

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

*Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado académico de  
Licenciado en Ingeniería Civil*

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE PARA LA ASADA SAN GABRIEL DE ASERRÍ A UN  
HORIZONTE DEL AÑO 2032**

**Autor:**

Gina Valverde Mora

**San Pedro, Montes de Oca**

**Setiembre, 2022**



## 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.

- Propuesta para la Optimización de Abastecimiento de Agua Potable para la ASADA San Gabriel de Aserrí a un Horizonte del año 2032
- Proyecto
- Gina Valverde Mora
- 02 de septiembre del 2022

ALLAN ALFONSO  
UMAÑA ORTIZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ALLAN  
ALFONSO UMAÑA ORTIZ (FIRMA)  
Ubicación: San José, Costa Rica  
Fecha: 2022.09.10 11:32:14 -06'00'

Allan Alfonso Umaña Ortiz



## 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.

- Propuesta para la Optimización de Abastecimiento de Agua Potable para la ASADA San Gabriel de Aserrí a un Horizonte del año 2032
- Proyecto
- Gina Valverde Mora
- 02 de septiembre del 2022



José Joaquín Rodríguez Rodríguez



## 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.

- Propuesta para la Optimización de Abastecimiento de Agua Potable para la ASADA San Gabriel de Aserrí a un Horizonte del año 2032
- Proyecto
- Gina Valverde Mora
- 02 de septiembre del 2022

ERICK GUSTAVO CRUZ PADILLA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por ERICK GUSTAVO  
CRUZ PADILLA (FIRMA)  
Fecha: 2022.09.10  
07:37:52 -06'00'

Erick Gustavo Cruz Padilla

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Gina Valverde Mora 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:

Propuesta para la optimización de abastecimiento de agua potable para la asada San Gabriel de Aserrí a un horizonte del año 2032

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

Firmo en San José, 07 de setiembre del 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'gina vm', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Gina Valverde Mora

**Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)**

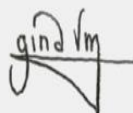
**Universidad Latina de Costa Rica**

<b>Yo (Nosotros):</b>	Gina Valverde Mora
<b>De la Carrera / Programa:</b>	Licenciatura en Ingeniería Civil
<b>Modalidad de TFG:</b>	Proyecto
<b>Titulado:</b>	Propuesta para la optimización de abastecimiento de agua potable para la asada San Gabriel de Aserrí a un horizonte del año 2032

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 registrará 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 relacionada 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** 02 **de** Setiembre **de** 2022 **a las** 16:30

Firma del estudiante(s):

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'gindvm', written over a horizontal line.

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí, dándome la fuerza y sabiduría necesaria para enfrentar esta etapa tan importante en mi vida.

A mi mamá y a mi papá por el apoyo incondicional y mi familia en general, se quedan cortas las palabras que describan lo agradecida que estoy por la ayuda que he recibido de su parte en el proceso de mi formación académica.

Al Ingeniero Allan Umaña Ortiz por su dedicación y disposición las cuales fueron clave para hacer este proyecto posible.

A la Junta Administradora de la ASADA San Gabriel y todos sus funcionarios que me brindaron su apoyo y confiaron en mí, en especial al Geógrafo Alejandro Ureña por toda su paciencia y apoyo.

Por último, agradezco a todas mis amistades que formaron parte durante todo este proceso.



## **Resumen**

El proyecto consiste en la elaboración de un modelo que permita determinar el funcionamiento actual de la ASADA San Gabriel de Aserrí y una proyección que permita evaluar el estado futuro. La metodología parte de un diseño del sistema que comprende toda la red de distribución de agua potable que simulo su comportamiento. Para poder llevar a cabo este proyecto es necesario contar con una base de información que permita establecer los parámetros de diseño.

Luego se hará un análisis de proyección poblacional que permita comprender la capacidad que tiene la ASADA para demandar a lo largo del tiempo. Se establece un balance hídrico a un horizonte de 10 años entre la producción del sistema versus la demanda.

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I .....	1
PROBLEMA Y PROPÓSITO .....	2
1.1. Estado actual del objeto de estudio .....	2
1.2. Planteamiento del problema de estudio .....	4
1.2.1. Enunciado del problema .....	4
1.2.2. Formulación del problema.....	8
1.3. Justificación .....	9
1.4. Objetivos .....	10
1.4.1. Objetivo general .....	10
1.4.2. Objetivos específicos .....	10
1.5. Alcances y limitaciones .....	11
1.5.1. Alcances.....	11
1.5.2. Limitaciones .....	11
1.6. Delimitaciones .....	13
1.6.1. Delimitación espacial .....	13
1.6.2. Delimitación temporal .....	13
CAPÍTULO II.....	14
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	15
2.1. Ciclo hidrológico .....	15
2.2. Sistemas de abastecimiento de agua potable .....	16
2.2.1. Fuentes de abastecimiento .....	16
2.2.2. Captación .....	16
2.2.3. Pretratamiento.....	16
2.2.4. Sedimentadores.....	16
2.2.5. Filtros.....	17
2.2.6. Dosificadores .....	17
2.2.7. Desinfección .....	17
2.2.8. Conducción.....	17

2.2.9.	Almacenamiento .....	17
2.2.10.	Red de distribución .....	17
2.2.11.	Prevista.....	18
2.3.	Consideraciones sobre el consumo de agua.....	18
2.3.1.	Capacidad hídrica .....	18
2.3.2.	Capacidad hidráulica .....	18
2.3.3.	Disponibilidad de agua potable .....	18
2.3.4.	Población .....	19
2.3.5.	Factores de demanda máxima.....	19
2.3.6.	Dotación.....	19
2.3.7.	Caudal .....	20
2.3.8.	Caudal promedio diario .....	20
2.3.9.	Caudal máximo diario .....	21
2.3.10.	Caudal máximo horario.....	21
2.3.11.	Presión.....	21
2.3.12.	Presión de trabajo.....	21
2.3.13.	Balance hídrico .....	21
2.3.14.	Macromedición .....	22
2.3.15.	Micromedición.....	22
2.4.	Elementos del acueducto.....	22
2.4.1.	Tanques.....	22
2.4.2.	Bombas .....	23
2.4.3.	Tuberías .....	24
2.4.4.	Válvulas .....	24
2.4.5.	Medidores .....	25
2.4.6.	Hidrantes.....	26
2.5.	Metodologías para la proyección poblacional .....	27
2.5.1.	Método aritmético de crecimiento .....	28
2.5.2.	Método de crecimiento geométrico .....	29
2.5.3.	Método de crecimiento geométrico simplificado (Bocaz) .....	29

2.5.4. Método de crecimiento exponencial.....	30
2.6. Software WaterGEMS .....	31
CAPÍTULO III.....	32
MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1. Descripción del contexto del sitio en dónde se lleva cabo.....	33
3.2. Sujetos de información .....	33
3.3. Organismo, institución o empresa donde se realizará.....	34
3.4. Características de los participantes .....	34
3.5. Procedimiento metodológico para la realización del estudio de diagnóstico .....	34
3.6. Procedimiento metodológico para la elaboración del Proyecto propuesto .....	35
CAPÍTULO IV.....	38
RECOPIACIÓN DE DATOS.....	39
4.1. Situación actual de la ASADA .....	39
4.2. Visitas de Campo .....	39
4.2.1. Fuentes de abastecimiento .....	39
4.2.1.1. Río Tigre .....	39
4.2.1.2. La Muni.....	40
4.2.1.3. El Yos.....	41
4.2.1.4. Mapachín.....	41
4.2.1.5. Quebrada Tarbaca .....	42
4.2.2. Plantas Potabilizadoras de Agua.....	43
4.2.2.1. Planta Tarbaca .....	43
4.2.2.2. Planta Las Brisas .....	44
4.2.3. Desarenador .....	45
4.2.4. Tanques de Almacenamiento.....	45
4.2.4.1. Tanque de Almacenamiento 300m <sup>3</sup> .....	45
4.2.4.2. Tanque de Almacenamiento 150m <sup>3</sup> .....	46
4.2.4.3. Tanque de Almacenamiento 100m <sup>3</sup> .....	47
4.2.4.4. Tanque de Almacenamiento 100m <sup>3</sup> .....	48
4.2.5. Tanques Quiebra gradientes .....	49

4.2.6.	Casetas de Cloración .....	50
4.2.7.	Área de Control de Sulfato .....	51
4.3.	Levantamiento topográfico .....	52
CAPÍTULO V.....		53
DATOS OBTENIDOS.....		54
5.1.	Balance Hídrico .....	54
5.1.1.	Análisis de población.....	54
5.1.2.	Dotación.....	55
5.1.3.	Población del acueducto .....	56
5.1.4.	Cálculo crecimiento poblacional .....	59
5.1.5.	Aforos de producción de agua .....	60
5.1.6.	Caudales.....	61
5.1.7.	Proyecciones.....	62
5.2.	Curva de demanda.....	64
5.3.	Modelación .....	65
5.3.1.	Construcción de la infraestructura del modelo .....	66
5.3.2.	Asignación de elevaciones.....	67
5.3.3.	Asignación de la demanda.....	68
5.3.4.	Calibración del modelo.....	70
5.3.5.	Resultados del modelo.....	71
5.3.5.1.	Características de las tuberías .....	71
5.3.5.2.	Características de los nodos .....	72
5.3.5.3.	Presiones.....	74
5.3.5.4.	Demandas .....	76
CAPÍTULO VI.....		79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		80
6.1.	Conclusiones .....	80
6.2.	Recomendaciones .....	81
6.2.1.	Fuentes de abastecimiento .....	81
6.2.2.	Red de conducción y distribución .....	81

6.2.3. Almacenamiento .....	82
6.2.4. Plantas potabilizadoras y desinfección .....	82
6.2.5. Sistema.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS .....	86
Anexo 1. Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241 .....	87
Anexo 2. Tabla Vertederos Triangulares .....	88
Anexo 3. Planos Tanque de Almacenamiento 100m <sup>3</sup> .....	89
Anexo 4. Levantamiento Red de Distribución San Gabriel de Aserrí .....	90
Anexo 5. Tabla de Tubería.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Reporte Consumo Anual años 2020-2021 .....	6
Tabla 2 Valores mínimos dotación .....	20
Tabla 3 Matriz de sujetos de información.....	33
Tabla 4 Dotación.....	55
Tabla 5 Dotación según medición.....	56
Tabla 6 Cálculo de Servicios Equivalentes según tipo de actividad a desarrollar .....	57
Tabla 7 Servicios Equivalentes .....	58
Tabla 8 Población de Diseño .....	58
Tabla 9 Porcentaje de crecimiento Poblacional .....	59
Tabla 10 Fuentes de Abastecimiento .....	61
Tabla 11 Caudales.....	61
Tabla 12 Resultados Balance Hídrico.....	63
Tabla 13 Características de las tuberías .....	71
Tabla 14 Tuberías .....	72
Tabla 15 Características Generales en los Nodos .....	72
Tabla 16 Características de los nodos.....	73
Tabla 17 Resumen Demandas.....	78
Tabla 18 Precios Válvulas reductoras de presión .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Cantonal de Aserrí.....	4
Figura 2 Nuevos Servicios en los Últimos Cinco Años.....	6
Figura 3 Zona de Influencia ASADA San Gabriel de Aserrí .....	7
Figura 4 Ubicación San Gabriel de Aserrí.....	13
Figura 5 Representación Descriptiva del Ciclo Hidrológico .....	15
Figura 6 Tanques.....	23
Figura 7 Bombas .....	23
Figura 8 Tuberías .....	24
Figura 9 Válvulas.....	25
Figura 10 Medidores .....	26
Figura 11 Hidrantes.....	27
Figura 12 WaterGEMS .....	31
Figura 13 Calculadora de balance hídrico .....	35
Figura 14 Estructura de captación Río Tigre .....	40
Figura 15 Estructura de captación La Muni.....	40
Figura 16 Estructura de captación Yos .....	41
Figura 17 Estructura de captación El Mapachín.....	42
Figura 18 Estructura de captación Quebrada Tarbaca .....	42
Figura 19 Estructura Planta de Tratamiento Tarbaca .....	43
Figura 20 Estructura Planta Las Brisas.....	44
Figura 21 Estructura Desarenador El Tigre .....	45
Figura 22 Estructura Tanque de Almacenamiento 300m <sup>3</sup> .....	46
Figura 23 Estructura Tanque de Almacenamiento 150m <sup>3</sup> .....	47
Figura 24 Estructura Tanque de Almacenamiento 100m <sup>3</sup> .....	48
Figura 25 Estructura Tanque de Almacenamiento 100m <sup>3</sup> .....	49
Figura 26 Estructuras Tanques Quiebra gradientes .....	50
Figura 27 Estructura Caseta Cloración Planta Tarbaca .....	50
Figura 28 Estructura Caseta Cloración Planta Las Brisas .....	51
Figura 29 Estructura Caceta Control de Sulfato .....	52



Figura 30 Distrito San Gabriel de Aserrí .....	54
Figura 31 Grafico Aforos Captación Río Tigre .....	60
Figura 32 Interpretación Balance Hídrico.....	62
Figura 33 Grafico Balance Hídrico.....	63
Figura 34 Grafico Curva de Demanda .....	64
Figura 35 Fases de Construcción del Modelo Hidráulico.....	65
Figura 36 Red de Distribución .....	67
Figura 37 Curvas de nivel.....	68
Figura 38 Polígonos de Thiessen .....	69
Figura 39 Modelo WaterGEMS.....	70
Figura 40 Distribución de Presiones en la Red .....	74
Figura 41 Distribución de Presiones en la Red.....	75
Figura 42 Demandas en Líneas de Conducción.....	76
Figura 43 Demandas en Líneas de Distribución.....	77

## **CAPÍTULO I**

## PROBLEMA Y PROPÓSITO

### 1.1. Estado actual del objeto de estudio

(Mora, 2011) expresó que el agua es indispensable para el desarrollo socioeconómico de los pueblos, que la demanda aumentara a lo largo de los años y que debido al cambio climático incrementara la complejidad del uso de este vital recurso, por lo que es necesario asegurar los flujos de agua tanto superficiales como subterráneos para poder asegurar el abastecimiento futuro.

(Monge, 2013) sobre la historia de las ASADAS, explican cómo antes de 1961, la administración de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario eran responsabilidad de las municipalidades en conjunto con el Departamento de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Los mismos autores mencionan que en el año 1961 mediante la ley 2726 se crea el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados, con la creación de esta ley se asigna responsabilidades de administrar y operar directamente los sistemas de acueductos y alcantarillados de todo el país y tomar en cuenta la convivencia y disponibilidad de los recursos.

(García, 2013) realizó una gira a la ASADA San Gabriel de Aserrí con el fin de definir de manera aproximada las áreas de recarga acuífera, protección de manantial y captación que abastece el acueducto comunal. Visitó un total de cinco captaciones, estas ubicadas en áreas de fuertes pendientes. La información obtenida en este estudio fue basada en una inspección de campo, por lo cual se recomendó realizar un estudio hidrogeológico para definir con mayor exactitud las características del acuífero y los límites de las áreas de recarga.

(Astorga, 2016-2017) destacó que Costa Rica muestra índices que, evidencian una amplia cobertura del servicio de agua potable: un 91,8% de la población cuenta con agua de un alto grado de calidad potable. Los porcentajes de las instituciones que participan en esta cobertura son: las ASADAS con un 28%, las municipalidades con un 14%, la ESPH con un 5% y AyA con un 47%. Se han comprometido en mantener los índices antes mencionados, por lo cual se ejecutaron más de 300 proyectos en todo el país, dándole prioridad a las poblaciones más vulnerables.

(Vargas, 2019) elaboró un plan de infraestructura y gestión integrada de agua para la región Pacífico Norte 2020 – 2030, determinó que la reducción de fuentes de agua, el aumento en la demanda, la ampliación de áreas urbanas, han generado problemas socioambientales que afectan la calidad de vida; la reducción de fuentes de agua altera la vida cotidiana de muchas formas, estas

dificultades se hacen más visibles en la Región Norte de nuestro país, debido a la disminución de disponibilidad hídrico que le caracteriza.

(Morales, 2019) aplicó una guía generada entre el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), el Instituto de Desarrollo Rural (INDER) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para el desarrollo infraestructural de un acueducto comunal con el propósito de valorar la misma. Incluyendo un balance hidráulico, un diagnóstico de la infraestructura del sistema y un análisis de riesgos, para así evaluar las diferentes propuestas para la mejora dl acueducto de la ASADA Cuajiniquil de La Cruz Guanacaste.

(Mora, 2020)estimó la situación de cobertura y calidad del agua para uso y consumo humano en Costa Rica, con esta investigación llego a concluir que existen diferencias importantes en los servicios prestados por los diferentes operadores, no solamente la población abastecida, sino también en cuanto a calidad de servicio y agua suministrada, esto dependiendo de la zona en que se habite.

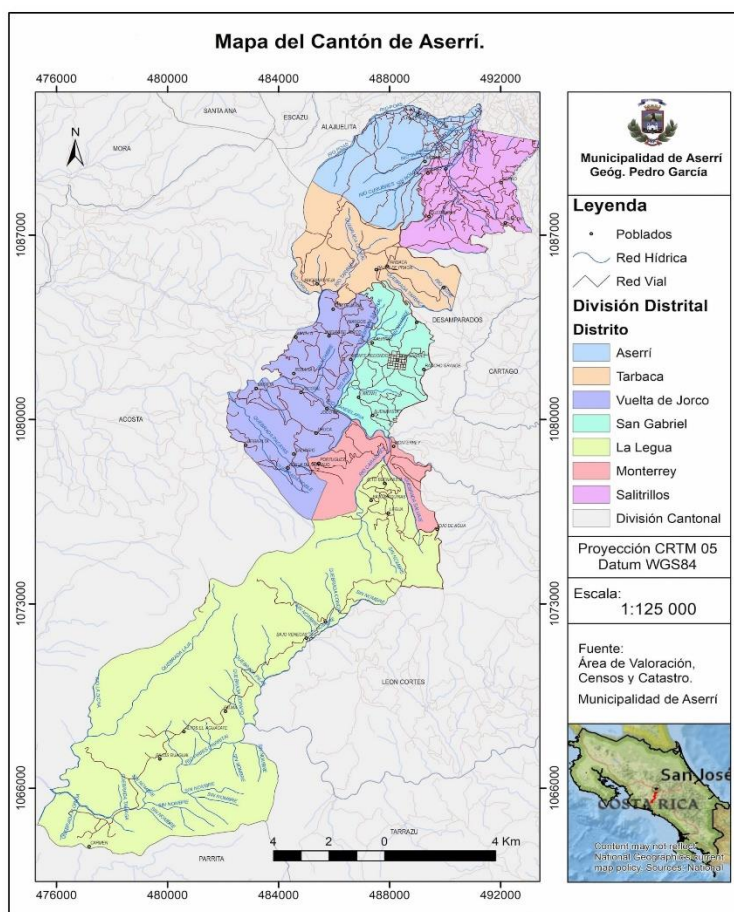
(Cuadrado, 2021) analizó las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS) en Costa Rica desde un criterio jurídico-práctico. Logra su nacimiento y evolución en el ordenamiento jurídico y analiza cómo estas figuras se crearon empíricamente y cómo han evolucionado en la práctica. El artículo reflexiona sobre la importancia de replantear jurídicamente las ASADAS, considerando sus orígenes y su naturaleza comunal. Asimismo, discute los retos actuales de estas figuras, particularmente su nuevo papel como reguladoras del ordenamiento territorial.

