

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

VICERECTORÍA DE DOCENCIA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de  
Ingeniería Agrícola como requisito parcial para optar al grado de Licenciado en  
Ingeniería Agrícola

Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un  
acueducto por gravedad en las comunidades de San Isidro de Tierra Grande,  
Isletas y Colinas, Guácimo, Limón

Jonathan Sanabria Pérez

Cartago 2017

Propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un  
acueducto por gravedad en las comunidades de San Isidro de Tierra Grande,  
Isletas y Colinas, Guácimo, Limón

Jonathan Sanabria Pérez

Informe de Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de  
Ingeniería Agrícola como requisito parcial para optar al grado de Licenciado en  
Ingeniería Agrícola

---

Milton Solórzano Quintana

Asesor

---

Marvin Villalobos Araya

Director Escuela

Ingeniería Agrícola

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

CARTAGO, COSTA RICA

2017



## **Dedicatoria**

*El sólo hecho de existir es un regalo por el cual debemos dar gracias día a día, por lo cual no agradecer a Dios por este maravilloso obsequio sería injusto.*

*A toda mi familia le quiero dedicar este proyecto, ya que a lo largo de toda mi vida han estado ahí, para apoyarme en todas las etapas de la vida y los retos que han surgido a lo largo de los años.*

*A ella que durante una buena parte de mi vida me ha alentado a seguir, en los momentos más difíciles y los de mayor felicidad, a esa persona también le dedico este triunfo.*

## **Agradecimientos**

*Nuevamente Dios y mi familia son los causantes de que hoy culminé esta etapa, por lo cual no agradecer sería más que egoísta.*

*A ella también debo agradecerle por su apoyo incondicional.*

*A todos mis profesores también hoy les agradezco por haberme formado en el profesional del cual me siento orgulloso ser, de todos aprendí grandes cosas y valores.*

*A todos mis compañeros de carrera, con los cuales compartí un sin número de experiencias. El tenerlos al lado hizo más ameno alcanzar el objetivo de convertirnos en profesionales.*

*Al Ingeniero Eric Orozco Barreda y demás personas, ya que por su ayuda logré desarrollar dicho proyecto.*

## Índice general

1 RESUMEN.....	xii
2 ABSTRACT.....	xiv
3 INTRODUCCIÓN .....	1
3.1 Objetivo General .....	4
3.1.1 Objetivos específicos.....	4
4 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Generalidades .....	6
4.2 Componentes básicos de un acueducto .....	8
4.2.1 Fuente de abastecimiento .....	8
4.2.2 Obras de captación .....	8
4.2.3 Tratamiento de aguas .....	9
4.2.4 Almacenamiento.....	11
4.2.5 Transporte de agua .....	15
4.3 Período de diseño .....	16
4.4 Población de diseño.....	17
4.4.1 Crecimiento geométrico .....	19
4.4.2 Crecimiento logarítmico.....	20
4.5 Consumo de agua .....	21
4.5.1 Consumo neto.....	21
4.5.2 Consumo bruto .....	21
4.5.3 Demanda por hogar .....	23
4.5.4 Caudal promedio diario .....	23

4.5.5 Caudal máximo diario .....	24
4.5.6 Caudal máximo horario .....	24
4.5.7 Caudal de incendio .....	25
4.5.8 Caudal de diseño .....	25
4.6 WaterCad.....	26
4.7 Método del gradiente hidráulico.....	27
4.8 Diseño de obras .....	29
4.8.1 Toma.....	29
4.8.2 Tuberías .....	35
4.8.3 Válvulas.....	36
4.8.4 Tanque de almacenamiento .....	44
4.8.5 Tanque quiebragradiante .....	46
5 METODOLOGÍA .....	49
5.1 Fase 1.....	53
5.1.1 Visita inicial .....	53
5.1.2 Recopilación de informes técnicos realizados .....	54
5.1.3 Topografía .....	54
5.1.4 Determinación de la cantidad de pajas actuales .....	55
5.2 Fase 2.....	55
5.2.1 Determinación de la cantidad de pajas domiciliarias .....	55
5.2.2 Cálculo de la población futura .....	56
5.3 Fase 3.....	56
5.3.1 Dotaciones brutas .....	56
5.3.2 Caudal de diseño .....	57

5.4 Fase 4.....	57
5.4.1 Digitalización del sistema .....	57
5.4.2 Asignación de demandas .....	58
5.4.3 Diseño hidráulico .....	59
5.5 Fase 5.....	60
5.5.1 Análisis de resultados y trazo de la red .....	60
5.5.2 Implementación del sistema de desinfección .....	64
5.5.3 Estimación de costos .....	65
5.5.4 Análisis de impacto ambiental .....	65
5.5.5 Análisis de impacto social.....	65
6 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	66
6.1 Diagnóstico de la situación actual .....	68
6.2 Población de diseño.....	70
6.3 Consumo de agua .....	71
6.4 Modelación hidráulica.....	72
6.4.1 Diseño hidráulico .....	73
6.5 Propuesta final.....	77
6.5.1 Análisis en período extendido .....	77
6.5.2 Condición de incendio.....	82
6.5.3 Condición futura.....	84
6.5.4 Implementación del sistema de desinfección .....	92
6.6 Estimación de costos .....	92
6.7 Análisis de impacto ambiental .....	96
6.8 Análisis de impacto social.....	99

7 CONCLUSIONES .....	111
8 RECOMENDACIONES .....	114
9 BIBLIOGRAFÍA.....	116
10 ANEXOS.....	119
10.1 Mapa de ubicación del proyecto.....	120
10.2 Detalles 1 .....	121
10.3 Detalles 2.....	122
10.4 Perfil Longitudinal .....	123
10.5 Plano de trazo de la red .....	124
10.6 Datos de primera opción de diseño .....	125
10.6.1 Velocidades calculadas en todos los nodos.....	125
10.6.1 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer sin colocar válvulas reguladoras de presión.....	127
10.6.2 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión.....	129
10.6.3 Velocidades calculadas en todos los nodos a abastecer en condición de incendio .....	131
10.6.4 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión en condición de incendio.....	132
10.7 Resultados y datos de segunda opción de diseño .....	134
10.7.1 Velocidades calculadas en todos los nodos.....	143
10.7.2 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer sin colocar válvulas reguladoras de presión.....	145
10.7.3 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión.....	147

10.7.5 Velocidades calculadas en todos los nodos a abastecer en condición de incendio .....	149
10.7.6 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión en condición de incendio.....	151
10.8 Presupuesto.....	153
10.8.1 Toma naciente .....	153
10.8.2 Tubería de conducción .....	154
10.8.3 Tanque de almacenamiento .....	155
10.8.4 Sistema de desinfección .....	156
10.8.5 Tanque quiebragradiante .....	157
10.8.6 Válvula reguladora de presión.....	158
10.8.7 Hidrante .....	159
10.8.8 Acometida domiciliar .....	160
10.8.9 Tubería de conducción de 100 milímetros (4 pulgadas) .....	161
10.8.10 Tubería de conducción de 75 milímetros (3 pulgadas) .....	162
10.9 Impacto ambiental .....	163
10.9.1 Caracterización del proyecto .....	163
10.10 Impacto social .....	164
10.10.1 Entrevista realizada .....	164

## Índice de cuadros

Cuadro 4.1 Niveles residuales de cloro permitidos en la red .....	10
Cuadro 4.2 Volumen de almacenamiento contra incendios según cantidad de habitantes	13
Cuadro 4.3 Datos de censos nacionales para distrito de Guácimo .....	17
Cuadro 4.4 Datos recolectados del censo a los poblados San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas.....	18
Cuadro 4.5 Consumos brutos según ubicación de la población .....	22
Cuadro 4.6 Especificaciones tanque quiebragradiante según Jesús Berti .....	47
Cuadro 5.1 Dotaciones según edificación .....	58
Cuadro 5.2 Parámetros utilizados para condición futura del acueducto, primera alternativa.....	62
Cuadro 5.3 Parámetros utilizados para condición futura del acueducto, segunda alternativa .....	63
Cuadro 6.1 Resultados poblacionales según método de proyección.....	70
Cuadro 6.2 Detalle de caudales obtenidos.....	71
Cuadro 6.3 Caudal de diseño para la captación y tubería de conducción .....	73
Cuadro 6.4 Datos utilizados para dimensionamiento de tanque de almacenamiento .....	75
Cuadro 6.5 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) .....	78
Cuadro 6.6 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) .....	79
Cuadro 6.7 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión .....	81
Cuadro 6.8 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) en condición de incendio .....	83
Cuadro 6.9 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión en condición de incendio .....	84

Cuadro 6.10 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas), condición futura .....	87
Cuadro 6.11 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición futura .....	88
Cuadro 6.12 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas), condición de incendio y condición futura.....	91
Cuadro 6.13 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición de incendio y condición futura .....	91
Cuadro 6.14 Costos calculados según opción de diseño elegida .....	93
Cuadro 6.15 Costos de operación y mantenimiento estimados para ambas opciones de diseño .....	94
Cuadro 6.16 Comparación entre tarifa cobrada actual y la mínima a recaudar .....	95
Cuadro 6.17 Resultados generados a partir del análisis económico.....	96
Cuadro 6.18 Acciones susceptibles a generar impactos en el proceso constructivo y de funcionamiento del acueducto.....	97
Cuadro 6.19 Medidas determinadas para el manejo de impactos ambientales generados .	98
Cuadro 10.1 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) Segunda opción de diseño .....	139
Cuadro 10.2 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) Segunda opción de diseño .....	140
Cuadro 10.3 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión Segunda opción de diseño .....	140
Cuadro 10.4 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) en condición de incendio Segunda opción de diseño .....	140
Cuadro 10.5 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión en condición de incendio Segunda opción de diseño .....	141
Cuadro 10.6 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas), condición futura Segunda opción de diseño .....	141

Cuadro 10.7 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición futura Segunda opción de diseño .....	141
Cuadro 10.8 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas), condición de incendio y condición futura Segunda opción de diseño.....	142
Cuadro 10.9 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición de incendio y condición futura Segunda opción de diseño .....	142

## Índice de figuras

Figura 4.1 Curva de variación horaria típica de Costa Rica.....	12
Figura 4.2 Volumen total de abastecimiento de un tanque de almacenamiento .....	14
Figura 4.3 Diseño de una captación para un manantial de ladera y concentrado.....	30
Figura 4.4 Diseño de una captación para un manantial de fondo y concentrado .....	31
Figura 4.5 Válvula de compuerta .....	37
Figura 4.6 Válvula de globo .....	38
Figura 4.7 Válvula de paso.....	39
Figura 4.8 Válvula con flotador .....	40
Figura 4.9 Válvulas para control de aire .....	41
Figura 4.10 Válvula reguladora de presión .....	43
Figura 4.11 Esquema de típico de una derivación para válvula de limpieza .....	44
Figura 4.12 Curva integral para tanque de almacenamiento por gravedad .....	45
Figura 4.13 Vista en planta tanque quiebragradiante .....	47
Figura 4.14 Vista lateral de tanque quiebragradiante.....	48
Figura 5.1 Fases del proyecto.....	50
Figura 5.2 Actividades de la fase 1 .....	51
Figura 5.3 Actividades de la fase 2 .....	51
Figura 5.4 Actividades de la fase 3 .....	52
Figura 5.5 Actividades de la fase 4 .....	52
Figura 5.6 Actividades de la fase 6 .....	53
Figura 5.7 Ubicación de los hidrantes dentro del modelo.....	61
Figura 5.8 Clorador artesanal empleado en ASADA de Potrero Cerrado.....	64
Figura 6.1 Comparación de levantamientos topográficos realizados.....	69
Figura 6.2 Red dibujada con herramienta ModelBuilder .....	72
Figura 6.3 Herramientas empleadas para simulación de la toma de captación dentro del modelo.....	74

