	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s			

SIMBOLOGIA

L	Longitud del Tramo del centro de pozo a centro de pozo. Distancia entre el centro del pozo de inicio y el centro del pozo de llegada.
U.H.	Unidades habitacionales en el tramo (viviendas o apartamentos)
Hab.	Habitantes
P	Población de diseño en el Tramo

FIRMA PROFESIONAL RESPONSABLE: _____

CARNÉ PROFESIONAL RESPONSABLE: _____

Fuente: AyA, 2017

Tabla A.2

Sistema de saneamiento: cálculos hidráulicos (contenido mínimo de información)

FECHA:

PROYECTO:

n Manning:

PROFESIONAL RESPONSABLE:

Perfil Básico						Cálculos Hidráulicos																		
Línea (colector o ramal)	Tramo					Caudal mínimo acumulado en la Línea (colector principal) - mínimo 1,5 L/s	Caudal máximo acumulado en la línea (colector o ramal) - mínimo 1,5 L/s	Pendiente	Diámetro calculado	Diámetro nominal seleccionado	Velocidad máxima	Caudal a velocidad máxima	Fuerza tractiva para el caudal máximo horario del año cero	Relaciones hidráulicas					velocidad real	Altura de la lámina de agua	Esfuerzo tractivo real	Profundidad hidráulica		
	De Pozo		A Pozo		L									QminA	QmaxA	S	Dc	D					V	Q
	Nombre	Rasante	Nombre	Rasante	m	L/s	L/s	%	mm	mm	m/s	L/s	kg/m ²	adimensionales					m/s	mm	kg/m ²	m		

SIMBOLOGÍA	
L	Longitud del Tramo del centro de pozo a centro de pozo. Distancia entre el centro del Pozo de Inicio y el centro del pozo de llegada.
q	Caudal real

FIRMA PROFESIONAL RESPONSABLE:

CARNÉ PROFESIONAL RESPONSABLE:

Fuente: AyA, 2017

Anexo B. Especificaciones de tubería ASTM D-2241

FICHA TÉCNICA | **TUBERÍA**
AGUA POTABLE
Y DRENAJE



DESCRIPCIÓN

Tubería PVC para uso en conducción de agua a presión en edificaciones, infraestructura, aplicaciones industriales y en sistemas de riego. Así como para drenajes en edificaciones las que son de baja presión.

NORMA: ASTM D-2241

PRESENTACIÓN

Diámetros de 1/2" (12 mm) a 12" (300 mm).

ESPECIFICACIONES TUBERÍA ASTM D-2241

Presiones de trabajo

Diámetro nominal	Diámetro externo promedio		315 PSI (SDR 13.5)				250 PSI (SDR 17)				160 PSI (SDR 26)				125 PSI (SDR 32.5)				100 PSI (SDR 41)												
			Diámetro interno promedio		Espesor de pared		Diámetro interno promedio		Espesor de pared		Diámetro interno promedio		Espesor de pared		Diámetro interno promedio		Espesor de pared		Diámetro interno promedio		Espesor de pared										
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.		
1/2	12	0.84	21.34	0.716	18.19	0.082																									
3/4	18	1.050	26.67	0.894	22.71	0.078	0.926	23.52	0.082																						
1	25	1.315	33.40	1.121	28.47	0.097	1.181	29.49	0.077	1.195	30.35	0.080																			
1 1/4	32	1.660	42.16	1.414	35.92	0.123	1.484	37.19	0.098	1.532	38.91	0.084	1.540	39.12	0.080																
1 1/2	38	1.900	48.26	1.618	41.10	0.141	1.676	42.57	0.112	1.754	44.55	0.073	1.780	45.21	0.080	1.802	45.77	0.049													
2	50	2.375	60.33	2.023	51.38	0.178	2.095	53.21	0.140	2.193	55.70	0.091	2.229	56.82	0.073	2.259	57.38	0.058													
2 1/2	63	2.875	73.03	2.449	62.20	0.213	2.537	64.44	0.169	2.655	67.44	0.110	2.699	68.55	0.088	2.735	69.47	0.070													
3	75	3.500	88.90	2.982	75.74	0.259	3.088	78.44	0.208	3.230	82.04	0.185	3.284	83.41	0.108	3.330	84.58	0.085													
4	100	4.500	114.30	3.834	97.38	0.333	3.970	100.84	0.265	4.154	105.51	0.173	4.224	107.29	0.138	4.280	108.71	0.110													
6	150	6.625	168.28	5.648	142.33	0.491	5.845	148.46	0.390	6.115	155.32	0.255	6.217	157.91	0.204	6.301	160.05	0.162													
8	200	8.625	219.08				7.609	193.27	0.508	7.961	202.21	0.332	8.095	205.61	0.265	8.205	208.41	0.210													
10	250	10.750	273.05				9.496	240.94	0.632	9.924	252.07	0.413	10.088	256.24	0.331	10.228	259.74	0.262													
12	300	12.750	323.85				11.250	285.75	0.750	11.770	298.98	0.490	11.966	303.94	0.392	12.128	308.05	0.311													