## 1.2. Planteamiento del problema de estudio

### 1.2.1. Enunciado del problema

El desarrollo del proyecto trata sobre la propuesta de optimización de abastecimiento de agua potable de la ASADA San Gabriel la cual se encuentra ubicada en el cantón de Aserrí, situado en la región central del país a 11 kilómetros al sur de nuestra capital, su área de extensión es de 168 km<sup>2</sup> dividida en 7 distritos. Ver figura 1

La zona donde se realizará el estudio será en el distrito cuatro San Gabriel, con sus caseríos Tranquerillas, Barrio Nuevo, Limonal, Barrio San José, Calle Los Ángeles. Presenta una población de 4.075 habitantes y su extensión es de 11.77 km<sup>2</sup>.



Antes que nada, es importante comprender que es una ASADA, es la Asociación Administradora del Acueducto Comunal, conformada por el acuerdo entre varios vecinos, los cuales se encargan de la construcción, administración, operación y mantenimiento de los sistemas de acueductos. Asimismo, la conservación y aprovechamiento racional de las aguas necesarias para poder suministrar las poblaciones de agua potable, es por esta razón que las ASADAS aportan a las comunidades mejor calidad de vida, mayor índice de salud y desarrollo socioeconómico.

La historia de abastecimiento de agua en el pueblo de San Gabriel, según cuentan algunos vecinos de edad avanzada, el servicio de cañería municipal se inauguró en 1945, por Don Otilio Ulate, fue hasta 1978 que la municipalidad se hizo cargo de la administración. En conjunto con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) fue que se construyó un nuevo sistema de abastecimiento, dado que el anterior colapso y no era insuficiente para una creciente población. A los finales del año 2018, la ASADA ya contaba con más de 17 años de funcionamiento.

El sistema utilizado por esta ASADA es tipo Gravedad, el cual consiste en la conducción que permite el traslado del agua desde el punto de captación hasta el tanque de almacenamiento, sin utilizar sistemas de bombeo mecanizado. Es por esta razón que el punto de captación debe encontrarse a una altura mayor que la de los tanques con el fin de que fluya de una manera más eficiente y con una mayor presión, brindando un mejor servicio a los usuarios del acueducto.

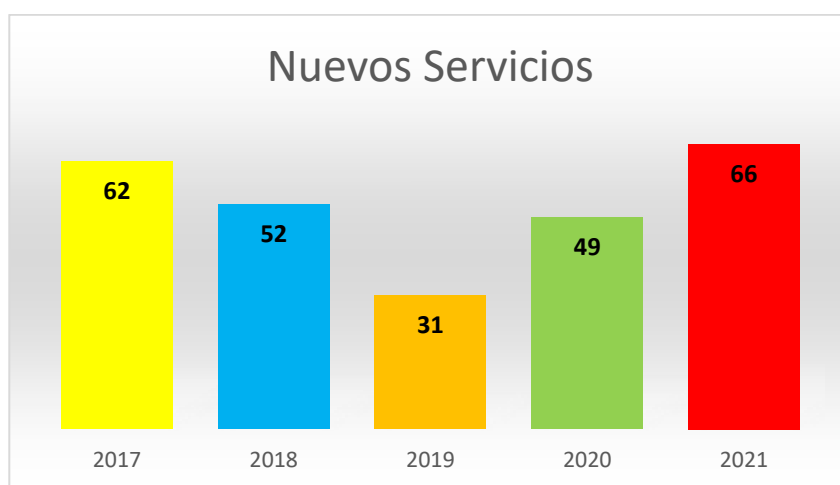
Con el incremento debido al crecimiento de la población, el consumo de agua ha aumentado, es por esta razón que la ASADA San Gabriel de Aserrí la cual brinda servicio a las siguientes comunidades: Tranquerillas, La Fila, La Trinidad, Las Brisas, Barrio El Alto, Barrio La Salle, Barrio Nuevo, San Gabriel Centro, Calle Cementerio, Barrio Corazón de Jesús, Salitral y Calle Los Ángeles. Se ve en la necesidad de mejorar su sistema de abastecimiento para poder cubrir estas zonas, donde actualmente se encuentra una cantidad de abonados activos de 2000, aproximadamente la cantidad de personas beneficiadas serían unas 8000.

*Tabla 1 Reporte Consumo Anual años 2020-2021*

<b>Reporte de consumo anual</b>		
<b>ZONA</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
San Gabriel Centro	118447	118355
La Fila	59285	64404
Tranquerillas	54305	56110
Calle Los Angeles	16370	15619
Calle Sta Teresita y Salitral	18031	18288
María Auxiliadora	15847	15243
La Trinidad	35296	36834
Las Brisas	22084	22104
Calle Los Solano	16053	15653
Calle Los Angeles 2	8216	8153

*Fuente: ASADA San Gabriel de Aserrí, 2022*

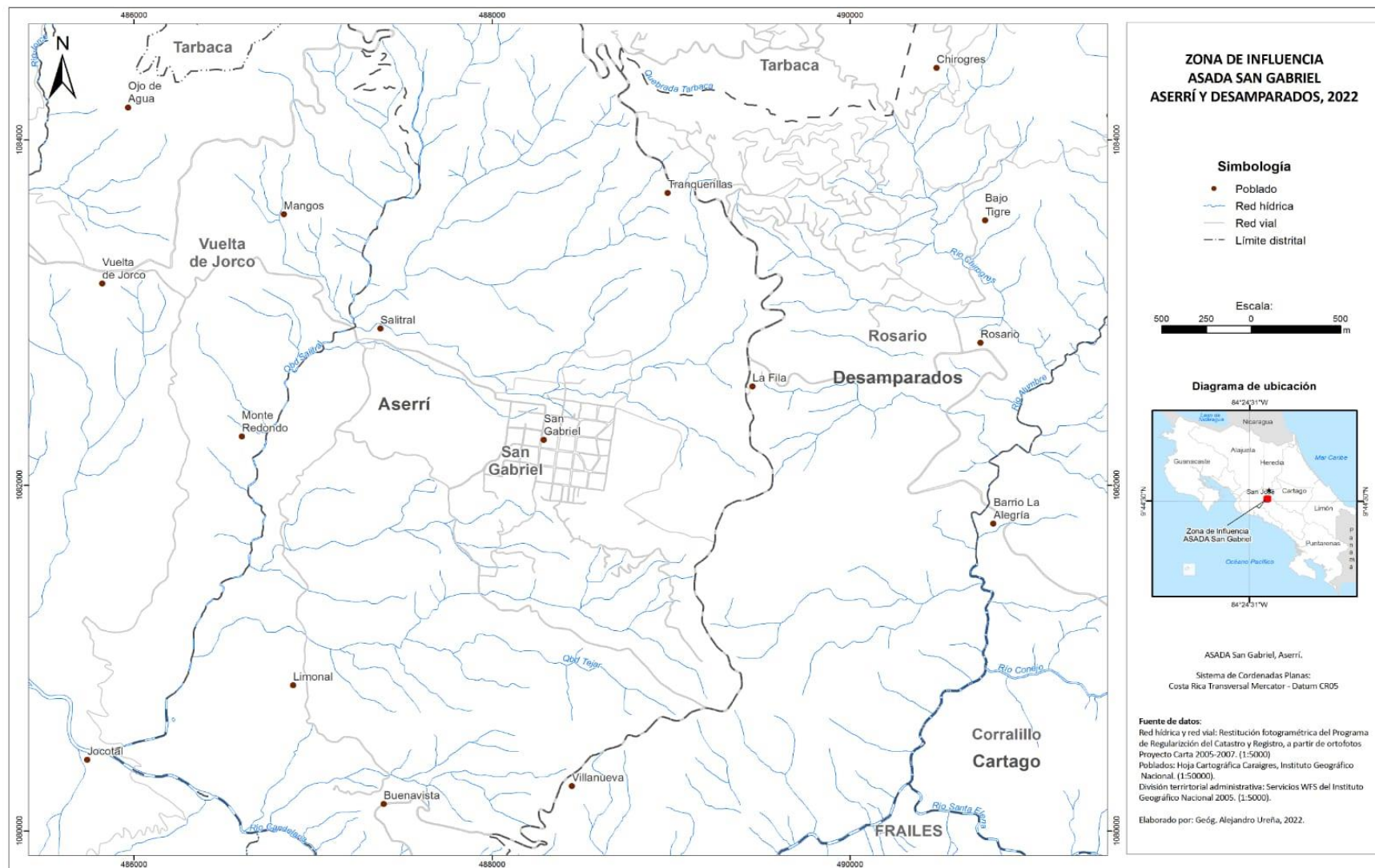
La alta demanda del servicio brindado por la ASADA en la comunidad de San Gabriel y alrededores ha crecido, al igual que la solicitud de nuevos servicios, esto es un claro índice de que la población aumenta con el pasar de los años, provocando un posible desabastecimiento a corto plazo, sumándole a esto las sequías en los últimos años, las cuales provocan una disminución en el caudal de las fuentes de abasteciendo.



*Figura 2 Nuevos Servicios en los Últimos Cinco Años*

*Fuente: ASADA San Gabriel de Aserrí, 2022.*

Por tanto, la necesidad de elaborar un diseño que permita analizar la capacidad hidráulica actual del acueducto en cuanto a producción, almacenamiento y abastecimiento de agua potable.



**Figura 3 Zona de Influencia ASADA San Gabriel de Aserri**

*Fuente: Geóg. Alejandro Ureña, 2022*



### **1.2.2. Formulación del problema**

¿Cuál será la propuesta ideal para optimizar de manera adecuada el funcionamiento de abastecimiento de agua potable de la ASADA San Gabriel de Aserrí a un horizonte del año 2032?

### **1.3. Justificación**

Es una realidad que el cambio climático ha impactado en la disminución de los caudales de las nacientes, ríos y quebradas, utilizados por las ASADAS para abastecer a la población de agua potable, provocando una inestabilidad y escasez del recurso hídrico.

Actualmente el crecimiento demográfico en el distrito de San Gabriel afecta de manera directa el abastecimiento de agua, la ASADA reconoce las deficiencias que presenta en su infraestructura, debido a la antigüedad del sistema el cual ya cumplió su vida útil de 20 años.

La razón principal que motivo realizar esta investigación es la necesidad de crear una propuesta que permita un adecuado funcionamiento en el sistema que proporciona agua potable a la comunidad antes mencionada. Este proyecto aspira diseñar y mejorar el método de distribución hidráulico de agua potable, cumpliendo con las normas técnicas, para que así se pueda seguir otorgando el servicio de dotaciones en la ASADA San Gabriel, permitiendo el crecimiento socioeconómico de este distrito del cantón de Aserrí.

En consecuencia, entre los beneficiados con la elaboración de esta propuesta están la ASADA San Gabriel de Aserrí como beneficiarios directos, y como beneficiarios indirectos los abonados que abarca la ASADA.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar una propuesta de mejora para los sistemas de acueducto de la ASADA San Gabriel de Aserri a fin de optimizar su funcionamiento hidráulico, para garantizar el abastecimiento de agua potable para un periodo de análisis de 10 años.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Reconocer a través de variables técnicas el estado actual de los sistemas de abastecimiento.

Evaluar la infraestructura del sistema para diagnosticar su óptimo desempeño.

Realizar un balance hídrico para obtener la situación actual y validar esta información con el operador.

Diseñar un modelo hidráulico para el adecuado funcionamiento de la ASADA San Gabriel de Aserri.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

Los alcances y limitaciones del presente proyecto son los siguientes:

### **1.5.1. Alcances**

Con esta propuesta se busca realizar un diseño de modelo hidráulico del sistema de agua potable de la ASADA San Gabriel de Aserrí, para modelar el diseño se utilizará el software WaterGEMS.

Se realizará un trabajo de campo para la recopilación de información como: producción, consumo, levantamiento de catastro de redes y medición de presiones en horas de alto y bajo consumo.

Se propondrá mediante una metodología de análisis el crecimiento de la población a un horizonte de 10 años.

### **1.5.2. Limitaciones**

La principal limitación para el desarrollo de un óptimo funcionamiento en la ASADA San Gabriel de Aserrí es la antigüedad de los diseños originales del acueducto, los cuales fueron elaborados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y ya cumplieron su vida útil de funcionamiento, por otra parte, una de las limitaciones en la tramitología administrativa y la burocracia que afecta a las instituciones estatales.

Así como la disponibilidad de fuentes de abastecimiento; en este momento las fuentes que tiene el acueducto concesionadas apenas y pueden abastecer a la población. En ocasiones en épocas secas del año se deben realizar racionamientos, según estudios de AyA la ASADA ya debería estar en búsqueda de nuevas fuentes.

Debido a que la ASADA no cuenta con instrumentación en los tanques, y el sistema este compuesto por muchos tanques quiebra gradiente, colocar estos macro medidores en las entradas y salidas significa una gran inversión. Tampoco se tienen registradores de presión y por la extensión de la red, la recopilación de estos datos resultaría un proyecto millonario.

La ASADA no cuenta con la información comercial, de producción necesarias para obtener datos más cercanos a la realidad, esto limita los cálculos durante el desarrollo del proyecto.

En el estudio del proyecto no se consideran análisis de golpe de ariete por las siguientes razones:

- En líneas de distribución no es usual ya que las casas generan un efecto de disipación de los golpes de ariete.
- En las líneas de conducción se omiten los efectos de golpe de ariete ya que los operadores realizan cierres y aperturas de las válvulas de forma lenta y esto evita la generación de golpes de ariete.

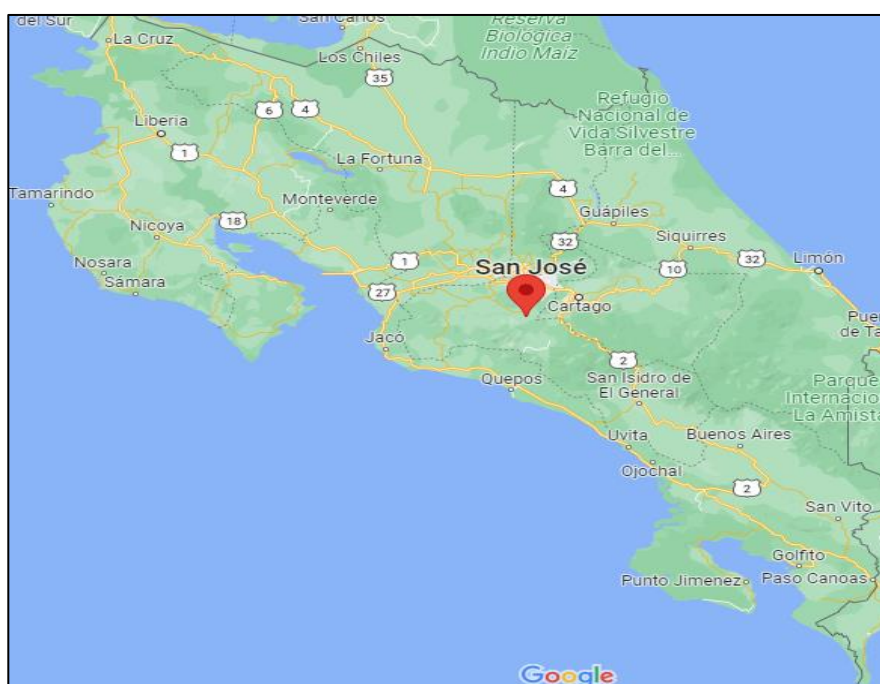
Por último, la limitación económica, si bien la ASADA es estable a nivel financiero, no cuenta con los recursos necesarios para financiar proyectos tan importantes como sería el diseño y construcción de la línea de conducción para aprovechar el agua de fuentes en La Legua de Aserrí, además de la respectiva ampliación de la planta potabilizadora.

## 1.6. Delimitaciones

### 1.6.1. Delimitación espacial

Esta propuesta abarca el distrito cuatro del cantón de Aserrí, lugar donde se encuentra ubicada la ASADA San Gabriel.

Las coordenadas geográficas del distrito San Gabriel de Aserrí están dadas por 9°47'15.44" latitud norte, 84°6'40.04" latitud oeste.



*Figura 4 Ubicación San Gabriel de Aserrí*

*Fuente: Google Maps, 2022*

### 1.6.2. Delimitación temporal

Se analizará la capacidad de abastecimiento de agua potable para un periodo de diseño de 10 años.

Los registros de información de servicios, consumo y producción en estudio son del año 2021.

De acuerdo con la información de datos obtenidos del censo nacional realizado en el año 2011, el crecimiento poblacional del distrito de San Gabriel es de 1.1%.

## **CAPÍTULO II**

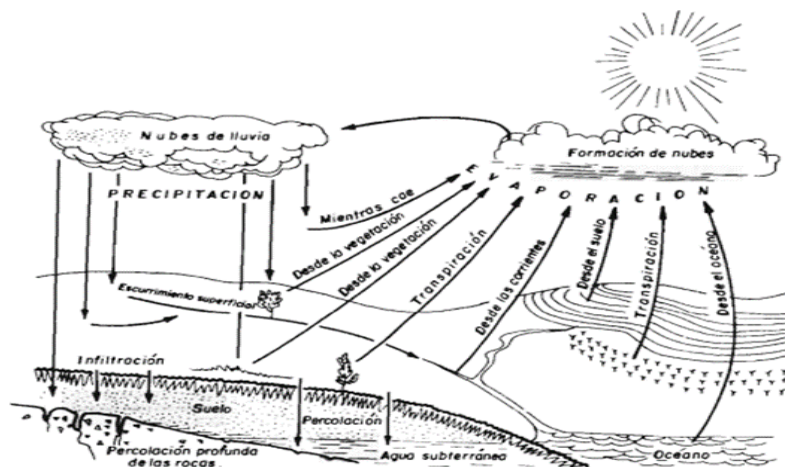
## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo el cual pretende diseñar un modelo hidráulico para el óptimo abastecimiento de agua potable de la ASADA San Gabriel de Aserrí.

En la fundamentación teórica se van a analizar teorías, información, investigaciones y antecedentes en general para la realización del proyecto, además se considerarán cuales aspectos son válidos para fundamentar la investigación.

### 2.1. Ciclo hidrológico

Este ciclo es un concepto básico, desde el cual se inicia el estudio hidrológico, se puede definir como la circulación y sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmosfera a la tierra y volver a la atmosfera, involucra un proceso recirculatorio e indefinido. Ver figura 4.



**Figura 5 Representación Descriptiva del Ciclo Hidrológico**

**Fuente:** Campos Aranda, 1998

Se puede deducir que el ciclo hidrológico se inicia con la evaporación del agua que se encuentra en los océanos y suelos el vapor resultante de la evaporación que es trasladado por el viento el cual se condensa en la atmosfera y forma nubes, las cuales a su vez inician las precipitaciones (lluvias), finalmente se presenta de nuevo la evaporación para completar el ciclo (ArandaCampos, 1998).



## **2.2. Sistemas de abastecimiento de agua potable**

Los sistemas de abastecimiento de agua potable deben considerar en su diseño los siguientes elementos:

### **2.2.1. Fuentes de abastecimiento**

Estas fuentes pueden provenir de aguas superficiales o subterráneas. Será seleccionada dependiendo de su calidad, ubicación y capacidad de abastecer.

### **2.2.2. Captación**

El sistema de captación comprende a una infraestructura destinada a captar las fuentes de agua ya sea superficial o subterránea, para su aprovechamiento con fines de abastecimiento público.

### **2.2.3. Pretratamiento**

Comprende estructuras destinadas a la eliminación de partículas que contienen las aguas captadas para evitar su sedimentación en las líneas de conducción, tanques y sistemas de distribución de agua potable, estas obras incluyen desarenadores y sedimentadores.

### **2.2.4. Sedimentadores**

Son tanques de forma rectangular o circular en los cuales se precipitan las partículas que se juntan en la zona de floculación.