Figura 6.4 Esquema de colocación de tanque quiebragradiante con derivación dentro del modelo.....	76
Figura 6.5 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m <sup>3</sup> a lo largo de un día típico.....	77
Figura 6.6 Esquema de colocación de una válvula reguladora de presión dentro del modelo.....	81
Figura 6.7 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m <sup>3</sup> frente a condición de incendio.....	82
Figura 6.8 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m <sup>3</sup> para 1era alternativa en la condición futura.....	85
Figura 6.9 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m <sup>3</sup> para 2da alternativa en la condición futura.....	86
Figura 6.10 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m <sup>3</sup> para la 1era alternativa bajo condición futura y de incendio.....	89
Figura 6.11 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m <sup>3</sup> para la 2da alternativa bajo condición futura y de incendio.....	90
Figura 6.12 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto al caudal de agua que llega a la vivienda.....	100
Figura 6.13 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto a la presión de agua a la entrada de la vivienda.....	101
Figura 6.14 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto al mantenimiento de las redes del acueducto.....	102
Figura 6.15 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto a la duración para atender reparaciones.....	103
Figura 6.16 Pregunta N°1 Tarifa establecida por acueducto.....	104
Figura 6.17 Pregunta N°2 Evaluación de los usuarios a la frecuencia en los cortes del servicio de agua potable.....	105
Figura 6.18 Pregunta N°3 Afectación en los usuarios por falta de agua potable.....	106
Figura 6.19 Pregunta N°4 Tipo de labores que se ven afectadas por la falta de agua potable según usuarios.....	106

Figura 6.20 Pregunta N°5 Conocimiento de los usuarios de la problemática actual del acueducto.....	107
Figura 6.21 Pregunta N°6 Conocimiento de personas por parte de los usuarios que han sido incapaces de asentarse en la zona.....	108
Figura 6.22 Pregunta N°7 Estimación de beneficios por parte de los usuarios gracias al nuevo acueducto .....	109
Figura 6.23 Pregunta N°8 Tipo de beneficios estimados por los usuarios.....	109

## **1 RESUMEN**

La propuesta de un sistema de abastecimiento de agua potable para los pueblos de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas ubicados en la provincia de Limón, cantón y distrito de Guácimo; surge a raíz que el acueducto actual ya cumplió su vida útil, por lo cual no logra abastecer a los habitantes ya asentados en la zona, ni tiene capacidad para aumentar el número de usuarios que hacen uso del servicio. Por lo cual se presentó una propuesta con dos opciones de diseño, la primera con un diámetro de 50 milímetros en la tubería de conducción con una longitud de 0,6 km y de 100 milímetros para la distribución con longitud de 11 km; la segunda opción utiliza el mismo diámetro en la conducción y en la distribución uno de 75 milímetros. Ambas alternativas abastecerán a una población actual de 382 habitantes, y se les asignó una vida útil de 20 años, la población al cabo de este plazo se estima que será de 628 habitantes, el caudal a extraer de la naciente es de 2,29 litros por segundo. Para la confección del modelo hidráulico se utilizaron los lineamientos técnicos establecidos por el AyA para el diseño de redes de agua potable y se empleó el software WaterCad para realizar las modelaciones de ambas alternativas.

**Palabras clave:** Abastecimiento, acueducto, ASADA, conducción, distribución

## **2 ABSTRACT**

The proposal of a potable water supply system for the towns of San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, located in the Limón province, Guácimo canton and district, was done due to the current system had completed its life cycle, reason why it does not fulfill the inhabitants' necessities anymore, and it does not have the capacity of increasing the inhabitants amount of usage. That is why there was a proposal with two design options; the first one with 50 mm diameter in the piping and 0,6 km of longitude and 100 mm of distribution and 11 km longitude. The second option, works with the same piping diameter and same longitudes, but it has 75 mm in the distribution diameter. Both options were available for a current population of 382 inhabitants, with a usage of 20 years from now. At this time, the population is going to be around 628 inhabitants and the water flow is going to be 2,29 L per second. To plan these systems and for the design, there were followed the AyA' technical objectives, as well as the WaterCad software to construct both models.

**KEYWORDS:** supply, aqueduct, ASADA, piping, distribution

## **3 INTRODUCCIÓN**

La disponibilidad al agua potable corresponde a un derecho humano, razón por la cual se debe velar por abastecer a cualquier población, independientemente de su tamaño o localización geográfica. Para lograr esto se emplean obras, tanto hidráulicas como de infraestructura, que en conjunto se conocen como acueductos, las cuales tienen por función abastecer a determinada población con el recurso hídrico correctamente tratado, garantizando su potabilidad y con esto el consumo de la población. No obstante, como toda obra, posee una vida útil, en donde se garantiza un funcionamiento eficiente; concluido este período de tiempo existe el riesgo que el crecimiento poblacional sea mayor al que la estructura puede abarcar, ocasionando problemas por cortes del servicio de abastecimiento, al existir una demanda superior a la máxima estipulada según el diseño de la obra.

El cambio climático, que afecta a todo el planeta, varía las condiciones climatológicas de determinada zona, provocando distorsiones sobre las precipitaciones e intensidades, temperaturas, etc. El cambio de todos estos parámetros genera que los acuíferos no logren una recarga adecuada, que se traduce en una disminución del caudal producido por las nacientes o afloramientos.

En los pueblos de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, ubicados en la provincia de Limón, cantón de Guácimo, distrito de Guácimo; los pobladores han empezado a manifestar una problemática que actualmente los aqueja y perjudica. Ésta se debe a que el acueducto con el que cuentan ya cumplió su vida útil y además las nacientes empleadas han reducido su caudal, provocando cortes del servicio de agua potable en las diferentes comunidades. Lo que los vecinos, a opinión de ellos, relacionan con problemas para realizar sus labores diarias, y dentro de estas labores se destacan las domésticas y agropecuarias.

Además años atrás la comunidad de Colinas por problemas de índole social decidió separarse del acueducto principal, que hasta ese momento abastecía los tres poblados. Para crear un nuevo acueducto, el cual no es reconocido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), que solamente suministra agua a este pueblo. Esto generó impactos para ambos bandos, ya que, si inicialmente se tenía un pequeño número de asociados a los que debían proveer de agua potable, al dividirse disminuyeron aún esta cifra, por lo cual las tarifas cobradas no permiten que cualquiera de las dos Asociaciones Administradoras de los Sistemas de

Acueductos y Alcantarillados Comunes (ASADAS) sean sostenibles, al no generar utilidades suficientes que les permitan cubrir una falla o inversión en el acueducto.

Los habitantes de los pueblos de San Isidro de Tierra Grande e Isletas han manifestado la problemática de abastecimiento sufrida, en diferentes instituciones gubernamentales, inclusive en el AyA. Sin embargo hasta la fecha se han realizado informes técnicos que indicaban la disponibilidad de una naciente, pero no se ha presentado una opción de diseño para la construcción e implementación de un nuevo acueducto, el cual abastezca nuevamente a las tres comunidades de forma eficiente y brindando un servicio de calidad. Mientras tanto los cortes del servicio se siguen presentando y se han negado estudios solicitados para la aprobación por parte de la ASADA, en donde se indique que existe disponibilidad de agua para la incorporación de nuevos usuarios que desean asentarse.

Con base a lo presentado anteriormente se busca presentar una propuesta de diseño para el abastecimiento de agua potable, mediante el diseño de un acueducto por gravedad en las comunidades de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, el cual cumpla con todos los criterios de diseño que el AyA establece.

### **3.1 Objetivo General**

Realizar una propuesta para el abastecimiento de agua potable mediante el diseño de un acueducto por gravedad en las comunidades de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, Guácimo, Limón.

#### **3.1.1 Objetivos específicos**

a. Realizar el diseño hidráulico del acueducto siguiendo los lineamientos técnicos establecidos por el AyA para garantizar el funcionamiento eficiente y seguro de la obra, considerando el futuro crecimiento de los habitantes de la región.

b. Proponer un sistema de desinfección de agua potable, debidamente calibrado a las necesidades del acueducto, para garantizar la potabilidad del agua servida a los usuarios.

c. Determinar la viabilidad financiera del proyecto en función de los beneficios que la población obtendría de su implementación.

d. Determinar las posibles afectaciones sociales y ambientales que acarrearía la implementación del proyecto.

## **4 REVISIÓN DE LITERATURA**

## 4.1 Generalidades

El abastecimiento de agua potable ya sea para consumo u otro fin, ha sido un aspecto importantísimo en el desarrollo de las diferentes poblaciones, que a lo largo de la historia han conformado a la humanidad. A la fecha se considera un derecho humano fundamental, razón por la cual, mediante la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento. Reafirmando que son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. (Naciones Unidas, 2010)

Todos los grupos poblacionales que han vivido en el planeta han basado su desarrollo y supervivencia en el agua, específicamente el agua dulce, asentándose a las orillas de ríos. Poblaciones más avanzadas aparte de los usos ya mencionados, también la emplearon en riego y como medio de comunicación, ejemplo de ello son las ciudades de Mesopotamia y Egipto. Sin embargo, la más sobresaliente fue Roma, que llegó a ser conocida como la Civilización del Agua, por la alta tecnología, en ese entonces, en obras de captación, conducción y distribución, lo que más adelante se conocería como acueductos. (Frontino, 1985)

Un acueducto es toda aquella obra destinada al transporte de agua entre dos o más puntos. Esta incluye tanto al medio físico a través del cual el fluido será transportado (tuberías, canales, etc.) como todas las obras adicionales necesarias para lograr un funcionamiento adecuado de la instalación (Estaciones de bombeo, válvulas de todo tipo, compuertas, reservas, transmisión de energía, etc.). (Pérez & Pérez, 2005)

Dentro de las finalidades que un acueducto persigue se destacan:

- a. Potabilizar el agua y mantener su calidad hasta la entrega al usuario.
- b. Suministrar agua en los sitios requeridos, en cantidad y presión suficientes en forma permanente.
- c. Contribuir al bienestar de la población, presentando un buen servicio a un costo razonable.

(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1999)

Fundamentalmente existen dos tipos de acueducto, a presión o por gravedad. La diferencia entre uno y otro radica en cómo se obtiene la energía para lograr hacer fluir el agua, en el primer caso la energía la aporta una bomba que logra impulsar el líquido cuando la población está a un nivel más alto que la toma de captación. Por el contrario, los acueductos que trabajan por gravedad utilizan la diferencia de altura positiva que existe. (Barahona, 2010)

A su vez, López (2003) menciona que éste por más básico o rudimentario que sea está compuesto por:

- a. Fuente de abastecimiento
- b. Obras de captación
- c. Obras de conducción
- d. Tratamiento del agua
- e. Almacenamiento
- f. Distribución

## **4.2 Componentes básicos de un acueducto**

### **4.2.1 Fuente de abastecimiento**

Las fuentes de abastecimiento se pueden categorizar como superficiales o subterráneas, el uso de una u otra estará condicionada por varios factores, tales como la localización, calidad y cantidad, al hacer referencia propiamente de la fuente. (López, 2003). Por otro lado, el caudal requerido, tamaño de la población y recursos económicos también son aspectos a tomar en cuenta en la elección.