Se fabrica bajo pedido, verificar cantidad mínima.

NORMA DE REFERENCIA DEL PRODUCTO

La tubería cumple con dimensiones, rigidez y resistencia a impacto exigidos por la norma **ASTM D-2241**.

Además, cumple con las siguientes normativas:

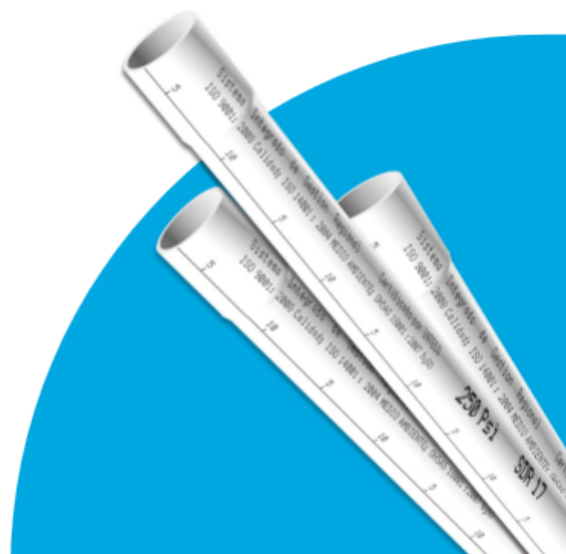
Materia prima del PVC norma ASTM D-1784.

Para Junta Cementada unión norma ASTM D- 2672

Para Junta Rápida unión norma ASTM D-3139 y sello elastómero la norma ASTM F-477.

APLICACIONES

- Edificaciones-infraestructura-Ingeniería Agrícola
- Agua Potable en residencias y edificios
- Acueductos Gubernamentales y Privados
- Urbanizaciones



Fuente: <https://www.wavin.com/es-cr/descargas>

Anexo C. Especificaciones de tubería ASTM D-3034

FICHA
TÉCNICA | **TUBERÍA**
3034



DESCRIPCIÓN

Tubería PVC para uso en conducción de agua residual bajo suelo.

NORMA: ASTM D-3034

ESPECIFICACIÓN TUBERÍA PVC ASTM D-3034

Código	Diámetro nominal		Diámetro externo promedio		Diámetro externo promedio		SDR	Espesor de pared	Rigidez
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.			
914981	4	100	4.215	107.06	3.975	100.97	35	0.120	46
914984	6	150	6.275	159.39	5.915	150.24	35	0.180	46
914986	8	200	8.400	213.36	7.990	202.95	41	0.205	28
914988	10	250	10.500	266.70	9.988	253.70	41	0.256	28
914990	12	300	12.500	317.50	11.890	302.01	41	0.305	28
914992	15	375	15.300	388.62	14.550	369.57	41	0.375	28

PRESENTACIÓN

Tubería color gris oscuro junta rápida con sello elastomérico

Diámetros Nominales:

- 4" • 8" • 12"
- 6" • 10" • 15"

NORMA DE REFERENCIA DEL PRODUCTO

La Tubería cumple con dimensiones, rigidez resistencia a impacto exigidos por la norma **ASTM D-3034**.

Además, cumple con las siguientes normativas:
Materia prima del PVC norma ASTM D-1784.
Junta Rápida unión norma ASTM D-3139
sello elastomérico la norma ASTM F-477.