### **2.2.5. Filtros**

Dentro de los componentes de los filtros se encuentran: sistemas de admisión, sistemas de lavado, medio filtrante y sistema de salida.

### **2.2.6. Dosificadores**

Su función básicamente es la de adicionar al agua productos químicos, en cantidades ya establecidas y reguladas. Pueden ser dosificadores en seco o en solución.

### **2.2.7. Desinfección**

La desinfección consiste en la eliminación de microorganismos que se pueden encontrar en el agua, aplicando cloro (método más utilizado).

### **2.2.8. Conducción**

Según la topografía del terreno, su distancia y si es por aducción o conducción, el medio de transporte de agua puede ser por tuberías a presión o por gravedad.

### **2.2.9. Almacenamiento**

Son estructuras diseñadas para cumplir con la demanda de la población ya que el caudal captado no siempre es constante y varían con los horarios, de igual manera se tienen que tomar en cuenta posibles eventualidades que afecten el recurso hídrico. Es por esto por lo que los tanques garantizan la continuidad de abastecimiento.

### **2.2.10. Red de distribución**

Se harán por medio de tuberías o redes de distribución, las cuales conducirán el agua potable a cada una de las previstas.

### **2.2.11. Prevista**

Sección longitudinal de tubería, que se instala desde la red de distribución hasta el punto de conexión con el sistema de abastecimiento privado, se extiende hasta el límite de la propiedad donde se ubica el inmueble al que se brindará el servicio.

## **2.3. Consideraciones sobre el consumo de agua**

### **2.3.1. Capacidad hídrica**

La capacidad hídrica de un sistema de abastecimiento de agua potable es la máxima demanda que puede cubrir con el recurso hídrico disponible de las fuentes de captación que utiliza el AyA.

### **2.3.2. Capacidad hidráulica**

Se define como la capacidad que se encuentra instalada en la infraestructura para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua potable, para satisfacer la demanda de consumo. Debe de cumplir con los siguientes parámetros: cantidad, calidad, continuidad y presión mínima según lo establece el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

### **2.3.3. Disponibilidad de agua potable**

Se define como la existencia actual de capacidad hidráulica e hídrica de abastecimiento del acueducto para proporcionar el servicio de agua potable a la población.

### 2.3.4. Población

La población actual y futura servida por el acueducto puede estimarse a partir de los censos de población y complementarlo con la información del número de suscriptores del servicio brindado por los acueductos.

### 2.3.5. Factores de demanda máxima

En los acueductos la demanda de agua es variable, para el diseño del sistema de abastecimiento se deben considerar los siguientes factores:

- El caudal máximo diario será 1,2 veces el caudal promedio diario, el factor máximo diario (FMD) es de 1,2.
- El caudal máximo horario será igual a 1,80 veces el caudal máximo diario, el factor máximo horario (FMH) es 1,80.

En dónde:

$$QMD = QPD \times FMD$$

QMD: caudal máximo diario

QPD: caudal promedio diario

FMD: factor máximo diario

*Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillados (AyA, 2017)*

### 2.3.6. Dotación

El consumo de volumen de agua promedio por persona se conoce como dotación y su unidad de medición es en litros por habitante por día (lpd). Para el diseño de un sistema de abastecimiento se deben aplicar las siguientes dotaciones brutas:

- Datos y consumos de las demandas de la localidad en estudio, estos datos deben ser reales.

- Cuando no existen datos reales de consumo y demanda, se deben utilizar los siguientes valores mínimos:

*Tabla 2 Valores mínimos dotación*

<b>Poblaciones Rurales</b>	200 l/p/d
<b>Poblaciones Urbanas</b>	300 l/p/d
<b>Poblaciones Costeras</b>	375 l/p/d
<b>Area metropolitana</b>	375 l/p/d

**Fuente:** norma técnica para diseño y construcción de sistema de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial, 2017

En caso de zonas rurales costeras se aplicará la dotación establecida por Poblaciones Costeras.

### 2.3.7. Caudal

El caudal se define como el volumen de líquido o fluido que pasa por una sección de la tubería por unidad de tiempo.

### 2.3.8. Caudal promedio diario

La demanda promedio diaria se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$QPD = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Dotación}}{86400} \left[ \frac{l}{s} \right]$$

### 2.3.9. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario demandado se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$QMD = 1,2 \times QPD \left[ \frac{l}{s} \right]$$

### 2.3.10. Caudal máximo horario

El caudal máximo diario demandado se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$QMD = 1,8 \times QMD \left[ \frac{l}{s} \right]$$

### 2.3.11. Presión

Presión nominal interna máxima de referencia, a la cual se puede encontrar sometida una tubería según su diseño.

### 2.3.12. Presión de trabajo

Es la presión interna a la cual estará sometida de manera continua la tubería según su diseño el cual incluye sobrepresiones.

### 2.3.13. Balance hídrico

Es el equilibrio de todos los recursos hídricos que ingresan y los que salen en un sector a lo largo del tiempo.

#### **2.3.14. Macromedición**

Se define como el conjunto de acciones que permiten conocer caudales y volúmenes producidos y distribuidos en los sistemas de abastecimiento con el objetivo de mejorar la administración operativa del sistema.

#### **2.3.15. Micromedición**

Es el conjunto de acciones que determinan sistemáticamente el volumen de agua consumido por los usuarios con patrones a previamente establecidos de cobro justo y equitativo. Se aplica a todas las categorías de usuarios y comprende las actividades permanentes de instalación, lectura y mantenimiento de los hidrómetros y sus sistemas de protección.

### **2.4. Elementos del acueducto**

#### **2.4.1. Tanques**

La función de los tanques es almacenar agua durante los periodos que la demanda es menor, de manera que en los periodos que la demanda es mayor se pueda suministrar un caudal constante.

Los tanques de almacenamiento deben cumplir al menos la capacidad requerida para:

- Compensar las fluctuaciones horarias de la demanda
- Combatir incendios
- Reservar por interrupciones

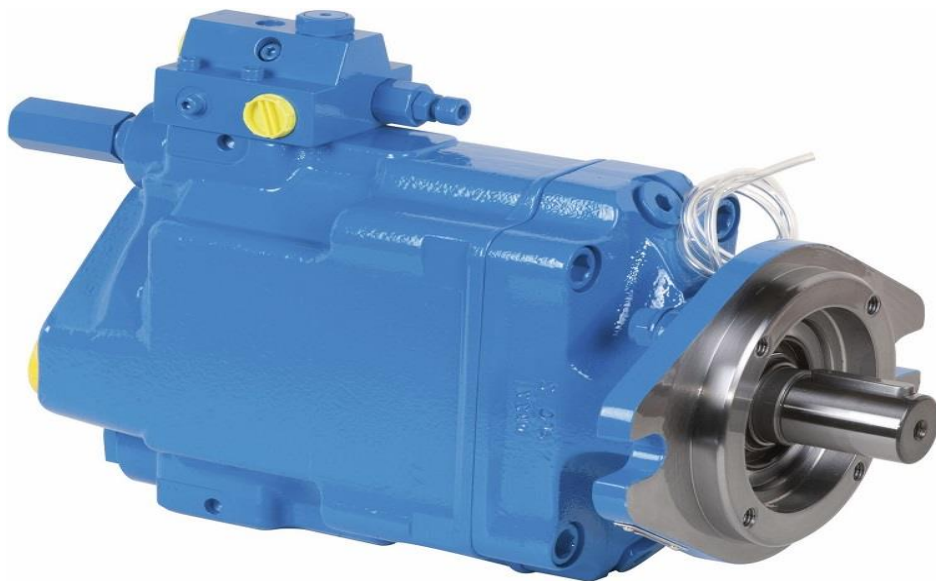
Según lo dicta el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.



**Figura 6 Tanques**  
*Fuente: Propia, 2022*

#### **2.4.2. Bombas**

Para el diseño del sistema de bombeo es necesario relacionar el caudal de descarga y la energía que la bomba le adiciona al fluido, altura dinámica. Es decir, a mayor caudal de la bomba menos energía será adicionada.



**Figura 7 Bombas**  
*Fuente: Google, 2022*



### 2.4.3. Tuberías

Las tuberías deben de cumplir con los siguientes requisitos generales:

- Deben de ser de material homogéneo
- De sección circular
- Espesor uniforme
- Dimensiones y pesos de acuerdo con especificaciones



*Figura 8 Tuberías*

*Fuente: Propia, 2022*

### 2.4.4. Válvulas

En líneas de conducción y redes de distribución, se instalarán válvulas de compuerta para facilitar su operación, estas serán colocadas en entradas y salidas den tanques, interconexiones. Por lo general se trabajan con tres tipos de válvulas que son:

- Válvula de compuerta
- Válvulas de aire
- Válvulas de purga



*Figura 9 Válvulas*  
*Fuente: Propia, 2022*

#### **2.4.5. Medidores**

Todo sistema de abastecimiento debe contar con los medidores necesarios, tanto en la entrada y salida de los centros de producción, como al inicio del sitio de consumo.



*Figura 10 Medidores*

*Fuente: Propia, 2022*

#### **2.4.6. Hidrantes**

Estos serán colocados en las redes de distribución, según lo siguiente:

- En acueductos urbanos, se colocarán de manera que su radio de acción no sea mayor a 150m
- En acueductos rurales, se colocará al menos un hidrante en cada centro de población (alta densidad de construcción)



***Figura 11 Hidrantes***

*Fuente: Propia, 2022*

*Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2017*

## **2.5. Metodologías para la proyección poblacional**

La siguiente información sobre metodologías para la proyección poblacional es obtenida de la revista digital: CIDE; Tasas de crecimiento poblacional (Torres-Degró, 2011)

### 2.5.1. Método aritmético de crecimiento

Es el método de análisis más simple de todos, este método supone que la población tiene un comportamiento lineal, la razón de cambio se supone constante es decir se incrementa en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerada. Se recomienda utilizarse para periodos cortos.

La fórmula utilizada en el método de crecimiento aritmético es:

$$r = \frac{P^{t+n} - P^t}{a (P^t)}$$

$$r = \frac{1}{a} \left( \frac{P^{t+n} - P^t}{P^t} \right)$$

$$r = \left( \frac{P^{t+n} - P^t}{a} \right) \div P^t$$

En dónde:

$r$  : tasa de crecimiento anual aritmético

$P^{t+n}$  : población al momento actual

$P^t$  : población al momento inicial o población base

$a$  : amplitud o distancia en tiempo entre las dos poblaciones de referencia

### 2.5.2. Método de crecimiento geométrico

También se conoce como interés compuesto, supone un crecimiento porcentual constante en el tiempo a diferencia del método anterior, el crecimiento geométrico mantiene constante el porcentaje de crecimiento por unidad de tiempo y no la cantidad por unidad de tiempo. Se puede usar en periodos más largos.

Las fórmulas utilizadas en el método de crecimiento geométrico son:

$$r = \left( \frac{P^{t+n}}{P^t} \right)^{1/a} - 1$$

$$r = \sqrt[a]{\left( \frac{P^{t+n}}{P^t} \right)} - 1$$

En dónde:

$r$  : tasa de crecimiento anual geométrico

$P^{t+n}$  : población al momento actual

$P^t$  : población al momento inicial o población base

$a$  : amplitud o distancia en el tiempo entre las dos poblaciones de referencia

### 2.5.3. Método de crecimiento geométrico simplificado (Bocaz)

Otra manera de obtener el crecimiento poblacional utilizando el método geométrico de una manera simplificada, es evitando el uso de logaritmos según Albino-Bocaz. Se puede utilizar en periodos de tiempo de entre 5 a 10 años.

La fórmula utilizada para obtener el método de crecimiento geométrico simplificado es:

$$r = \left( \frac{2}{k} \right) \times \left( \frac{P^{t+n} - P^t}{P^{t+n} + P^t} \right)$$

En dónde:

$r$  : tasa de crecimiento anual geométrico simplificado de Bocaz

$P^{t+n}$  : población al momento actual

$P^t$  : población al momento inicial o población base

$a$  : amplitud o distancia en el tiempo entre las dos poblaciones de referencia

#### 2.5.4. Método de crecimiento exponencial

Este método supone que el crecimiento poblacional se produce en forma continua y no cada unidad de tiempo.

La fórmula para el método de crecimiento exponencial puede ser varias:

$$r = \frac{\ln P^{t+n} - \ln P^t}{a}$$

$$r = \frac{\ln(P^{t+n} \div P^t)}{a}$$

$$r = \frac{1}{a} \ln(P^{t+n} \div P^t)$$

En dónde:

$r$  : tasa de crecimiento anual exponencial

$P^{t+n}$  : población al momento actual

$P^t$  : población al momento inicial o población base

$a$  : amplitud o distancia en el tiempo entre las dos poblaciones de referencia

$\ln$  : logaritmo natural

## 2.6. Software WaterGEMS

Es un software de la empresa Bentley Systems de modelación hidráulica, que permite analizar, diseñar y optimizar sistemas de distribución de agua. Esta herramienta ayuda a la toma de decisiones para los profesionales del agua, mejorando su conocimiento acerca del comportamiento de la infraestructura del sistema y cómo influye el aumento de la población y la demanda.

Algunas de las herramientas que proporciona el software son:

- Planificación inteligente para la fiabilidad del sistema.
- Operaciones optimizadas para la eficiencia del sistema.
- Soporte fiable a las decisiones sobre renovaciones de activos para la sustentabilidad del sistema.



*Figura 12 WaterGEMS*

*Fuente: Bentley Systems, 2022*



### **CAPÍTULO III**

## MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Descripción del contexto del sitio en dónde se lleva cabo

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se pretende realizar un modelo de diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA San Gabriel localizada en el cantón de Aserrí.

La propuesta que se realizará será evaluativa, pues esta permite analizar los resultados obtenidos por medio de un modelo de diseño generado por el software.

### 3.2. Sujetos de información

*Tabla 3 Matriz de sujetos de información*

Nombre	Tema a Tratar	Empresa / institución / Cargo
Allan Umaña Ortiz	Consultas sobre conceptos para el diseño del modelo hidráulico	Ingeniero Civil, Profesor en el área de dinámica de fluidos
Alejandro Ureña	Consultas y aportes de información sobre la ASADA	Geógrafo, ASADA San Gabriel de Aserrí

*Fuente: Elaboración propia, 2022*

### **3.3. Organismo, institución o empresa donde se realizará**

La Asociación Administradora del Acueducto San Gabriel de Aserrí, al cierre del año 2021 ya contaba con más de 20 años de funcionar, fue el 29 de junio del 2001 la fecha en que se constituyó en Asamblea General la primera Asociación Administradora del Acueducto Rural y Alcantarillado Sanitario ASADA San Gabriel de Aserrí.

Visión de la Asada de San Gabriel: ofrecer un servicio de calidad y cantidad del recurso hídrico además del compromiso de protección del medio ambiente.

Misión de la Asada de San Gabriel: ser un acueducto modelo para el cantón de Aserrí y garantizar el recurso hídrico para futuras generaciones.

### **3.4. Características de los participantes**

Para la realización del proyecto se involucran diferentes asociaciones como la Junta Directiva que es un grupo de personas que perteneces a una empresa, o institución y son las que la dirigen, está conformada por presidente, vicepresidente, tesorero, secretario y vocales. En este caso sería la Junta Asociación Administradora del Acueducto San Gabriel de Aserrí.

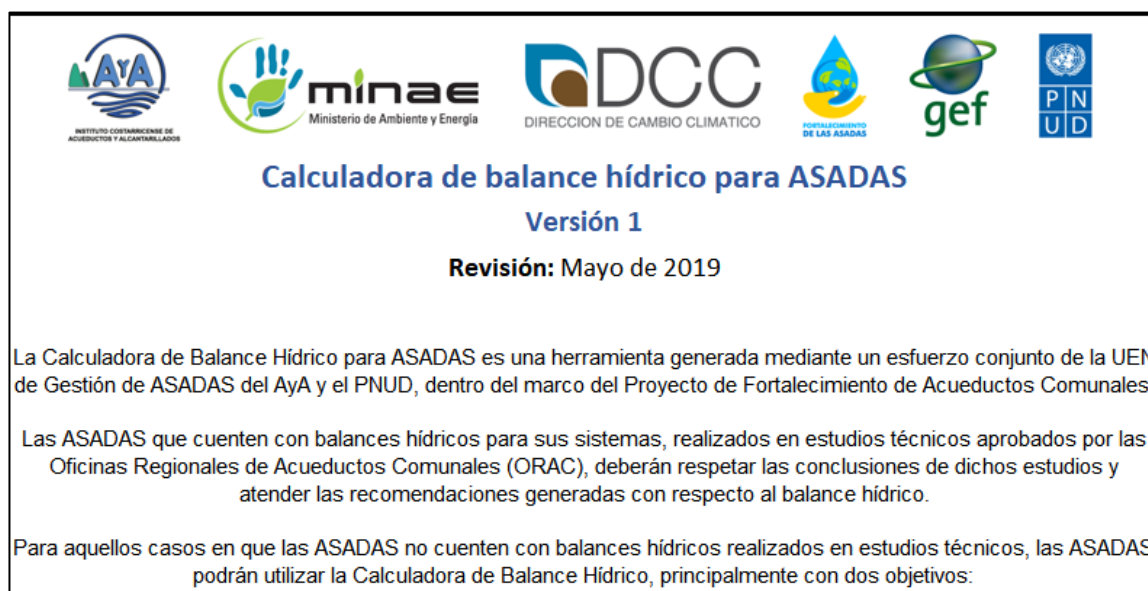
Además, en elaboración de este proyecto se toma como pilar el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados el cual bajo sistemas comunales se encarga de promover el desarrollo comunal por medio de un servicio sostenible de agua potable.

### **3.5. Procedimiento metodológico para la realización del estudio de diagnóstico**

La orientación para realizar el diagnostico consta de la recolección de datos e información la cual en su mayoría será la ASADA la que brindará los documentos y estudios necesarios para poder desarrollar el balance hídrico. Toda esta información será procesada y realizada bajo el Reglamento de Normas Técnicas de Acueductos y Alcantarillados.

Información como producción de las fuentes de captación que componen la ASADA, cantidad de servicios, estimación de la población abastecida. Datos de dotación y asignación de caudales.

Para la estimación de la población futura en el periodo de diseño establecido, se obtendrá la información del último Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en el distrito. Para el proyecto se realizará multiplicando la cantidad de unidades habitacionales por el factor de hacinamiento. Estos datos provenientes del INEC.



**Figura 13 Calculadora de balance hídrico**

*Fuente: AyA, 2022*

### **3.6. Procedimiento metodológico para la elaboración del Proyecto propuesto**

A partir del diagnóstico realizado y los datos recabados, el proyecto se realizará de la siguiente manera.

Para iniciar es necesario contar con las curvas de nivel del terreno, las cuales se calcularán y se ajustarán al levantamiento de redes. Es importante reconocer los siguientes elementos: tramos de tuberías, tanques de almacenamientos, válvulas de control entre otros.

Sin embargo, la precisión de los resultados que se desean obtener con el diseño varía de la calidad de los datos que se utilizaran. De igual manera el manejo y conocimiento del software, para realizar el diseño.

La modelación del sistema de abastecimiento de agua potable se realizará con el software WaterGEMS, el cual es una herramienta que facilita el diseño, planificación y operación de sistemas de distribución de agua. Se desarrollará de la siguiente manera:

- Recopilar información AutoCAD de curvas de nivel
- Recopilar información del catastro de redes
- Recopilar información comercial, para determinar el consumo de la población
- Realizar cálculos de demanda actual y demanda futura
- Calcular el crecimiento poblacional
- Ubicación de tuberías en AutoCAD
- Asignación de curvas de nivel y elevación
- Dibujar nodos, tuberías, tanques y reservorios en el modelo
- Asignación de demandas
- Evaluar la presión, caudal, velocidades y pérdidas de agua
- Definir picos de consumo y horas de bajo consumo
- Corroborar con el operador los resultados del modelo
- Recalibración del modelo



## **CAPÍTULO IV**

## RECOPIACIÓN DE DATOS

### 4.1. Situación actual de la ASADA

Para analizar la situación actual de las ASADA, primeramente, se deberá hacer un reconocimiento general de todo el sistema que la compone. Entre ellos identificar componentes como: captaciones, plantas potabilizadoras, almacenamiento, distribución y población abastecida.