Independientemente de la fuente de abastecimiento que se utilice, se deben tener los estudios correspondientes que permitan conocer la calidad y caudal que ésta puede dar, de no ser así éste último dato debe ser mayor al caudal de diseño del acueducto. (López, 2003)

### **4.2.2 Obras de captación**

Son las estructuras encargadas de realizar la derivación de agua, desde la fuente de abastecimiento hacia el sistema. El tipo de estructura a utilizar en la captación de un acueducto está ligada directamente a la fuente de abastecimiento que se tenga, ya que, en fuentes subterráneas se emplearán pozos mientras que las superficiales se usarán bocatomas. Sea cual sea la obra de captación empleada, éstas se deben colocar bajo condiciones de suelo estable, resistente a la erosión y alejados de fuentes de contaminación. (López, 2003)

Las bocatomas se pueden clasificar en función de la forma en la que estén colocadas en la fuente superficial, la forma en cómo se obtendrá el agua la energía para fluir y el tipo de fuente superficial presentándose:

- a. Bocatomas laterales y de fondo.
- b. Bocatomas por gravedad y bombeo.
- c. Bocatomas para ríos, embalses o lagos.

A su vez, los pozos se categorizan según su forma de construcción:

- a. Pozos excavados, superficiales y de construcción manual.
- b. Pozos barrenados o taladrados, también son superficiales pero de menor diámetro.
- c. Pozos hincados, su construcción se basa en enterrar, mediante impactos de un martinete, una tubería. Alcanzando mayores profundidades a las anteriores.
- d. Pozos perforados, son los de mayor profundidad y los más adecuados para poblaciones mayores o para el sector industrial.

#### **4.2.3 Tratamiento de aguas**

Según López (2003), no siempre se hace necesario el diseño y construcción de una planta de tratamiento; en aguas naturales y que sean de excelente calidad (aguas subterráneas o de manantial), como mínimo se debe dar un proceso de desinfección al agua, que garantice la no existencia de patógenos.

Dentro de los métodos de desinfección se mencionan:

- a. Desinfección por rayos ultravioleta, el agua se hace pasar en capas delgadas por lámparas que irradian estos rayos, la limitación fundamental es la turbiedad del líquido.
- b. Desinfección por ozono, consiste en una elevación de voltaje que, al ocasionar chispas y entrar éstas en contacto con el oxígeno, produce ozono. Es muy efectivo y de gran utilización en Europa.
- c. Desinfección por cloro, corresponde al más económico de los anteriores y para lograr una correcta desinfección el tiempo de contacto entre las dos partes no debe ser menor a 15 minutos.

A su vez, el Reglamento para la calidad del agua potable en Costa Rica establece los valores mostrados en el cuadro 4.1 como parámetros en el proceso de desinfección:

**Cuadro 4.1 Niveles residuales de cloro permitidos en la red**

<b>pH</b>	<b>Cloro <sup>1</sup> residual (mg/l)</b>	<b>Cloro <sup>2</sup> combinado (mg/l)</b>
6,0 – 7,0	0,3	1,0
7,1 – 8,0	0,5	1,5
8,1 – 9,0	0,6	1,8

Fuente: (Poder Ejecutivo de Costa Rica, 2005)

<sup>1</sup> Tiempo de contacto de 20 minutos

<sup>2</sup> Tiempo de contacto de 60 minutos

#### **4.2.3.1 Dosificación del cloro**

El cloro utilizado para la desinfección del agua puede estar en tres estados físicos, siendo estos: gaseoso, líquido o sólido. De ahí que el equipo empleado dependerá del estado en el cual se vaya a realizar la dosificación.

- a. Cloro gaseoso en solución acuosa, el cloro se maneja en cilindros y para su disolución se necesita agua a presión.
- b. Cloro gaseoso, utilizado en instalaciones más pequeñas que las necesarias para el caso anterior, no obstante sigue prevaleciendo el requerimiento de cierta infraestructura y capacitación de los operarios.

- c. Cloro sólido, para acueductos pequeños representa la opción más económica y fácil de implementar. Su presentación se da en dos estados:
  - Hipoclorito de calcio, su presentación puede ser granular, polvo o tabletas.
  - Hipoclorito de sodio, su estado físico es líquido y se encuentra en diferentes concentraciones.

#### **4.2.4 Almacenamiento**

Según López (2003), el consumo de agua por parte de una población no es constante durante todo el día, más bien, presenta variaciones cada hora. En cambio, el suministro de caudal a la red mantiene un comportamiento más constante, razón por la cual se hace necesario diseñar estructuras que compensen o amortigüen dichas variaciones, llamadas tanques de almacenamiento.

Aunque la forma de la sección transversal del tanque no sea un factor restrictivo, los materiales empleados para su construcción sí deben cumplir con ciertas características, algunas de ellas son: ser impermeables y resistentes a la corrosión.

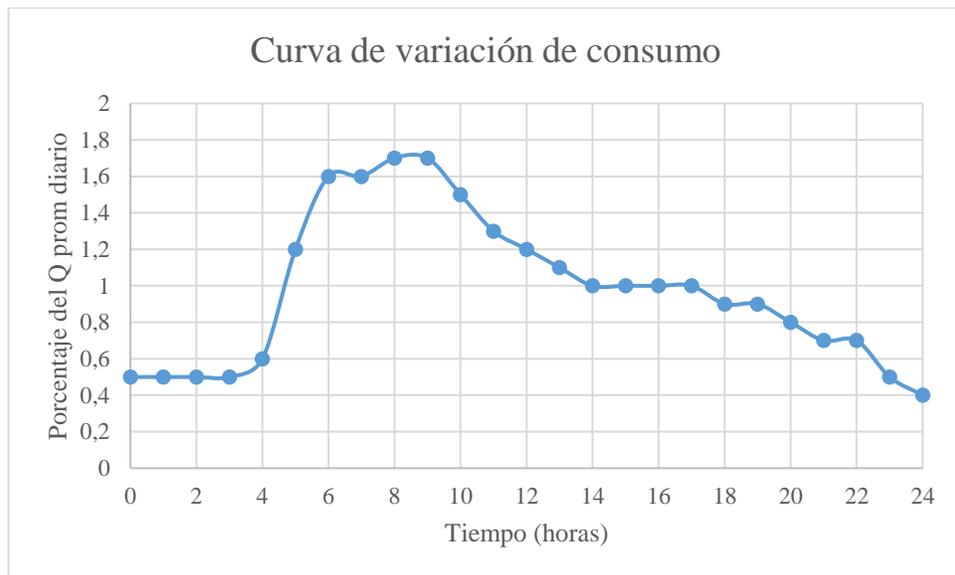
Existen distintas clasificaciones en lo relacionado a tanques de almacenamiento, una de ellas es la disposición de los mismos, siendo elevado, enterrado o semienterrado; y la segunda categorización tiene que ver con la ubicación de la estructura como tal, teniéndose:

- a. Tanque de almacenamiento o distribución, se ubica antes de llegar a la población.
- b. Tanque de compensación, situado en el extremo opuesto de la entrada de la red y es alimentado por la red de distribución cuando la demanda de caudal por parte de la población es muy pequeña, logrando acumular un volumen de agua que es empleado cuando la demanda excede al suministro.

El AyA en su publicación, Normas para el Diseño de Proyectos de abastecimiento de Agua Potable en Costa Rica, establece que el dimensionamiento de un tanque de almacenamiento está regido por tres volúmenes. (AyA, 2001)

#### 4.2.4.1 Volumen de regulación de consumo

Es el requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo. Será determinado para cada caso en particular, utilizando curvas de consumo reales. En caso de no disponer de la información anterior, y si el caudal que alimenta el tanque es constante e igual al caudal promedio requerido, este volumen será el 14% del volumen promedio diario. La figura 4.1 representa una curva de variación horaria de Costa Rica, la misma se utilizará para la simulación del modelo.



**Figura 4.1** Curva de variación horaria típica de Costa Rica

Fuente: (AyA, 2003)

La distribución horaria del consumo en una comunidad depende en gran parte de las costumbres de sus habitantes, pero siempre habrá una hora de mayor demanda y otra de menor. En poblaciones pequeñas estos valores son usualmente más extremos, debido a que las costumbres son más uniformes en sus habitantes. En ciudades más grandes las costumbres son más variadas, por lo que se marca menos la diferencia entre el máximo y mínimo. (Bejarano, 2013)

#### 4.2.4.2 Volumen de incendios

Se refiere al volumen de agua almacenado para el combate de incendios, el mismo está determinado por el tamaño de la población. Así mismo el AyA en su publicación, Normas para el Diseño de Proyectos de abastecimiento de Agua Potable en Costa Rica (2001), establece el caudal en relación a la población, esto se observa en el cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2 Volumen de almacenamiento contra incendios según cantidad de habitantes**

Tamaño de la población (hab)	Caudal de incendio (l/s)	Duración del incendio (h)	Volumen de almacenamiento (m <sup>3</sup> )
5.000-15.000	8	3	90
15.000-30.000	16	3	170
30.000-60.000	24	3	260
60.000-120.000	40	4	580
120.000-200.000	48	4	690
200.000-300.000	64	4	920

Fuente: (AyA, 2001)

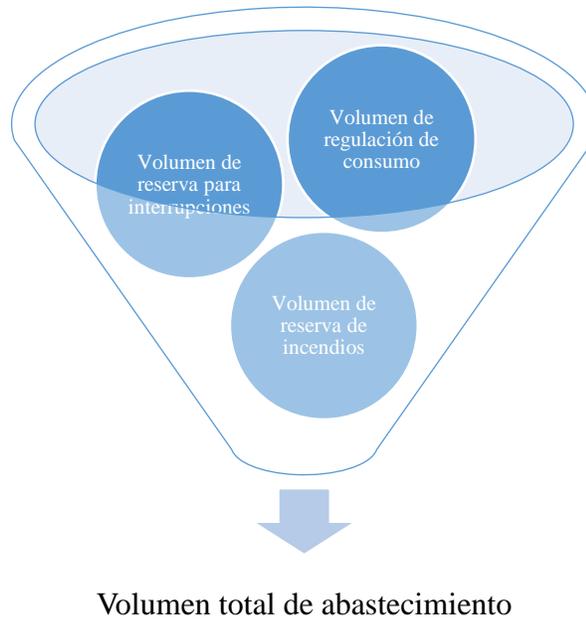
En el caso que el acueducto abastezca una población menor a los 5.000 habitantes (hab), no se considera volumen de incendio, y se acepta que el incendio se atienda con el volumen de regulación.

#### 4.2.4.3 Volumen de reserva para interrupciones

Busca suplir agua en caso de interrupciones, será como mínimo, el volumen que corresponde a un período de cuatro horas del caudal promedio diario.

#### 4.2.4.4 Volumen total de abastecimiento

La suma de los volúmenes anteriormente descritos corresponde al volumen de almacenamiento que el tanque debe proporcionar. La figura 4.2 resume lo mencionado anteriormente.



**Figura 4.2 Volumen total de abastecimiento de un tanque de almacenamiento**

#### 4.2.5 Transporte de agua

Según López (2003) el transporte de agua puede llevarse a cabo a flujo libre o a presión, sin embargo la elección de uno u otro tipo dependerá del tipo de agua y de las condiciones hidráulicas del terreno por el cual se desea conducir.

En Costa Rica se le conoce como conducción a la tubería que comprende el tramo desde la captación o naciente hasta el tanque de almacenamiento y, se le llama distribución a la red en donde el agua se entrega a cada prevista domiciliaria o estructura que así la demande. Dentro de los materiales más utilizados para la fabricación de tuberías se destacan:

- a. Tuberías de gres
- b. Tuberías de concreto
- c. Tuberías de hierro
- d. Tuberías de policloruro de vinilo (PVC)

Es importante mencionar algunos conceptos que se deben tener claros cuando se habla de transporte de agua en un acueducto.