APLICACIONES

- Sistemas de drenaje de aguas residuales sin presión y aguas superficiales

VENTAJAS:

- Bajo Peso, Fácil y rápida instalación
- Unión Cementada y junta rápida herméticas
- Atoxico e higiénico no transmite olor, sabor ni sustancias nocivas para la salud.
- Bajo Coeficiente de fricción, su pared lisa permite mejor conducción de flujos.
- Autoextinguible no propaga el fuego
- No es conductor eléctrico, no se perfora por efecto de par galvánico en contacto con metal
- Larga vida útil no requiere mantenimiento

CARACTERÍSTICAS

- Resistente a la corrosión
- Resistente al ataque de químicos
- Resistente al ataque biológico
- Resistente a la abrasión
- Resistente al Impacto

RUGOSIDAD

Para el PVC se establece un coeficiente de rugosidad $n = 0.009$

PRUEBAS DE LABORATORIO

Algunas de las pruebas a las que el tubo ASTM D-3034 es sometido en el laboratorio para garantizar su calidad y desempeño son:

- Dimensionamiento
- Resistencia al Impacto
- Aplastamiento
- Rigidez
- *Calidad de fusión en horno de convección 180 °C
- *Grado de fusión en cloruro de metileno 12°C

Según las ASTM todos los ensayos se trabajan bajo temperaturas $23^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con excepción de los indicados *.

ACCESORIOS:

Los accesorios para tuberías ASTM D-3034 pueden ser fabricados a partir de la misma tubería y se denominan accesorios de fabricación manual.

Fuente: <https://www.wavin.com/es-cr/descargas>

Glosario

Agua potable

Agua tratada que cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, establecidos en el presente reglamento y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud. (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, p.9)

Aguas residuales

Se agrupan todas las aguas que, debido a la acción del ser humano, han sido contaminadas y son potencialmente peligrosas en caso de que sean vertidas en el medio ambiente, sin un tratamiento previo.

Agua residual de tipo ordinario.

“Agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado doméstico de ropa y actividades similares)” (Reglamento para el Manejo y Disposición Final de Lodos y Biosólidos, p.3)

Biosólidos.

“Lodos que han sido sometidos a procesos de tratamiento y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después del tratamiento puedan ser aprovechados” (Reglamento para el Manejo y Disposición Final de Lodos y Biosólidos, p.3)

Caudal

Se define como el volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado.

Caudal promedio diario

Consumo medio durante 24 horas, obtenido con el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Caudal tratado

Volumen expresado en litros por segundo sometido al proceso de tratamiento de agua potable o de agua residual.

Efluente

“Es lo relativo a los sistemas de tratamiento, es el caudal que sale de la última unidad de tratamiento” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 4)

Materia orgánica

Es materia que se forma a partir de residuos de procedencia animal o vegetal. Es sustancia que suele distribuirse por el suelo y que ayuda a su fertilidad.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Infraestructura en la que se dispone del conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos cuya finalidad es mejorar la calidad de agua residual.

Periodo de diseño

“Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, durante el cual se tendrá la capacidad requerida para atender la demanda proyectada al final de dicho período” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 4).

Saneamiento

Se refiere al conjunto de técnicas y sistemas destinados a mejorar las condiciones higiénicas de un edificio, una comunidad o una ciudad. También, se incluyen los sistemas de evacuación y tratamiento de los residuos urbanos e industriales de una ciudad.

Sedimentador

Estructura que permite un proceso físico químico de clarificación del agua. En el caso de plantas potabilizadoras esto se logra mediante la sedimentación de las partículas en suspensión en forma de flóculo al adicionar el coagulante. En el caso de plantas de tratamiento de aguas residuales se logra la separación de los sólidos sedimentables con la opción de la adición de químicos en caso de que sea requerido.

Sistema a presión negativa

“Sistema mecanizado para recolectar y trasegar aguas residuales ordinarias operando a una presión menor que la atmosférica (presión negativa) generando un efecto de succión de las aguas residuales” (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017, p. 6).

Uso del suelo

Distintos usos de la tierra en zonificaciones, las cuales deben ser determinadas mediante planes reguladores elaborados por los gobiernos locales.

Vertido

“Es la descarga final de un efluente a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario” (Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, 1997, p.3)