### 4.2. Visitas de Campo

Se realizaron varias visitas, a todo lo que comprende el sistema de red de distribución de abastecimiento de agua potable de la ASADA San Gabriel de Aserrí. Estas visitas se realizaron con el fin de conocer el estado actual de las estructuras.

Las fechas en las que se realizaron estas visitas son las siguientes:

- Primera visita martes 14 de junio de 2022
- Segunda visita viernes 8 de julio de 2022
- Tercera visita jueves 28 de julio de 2022

#### 4.2.1. Fuentes de abastecimiento

##### 4.2.1.1. Río Tigre

Corresponde a una captación de agua superficial, se localiza en las coordenadas geográficas: Latitud 9.81426066, Longitud -84.09523514 y 1585 metros de altitud. Consiste en una presa de concreto que se encuentra perpendicular a la corriente del agua, la cual cuenta con unas rejillas para la retención de sólidos. Este tipo de aguas antes de la desinfección deben ser tratadas con un proceso de filtración, el agua captada en Río Tigre pasa primero por el desarenador ubicado en la misma localidad, para después ser trasladada a la planta Las Brisas.





**Figura 14 Estructura de captación Río Tigre**

*Fuente: Propia, 2022*

#### 4.2.1.2. La Muni

Tipo de fuente captación por Nacimiento. Se localiza en las coordenadas geográficas: Latitud 9.8139852, Longitud -84.10367527 y 1759 metros de altitud. Este tipo de captación comprende las fuentes subterráneas por lo cual su tratamiento es solo con el proceso de desinfección obligatorio para todos los casos.



**Figura 15 Estructura de captación La Muni**

*Fuente: Propia, 2022.*

#### 4.2.1.3. El Yos

Al igual que el anterior esta captación es tipo nacimiento, se localiza en las coordenadas geográficas: Latitud 9.81297216, Longitud -84.1046202 y 1670 metros de altitud. El agua captada por las nacientes va directamente al tanque de almacenamiento, para ser debidamente clorada, no pasa por ningún tratamiento a diferencia de las captaciones superficiales.



*Figura 16 Estructura de captación Yos*

*Fuente: Propia, 2022*

#### 4.2.1.4. Mapachín

Corresponde a una captación superficial, se localiza en las coordenadas geográficas: Latitud 9.81282701, Longitud -84.10458638 y 1665 metros de altitud. La cual es tratada en la planta Tarbaca junto con la captación Quebrada Tarbaca.



*Figura 17 Estructura de captación El Mapachín*

*Fuente: Propia, 2022*

#### 4.2.1.5. Quebrada Tarbaca

Corresponde a una captación de agua superficial, se localiza en las coordenadas geográficas: Latitud 9.81239383, Longitud -84.107748 y 1676 metros de altitud. Consiste en una presa de concreto que se encuentra perpendicular a la corriente del agua, la cual cuenta con unas rejillas para la retención de sólidos. Este tipo de aguas antes de la desinfección deben ser tratadas con un proceso de filtración lenta, este proceso se lleva a cabo en la planta Tarbaca.



*Figura 18 Estructura de captación Quebrada Tarbaca*

*Fuente: Propia, 2022*

## 4.2.2. Plantas Potabilizadoras de Agua

### 4.2.2.1. Planta Tarbaca

Es tipo filtración lenta, la cual consiste en limpiar el agua por medio de gravas. Esta planta cuenta con un sistema “gemelo”, esto con el fin de poder realizar mantenimiento sin detener el proceso de tratamiento del agua.

Primeramente, el agua captada de la quebrada Tarbaca y el Mapachín llegan a la cámara de entrada de ahí pasan por los vertederos en este caso tienen un ángulo de entrada de  $60^\circ$  (ver anexo 2), para así llegar a la primera cámara en donde el agua llega cruda es decir como viene de las captaciones, esta agua pasa por unas ranuras que van de arriba a abajo y el flujo del agua es horizontal pasando a la segunda cámara en la cual se encuentran las gravas de mayor diámetro, en donde se quedan atrapados una gran cantidad de sedimentos finos. Igualmente, de manera horizontal por las ranuras en las paredes, pasa el agua a la tercera cámara en donde se encuentran gravas de diámetros medios, seguidamente pasa a la cuarta cámara de gravas de menores dimensiones en donde ya se dio todo el proceso de filtración y separación de sedimentos. Por último, pasa a la una quinta cámara, en la cual se puede observar el agua ya limpia, lista para ser enviada al tanque de almacenamiento.



*Figura 19 Estructura Planta de Tratamiento Tarbaca*

*Fuente: Propia, 2022*

#### 4.2.2.2. Planta Las Brisas

Es tipo filtración rápida, a esta planta llega el agua proveniente del desarenador ubicado en el tigre.

El proceso de filtración inicia con el ingreso del agua por la cámara de entrada, para después continuar a la cámara de floculación y donde se adiciona un químico llamado sulfato de aluminio, el cual controla la turbidez del agua, atrapando las partículas y separándolas del agua. El sulfato de aluminio se adiciona dependiendo de la turbidez del agua, en esta planta se mide la turbidez cada 4 horas en circunstancias normales y en temporadas de fuertes lluvias se mide cada 20 minutos, esto con el fin de regular la cantidad de sulfato necesaria para controlar la suciedad que se encuentra en el agua. Una vez finalizado el proceso de floculación el agua pasa a la cámara de sedimentación, durante este proceso todas las partículas se asientan por gravedad para después pasar a la cámara de filtración en donde se da el último proceso físico del tratamiento que se le da al agua para ya ser debidamente clorada y distribuirse.



*Figura 20 Estructura Planta Las Brisas*

*Fuente: Propia, 2022*

### 4.2.3. Desarenador

Se encuentra continuo a la captación de Río tigre, su función principal es remover las partículas y materiales orgánicos más grandes que se encuentran en el agua para que estos no provoquen afectaciones en el sistema de distribución. Una vez ya separado estos materiales el agua proveniente de Río Tigre se dirige a la Planta Las Brisas, para cumplir todo el proceso de filtración y purificación.



*Figura 21 Estructura Desarenador El Tigre*

*Fuente: Propia, 2022*

### 4.2.4. Tanques de Almacenamiento

La ASADA cuenta con cuatro tanques de almacenamiento, tres de ellos se ubican entre las localidades de las brisas y la trinidad, el otro se ubica en Tarbaca, este último continuo a la planta de tratamiento por filtración lenta.

#### 4.2.4.1. Tanque de Almacenamiento 300m<sup>3</sup>

Este tanque de almacenamiento se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud 9.7827446 y Longitud -84.0991103, a una altura de 1502.21 msnm y sus dimensiones se definen, una altura de 3.60m un largo de 10.6m y un ancho de 10.6m. con una capacidad de 300 m<sup>3</sup> es el tanque de mayor alcance con el que cuenta la ASADA.

Como se logra observar en la figura 13, la estructura del tanque recibe mejoras, ya que la ASADA se encuentra en el programa Bandera Azul Ecológica el cual tiene como objetivo mejorar las condiciones higiénico-sanitarias y la mejora de la salud pública de los habitantes de Costa Rica.



*Figura 22 Estructura Tanque de Almacenamiento 300m<sup>3</sup>*

*Fuente: Propia, 2022*

#### **4.2.4.2. Tanque de Almacenamiento 150m<sup>3</sup>**

A este tanque llegan las aguas provenientes de la planta Las Brisas misma que proviene de la captación Río Tigre.

Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud 9.7845546 y Longitud -84.0961324, a una altura de 1509.94 msnm y sus dimensiones se definen, una altura de 2.50m un largo de 8.10m y un ancho de 8.10m.



**Figura 23 Estructura Tanque de Almacenamiento 150m<sup>3</sup>**

*Fuente: Propia, 2022*

#### **4.2.4.3. Tanque de Almacenamiento 100m<sup>3</sup>**

Al igual que el anterior, a este tanque llegan las aguas provenientes de la captación Río Tigre y es la estructura más reciente con la que cuenta la red de distribución de la ASADA. Ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud 9.7789628 y Longitud -84.0984673, a una altura de 1477.83 msnm y ver sus dimensiones en (anexo 3).

A diferencia de los demás tanques de almacenamiento este es de una estructura cilíndrica de material PRFV (Poliéster reforzado con fibra de vidrio). Este tipo de tanques son de fácil montaje e instalación.





***Figura 24 Estructura Tanque de Almacenamiento 100m<sup>3</sup>***

***Fuente: Propia, 2022***

#### **4.2.4.4. Tanque de Almacenamiento 100m<sup>3</sup>**

El tanque de almacenamiento ubicado en Tarbaca es una estructura semi enterrada ver figura 16. Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud 9.8115375 y Longitud -84.1053508, a una altura de 1649.10 msnm.

A este tanque llegan las aguas de las siguientes captaciones: nacimiento La Muni, nacimiento El Yos, superficiales El Mapachín y Quebrada Tarbaca.



***Figura 25 Estructura Tanque de Almacenamiento 100m<sup>3</sup>***

***Fuente: Propia, 2022***

Todos los Tanques de Almacenamiento que componen el sistema de distribución de agua potable de la ASADA San Gabriel de Aserri, se encuentran debidamente protegidos, esto para evitar que terceros puedan ingresar y tener acceso al agua que se encuentra en ellos.

#### **4.2.5. Tanques Quiebra gradientes**

El principal objetivo de este tanque es reducir la presión del agua a cero, para que la capacidad de la tubería pueda soportar estas condiciones. Debido a la topografía quebrada de esta comunidad el sistema de distribución está compuesto por varios tanques quiebra gradientes, la gran mayoría se encuentran en buenas condiciones y debidamente asegurados.

De igual manera se encontraron algunos tanques que presentan deterioros en su estructura, provocando fugas de agua constante.



**Figura 26 Estructuras Tanques Quiebra gradientes**

*Fuente: Propia, 2022*

#### **4.2.6. Casetas de Cloración**

El proceso de desinfección se realiza con hipoclorito de calcio, en el caso de la ASADA se utilizan dos presentaciones. En la Planta Tarbaca utilizan pastillas las cuales se van erosionando lentamente al contacto con el flujo de agua, en el caso de la Planta Las Brisas utilizan cloro granulado, en 400 litros de agua se disuelven 5 galones de cloro con una concentración del 12%.

Al momento de hacer las mediciones de cloro residual este debe de tener un porcentaje de concentración del 0.2 al 0.6, ni más ni menos.



**Figura 27 Estructura Caseta Cloración Planta Tarbaca**

*Fuente: Propia, 2022*



**Figura 28 Estructura Caseta Cloración Planta Las Brisas**  
*Fuente: Propia, 2022*

#### **4.2.7. Área de Control de Sulfato**

Únicamente se encuentra en Planta las Brisas y su procedimiento es el siguiente: en 400 litros de agua se disuelven dos sacos de 25 kilo gramos de sulfato de aluminio para un total de 50 kilo gramos. Después de completar la disolución del sulfato se procede a agitar, ya que la mezcla queda con una contextura gelatinosa y el objetivo es que se vuelva homogénea.

Dependiendo de la turbidez del agua así será la cantidad de sulfato de aluminio que se adicionará y este procedimiento se programa digitalmente y la bomba así adiciona la cantidad requerida en el tiempo establecido.

En temporadas de fuertes lluvias la turbidez aumenta, si llega sobrepasar las 800 unidades se debe sacar la planta de operación. Esto con la finalidad de no sobre saturar el sistema operativo con la alta cantidad de sedimentos que se quedan atrapados.



*Figura 29 Estructura Caceta Control de Sulfato*

*Fuente: Propia, 2022*

### **4.3. Levantamiento topográfico**

La ASADA ya contaba con un levantamiento de la red de conducción y distribución, al igual que elementos como captaciones, tanques de almacenamiento y tanques quiebra gradiente. Al ser un documento antiguo se deben corregir algunos puntos que no concuerdan con el sistema actual que compone el acueducto. Este documento se trabaja con el software AutoCAD. Ver anexo 4.

## **CAPÍTULO V**

## DATOS OBTENIDOS

### 5.1. Balance Hídrico

Para realizar el balance hídrico a una proyección de 10 años de la demanda del caudal, se asumirán valores de hacinamiento del censo 2011 del INEC.

#### 5.1.1. Análisis de población

El distrito de San Gabriel se califica como una población rural, según datos de factor de hacinamiento de INEC, el promedio de habitantes por casa es de 3.6 y el porcentaje de crecimiento poblacional es de un 1.1%.



*Figura 30 Distrito San Gabriel de Aserri*

*Fuente: Google Maps*

La ASADA aportó con los datos actualizados de los servicios que abastece hasta la fecha, que sería un total de 2034.

### 5.1.2. Dotación

Se considero una dotación de 153 l/p/d según la cantidad de servicios por mes, un factor máximo diario de 1.2 y un factor máximo horario de 1.8.

La ASADA no cuenta con macromedición por lo cual el valor del porcentaje de agua no contabilizada será de 30%. El agua no contabilizada se refiere a las pérdidas que se dan en un sistema entre el volumen de agua producido y el volumen utilizado por la población, las principales causas que provocan los valores de agua no contabilizada son:

- Rebalses en los tanques de almacenamiento
- Fugas en las tuberías de conducción y distribución
- Conexiones ilícitas
- Errores de mediciones

**Tabla 4 Dotación**

Dotación(litros/persona/día)	153
%Agua no contabilizada (ANC)	30%
Factor máximo diario	1.2
Factor máximo horario	1.8

**Fuente: Propia**



*Tabla 5 Dotación según medición*

Mes	Servicios	Total, macromedición m <sup>3</sup>	Total, micromedición m <sup>3</sup>	Dotación mensual (l/p/d)	ANC
<i>Enero</i>	1946		31651	<b>147</b>	<b>0%</b>
<i>Febrero</i>	1954		31050	<b>144</b>	<b>0%</b>
<i>Marzo</i>	1964		31970	<b>147</b>	<b>0%</b>
<i>Abril</i>	1973		33229	<b>153</b>	<b>0%</b>
<i>Mayo</i>	1979		29208	<b>134</b>	<b>0%</b>
<i>Junio</i>	1986		30833	<b>141</b>	<b>0%</b>
<i>Julio</i>	1987		30507	<b>139</b>	<b>0%</b>
<i>Agosto</i>	1996		29831	<b>135</b>	<b>0%</b>
<i>Setiembre</i>	2001		29870	<b>135</b>	<b>0%</b>
<i>Octubre</i>	2007		30683	<b>139</b>	<b>0%</b>
<i>Noviembre</i>	2008		29293	<b>132</b>	<b>0%</b>
<i>Diciembre</i>	2013		3228	<b>15</b>	<b>0%</b>
				<b>153</b>	<b>30%</b>

*Fuente: Propia*

En el caso de no contar con datos de dotación según medición se utilizaría, dotaciones por tipo de población según la norma. Para poblaciones rurales es de 200 L/p/d.

### **5.1.3. Población del acueducto**

En cuanto al número de habitantes que se abastece por cada servicio se calcula consultando la información sobre la unidad de consumo equivalente de la norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, ver Tabla 4. Estos datos se pueden ajustar a la realidad del acueducto para tener un dato más preciso.

**Tabla 6 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) <sup>1</sup>
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
Locales comerciales, Centros comerciales, Oficinas administrativas y 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 Unidades de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidades 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.

**Fuente:** Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2022

La población de diseño para la ASADA San Gabriel de Aserrí se fijará en base a la cantidad de servicios equivalentes.

*Tabla 7 Servicios Equivalentes*

Cantidad de servicios	Tipo de actividad	Cantidad total de UC	Unidad de cálculo (UC)	Servicios equivalentes
0	Hoteles, moteles	0	habitaciones	-
4	Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	1221	estudiantes	49
0	Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución*	0	m <sup>2</sup>	-
9	Restaurantes, sodas, bares y similares*	200	m <sup>2</sup>	2
20	Locales comerciales, centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industrial o general) *	3600	m <sup>2</sup>	18
1	Parcela miento agrícola con frente a calle pública	34945	m <sup>2</sup>	70
0	Parcela miento agrícola con frente a servidumbre	0	m <sup>2</sup>	-
0	Centros de recreación, turísticos o club campestre	0	m <sup>2</sup>	-
<b>Estimación total de servicios equivalentes 2148</b>				

*Fuente: Propia, 2022*

\*Incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas.

*Tabla 8 Población de Diseño*

<b>Población abastecida por el acueducto</b>		
Cantidad de servicios equivalentes:	2148	servicios
Factor hacinamiento:	3.56	personas/casa
Población abastecida:	7648	personas

*Fuente: Propia, 2022*

Según la cantidad de servicios equivalentes y el factor de hacinamiento establecido para el distrito de San Gabriel de Aserri la población abastecida sería un total de 7648 personas aproximadamente.

#### 5.1.4. Cálculo crecimiento poblacional

Para realizar la proyección poblacional de la comunidad de San Gabriel de Aserri, se utilizó la base de datos de factor de crecimiento de INEC.

$$P = P_{actual} + (P_{actual} \times \% \text{ Crecimiento})$$

En dónde:

$P$  : Población

Con la información obtenida se determinó en crecimiento de los servicios, para un factor de análisis de 10 años.

$$S = P \div \text{Factor de Hacinamiento}$$

En dónde:

$S$ : Servicios

$P$  : Población

**Tabla 9 Porcentaje de crecimiento Poblacional**

Porcentaje De Crecimiento Poblacional											
Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Población</b>	7648	7729	7811	7894	7978	8063	8149	8236	8324	8413	8503
<b>Servicios</b>	2148	2171	2194	2218	2241	2265	2289	2314	2338	2363	2398

*Fuente: Propia, 2022*

El porcentaje de crecimiento asignado a los cálculos fue de un 1.1%, y el factor de hacinamiento de 3.56 persona/casa.

### 5.1.5. Aforos de producción de agua

Las comunidades conformadas por la ASADA San Gabriel se abastecen de 5 captaciones entre ellas quebradas y nacientes, las cuales se denominan Río Tigre, Naciente La Muni, Naciente Yos, El Mapachín y Quebrada Tarbaca. Para cada naciente se cuenta con los datos de aforos cada mes. Del cual se tomaron datos de meses más críticos esto para poder evaluar el caudal cuando se encuentre más bajo.



**Figura 31 Grafico Aforos Captación Río Tigre**

*Fuente: Propia, 2022*

Río Tigre es la captación con mayor producción de caudal, en el gráfico se puede observar cómo los meses de mayo, junio y julio son los que presentan una disminución en el caudal.

*Tabla 10 Fuentes de Abastecimiento*

<b>Fuentes de abastecimiento</b>	
<b>Naciente</b>	<b>Caudal Q(L/s)</b>
Río Tigre	10.27
La Muni	2.01
Yos	0.81
El Mapachín	0.91
Quebrada Tarbaca	8.51

*Fuente: Propia, 2022*

Al sumar los caudales de las nacientes, obtenemos que la producción total de la ASADA es de 22.51 L/s. Los valores de estos caudales son los mínimos, se seleccionaron con la finalidad de modelar en el estado más crítico que presente la producción.

### 5.1.6. Caudales

Según las ecuaciones mencionadas en capítulos anteriores los caudales se calcularán a partir de la estimación de la población del acueducto.