- a. Tuberías: son las encargadas de conducir el agua entre la obra de toma y la reserva final. Según López (2003) constituyen no menos del 60% del costo total de la obra, por lo que es muy importante su estudio profundo si se quiere hacer un buen proyecto.
- b. Diámetro Real: es el valor del diámetro interno de la tubería, sin tomar en cuenta el espesor de las paredes de la misma.
- c. Diámetro Nominal: es el tamaño estandarizado de diámetro para una tubería, es decir, el tamaño comercial de la tubería según lo especifica su fabricante.
- d. Relación de dimensiones estándar (por sus siglas en inglés SDR): es la relación que existe entre el diámetro de una tubería y el espesor que tiene la misma.
- e. Presión de trabajo: es la presión a la que puede estar sometida la tubería sin afectar su correcto funcionamiento en campo.

- f. Golpe de ariete: efecto del choque violento o sobrepresión súbita, producida sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido.
- g. Accesorios: Conjunto de piezas moldeadas que unidas a tubos mediante un proceso determinado forman líneas estructurales de tuberías.
- h. Anclajes: Elemento de concreto u otro material que tiene por función absorber los esfuerzos generados por cambios de dirección horizontal o vertical.
- i. Zanjas: Excavación que se hace en el suelo con la finalidad que la tubería no sufra por cargas inadecuadas, choques o actos de vandalismo.

### **4.3 Período de diseño**

Se define como el mayor tiempo previsto para el cual cada una de las obras que constituyen el acueducto funcione eficientemente. Los factores que intervienen en la selección de un período de diseño según López (2003) son:

- a. Vida útil de las estructuras y equipos, obsolescencia, desgaste.
- b. Ampliaciones futuras.
- c. Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- d. Comportamiento hidráulico de la obra cuando ésta no opere a máxima capacidad.

A su vez, el AyA (2001) establece un valor de 20 a 30 años.

#### 4.4 Población de diseño

Un pueblo o ciudad es un ente dinámico, el cual está sujeto a variaciones en la cantidad de habitantes, ya sea positivo por nacimientos e inmigraciones o negativo por muertes y emigraciones. Lo anterior evidencia la importancia que posee este dato en la determinación del caudal de diseño. (López, 2003)

Como se mencionó anteriormente, un acueducto posee una vida útil, por lo cual es de esperarse que durante el paso del tiempo la población sufrirá cambios en la cantidad de habitantes y la obra debe dar abasto a esta nueva cantidad de personas. Para determinar ese aumento que se puede llegar a tener, es necesario hacer uso de proyecciones poblacionales.

Los censos son la base de cualquier tipo de proyección poblacional, en Costa Rica se tienen datos de los dos elaborados a la fecha, estos corresponden a los años 2000 y 2011. Ambos realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC). Sin embargo, esto no excluye la posibilidad de encontrar información de otras entidades. El cuadro 4.3 muestra los datos de los censos mencionados y en el 4.4 el realizado por la Asociación de desarrollo de la zona.

**Cuadro 4.3 Datos de censos nacionales para distrito de Guácimo**

<b>Año de censo</b>	<b>N hab por distrito</b>	<b>N hab por hogar</b>
2011	18326	3.4
2000	13950	3.9

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo Costa Rica, 2017)

**Cuadro 4.4 Datos recolectados del censo a los poblados San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas**

<b>Año de censo</b>	<b>N hab</b>	<b>N hab por hogar</b>
2017	307	2.94

Fuente: (Asociación de Desarrollo Inter comunal de Colinas, Isleta y San Isidro de Tierra Grande de la Cuenca alta del Río Parismina, 2017)

De lo expuesto en ambos cuadros se puede observar que la cantidad de habitantes que residen en un hogar es diferente, dicha variación radica a que los datos del cuadro 4.3 contempla todos los poblados que se encuentran dentro del distrito de Guácimo, obteniendo un dato promedio; por el contrario, los datos del cuadro 4.4 solamente contemplan tres poblados que corresponden a los que se quiere abarcar con el desarrollo del acueducto.

#### 4.4.1 Crecimiento geométrico

Un crecimiento se define como geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta. (López, 2000) El mismo se expresa de la siguiente manera:

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \dots (4.1)$$

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \quad \dots (4.2)$$

En donde:

Pf= Población final (hab)

Pci= Población censo inicial (hab)

Puc= Población último censo (hab)

r = Tasa de crecimiento geométrica anual (%)

Tf= Año de la proyección (año)

Tci= Año censo inicial (año)

Tuc= Año del último censo (año)

#### 4.4.2 Crecimiento logarítmico

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial López (2000) menciona que la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{ci} * e^{r(T_f - T_{ci})} \quad \dots (4.3)$$

$$r = \frac{\ln P_{uc} - \ln P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad \dots (4.4)$$

En donde:

Pf= Población final (hab)

Puc= Población último censo (hab)

Pci= Población censo inicial (hab)

r = Tasa de crecimiento exponencial anual (%)

Tf= Año de la proyección (año)

Tci= Año censo inicial (año)

Tuc= Año del último censo (año)

## 4.5 Consumo de agua

El consumo es el volumen de agua utilizado por persona en un día y se expresa por lo general en litros por persona diarios (l/p/d). Su determinación se debe hacer según registros estadísticos del consumo pasado y presente de la población o, si no, basándose en datos de comunidades vecinas. Sin embargo, cuando no es posible conocerlos, habrá que asignar valores típicos a cada uno de los usos de agua. (López, 2000)

### 4.5.1 Consumo neto

Corresponde a la cantidad de agua usada efectivamente en cada una de las actividades que se realizan en la comunidad. Según López (2000) se clasifica en doméstico, industrial y público e institucional. El primero se refiere al uso de agua en labores del hogar, es decir aseo personal, lavado de ropa, cocina, sanitarios, etc. El industrial comprende al utilizado en procesos de manufactura o si se presta algún servicio.

### 4.5.2 Consumo bruto

López (2000) establece que el consumo total de la población se determina a partir de la siguiente expresión:

$$C_b = \frac{C_n}{1-\%P} \quad \dots (4.5)$$

En donde:

Cb= Consumo bruto (l/p/d)

Cn= Consumo neto (l/p/d)

%P= Porcentaje de pérdidas

El porcentaje de pérdidas es muy importante en el diseño y análisis de acueductos, lo ideal es que sea lo más bajo posible. En Costa Rica a pesar que alcanzan valores altos, lo cual no es deseable, se pueden estimar en un 5% del caudal máximo diario. (AyA, 2003)

En el caso de los pueblos, a los cuales el acueducto en diseño debe abastecer, no poseen registros históricos, por lo que se hace necesario utilizar el valor de consumo bruto que establece el AyA, este se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.5 Consumos brutos según ubicación de la población**

<b>Poblaciones rurales (l/p/d)</b>	200
<b>Poblaciones urbanas (l/p/d)</b>	300
<b>Poblaciones costeras (l/p/d)</b>	375
<b>Área Metropolitana (l/p/d)</b>	375

Fuente: (AyA, 2001)

Quando se diseñan las diferentes estructuras hidráulicas del acueducto, es necesario calcular el caudal apropiado. Este debe contemplar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción para un caudal excesivo. Por lo cual se trabaja con tres tipos de caudales.

### 4.5.3 Demanda por hogar

López (2000) menciona que la demanda por hogar se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Demanda_{hogar} = \frac{C_b * hab_{hogar}}{86400} \dots (4.6)$$

En donde:

Demandahogar= Demanda por hogar (l/s)

Cb= Consumo bruto (l/p/d)

habhogar= habitantes por hogar (hab)

### 4.5.4 Caudal promedio diario

Obtenido de, al menos un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y horario. (López, 2000) Se expresa en litros por segundo (l/s) y se muestra a continuación:

$$Q_{promedio} = \frac{C_b * Población}{86400} \dots (4.7)$$

En donde:

$Q_{promedio}$ = Caudal promedio diario (l/s)

$C_b$ = Consumo bruto (l/p/d)

Población= Población proyectada (hab)

#### **4.5.5 Caudal máximo diario**

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en un día del año. (López, 2000) Se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_{max\ diario} = k_1 * Q_{promedio} \quad \dots (4.8)$$

En donde:

$Q_{max\ diario}$ = Caudal máximo diario (l/s)

$Q_{promedio}$ = Caudal promedio diario (l/s)

$k_1$ = Factor de mayoración establecido por el AyA de 1,5

#### **4.5.6 Caudal máximo horario**

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora del año. (López, 2000) Se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_{max\ horario} = k_2 * Q_{promedio} \quad \dots (4.9)$$

En donde:

$Q_{\text{maxhorario}}$ = Caudal máximo horario (l/s)

$Q_{\text{promedio}}$ = Caudal promedio diario (l/s)

$K_2$ = Factor de mayoración establecido por el AyA de 2,25

#### **4.5.7 Caudal de incendio**

Se refiere al caudal que debe ser capaz el acueducto de conducir en condiciones de emergencia. El AyA (2001) establece que para poblaciones menores a los 5000 habitantes no es obligatorio considerar volumen para incendios para el dimensionamiento del tanque, a su vez, hace mención que los hidrantes se deben colocar en las zonas con mayor concentración de construcciones.

#### **4.5.8 Caudal de diseño**

Según López (2003) cuando se dispone de un tanque de almacenamiento, como es el caso del acueducto que se quiere diseñar, el caudal de diseño para la conducción será el caudal máximo diario y para la distribución se utilizará el máximo diario más el caudal de incendio.

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{maxdiario}} + Q_{\text{incendio}} \quad \dots (4.10)$$

En donde:

$Q_{\text{diseño}}$ = Caudal de diseño (l/s)

$Q_{\text{maxdiario}}$ = Caudal máximo diario (l/s)

$Q_{\text{incendio}}$ = Caudal de incendio (l/s)

## **4.6 WaterCad**

Para el análisis del acueducto a diseñar se hará uso del programa WaterCad/GEMS, el cual es un software de análisis, modelación y gestión de redes a presión, perteneciente a la empresa Bentley Systems, Incorporated. El mismo, basa su algoritmo de cálculo en el método del Gradiente Hidráulico.

Este software permite el análisis hidráulico de redes de agua, determinando las presiones en diversos puntos del sistema, así como los caudales, velocidades, pérdidas en las líneas que conforman la red hidráulica; así como otros muchos parámetros operativos derivados de los elementos presentes en el sistema como: bombas, válvulas de control, tanques, entre otros. Todo esto a partir de las características físicas del sistema y unas condiciones de demanda previamente establecidas; además permite extender sus capacidades a temas de gestión a largo plazo de sistemas de abastecimiento incluyendo: análisis de vulnerabilidad, análisis de protección contra incendio, estimación de costos energéticos, calibración hidráulica, optimización, etc. (Bejarano, 2013)

Es posible calcular las pérdidas por fricción mediante las dos principales metodologías de hidráulica de tuberías: La de Hazen-Williams y la de Darcy~Weisbach, junto con la ecuación de Colebrook-White. Sin embargo, WATERCAD también permite utilizar la ecuación de Manning. Este tipo de instrucciones y modificaciones se realiza a través de ventanas de diálogo sencillas y prácticas. (Bejarano, 2013)

Dentro de los tipos de cálculo que el software ofrece se mencionan:

- a. Análisis hidráulico en periodo estático y periodo extendido.
- b. Análisis de calidad de agua.
- c. Análisis de protección contra incendio.
- d. Análisis de costos de energía.
- e. Análisis de segmentos críticos.
- f. Análisis y proyección de roturas de tuberías.
- g. Análisis de lavado de tuberías por estrategias de vaciado.