*Tabla 11 Caudales*




Año	2022	2027	2032	2037	2042
Caudal Promedio (L/s)	17.56	18.51	19.52	20.58	21.69
Caudal Máximo Diario (L/s)	21.07	22.21	23.43	24.7	26.03
Caudal Máximo Horario (L/s)	37.93	39.98	42.17	44.45	46.86

*Fuente: Propia, 2022*

### 5.1.7. Proyecciones

Para obtener los resultados finales del balance hídrico se debe comparar la producción de las fuentes contra la demanda de la población.

$$\text{Balance Hídrico} = \text{Producción} - \text{Demanda}$$

Resultado del balance hídrico		Interpretación
	Positivo	La producción de las fuentes del sistema es <b>suficiente</b> para satisfacer la demanda actual.
	Cercano a cero	La producción de las fuentes del sistema es suficiente para satisfacer la demanda actual, pero <b>no es suficiente</b> para brindar el servicio a nuevos usuarios.
	Negativo	La producción de las fuentes del sistema <b>no es suficiente</b> para satisfacer la <b>demanda actual</b> ni la de futuros usuarios.

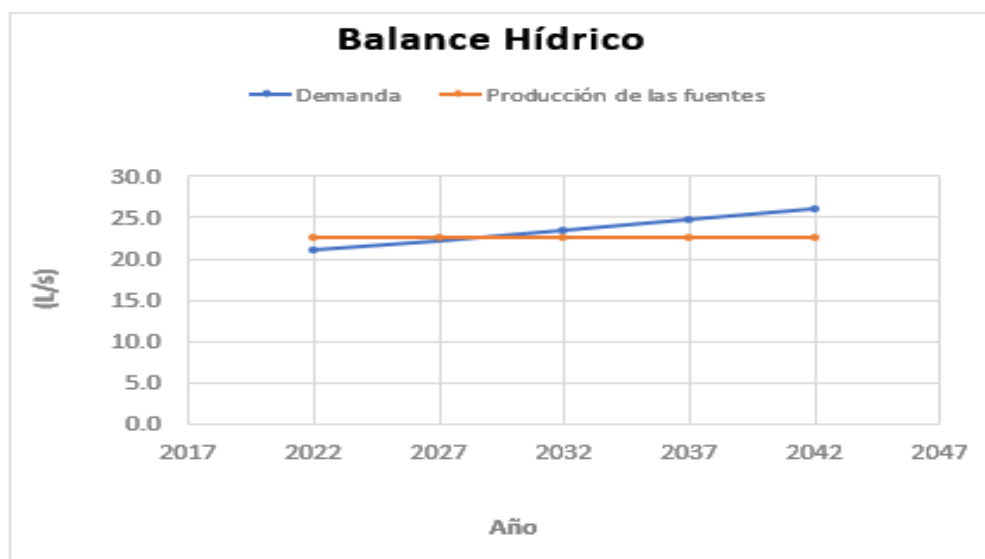
**Figura 32 Interpretación Balance Hídrico**

**Fuente:** Manual Calculadora Balance Hídrico, 2022

**Tabla 12 Resultados Balance Hídrico**

Resultados del Balance Hídrico					
Proyecciones					
Año	Servicios	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balance Hídrico (L/s)	Interpretación
2022	<b>2148</b>	21.07	22.51	1.44	ASADA cuenta con capacidad hídrica
2027	<b>2265</b>	22.21	22.51	0.30	URGENTE: buscar nuevas fuentes
2032	<b>2389</b>	23.43	22.51	-0.92	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
2037	<b>2518</b>	24.70	22.51	-2.19	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
2042	<b>2655</b>	26.03	22.51	-3.52	Desabastecimiento y racionamiento del servicio

*Fuente: Propia, 2022*



**Figura 33 Grafico Balance Hídrico**

*Fuente: Propia, 2022*

De los resultados obtenidos en la Tabla 12, se observa como la ASADA al presente año cuenta con la capacidad hídrica para dotar a la población de agua, la proyección obtenida para dentro de cinco años, indica que la ASADA necesita nuevas fuentes de abastecimiento para poder seguir otorgando nuevos servicios.

Sin embargo, para el año 2032 los resultados son desabastecimiento y racionamiento del agua.

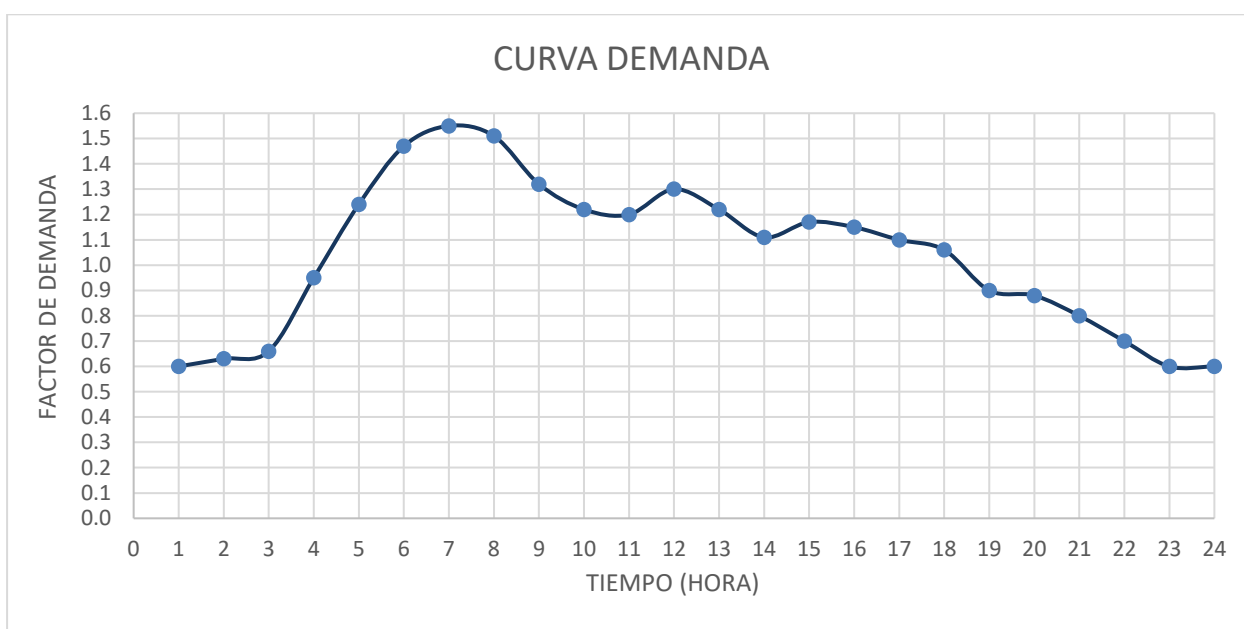
(AyA, MANUAL DE USO DE LA CALCULADORA DE BALANCE HÍDRICO PARA ASADAS (VERSIÓN 1), 2019)



## 5.2. Curva de demanda

Para realizar la curva de demanda, se debe contar con datos de horarios de caudal para todo un año. En este caso la ASADA no cuenta con dicha información, por lo cual se construye la curva asignando valores por cada hora del día, asumiendo los horarios en los que la demanda aumenta.

La forma correcta de obtener la curva de demanda consiste en colocar un medidor registrador de caudal y mantenerlo durante lo largo del año registrando valores de caudal cada hora.



**Figura 34 Gráfico Curva de Demanda**

*Fuente: Diagnostico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejoras, Bejarano 2013*

El gráfico que utilice es una curva de demanda típica, que viene de un documento que se llama Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

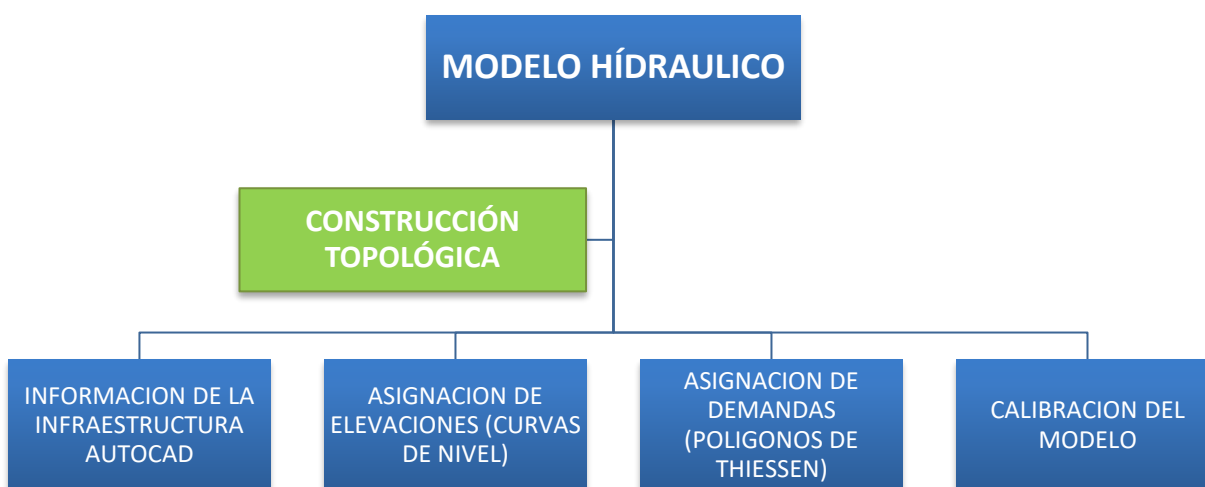
Los valores de demanda en la curva varían según la comunidad y esto depende en su mayoría a las costumbres de los habitantes, siempre habrán horas de mayor consumo y otras de menor. En este caso el distrito de San Gabriel es una población rural, y los valores obtenidos son extremos, debido a que las costumbres de los habitantes son más uniformes. Esta curva de demanda permite modelar picos de alta demanda y las horas nocturnas donde la demanda disminuye.

### 5.3. Modelación

La creación de un modelo hidráulico de redes de distribución de agua potable permite simular el comportamiento del sistema. Para modelar el sistema que comprende la ASADA San Gabriel se utilizó el software de modelación WaterGEMS V8i.

En este caso en el modelo se simulan los elementos como: tramos de tuberías, nodos de consumo, tanques de almacenamientos, tanques quiebra gradientes y reservorios. Para que los resultados obtenidos en el modelo sean confiables, se debe de tener conocimiento de lo siguiente:

- Planos de red de distribución que indiquen tipo de material y sus dimensiones.
- Curvas de nivel de la zona de estudio
- Dimensiones de los tanques y capacidad de almacenamiento
- Distribución de la demanda
- Variación horaria de la demanda



**Figura 35 Fases de Construcción del Modelo Hidráulico**

*Fuente: Propia, 2022*

Como antes se mencionó, para que los resultados del modelo sean precisos se necesita información actualizada y lo más real del comportamiento en el que se encuentra el sistema de la ASADA. En este caso hubo varios factores que limitaron la exactitud de los datos para poder

calibrar el modelo y obtener una simulación lo más cercana a la realidad. Se mencionará las principales limitantes que influyeron durante la modelación del sistema:

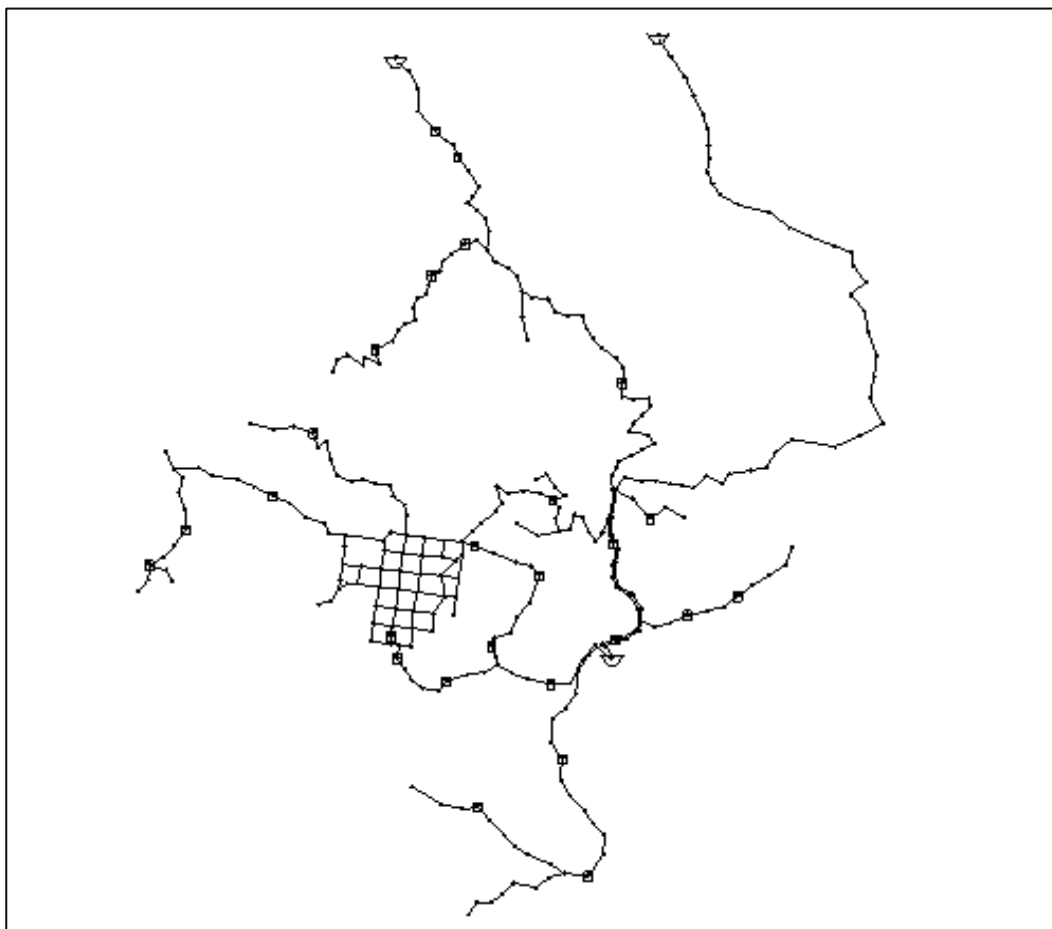
- La construcción del modelo se basa en los planos de la red de distribución que suministro la ASADA San Gabriel, sin embargo, este diseño se encuentra desactualizado, provocando que los resultados obtenidos no sean precisos.
- La asignación de la demanda en el modelo se basa en la información de hacinamiento del INEC 2011. En caso de existir cambios en los censos este factor puede cambiar.
- La ASADA no cuenta con datos de macromedición, estos problemas se verán reflejados en los resultados del modelo.

### **5.3.1. Construcción de la infraestructura del modelo**

La construcción de la red de distribución consiste en dibujar los diferentes elementos que componen el sistema. Para realizar la construcción se debe de contar con el levantamiento de la red, en este caso los planos se obtuvieron en formato AutoCAD.

Cuando se dibuja un elemento en el diseño, el programa permite asignar características propias de cada elemento, por ejemplo, en las tuberías se asignan diámetros, características de los materiales y un valor de coeficiente, para este diseño se utilizó Darcy-Weisbach.

Después de dibujar y asignar características de las tuberías, se agregan elementos como: Reservorios; Planta Tarbaca, Planta las Brisas y Captación Río Tigre, Tanques de almacenamiento y quiebra gradientes.



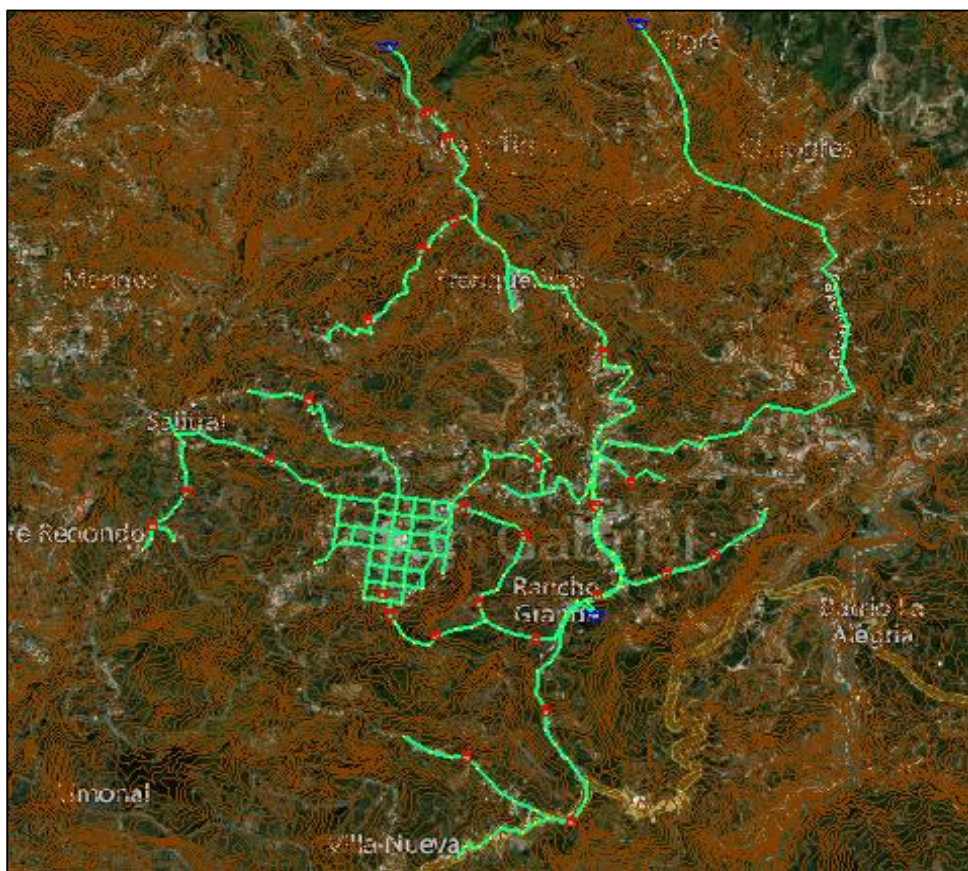
**Figura 36 Red de Distribución**

*Fuente: Propia, 2022*

### **5.3.2. Asignación de elevaciones**

Para asignar el valor de elevación a todos los nodos, tanques y reservorios, se utilizaron curvas de nivel, suministradas por AyA, la precisión de las elevaciones es de  $\pm 5\text{m}$  según el Programa de Regularización y Catastro.

Una vez que se tienen las curvas de nivel, se utiliza una herramienta llamada TRex, esta herramienta asigna las elevaciones de manera automática. Es importante comparar las elevaciones asignadas por el programa con datos obtenidos en campo, esto con el fin de asegurarse que la información sea la correcta.



**Figura 37** *Curvas de nivel*

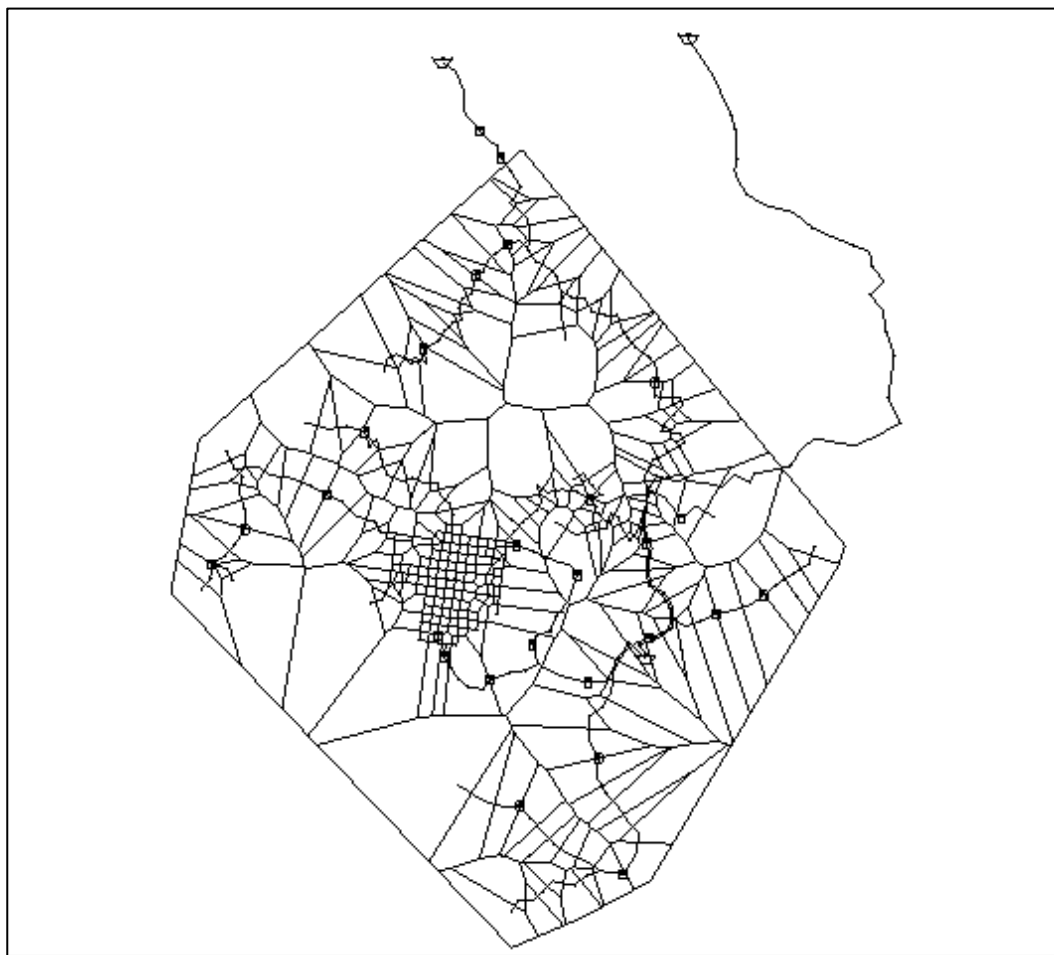
*Fuente: Propia, 2022*

### 5.3.3. Asignación de la demanda

Esta fase consiste en asignar la demanda de agua a los nodos, únicamente a las líneas de distribución, los nodos que forman parte de la línea de conducción no deben de tener valor de demanda.

Para la ASADA San Gabriel se utilizó un método de asignación llamado método de Distribución Proporcional al Área, para poder utilizar este método es necesario asignar un valor de caudal promedio. Este cálculo permite distribuir el caudal promedio diario del sistema por el porcentaje de consumo por lo que las zonas con mayor consumo presentaran mayor caudal y las de menor consumo caudales más bajos.

Por otra parte, se debe definir las áreas de servicio de cada nodo. Para delimitar áreas de servicios en WaterGEMS se generan polígonos de Thiessen, con una herramienta que lo construye de manera automática. Estos polígonos se crean al unir todos los nodos mediante rectas y luego se traza segmentos de unión.



***Figura 38 Polígonos de Thiessen***

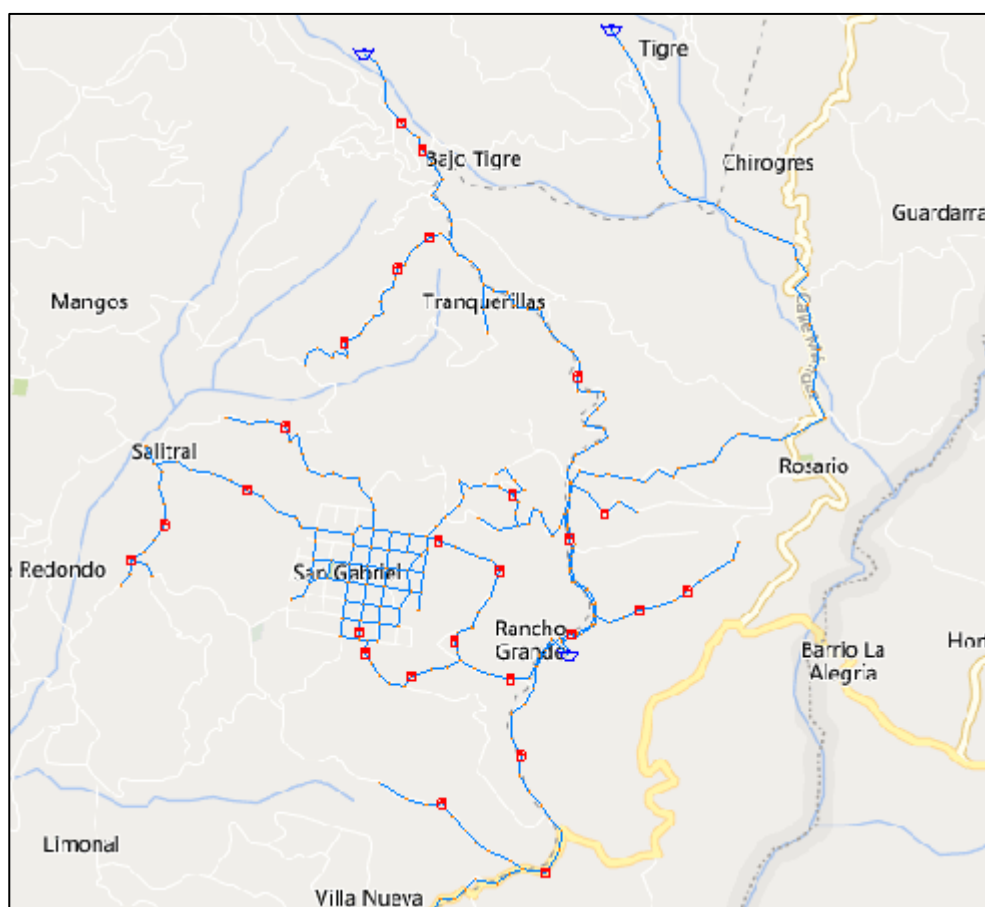
*Fuente: Propia, 2022*

Para completar la asignación de demandas se de generar un patrón de consumo por horario. Para el diseño se asignó la Curva de demanda ver Figura 34.

### 5.3.4. Calibración del modelo

El significado de calibrar el modelo consta de hacer cambios o ajustes, con el objetivo de tener un comportamiento más acertado del sistema. La calibración es muy importante ya que esto permite una mejor interpretación y toma de decisiones en cuanto a diseño se trata.

La calibración se hace generando un comportamiento hidráulico general del modelo y se corroboran ciertos sectores donde se presentan altas o bajas presiones con el operador.



**Figura 39 Modelo WaterGEMS**

*Fuente: Propia, 2022*

### 5.3.5. Resultados del modelo

Cuando el proceso de calibración del modelo finalizó y se logra obtener un ajuste bastante representativo de la situación actual del sistema. Se calcula el comportamiento y se muestran los resultados obtenidos.

#### 5.3.5.1. Características de las tuberías

Debido a lo extenso de sistema de distribución se analizará una tubería según su diámetro, en las cuales se pueden determinar diferentes características que poseen.

*Tabla 13 Características de las tuberías*

Características Generales de las Tuberías	
Longitud total de la red (m)	28944
Diametro Mínimo (mm)	38
Diametro Máximo (mm)	250
Diametro Promedio (mm)	100

*Fuente: Propia, 2022*



**Tabla 14 Tuberías**

Tubería	Longitud (m)	Nodo Inicial	Nodo Final	Diámetro (mm)	Material	C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
P-506	51	J-483	J-484	50.0	PVC	150.0	0.168	0.09
P-669	77	J-645	TANQUE Q	63.0	PVC	150.0	0.000	0.00
P-771	108	J-748	J-749	75.0	PVC	150.0	16.482	3.73
P-538	98	J-515	J-516	100.0	PVC	150.0	22.858	2.91
P-862	104	J-812	J-813	150.0	PVC	150.0	12.24	0.69
P-873	121	PLANTA	J-816	200.0	PVC	150.0	10.000	0.32
P-875	109	RÍO TIGRE	J-536	250.0	PVC	150.0	10.27	0.21

*Fuente: Propia, 2022*

Como se observa en la tabla anterior, las características presentes en las tuberías varían dependiendo de su diámetro y tipo de conexión, por ejemplo, la tubería P-669 que está conectada a un Tanque Quebra Gradiente, obtienen valores de caudal y velocidad 0 ya que una vez que el agua ingresa a estos Tanques mata su presión.

### 5.3.5.2. Características de los nodos

En cuanto a los nodos se hará una descripción general de las características generales que se presentan en los nodos.

**Tabla 15 Características Generales en los Nodos**

Características Generales en los Nodos		
Elevaciones en los Nodos (m)		
Mínima	Máxima	Promedio
1,153.07	1,649.64	1,445.05
Presiones en los Nodos (m H2O)		
Mínima	Máxima	Promedio
1.43	258	48.37
Demandas en los Nodos (L/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.009	0.562	0.062

*Fuente: Propia, 2022*

La demanda total en los nodos es de 16.751 L/s.

Al igual que con las características de las tuberías, solo se mostrarán los resultados de una parte, ya que en su totalidad son muchos nodos en el sistema. La tabla completa se agregará en anexos.

**Tabla 16 Características de los nodos**

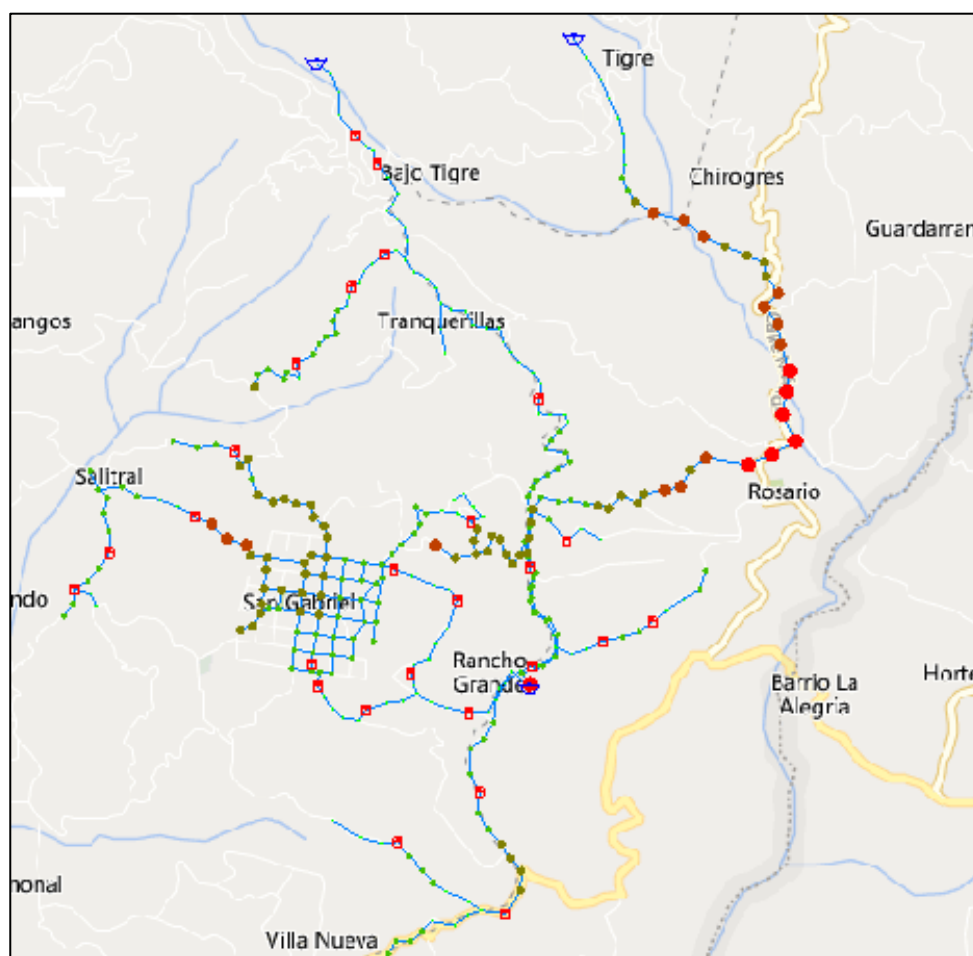
Nodo	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Presión (m H2O)
J-576	1,425.16	0.223	20.41
J-723	1,399.75	0.205	2.8
J-741	1,297.12	0.139	48.7
J-732	1,338.29	0.133	21.48
J-717	1,360.63	0.132	38.21
J-794	1,550.00	0.127	7.66
J-670	1,370.00	0.123	23.89
J-509	1,528.16	0.097	3.58
J-627	1,395.20	0.088	11.66
J-649	1,241.69	0.086	69.82
J-598	1,365.21	0.085	53.2
J-575	1,432.11	0.085	13.52
J-517	1,488.04	0.079	6.98
J-722	1,404.72	0.072	-2.11
J-749	1,230.00	0.072	8.95
J-751	1,206.99	0.07	14.64
J-721	1,400.00	0.07	2.68
J-703	1,445.05	0.065	9.65
J-571	1,460.00	0.063	9.54
J-777	1,339.66	0.062	25.53
J-767	1,197.54	0.062	4.13
J-578	1,445.90	0.062	11.65
J-776	1,359.64	0.061	10.07
J-522	1,461.34	0.061	13.14
J-724	1,387.73	0.06	14.8
J-756	1,153.07	0.058	60.44

*Fuente: Propia, 2022*

### 5.3.5.3. Presiones

Las presiones en el sistema que corresponden a la red de conducción de la captación Río Tigre a la Planta las Brisas no varían ya que en este tramo no hay consumo de agua, solo viaja el agua cruda hasta la planta potabilizadora.

Para comenzar se simula el modelo en horas de la madrugada, con fin de observar el comportamiento de las presiones durante ese tiempo. Exactamente la hora en que se encuentran son las 2:00 a.m.

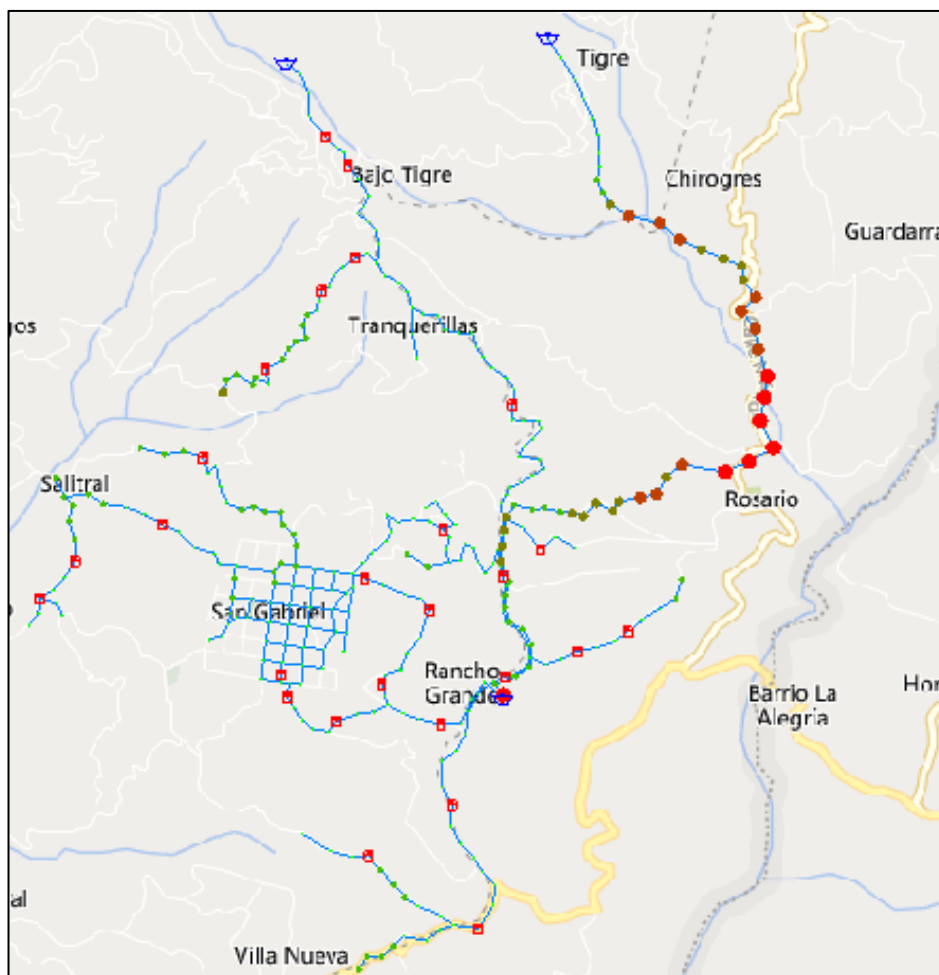


**Figura 40 Distribución de Presiones en la Red**

*Fuente: Propia, 2022*

Como se observa en la figura anterior, el comportamiento en las presiones de las tuberías aumenta cuando la demanda es mínima. Por el horario en que fue simulado, se puede interpretar que durante las horas de la madrugada la mayoría de la población se encuentra descansando por lo que el uso del agua es casi nulo.

Seguidamente se simula el modelo en horas donde la demanda de agua aumenta, para comprender el comportamiento en el sistema de distribución.



**Figura 41 Distribución de Presiones en la Red**

*Fuente: Propia, 2022*

A diferencia de la proyección anterior se puede observar como las presiones en horarios de alta demanda las presiones en las tuberías disminuyen significativamente. El horario utilizado para este análisis fue 12:00 medio día, ya que a esta hora el consumo en la población se incrementa debido a actividades como: preparación de almuerzos, actividad en los comercios entre otros.

Como se comentó al inicio las presiones en el sistema de conducción las presiones se mantienen, esto debido a que el valor de demanda es 0.

#### 5.3.5.4. Demandas

Los valores obtenidos de demanda varían según horarios de consumo, y según el tipo de tuberías. Para las tuberías que son únicamente de conducción el valor siempre será 0 y esto se debe a que no hay usuarios conectados a la línea de conducción ver figura 42.



**Figura 42 Demandas en Líneas de Conducción**

*Fuente: Propia, 2022*

Este tramo comprende desde la captación, al desarenador, para luego llegar hasta la Planta las Brisas en donde es potabilizada para luego almacenar en los tanques que distribuyen agua a las comunidades de la San Gabriel, la Trinidad y una parte de la Fila.

Seguidamente para tener una idea más clara del comportamiento del sistema de abastecimiento de la ASADA San Gabriel, se analizan las demandas en horarios donde el consumo varían, ambos análisis se realizarán en el mismo sector.



**Figura 43 Demandas en Líneas de Distribución**

Fuente: Propia, 2022

Como se observa en las figuras anteriores, la demanda en los nodos varía dependiendo del horario, la demanda en un acueducto nunca es constante, ni a lo largo del día, ni la semana, ni al año.