#### **4.7 Método del gradiente hidráulico**

El método del gradiente hidráulico, utilizado en redes de distribución de agua, está basado en el hecho que al tenerse un flujo permanente, se garantiza que se cumplan las ecuaciones de conservación de la masa en cada nodo de la red y la ecuación de la energía en cada uno de los circuitos de ésta. (Saldarriaga, 2007)

Para el método del gradiente hidráulico se hacen las siguientes definiciones adicionales:

- a.  $NT$ : número de tuberías de la red
- b.  $NN$ : número de nodos con cabeza piezométrica desconocida
- c.  $[A12]$ : “matriz de conectividad” asociada a cada uno de los nodos de la red. Su dimensión es  $NT \times NN$  con sólo dos elementos diferentes de cero en la última fila
- d.  $NS$ : número de nodos de cabeza fija o conocida
- e.  $[A10]$ : matriz topológica tramo a nodo para los  $NS$  nodos de cabeza fija. Su dimensión es  $NT \times NS$  con un valor igual a  $-1$  en las filas correspondientes a los tramos conectados a nodos de cabeza fija

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones, la pérdida de cabeza en cada tramo de tubería que conecte a dos nodos es:

$$[A11][Q] + [A12][H] = -[A10][H_0] \quad \dots (4.11)$$

En donde:

$[A11]$ = Matriz diagonal de NT X NT

$[Q]$ = Vector de caudales con dimensión NT X 1

$[H]$ = Vector de cabezas piezométricas desconocidas con dimensión NN x 1

$[H_0]$ = Vector de cabezas piezométricas fijas con dimensión NS X 1

La ecuación de continuidad para todos los nodos es:

$$[A21][Q] = [q] \quad \dots (4.12)$$

En donde:

$[A21]$ = Matriz transpuesta de  $[A12]$

$[q]$ = Vector de consumo en cada nodo de la red, con dimensión NN x 1

En forma compacta las ecuaciones anteriores se pueden expresar en términos matriciales.

$$\begin{bmatrix} [A11] & [A12] \\ [A21] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [Q] \\ [H] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -[A10][H_0] \\ [q] \end{bmatrix} \quad \dots (4.13)$$

En esta última ecuación, la parte superior corresponde a la relación Q versus H y la parte inferior corresponde a la conservación de la masa en cada uno de los nodos. Dado que la parte

superior es no lineal, la ecuación 4.13 no puede ser resuelta en forma directa. Es necesario utilizar algún algoritmo iterativo.

El método del gradiente consiste en hacer una expansión truncada de Taylor. Al operar simultáneamente sobre el campo ([Q], [H]) y aplicar el operador gradiente se obtiene:

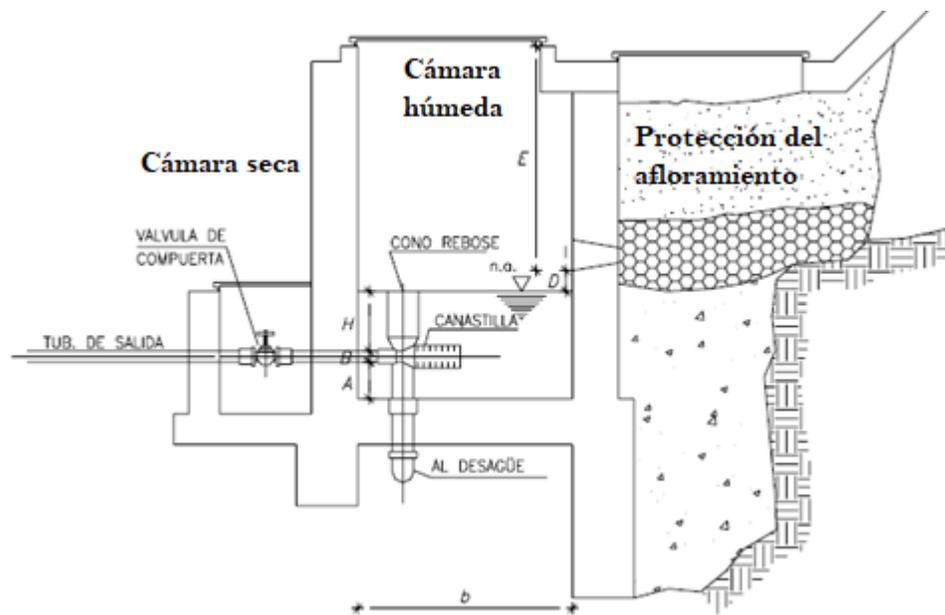
$$\begin{bmatrix} [N][A11]' & [A12] \\ [A21] & [0] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [dQ] \\ [dH] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [dE] \\ [dq] \end{bmatrix} \dots (4.14)$$

## 4.8 Diseño de obras

### 4.8.1 Toma

Según Agüero (2004) el diseño de una captación de agua depende del tipo de fuente, de la calidad y cantidad.

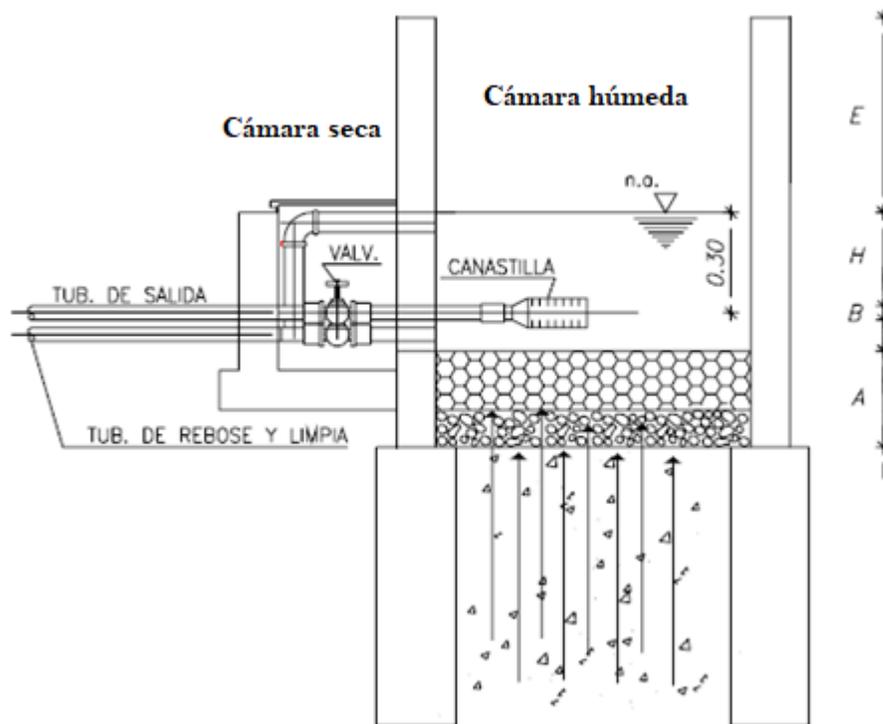
Cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constará de tres partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control. La figura 4.3 representa este tipo de captación.



**Figura 4.3** Diseño de una captación para un manantial de ladera y concentrado

Fuente: (Agüero, 2004)

Si se considera como fuente de agua un manantial de fondo y concentrado, la estructura de captación podrá reducirse a una cámara sin fondo que rodee el punto donde el agua brota. Y constará de dos partes: la primera, una cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regular el gasto a utilizarse; la segunda, una cámara seca que sirve para proteger las válvulas de control de salida y desagüe. La cámara húmeda estará provista de una canastilla de salida y tuberías de rebose y limpia. La figura 4.4 ilustra este tipo de captación.



**Figura 4.4 Diseño de una captación para un manantial de fondo y concentrado**

Fuente: (Agüero, 2004)

#### **4.8.1.1 Diseño hidráulico para un manantial de fondo y concentrado**

Previamente se conoce que el caudal de diseño para la conducción será el caudal máximo, por lo cual, se procede a asumir una velocidad teórica que se encuentre entre  $[0,6-3,0]$  m/s que es el rango indicado por el AyA (2001). Todo con la finalidad de encontrar un diámetro teórico y con este último encontrar el más cercano comercial. Una vez encontrado este último se debe corroborar que la velocidad se encuentre aún dentro del rango.

Según Agüero (2004) el ancho de la pantalla se determina sobre la base de las características propias del afloramiento, quedando definido con la condición que pueda captar la totalidad del agua que aflora del subsuelo.

**a. Altura de la cámara húmeda:**

Para determinar la altura de la cámara húmeda ( $H_t$ ) se utiliza la ecuación: (Agüero, 2004)

$$H_t = A + B + C + H + E \quad \dots (4.15)$$

En donde:

A= Altura del filtro (se recomienda de 10 a 20 cm)

B= Altura mínima (cm)

C= Diámetro de la tubería de salida (cm)

H= Altura de agua (cm)

E= Bordo libre (cm)

El valor de la carga requerida (H) se define mediante la ecuación:

$$H = 1,56 \frac{Q_{max\ diario}^2}{2 g A^2} \quad \dots (4.16)$$

En donde:

H= Altura de agua (m)

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

g= Aceleración gravitacional (9,81 m/s<sup>2</sup>)

A= Área tubería de conducción (m<sup>2</sup>)

### **b. Dimensionamiento de la canastilla:**

Para el dimensionamiento se considera que: el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción ( $D_c$ ); que el área total de ranuras ( $A_t$ ) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción y que la longitud de la canastilla ( $L$ ) sea mayor a  $3D_c$  y menor de  $6D_c$ . (Agüero, 2004)

$$A_t = 2A_c \quad \dots (4.17)$$

En donde:

$A_t$ = Área total de ranuras ( $m^2$ )

$A_c$ = Área tubería de conducción ( $m^2$ )

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad \dots (4.18)$$

En donde:

$D_c$ = diámetro tubería conducción (m)

$$N_{\text{ranuras}} = \frac{A_t}{A_r} + 1 \quad \dots (4.19)$$

En donde:

$A_r$ = Área ranura (Se recomienda orificios menores a 50 milímetros de diámetro)

$$3D_c < L < 6D_c \quad \dots (4.20)$$

En donde:

L= longitud canastilla (m)

**c. Tubería de rebose y limpieza:**

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1% a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams, empleando un coeficiente C de 140. (Agüero, 2004)

$$D = \frac{0,71Q_{\max \text{ diario}}^{0,38}}{hf^{0,21}} \quad \dots (4.21)$$

En donde:

S= Pendiente (m/m)

hf= Pérdidas por fricción (Asumir un valor de 0,012 m/m)

## 4.8.2 Tuberías

### 4.8.2.1 Dimensionamiento

El dimensionamiento de una tubería está regido por varios aspectos, se podrían destacar como los más importantes el caudal a transportar, la velocidad y la presión. Por otra parte, el trazo de la misma, es decir, la orientación por la cual se disponga, está sujeta a la topografía de la zona y a la posibilidad de eludir accidentes en el relieve que se tengan.