Existen periodos en que la demanda es muy alta, otros lapsos del día son intermedia, y por lo general en las noches se tienen valores de demanda mínimos. Algunos de los factores que influyen en la demanda son:

- Clima
- Ubicación geográfica
- Calidad del agua
- Presión de servicio
- Condiciones socioeconómicas
- Gestión de sistema

**Tabla 17 Resumen Demandas**

<b>Resumen de Demanda</b>				
<b>Periodo de Alta Demanda (6:00a.m-12: 00m.d)</b>				
Presión Máx (m H2O)	Presión Min (m H2O)	Velocidad (m/s)	Demanda Máx (L/s)	Demanda Min (L/s)
82.37	14.33	1.97	0.115	0.046
<b>Periodo de Baja Demanda (7:00p.m-3: 00a.m)</b>				
Presión Máx (m H2O)	Presión Min (m H2O)	Velocidad (m/s)	Demanda Máx (L/s)	Demanda Min (L/s)
121.52	44.04	2.25	0.041	0.016

*Fuente: Propia, 2022*

Como se observa en la tabla anterior el comportamiento de las presiones varían significativamente en horas donde la demanda es baja.

## **CAPÍTULO VI**



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Se logró obtener la información necesaria para determinar a través de variables la situación actual en la que se encuentra la ASADA San Gabriel de Aserrí, con esta herramienta se obtuvieron datos para evaluar aspectos de funcionamiento dentro de la ASADA.

La herramienta que se utilizó para obtener estos resultados es una calculadora de Balance Hídrico para ASADAS que en conjunto con AyA y otras entidades tiene el objetivo de reconocer si hay agua disponible para nuevos servicios.

Esta metodología genera un horizonte en el tiempo de la capacidad que tiene la ASADA de abastecer la población que aumenta, tomando en cuenta la producción actual.

Se detallan los procedimientos para el cálculo de demanda, población y nuevos servicios con la finalidad de establecer la capacidad hídrica para un estudio de análisis de los próximos 10 años.

A partir de visitas realizadas en campo se logró evaluar el estado de la infraestructura que comprende el sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA San Gabriel, con el fin de analizar si cumplen los requerimientos, normativas de diseño y óptimo funcionamiento en la conducción, almacenamiento y distribución de agua potable en las comunidades que se ven beneficiadas.

Se construyó un diseño de modelo hidráulico para el sistema de abastecimiento de la ASADA San Gabriel de Aserrí utilizando el software WaterGEMS. Este modelo simula el comportamiento de operación del sistema. El modelo permite analizar dependiendo del horario el comportamiento de las presiones en las tuberías y también las demandas.

Se realizaron proyecciones de población para el distrito de San Gabriel de Aserrí. A partir de estos resultados, se estimó que la población abastecida por la ASADA para el año 2032 será de 8503 personas aproximadamente.

Actualmente el sistema operativo de la ASADA presenta problemas de presiones altas en el sistema de conducción y presiones bajas en algunos puntos de distribución. Para solucionar los problemas que se presentan actualmente, deben llevarse a cabo cambios en las tuberías e implementación de válvulas reguladoras de presión.

## 6.2. Recomendaciones

Se le recomienda a la Junta Administradora de la ASADA San Gabriel de Aserrí, lo siguientes diagnósticos actuales y a futuro del sistema.

Se recomienda utilizar el Manual de Reglamento de Normas Técnicas y Procedimientos para el Mantenimiento Preventivo de los Sistemas de Abastecimiento de Agua del programa sello de calidad sanitaria de AyA, para todos los componentes del sistema.

### 6.2.1. Fuentes de abastecimiento

Se recomienda investigar como realizan la disposición de aguas residuales en las viviendas que se ubican en el rango de la zona de protección de las nacientes, con la finalidad de evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

Realizar aforos más regulares, de ser posible semanales y llevar bitácoras de los registros de producción de las fuentes de abastecimiento.

Debido a la demanda hídrica proyectada contra la capacidad, se debe buscar posibles fuentes de abastecimiento que se puedan añadir al acueducto, con el fin de evitar desabastecimiento y racionamiento en la ASADA San Gabriel en un futuro.

### 6.2.2. Red de conducción y distribución

El sistema del acueducto está conformado por muchos tanques quiebra gradiente, los cuales limitan el óptimo funcionamiento de distribución, por esta razón se recomienda sustituir estas estructuras por válvulas reguladoras de presión se adjuntará una tabla con precios aproximados de las válvulas.

*Tabla 18 Precios Válvulas reductoras de presión*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	UNITARIO	Valor actual (con IVA 13%)
Válvula reductora de presión HD DN100 PN16 B-B	und	¢1,845,474	¢ 2,399,116
Válvula reductora de presión HD DN150 C150 B-B	und	¢3,443,940	¢ 4,477,122

*Fuente: Propia, 2022*

Realizar una revisión de las válvulas reguladoras de aire, las cuales en su mayoría ya cumplieron su vida útil de funcionamiento.

Sustituir tuberías inferiores a los 50mm, ya que estas tuberías son antiguas y en su mayoría no cumplen con las normas establecidas por AyA.

Mejorar las condiciones del tanque quiebra gradiente ubicado en las coordenadas geográficas: Latitud 9.8034548, Longitud -84.1032054, esto debido a que se evidencian fugas en el sistema.

### **6.2.3. Almacenamiento**

Se recomienda mantener frecuentemente labores de mantenimiento en los tanques de almacenamiento.

Asegurarse que todos los tanques se encuentren debidamente asegurados, para evitar que terceros tengan acceso al agua que se encuentra almacenada.

Implementar un parámetro de control de seguridad, para evitar accidentes de operarios.

Mantener niveles altos de desinfección debido a la pérdida de cloro residual y llevar bitácora de los niveles de cloro en los tanques.

### **6.2.4. Plantas potabilizadoras y desinfección**

Revisar continuamente el sistema de operación de las plantas potabilizadoras de agua.

Capacitar a los operarios encargados de manejar la desinfección, de modo que garantice que la calidad de agua se encuentre dentro de los rangos establecidos por Ley.

Se recomienda llevar bitácora de todas las maniobras operativas, características del agua cruda, los resultados al final de la potabilización.

### **6.2.5. Sistema**

Instalar equipos de macromedición principalmente en los tanques de mayor tamaño y los que se encuentren más cercanos a la red de distribución, que permitan llevar un control adecuado del comportamiento de la curva de demanda.

Realizar una evaluación financiera de la ASADA para priorizar los proyectos de equipamiento e instrumentación.

Hacer sustitución de redes en los sectores de altas presiones en donde se evidencien más fugas.

Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.

Es necesario inculcar a los usuarios a mantener un correcto uso del recurso hídrico.

Para futuros análisis de golpes de ariete se recomienda realizarse los cálculos con la fórmula de Michaud o Nikolái Zhukovski.

Por último, se recomienda estudiar las propuestas de mejora tomar en cuenta los resultados obtenidos de balance hídrico, con el fin de implementar futuros cambios que permitan optimizar el funcionamiento de agua potable en la ASADA San Gabriel de Aserri.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantarillados, I. C. (2017). Norma Técnica para diseño y construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y saneamiento Pluvial. *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Recuperado el 25 de 03 de 2022
- ArandaCampos. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. Recuperado el 20 de 03 de 2022, de Procesos del Ciclo Hidrológico:  
<https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3331>
- ASADAS. (05 de 02 de 2022). *Federación de ASADAS Aserrí*. Obtenido de ASADA San Gabriel de Aserrí: <http://www.asadasaserri.com/Asadas/Sangabriel.html>
- Aserrí, M. d. (07 de 02 de 2022). *Municipalidad de Aserrí*. Obtenido de Municipalidad de Aserrí:  
<https://aserri.go.cr/>
- Astorga, Y. (2016-2017). *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Recuperado el 08 de 02 de 2022, de Memoria Institucional:  
[https://www.aya.go.cr/transparenciaInst/rendicion\\_cuentas/Informes%20anuales/Memoria%20Institucional%20AyA%202016-2017.pdf](https://www.aya.go.cr/transparenciaInst/rendicion_cuentas/Informes%20anuales/Memoria%20Institucional%20AyA%202016-2017.pdf)
- AyA. (22 de setiembre de 2017). *Normas de Diseño*. Recuperado el 25 de 03 de 2022, de <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>
- AyA. (Mayo de 2019). *MANUAL DE USO DE LA CALCULADORA DE BALANCE HÍDRICO PARA ASADAS (VERSIÓN 1)*. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20Calculadora%20Balance%20Hidrico.pdf>
- Cuadrado. (2021). LAS ASADAS: UN ANÁLISIS JURÍDICO-PRÁCTICO DE SU NATURALEZA Y SUS. *Revista IUS Doctrina, 01-05*, Vol. 14 n. Recuperado el 11 de 02 de 2022
- García, J. (30 de 08 de 2013). *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Recuperado el 11 de 02 de 2022, de Federaciones de ASADAS Aserrí:  
<http://www.asadasaserri.com/Documentos.html>
- Monge, P. y. (2013). *Instituto Nacional de Aprendizaje*. Recuperado el 06 de 02 de 2022, de Reseña histórica de la creación de las ASADAS: [https://www.inapдите.ac.cr/pluginfile.php/14862/mod\\_resource/content/4/Version\\_Final/historia.html](https://www.inapдите.ac.cr/pluginfile.php/14862/mod_resource/content/4/Version_Final/historia.html)

- Mora. (02 de 2020). *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Recuperado el 02 de 2020, de Agua Para Uso y Consumo Humano y Saneamiento en Costa Rica al 2019 Brechas y Desafíos al 2023:  
[https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Informe%20cobertura%20agua%20potable%](https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Informe%20cobertura%20agua%20potable%202020.pdf)
- Mora, R. (07 de 12 de 2011). *Universidad de Costa Rica*. Recuperado el 06 de 02 de 2022, de Manejo de Recurso Hidrico: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2011/12/07/analizan-el-manejo-del-recurso-hidrico-en-costa-rica.html>
- Rica, U. N. (Abril de 2018). *Sistemas de información geográfica y modelado hidráulico de redes de abastecimiento de agua potable: estudios de caso en la provincia de Guanacaste, Costa Rica*. Recuperado el 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/4517/451760313011/html/>
- Torres-Degró, A. (2011). tasas de crecimiento poblacional. *CIDE digital*, vol.2 No.1. Recuperado el 24 de 03 de 2022
- Vargas, B. (09 de 2019). *Plan de Infraestructura y Gestión Integrada de Agua para región Pacífico Norte*. Recuperado el 2022 de 02 de 06, de <https://da.go.cr/wpcontent/uploads/2019/02/Documento-base-del-Plan-de-Gesti%C3%B3n-e-Infraestructurade-los-Recursos-H%C3%ADdricos-Pac%C3%ADfico-Norte-2020-2030.pdf>

## **ANEXOS**

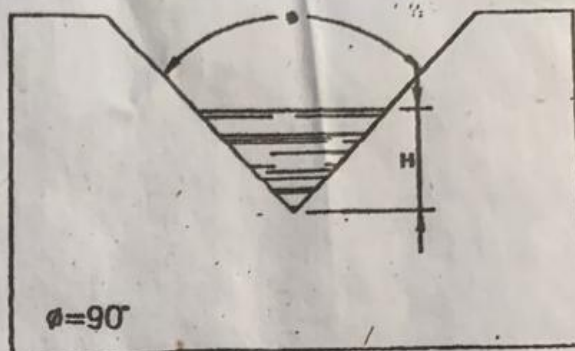
**Anexo 1. Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241**

Diam. Nom.	Diámetro Promedio Externo	Espesor mínimo de pared (mm) (Tolerancia positiva equivalente al 6% del espesor mínimo)					
		(mm)	SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR17
12	21,34 $\pm$ 0,10	...	...	...	...	...	1,57 $\pm$ 0,09
18	26,67 $\pm$ 0,10	...	...	...	1,52 $\pm$ 0,09	1,57 $\pm$ 0,09	1,98 $\pm$ 0,12
25	33,40 $\pm$ 0,13	...	...	1,52 $\pm$ 0,09	1,60 $\pm$ 0,10	1,96 $\pm$ 0,12	2,46 $\pm$ 0,15
31	42,16 $\pm$ 0,13	1,18 $\pm$ 0,07	1,52 $\pm$ 0,09	1,63 $\pm$ 0,10	2,01 $\pm$ 0,12	2,49 $\pm$ 0,15	3,12 $\pm$ 0,19
38	48,26 $\pm$ 0,15	1,18 $\pm$ 0,07	1,52 $\pm$ 0,09	1,85 $\pm$ 0,11	2,29 $\pm$ 0,14	2,84 $\pm$ 0,17	3,58 $\pm$ 0,21
50	60,32 $\pm$ 0,15	1,47 $\pm$ 0,09	1,85 $\pm$ 0,11	2,31 $\pm$ 0,14	2,87 $\pm$ 0,17	3,56 $\pm$ 0,21	4,47 $\pm$ 0,27
62	73,02 $\pm$ 0,18	1,78 $\pm$ 0,11	2,24 $\pm$ 0,13	2,79 $\pm$ 0,17	3,48 $\pm$ 0,21	4,29 $\pm$ 0,26	5,41 $\pm$ 0,32
75	88,90 $\pm$ 0,20	2,16 $\pm$ 0,13	2,74 $\pm$ 0,16	3,43 $\pm$ 0,21	4,24 $\pm$ 0,25	5,23 $\pm$ 0,31	6,58 $\pm$ 0,39
100	114,30 $\pm$ 0,23	2,79 $\pm$ 0,17	3,51 $\pm$ 0,21	4,39 $\pm$ 0,26	5,44 $\pm$ 0,33	6,73 $\pm$ 0,40	8,46 $\pm$ 0,51
150	168,28 $\pm$ 0,28	4,11 $\pm$ 0,25	5,18 $\pm$ 0,31	6,48 $\pm$ 0,39	8,03 $\pm$ 0,48	9,91 $\pm$ 0,59	12,47 $\pm$ 0,75
200	219,08 $\pm$ 0,38	5,33 $\pm$ 0,32	6,73 $\pm$ 0,40	8,43 $\pm$ 0,51	10,41 $\pm$ 0,62	12,90 $\pm$ 0,77	...
250	273,05 $\pm$ 0,38	6,65 $\pm$ 0,40	8,41 $\pm$ 0,50	10,49 $\pm$ 0,63	12,98 $\pm$ 0,78	16,05 $\pm$ 0,96	...
300	323,85 $\pm$ 0,38	7,90 $\pm$ 0,47	9,96 $\pm$ 0,60	12,45 $\pm$ 0,75	15,39 $\pm$ 0,92	19,05 $\pm$ 1,14	...
375	388,62 $\pm$ 0,41	9,47 $\pm$ 0,57	11,96 $\pm$ 0,72	14,94 $\pm$ 0,90	18,49 $\pm$ 1,11	...	...
450	457,20 $\pm$ 0,48	11,15 $\pm$ 0,67	14,07 $\pm$ 0,84	17,58 $\pm$ 1,05	21,77 $\pm$ 1,31	26,90 $\pm$ 1,61	...

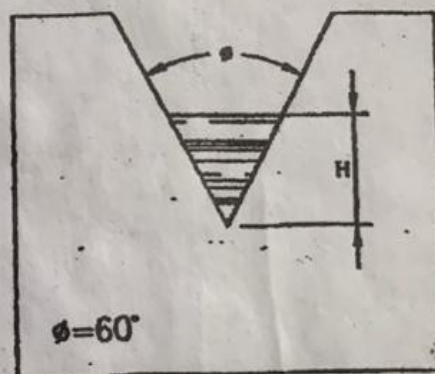


Anexo 2. Tabla Vertederos Triangulares

TABLA DE AFOROS PARA VERTEDEROS TRIANGULARES		
h/en cms	Q(l/s)θ=90°	Q(l/s)θ=60°
1	0.01	0.01
2	0.08	0.05
3	0.22	0.13
4	0.45	0.26
5	0.76	0.46
6	1.23	0.72
7	1.81	1.06
8	2.53	1.48
9	3.40	2.00
10	4.43	2.59
11	5.62	3.29
12	6.98	4.09
13	8.53	5.00
14	10.27	6.01
15	13.00	7.15
16	14.34	8.40
17	16.68	9.77
18	19.24	11.27
19	22.03	12.90
20	25.04	14.67
21	28.29	16.57
22	31.78	18.62
23	35.52	20.80
24	39.50	23.13
25	43.75	25.63
26	48.26	28.62
27	53.03	31.06
28	58.08	34.02
29	63.40	37.14
30	69.01	40.42



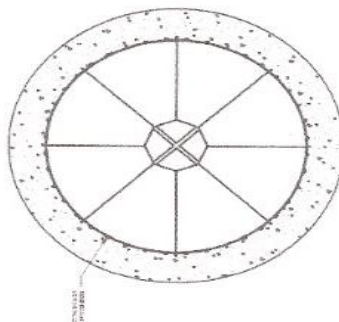
$$Q=0.014 H^{5/2}$$



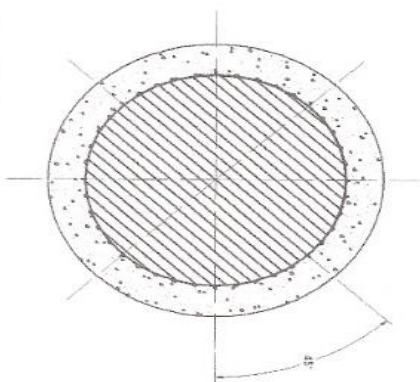
$$Q=0.0082 H^{5/2}$$

VERTEDEROS TRIANGULARES

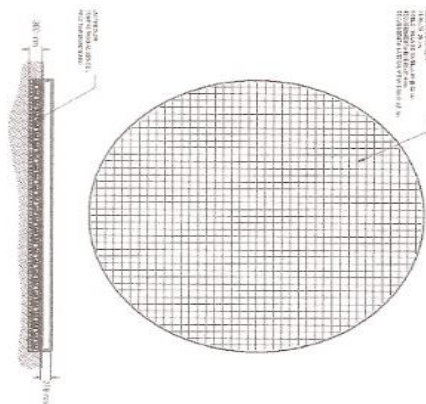
### Anexo 3. Planos Tanque de Almacenamiento 100m<sup>3</sup>



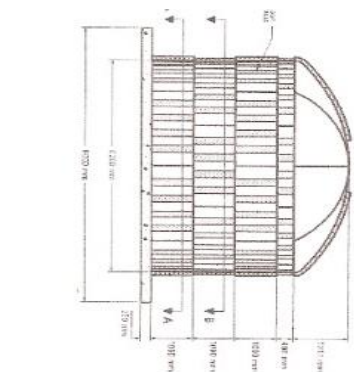
VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1:50