Para el dimensionamiento del diámetro de las tuberías López (2000) destaca las ecuaciones que a continuación se muestran:

$$D_{teórico} = \sqrt{\frac{4*Q_{diseño}}{V_{asumida}*\pi}} \quad \dots (4.22)$$

$$V_{recalculada} = \frac{4*Q_{diseño}}{\pi*D_{real}^2} \quad \dots (4.23)$$

En donde:

D teórico = Diámetro teórico (m)

D real = Diámetro real (m)

Q diseño = Caudal de diseño según tubería, ya sea conducción o distribución (m<sup>3</sup>/s)

#### **4.8.2.2 Instalación**

Es importante destacar que dicho acueducto es de carácter rural, por lo cual el AyA permite que la tubería se disponga a una profundidad de 0,6 m desde el nivel de corona del tubo. (AyA, 2001) El ancho de la zanja puede tomarse como el diámetro de tubería más 30 cm, además ésta debe asentarse sobre una capa de material de relleno, el cual no contenga materia orgánica. (López, 2000)

#### **4.8.2.3 Anclajes**

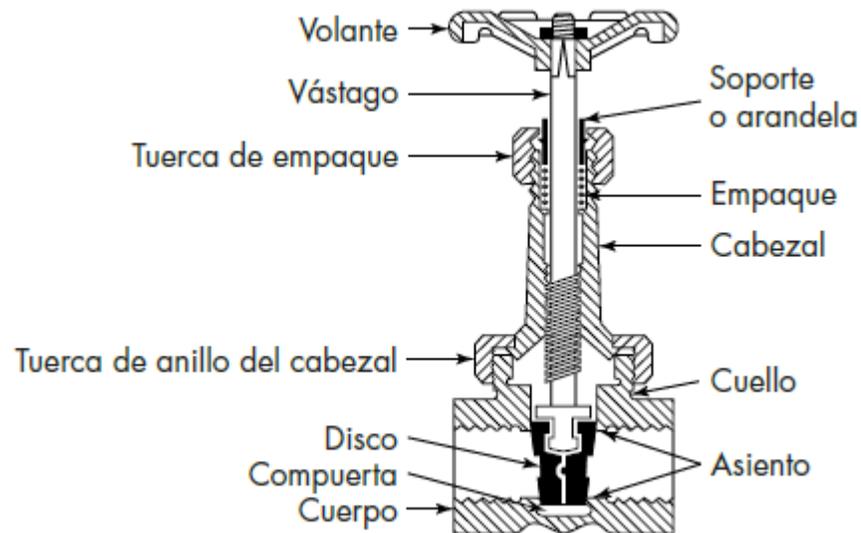
Cuando la tubería está bajo presión interna y tiene un extremo cerrado, se presenta un empuje axial igual al producto de la presión del agua por el área de la sección de la tubería; esta fuerza aparece igualmente en accesorios como codos, derivaciones o reducciones. En general, estos empujes se producen siempre que la línea de la tubería cambia de dirección, se reduce de diámetro o tiene algún extremo cerrado. Para evitar que estos empujes puedan alterar la linealidad de la conducción se debe anclar la tubería en estos puntos críticos empleando normalmente un bloque de concreto. (Monge, 2016)

#### **4.8.3 Válvulas**

Las válvulas son mecanismos empleados en la red, para lograr determinada función. Las más empleadas son: válvulas de compuerta, globo, paso, de flotador, reguladoras de presión y de ingreso o expulsión de aire.

### 4.8.3.1 Válvulas de compuerta

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, el orificio se cierra con una compuerta vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Dentro de los materiales de construcción más comunes están hierro fundido, bronce y plástico. Las primeras son empleadas en diámetros de 6 pulgadas en adelante, las de bronce son más económicas que las primeras y se utilizan en diámetros de 4 pulgadas y menores. Finalmente, las plásticas se utilizan en equipos dosificadores de hipoclorito de calcio. (Chiquin, 2009)

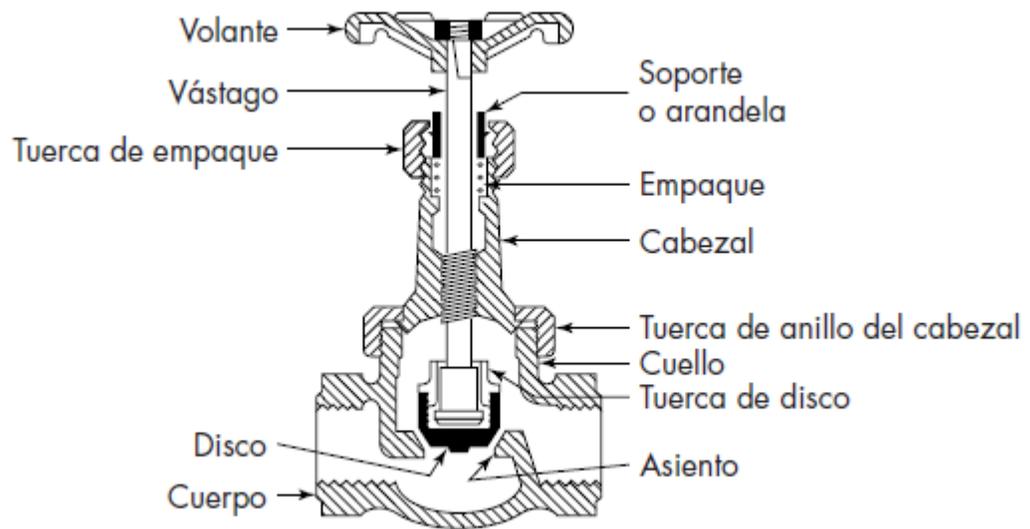


**Figura 4.5 Válvula de compuerta**

Fuente: (Valvias, 2013)

### 4.8.3.2 Válvulas de globo

También es de vueltas múltiples, el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería. Su uso puede ser tanto para la suspensión temporal en el servicio, así como para la regularización del caudal.



**Figura 4.6 Válvula de globo**

Fuente: (Valvias, 2013)

### 4.8.3.3 Válvulas de paso

Su uso más común es en conexiones domiciliarias, con el inconveniente que se desgastan rápidamente y son sustituidas por válvulas de globo. Tienen el problema que por su rápido cierre pueden generar un golpe de ariete en la tubería. (Chiquin, 2009)

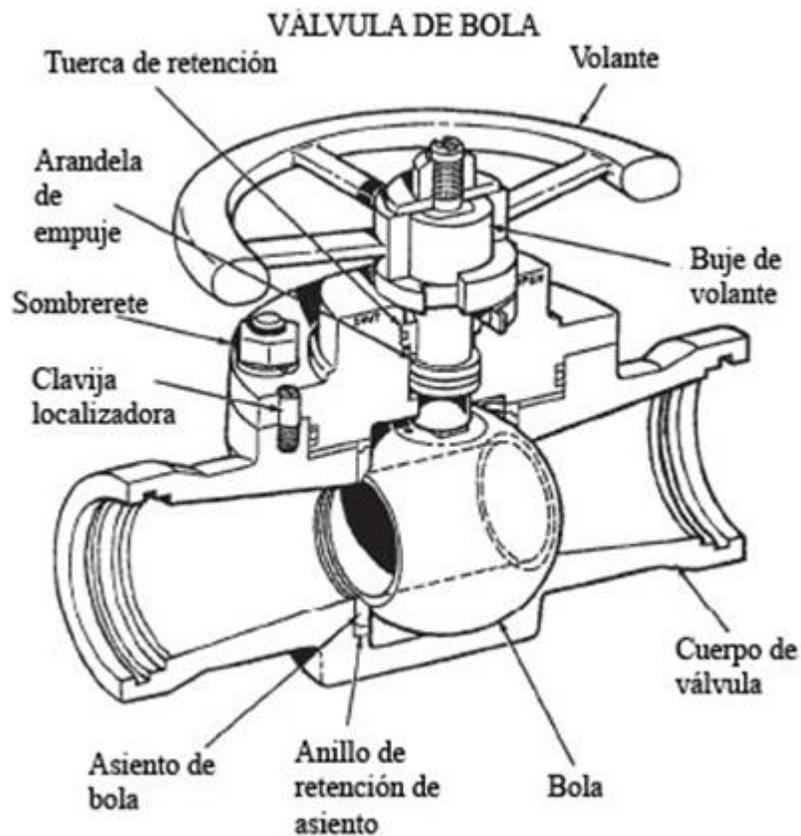


Figura 4.7 Válvula de paso

Fuente: (Valvias, 2013)

#### 4.8.3.4 Válvulas con flotador

Su uso más común es en tanques de almacenamiento de agua o en tanques quiebragradiante, su funcionamiento consiste en un flotador que se mueve con base al nivel de agua dentro del tanque y a su vez, esta permite el paso de agua hacia al tanque o por el contrario, al subir el nivel va restringiendo el caudal de ingreso a la estructura. (Chiquin, 2009)



**Figura 4.8 Válvula con flotador**

Fuente: (Mistral ROSS, n.d.)

#### 4.8.3.5 Válvulas para ingreso o expulsión de aire

Este tipo de válvula tiene la singularidad de manejar la cantidad de aire dentro de la red, y existen dos tipos, fundamentalmente, las de simple o doble efecto. La diferencia principal radica en que las de simple efecto solo permiten la expulsión de aire, mientras que las de doble efecto tienen la capacidad de expulsar y permitir el ingreso de aire en la tubería cuando sea necesario. Los fabricantes de este tipo de válvulas, en forma general, recomiendan que su ubicación sea en los puntos más altos con cambios de topografía. (Chiquin, 2009)

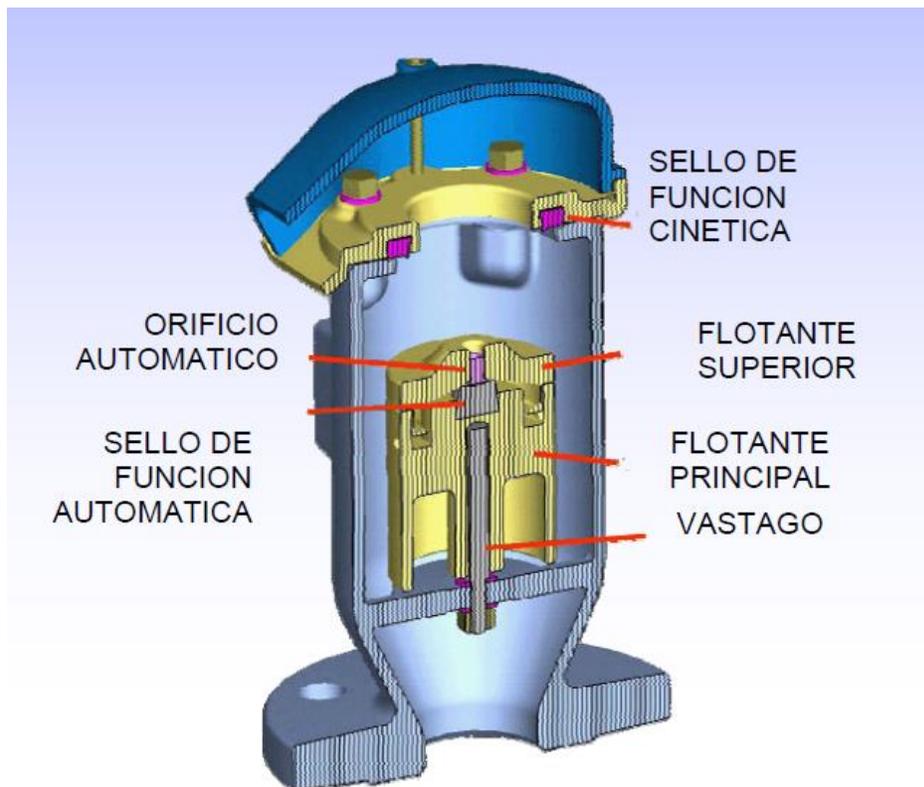


Figura 4.9 Válvulas para control de aire

Fuente: (DOROT, 2014)

#### 4.8.3.6 Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión permiten mantener o controlar, de una forma constante, la presión aguas abajo independientemente de las variaciones de presión aguas arriba y caudal. Para garantizar su correcto funcionamiento los fabricantes establecen parámetros de entrada, además de tablas y nomogramas para que la escogencia de la misma proporcione una eficiencia en su trabajo.

Los parámetros de entrada son:

- a. Caudal máximo: como es bien sabido, el caudal está relacionado con la velocidad de pasaje del agua por la válvula y así es posible dimensionar la válvula. Mientras que una tubería se dimensiona para que el agua circule en un rango de [0,6-3] m/s, para el caso de las válvulas reguladoras se trabaja con valores hasta de 5,5 m/s. (DOROT, 2014)
- b. Caudal mínimo: La mayoría de las válvulas reductoras de presión poseen dificultad de regulación a bajo caudal, a tal punto llega la preocupación, que algunos proponen la utilización de dispositivos que restringen el flujo. Estos dispositivos desmejoran la capacidad de regulación con alto caudal (por aumento en la pérdida de carga) y no solucionan el problema de la regulación a bajo caudal. Tal es así que dichos fabricantes proponen la colocación de una válvula de menor tamaño en paralelo conocido como bypass, para poder operar en los momentos de baja demanda (por ejemplo durante la noche). (DOROT, 2014)
- c. Presión aguas arriba: La máxima presión de entrada solo importa para poder determinar la presión nominal de operación de la válvula y por ende el modelo.
- d. Relación entre la máxima presión de entrada y la presión de salida: Al pasar el agua por una válvula, el salto de presión generado entre la entrada y salida es muy importante, es posible que la presión caiga llegando al valor de la tensión de vapor. En ese caso, el agua pasará del estado líquido al gaseoso, al regresar nuevamente al estado líquido, la

burbuja de vapor “implotará”, generando un microchorro de alta energía, el cual daña las paredes de la válvula.

- e. Presión de salida: La presión de salida o de calibración solo está relacionada con el rango de operación del piloto reductor, este piloto posee un resorte de tensión variable.

Fuente: (DOROT, 2014)

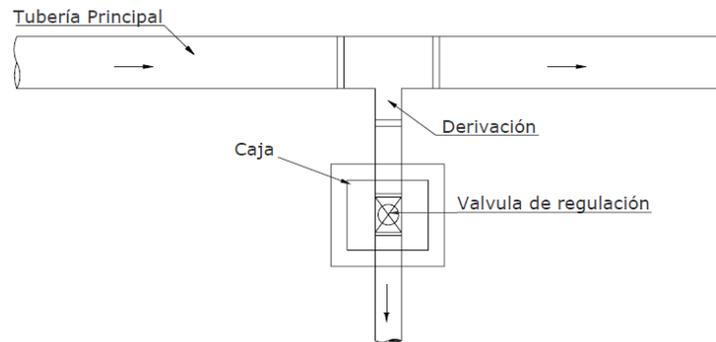


**Figura 4.10 Válvula reguladora de presión**

Fuente: (DOROT, 2014)

#### **4.8.3.7 Válvulas de limpieza**

Son dispositivos colocados convenientemente en los puntos bajos de la red, su labor es la limpieza de sedimentos que viajan con el agua que fluye dentro de la tubería. Consiste en una derivación por medio de un accesorio, una “te” de PVC reducida, cuyo diámetro menor será de 50 milímetros (2 pulgadas). (Torres, 2008) La figura 4.11 muestra el esquema de colocación de este tipo de válvula.



**Figura 4.11 Esquema de típico de una derivación para válvula de limpieza**

Fuente: (López, 2003)

#### **4.8.3.8 Válvulas de control**

Se instalan en tramos principales de las conducciones como dispositivos de control, para dividir la conducción en tramos, estos se podrán aislar en caso de una rotura de la red. Generalmente se colocan cada 1000 m.

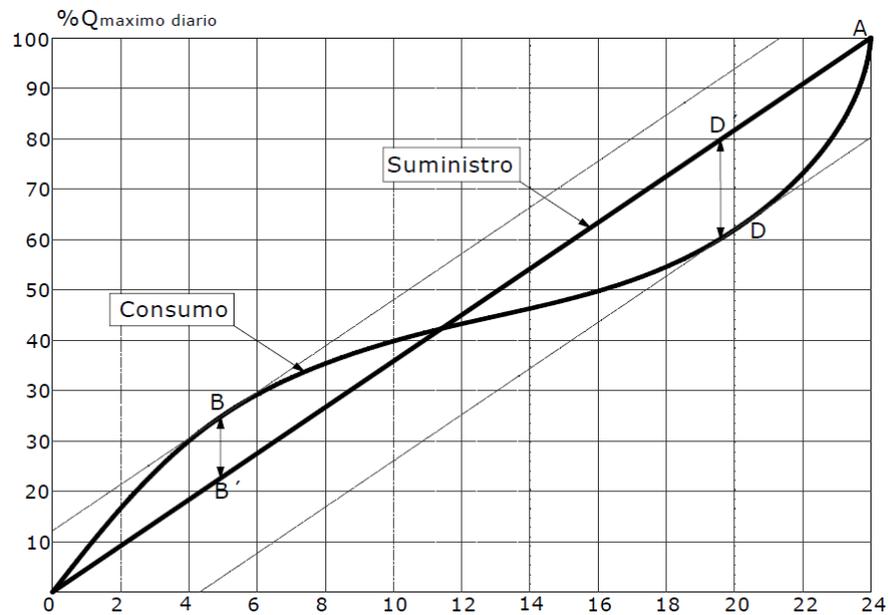
#### **4.8.4 Tanque de almacenamiento**

El consumo de agua en una población nunca es constante, debido a factores propios de la comunidad, como por ejemplo costumbres. El almacenamiento tiene como función compensar las variaciones horarias del consumo, además de poseer un volumen frente a emergencias, tales como incendios. El volumen necesario del tanque de almacenamiento debe tomar en cuenta el volumen de regulación de consumo, volumen de incendios y el volumen de reserva por interrupciones, cada uno de ellos explicado en la sección 4.2.4. Almacenamiento. (Torres, 2008)

Si se cuenta con las curvas de variación horaria de la zona se puede determinar el volumen de regularización de la siguiente manera:

- Construir la curva integral de consumo, a partir de la curva de variación horaria, teniendo en cuenta los valores del consumo acumulado en un período de 24 horas.
- Con los datos de caudal de la fuente, trazar la curva integral de suministro, ésta tendrá una pendiente uniforme al ser el suministro constante.
- Trazar tangentes a la curva integral de consumo en los puntos más alejados de la curva integral de suministro. Estos recibirán el nombre de B y D respectivamente.
- Señalar los puntos A, B' y D' de la curva de suministro. El primero se encontrará en la segunda y última intersección de las curvas, B' y D' en la misma ubicación horizontal a sus homólogos B y D.

La grafica deberá tener un comportamiento similar a la mostrada en la Figura 4.12.



**Figura 4.12** Curva integral para tanque de almacenamiento por gravedad

Fuente: (López, 2003)

Inicialmente, la pendiente de la curva de suministro es menor que la del consumo, por lo cual, existe un déficit de agua que comprende los puntos desde el origen hasta B. Después del punto B y hasta el punto D, la pendiente de la curva de suministro es mayor, con lo que se obtiene un sobrante de agua en este período. Nuevamente, del punto D la pendiente es menor, lo que representa un déficit que continúa hasta el punto B del día siguiente. (López, 2003)

#### **4.8.5 Tanque quiebragradiante**

En las conducciones a presión donde existe una diferencia de nivel considerable, es común que la presión por carga estática sea superior a la que la tubería puede soportar, por esta razón se hace necesario de estructuras que puedan disiparla y así evitar daños en la línea. La ubicación de estos sigue el criterio de no sobrepasar una presión estática mayor a los 110 m.c.a, ya que ésta es la presión máxima de trabajo que puede soportar la tubería; de existir una prevista domiciliar después del tanque quiebragradiante se debe realizar un by-pass o derivación, de tal forma que se garantice una presión mínima establecida. (López, 2000)

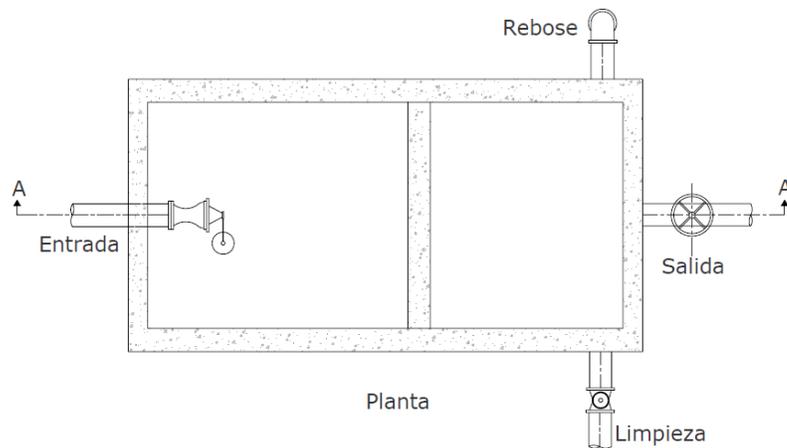
Los tanques quiebragradiante de presión tienen como principio de funcionamiento convertir la energía estática en cabeza de velocidad y disiparla mediante la fricción con sus paredes y tabiques, así como la amortiguación por el colchón de agua. Generalmente son rectangulares, con un tabique a media altura que divide el tanque en dos cámaras. La primera de ellas tiene por función la disipación de la energía mediante el colchón de agua existente, la segunda evita la entrada excesiva de aire al sistema y mantiene la altura de agua que garantice el caudal requerido. (Torres, 2008)

El cálculo hidráulico de un tanque quiebragradiante es difícil, ya que intervienen una serie de factores cuyo efecto no puede ser determinado, sin hacer ensayos sobre modelos. Al no disponer de estudios y ensayos detallados de estas estructuras, su diseño es empírico, basándose en conocimientos hidráulicos y experiencias disponibles en la práctica. (Berti, 1982) El Cuadro 4.6 detalla los resultados encontrados por dicho investigador, mientras las figuras 4.13 y 4.14 detallan las vistas en planta y laterales de la estructura.

**Cuadro 4.6 Especificaciones tanque quiebragradiante según Jesús Berti**

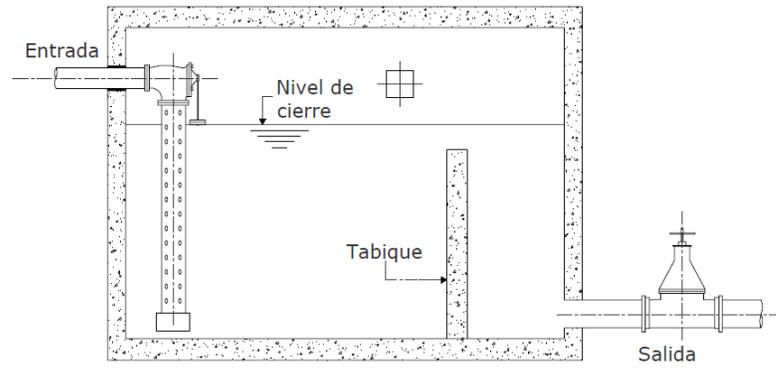
Q diseño (l/s)	Rango de aplicación		D entrada (mm)	Accesorios		Dimensiones (m)		
	P dinámica (m.c.a)	P mínima (m.c.a)		D salida (mm)	Rebose y limpieza (mm)	Ancho	Largo	Altura
10	70 a 100	15	50 (2")	75 (3")	75 (3")	1	1,75	1,45
15	Hasta 100	10	75 (3")	100 (4")	100 (4")			
		30	50 (2")	100 (4")	100 (4")			
20	Hasta 100	15	75 (3")	100 (4")	100 (4")			
		50	50 (2")	100 (4")	100 (4")			
25	Hasta 79	10	100 (4")	150 (6")	150 (6")			
		20	75 (3")	150 (6")	150 (6")			
50	Hasta 59	10	100 (4")	150 (6")	150 (6")			
		25	75 (3")	150 (6")	150 (6")			

Fuente: (Berti, 1982)



**Figura 4.13 Vista en planta tanque quiebragradiante**

Fuente: (Torres, 2008)