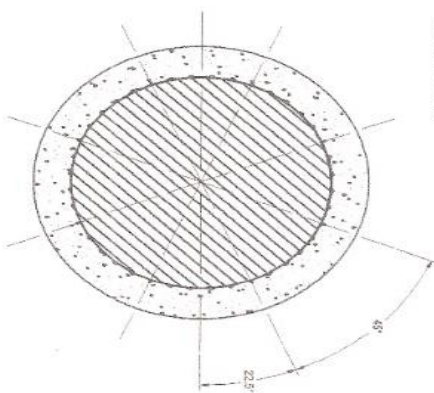
SECCION A-A  
ESCALA 1:50



DETALLE DE LOSA DE FUNDACION  
ESCALA 1:50



VISTA FRONTAL  
ESCALA 1:50



SECCION B-B  
ESCALA 1:50

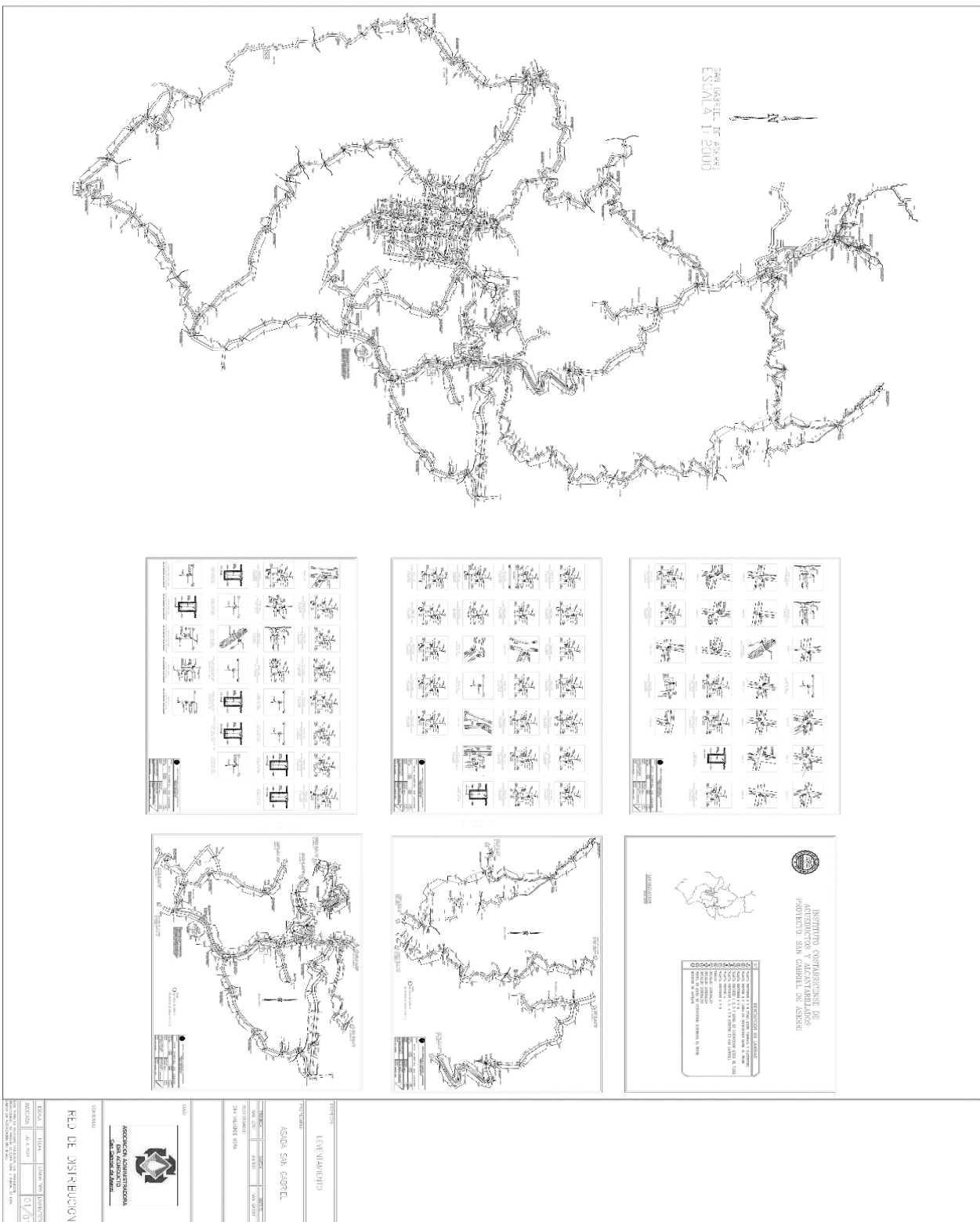


DETALLE DE RIGIDIZADOR  
ESCALA 1:5

- Volumen = 100 m<sup>3</sup>
- Resinas aprobadas por FDA
- Acabado interno aprobado por FDA para agua potable
- Diámetro interno: 6,20 m
- Altura interna sin patentes: 3,40 m
- Resquebrajo tipo sifón de 2"
- Entrada tubería de 80 cm
- Material: PPV
- Diseño cumple con norma ASTM D 4097 J
- con el Código Sísmico de Costa Rica 2010
- Los espesores de cada elemento de PPV se determinan según el diseño estructural

PROYECTO	TRONCAL 2019	FECHA	10/04/2019
CLIENTE	COMISIÓN DE ASISTENTE SOCIAL	ESCALA	1:50
PROYECTANTE	ING. DIEGO RAMÍREZ	PROYECTANTE	ING. DIEGO RAMÍREZ
REVISOR	ING. DIEGO RAMÍREZ	REVISOR	ING. DIEGO RAMÍREZ
APROBADO	ING. DIEGO RAMÍREZ	APROBADO	ING. DIEGO RAMÍREZ

### Anexo 4. Levantamiento Red de Distribución San Gabriel de Aserrí



Anexo 5. Tabla de Tubería

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1004	J-462	1,606.97	0.000	1,627.04	20.03
1006	J-463	1,596.72	0.000	1,626.92	30.14
1132	J-523	1,471.99	0.000	1,548.85	76.71
1134	J-524	1,479.76	0.000	1,548.87	68.97
1136	J-525	1,472.55	0.000	1,548.88	76.17
1138	J-526	1,462.71	0.000	1,548.90	86.01
1140	J-527	1,455.88	0.000	1,548.91	92.84
1142	J-528	1,449.93	0.000	1,548.92	98.79
1144	J-529	1,434.34	0.000	1,548.93	114.36
1146	J-530	1,422.94	0.000	1,548.95	125.76
1160	J-536	1,523.11	0.000	1,549.58	26.42
1162	J-537	1,533.60	0.000	1,549.56	15.92
1164	J-538	1,540.94	0.000	1,549.54	8.58
1166	J-539	1,528.84	0.000	1,549.52	20.64
1168	J-540	1,536.75	0.000	1,549.51	12.73
1170	J-541	1,523.55	0.000	1,549.49	25.88
1172	J-542	1,525.94	0.000	1,549.48	23.48
1174	J-543	1,505.37	0.000	1,549.46	44.01
1176	J-544	1,483.69	0.000	1,549.45	65.63
1178	J-545	1,455.99	0.000	1,549.44	93.26
1180	J-546	1,403.76	0.000	1,549.42	145.37
1182	J-547	1,380.00	0.000	1,549.39	169.05
1184	J-548	1,394.85	0.000	1,549.37	154.20
1186	J-549	1,409.05	0.000	1,549.35	140.01
1188	J-550	1,437.20	0.000	1,549.32	111.90
1190	J-551	1,446.90	0.000	1,549.31	102.20
1192	J-552	1,408.00	0.000	1,549.29	141.01
1194	J-553	1,378.76	0.000	1,549.27	170.17
1196	J-554	1,356.95	0.000	1,549.26	191.92
1198	J-555	1,353.06	0.000	1,549.24	195.78
1200	J-556	1,366.91	0.000	1,549.22	181.94
1202	J-557	1,336.09	0.000	1,549.19	212.67
1204	J-558	1,318.19	0.000	1,549.17	230.51

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1202	J-557	1,336.09	0.000	1,549.19	212.67
1204	J-558	1,318.19	0.000	1,549.17	230.51
1206	J-559	1,290.00	0.000	1,549.15	258.63
1214	J-563	1,311.39	0.000	1,549.12	237.26
1216	J-564	1,322.81	0.000	1,549.10	225.83
1218	J-565	1,342.62	0.000	1,549.07	206.03
1220	J-566	1,411.37	0.000	1,548.96	137.31
1222	J-567	1,399.03	0.000	1,548.98	149.65
1224	J-568	1,400.83	0.000	1,549.00	147.87
1226	J-569	1,405.52	0.000	1,549.01	143.21
1228	J-570	1,363.53	0.000	1,549.03	185.13
1233	J-572	1,459.20	0.000	1,473.48	14.25
1244	J-577	1,450.67	0.000	1,468.77	18.07
1248	J-579	1,454.80	0.000	1,468.77	13.94
1311	J-608	1,484.55	0.000	1,446.47	-38.00
1313	J-609	1,475.29	0.000	1,446.47	-28.76
1315	J-610	1,470.00	0.000	1,446.47	-23.48
1337	J-620	1,464.68	0.000	1,446.47	-18.17
1341	J-622	1,449.14	0.000	1,406.48	-42.58
1343	J-623	1,444.14	0.000	1,406.48	-37.58
1346	J-624	1,437.80	0.000	1,406.48	-31.25
1348	J-625	1,428.51	0.000	1,406.48	-21.98
1352	J-627	1,395.20	0.000	1,395.20	0.00
1354	J-628	1,372.95	0.000	1,372.95	0.00
1356	J-629	1,358.32	0.000	1,358.32	0.00
1733	J-798	1,460.00	0.000	1,548.84	88.66
1735	J-799	1,460.00	0.000	1,548.83	88.65
1737	J-800	1,453.06	0.000	1,548.81	95.56
1739	J-801	1,451.90	0.000	1,548.80	96.70
1741	J-802	1,462.56	0.000	1,548.78	86.05
1743	J-803	1,461.97	0.000	1,548.77	86.62
1745	J-804	1,467.04	0.000	1,548.76	81.55
1747	J-805	1,471.56	0.000	1,548.74	77.03

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1749	J-806	1,480.00	0.000	1,548.73	68.59
1751	J-807	1,482.07	0.000	1,548.71	66.51
1753	J-808	1,495.41	0.000	1,548.69	53.18
1755	J-809	1,504.46	0.000	1,548.68	44.12
1757	J-810	1,514.55	0.000	1,548.66	34.04
1773	J-812	1,649.64	0.000	1,670.67	20.99
1775	J-813	1,640.00	0.000	1,670.37	30.31
1777	J-814	1,647.12	0.000	1,670.04	22.87
1803	J-816	1,514.26	0.000	1,528.49	14.19
1805	J-817	1,514.77	0.000	1,528.43	13.63
1807	J-818	1,506.57	0.000	1,528.36	21.75
1016	J-467	1,567.20	0.003	1,542.21	-24.94
1020	J-469	1,560.00	0.005	1,542.21	-17.75
1637	J-764	1,187.65	0.006	1,200.49	12.81
1446	J-671	1,423.77	0.009	1,442.49	18.69
1056	J-486	1,455.09	0.009	1,514.57	59.36
1066	J-491	1,390.02	0.009	1,426.50	36.41
1013	J-466	1,573.94	0.009	1,542.21	-31.66
1026	J-472	1,567.19	0.010	1,542.21	-24.93
1267	J-588	1,496.08	0.011	1,511.71	15.60
1081	J-498	1,558.75	0.011	1,542.20	-16.51
1024	J-471	1,566.88	0.011	1,542.21	-24.62
1623	J-757	1,172.64	0.011	1,224.36	51.61
1022	J-470	1,563.69	0.011	1,542.21	-21.43
1265	J-587	1,487.44	0.012	1,511.60	24.11
1032	J-475	1,547.15	0.012	1,542.36	-4.78
1641	J-765	1,166.38	0.014	1,200.56	34.11
1454	J-675	1,401.54	0.014	1,442.49	40.87
1112	J-513	1,504.84	0.017	1,517.28	12.41
1077	J-496	1,564.14	0.017	1,542.21	-21.89
1448	J-672	1,424.53	0.018	1,442.49	17.93
1633	J-762	1,168.86	0.018	1,200.57	31.65
1030	J-474	1,566.48	0.018	1,542.21	-24.23

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H <sub>2</sub> O)
1452	J-674	1,408.84	0.018	1,442.49	33.58
1087	J-501	1,549.63	0.018	1,542.20	-7.41
1592	J-742	1,297.35	0.019	1,352.27	54.81
1089	J-502	1,554.60	0.019	1,542.20	-12.37
1106	J-510	1,522.02	0.020	1,529.00	6.96
1052	J-484	1,472.58	0.020	1,514.60	41.93
1083	J-499	1,548.11	0.020	1,542.20	-5.89
1416	J-657	1,446.17	0.020	1,479.97	33.73
1319	J-612	1,466.64	0.021	1,446.47	-20.13
1330	J-617	1,394.82	0.021	1,408.55	13.71
1424	J-661	1,432.78	0.021	1,442.49	9.69
1450	J-673	1,416.11	0.022	1,442.49	26.33
1427	J-662	1,430.00	0.022	1,442.49	12.46
1374	J-637	1,293.12	0.023	1,352.28	59.04
1401	J-650	1,503.55	0.023	1,519.26	15.68
1085	J-500	1,546.59	0.024	1,542.20	-4.37
1079	J-497	1,557.51	0.024	1,542.20	-15.28
1586	J-739	1,310.01	0.025	1,352.25	42.16
1326	J-615	1,414.95	0.025	1,427.06	12.09
1429	J-663	1,416.07	0.025	1,442.48	26.36
1091	J-503	1,555.56	0.025	1,542.20	-13.33
1431	J-664	1,405.83	0.026	1,442.47	36.57
1058	J-487	1,451.91	0.026	1,514.57	62.53
1584	J-738	1,315.48	0.027	1,352.28	36.73
1420	J-659	1,451.42	0.027	1,458.72	7.28
1378	J-639	1,294.54	0.027	1,352.22	57.57
1114	J-514	1,498.29	0.028	1,513.48	15.15
1411	J-655	1,460.00	0.029	1,500.90	40.82
1380	J-640	1,298.39	0.031	1,352.21	53.71
1386	J-643	1,314.30	0.031	1,352.17	37.79
1045	J-481	1,506.20	0.031	1,514.68	8.46
1036	J-477	1,532.65	0.031	1,542.50	9.82
1028	J-473	1,566.76	0.032	1,542.21	-24.50

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1108	J-511	1,516.63	0.032	1,524.04	7.40
1302	J-604	1,514.51	0.033	1,515.94	1.43
1304	J-605	1,506.09	0.034	1,517.78	11.67
1124	J-519	1,478.06	0.034	1,492.16	14.07
1041	J-479	1,520.90	0.034	1,542.50	21.55
1382	J-641	1,295.42	0.034	1,352.19	56.66
1562	J-726	1,338.41	0.035	1,352.63	14.19
1418	J-658	1,440.02	0.035	1,470.03	29.95
1122	J-518	1,483.85	0.036	1,496.04	12.16
1291	J-599	1,504.75	0.036	1,511.87	7.10
1269	J-589	1,488.72	0.036	1,508.08	19.32
1068	J-492	1,379.09	0.036	1,426.49	47.30
1011	J-465	1,579.65	0.037	1,542.21	-37.36
1287	J-597	1,383.48	0.038	1,419.07	35.51
1370	J-635	1,289.39	0.039	1,352.37	62.86
1600	J-746	1,257.97	0.039	1,352.22	94.07
1403	J-651	1,502.40	0.039	1,520.56	18.12
1414	J-656	1,451.42	0.040	1,489.25	37.76
1541	J-716	1,366.89	0.040	1,392.39	25.46
1018	J-468	1,562.45	0.040	1,542.21	-20.19
1047	J-482	1,496.30	0.040	1,514.65	18.31
1545	J-718	1,357.43	0.041	1,386.37	28.88
1594	J-743	1,278.90	0.041	1,352.30	73.26
1384	J-642	1,309.88	0.041	1,352.18	42.21
1263	J-586	1,483.12	0.041	1,511.60	28.42
1433	J-665	1,400.55	0.041	1,442.47	41.84
1328	J-616	1,406.32	0.042	1,418.33	11.98
1631	J-761	1,166.22	0.043	1,200.57	34.28
1118	J-516	1,490.00	0.043	1,503.83	13.80
1568	J-729	1,347.75	0.044	1,352.47	4.71
1128	J-521	1,469.87	0.044	1,485.88	15.98
1039	J-478	1,525.55	0.044	1,542.50	16.91
1643	J-766	1,160.00	0.045	1,200.56	40.48



ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1050	J-483	1,481.60	0.046	1,514.62	32.95
1295	J-601	1,513.07	0.047	1,512.99	-0.08
1390	J-645	1,306.32	0.048	1,352.16	45.75
1573	J-733	1,349.74	0.048	1,353.00	3.25
1097	J-506	1,545.98	0.049	1,542.20	-3.77
1093	J-504	1,553.34	0.049	1,542.20	-11.12
1530	J-711	1,416.62	0.050	1,427.81	11.16
1409	J-654	1,467.71	0.050	1,512.00	44.20
1060	J-488	1,446.37	0.051	1,514.57	68.06
1323	J-614	1,425.45	0.051	1,438.33	12.86
1532	J-712	1,408.33	0.051	1,414.73	6.39
1070	J-493	1,353.70	0.053	1,426.46	72.61
1074	J-495	1,335.40	0.053	1,426.45	90.86
1619	J-755	1,162.61	0.054	1,224.36	61.63
1259	J-584	1,471.04	0.055	1,511.59	40.47
1576	J-734	1,329.28	0.057	1,352.63	23.30
1588	J-740	1,307.98	0.059	1,351.89	43.82
1458	J-677	1,383.63	0.059	1,442.49	58.74
1596	J-744	1,274.62	0.060	1,352.27	77.50
1625	J-758	1,175.10	0.060	1,224.36	49.15
1547	J-719	1,346.81	0.061	1,379.81	32.93
1099	J-507	1,544.66	0.062	1,542.20	-2.46
1435	J-666	1,394.08	0.062	1,442.46	48.28
1615	J-753	1,182.36	0.062	1,224.40	41.95
1627	J-759	1,175.88	0.064	1,224.35	48.37
1255	J-582	1,463.10	0.064	1,511.59	48.39
1334	J-619	1,357.81	0.066	1,353.00	-4.81
1110	J-512	1,511.93	0.067	1,521.49	9.54
1715	J-792	1,284.23	0.067	1,352.37	68.01
1372	J-636	1,292.09	0.068	1,352.32	60.11
1072	J-494	1,340.68	0.068	1,426.45	85.60
1721	J-793	1,550.00	0.071	1,542.04	-7.95
1691	J-786	1,318.67	0.071	1,352.46	33.72

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s) ▲	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
1252	J-581	1,462.28	0.124	1,511.59	49.21
1681	J-782	1,334.24	0.127	1,352.47	18.20
1698	J-788	1,322.52	0.127	1,352.48	29.90
1376	J-638	1,291.40	0.127	1,352.25	60.72
1528	J-710	1,387.40	0.128	1,442.78	55.27
1526	J-709	1,401.45	0.128	1,442.78	41.25
1283	J-595	1,411.03	0.129	1,419.22	8.17
1116	J-515	1,495.56	0.131	1,510.08	14.49
1366	J-633	1,312.58	0.133	1,352.49	39.83
1564	J-727	1,346.53	0.138	1,352.49	5.95
1364	J-632	1,330.07	0.140	1,352.62	22.51
1235	J-573	1,454.22	0.140	1,478.69	24.42
1064	J-490	1,406.35	0.141	1,426.54	20.14
1621	J-756	1,153.07	0.147	1,224.34	71.12
1557	J-724	1,387.73	0.152	1,402.52	14.76
1130	J-522	1,461.34	0.154	1,482.88	21.49
1667	J-776	1,359.64	0.154	1,352.68	-6.94
1246	J-578	1,445.90	0.155	1,464.47	18.53
1645	J-767	1,197.54	0.156	1,200.42	2.88
1669	J-777	1,339.66	0.157	1,352.56	12.88
1231	J-571	1,460.00	0.160	1,478.71	18.67
1514	J-703	1,445.05	0.165	1,461.18	16.11
1551	J-721	1,400.00	0.176	1,403.13	3.12
1610	J-751	1,206.99	0.176	1,224.47	17.45
1606	J-749	1,230.00	0.182	1,352.20	121.95
1553	J-722	1,404.72	0.182	1,402.79	-1.93
1120	J-517	1,488.04	0.200	1,500.45	12.38
1239	J-575	1,432.11	0.213	1,446.13	13.99
1289	J-598	1,365.21	0.214	1,419.02	53.70
1399	J-649	1,241.69	0.216	1,312.24	70.41
1103	J-509	1,528.16	0.243	1,532.62	4.45
1444	J-670	1,370.00	0.311	1,394.38	24.33
1723	J-794	1,550.00	0.319	1,541.93	-8.06