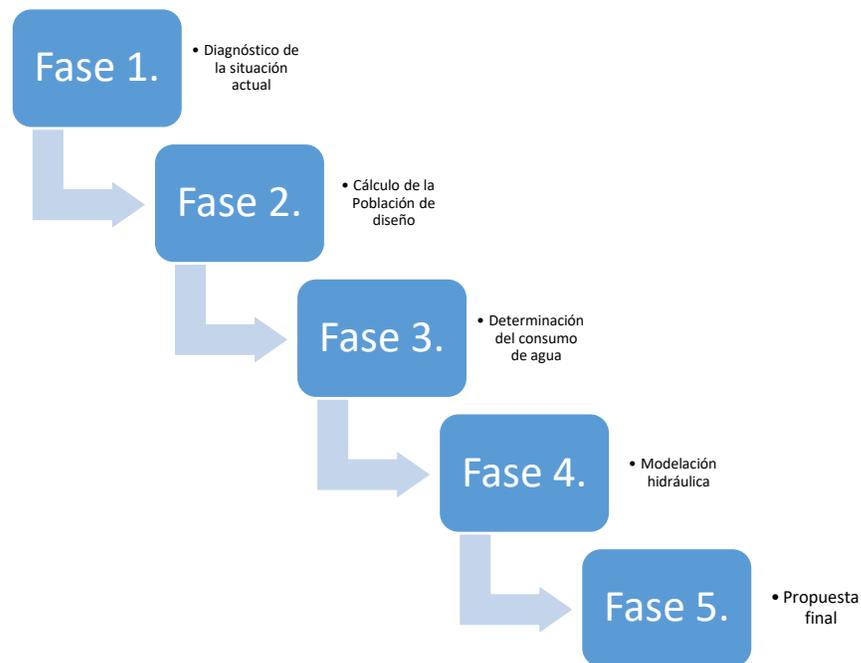


**Figura 4.14 Vista lateral de tanque quiebragradiente**

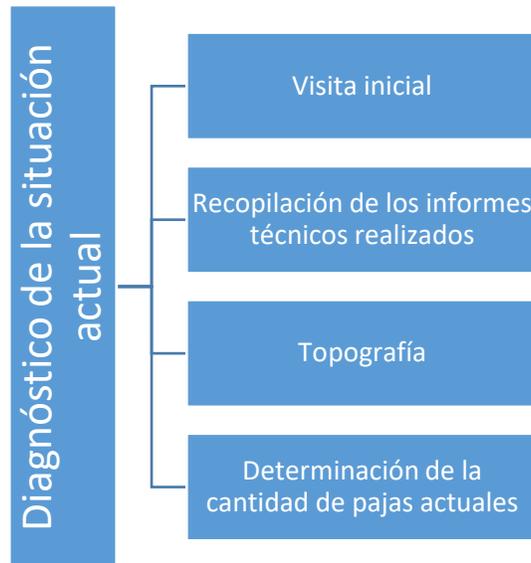
Fuente: (Torres, 2008)

## **5 METODOLOGÍA**

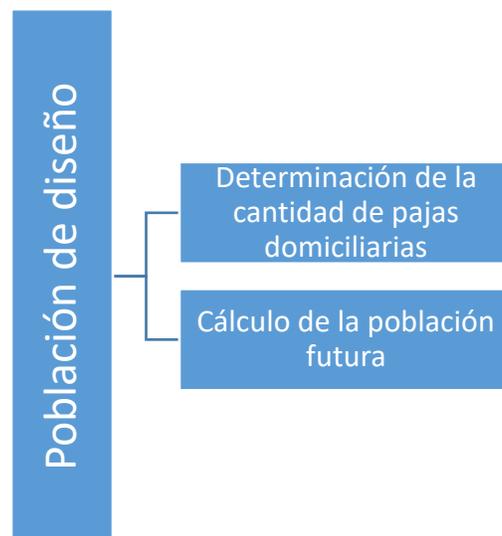
Para el desarrollo del proyecto se consideraron 5 fases principales, las cuales tuvieron actividades que se explicarán posteriormente a detalle. La figura 5.1 muestra las fases del proyecto, las 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6 detallan las actividades consideradas.



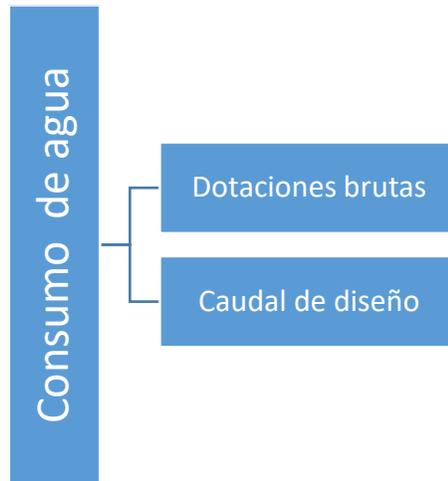
**Figura 5.1 Fases del proyecto**



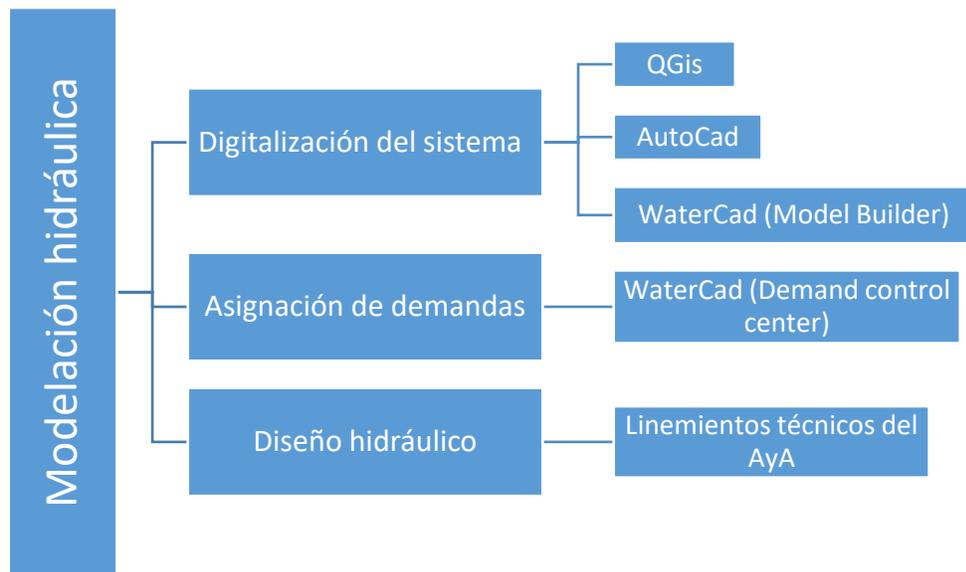
**Figura 5.2 Actividades de la fase 1**



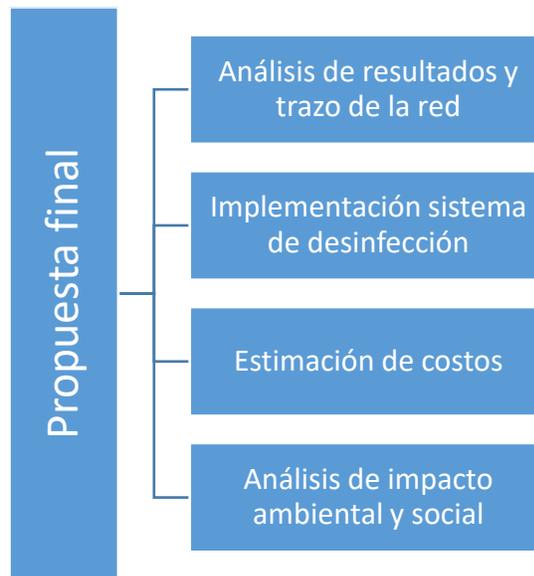
**Figura 5.3 Actividades de la fase 2**



**Figura 5.4 Actividades de la fase 3**



**Figura 5.5 Actividades de la fase 4**



**Figura 5.6 Actividades de la fase 6**

## **5.1 Fase 1**

### **5.1.1 Visita inicial**

De forma inicial, se realizó una visita preliminar que permitió tener una mejor noción de la ubicación del proyecto, así como del tamaño del mismo. Se recorrió desde la captación hasta el último punto a considerar en el diseño del acueducto. Adicionalmente, se tuvo una corta reunión en donde se presentaron tanto el presidente y el tesorero de la ASADA, así como personeros de la Asociación de Desarrollo de la zona, que indicaron que dentro del diseño del nuevo acueducto se debe considerar un adicional de 25 previstas a las ya existentes. En el capítulo de Anexos específicamente en la sección 10.1 se observa la ubicación del proyecto.

### **5.1.2 Recopilación de informes técnicos realizados**

En posteriores reuniones con los miembros de la ASADA y Asociación de Desarrollo se recolectaron todos los informes técnicos, utilizados como insumo para el diseño, instituciones del Estado como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y Acueductos y Alcantarillados (AyA) son quienes generaron los distintos informes.

El ICE realizó el levantamiento topográfico desde la naciente hasta el pueblo de Isletas, el cual corresponde al segundo poblado de los tres existentes, por lo cual el levantamiento se encontró incompleto. En el caso del AyA, dos de los estudios generados abarcaron el problema de abastecimiento del acueducto actual y el tercero evaluó la naciente de la cual se quiere hacer uso para el nuevo acueducto.

La Asociación de Desarrollo de la zona, recientemente realizó un censo que abarcó los tres pueblos en cuestión, por lo cual se logró determinar la cantidad de personas que habitan, así como el número de habitantes por hogar.

### **5.1.3 Topografía**

Al no abarcar los tres poblados el levantamiento topográfico realizado por el ICE, se tuvo que realizar un nuevo levantamiento que sí los cubriera. Se intentó hacer uso de estación total para realizarlo, no obstante en ningún lugar se encontraron puntos de amarre para proseguir con el trabajo hecho por el ICE.

Para realizar el nuevo levantamiento se utilizó un GPS marca Garmin, que se inició desde la posible ubicación del tanque de almacenamiento y terminó el último punto de la red, esto con el fin de obtener puntos en común con los tomados por el ICE y así establecer un ajuste de alturas. Se decidió utilizar el punto donde se desea colocar el tanque, que además de tener una ubicación conocida se conocía su la altura y con este valor se lograba realizar un ajuste más confiable. Teniendo claro que el GPS mantuvo una precisión de  $\pm 3$  metros durante el recorrido.

#### **5.1.4 Determinación de la cantidad de pajas actuales**

Durante el levantamiento con GPS, se contó con el acompañamiento de algunos miembros de la ASADA, quienes guiaron en el recorrido; lo que permitió conocer cada una de las previstas actuales que el acueducto a diseñar deberá abastecer, por lo cual se logró determinar la ubicación y cantidad de éstas. Esto permitió ingresar a la lista de puntos tomados cada paja o prevista, sin importar si ésta correspondía a una paja domiciliar o de otro tipo.

### **5.2 Fase 2**

#### **5.2.1 Determinación de la cantidad de pajas domiciliarias**

Mediante la ayuda de personeros de la ASADA se logró ubicar todas las previstas que actualmente son abastecidas, a su vez, como la cantidad de personas que habitan la zona es relativamente pequeño y de características rurales, es muy dado a que los habitantes tengan buenas relaciones y se conozcan entre ellos. Esto permitió que cada prevista contemplada fuera dividida entre domiciliar o de otro tipo, a la mayoría de acometidas se les asignó el nombre de la persona encargada. Realizado el levantamiento topográfico con GPS, se dio manejo a los puntos tomados y se contabilizó la cantidad de pajas domiciliarias. Tanto la ASADA como la Asociación de Desarrollo de zona manifestaron que existían 25 pajas domiciliarias que no se han concedido por falta de capacidad del acueducto. Finalmente a petición de los mismos éstas fueron agregadas a la cantidad inicial.

### **5.2.2 Cálculo de la población futura**

Con los datos del cuadro 5.1 del total de personas, más las 75 personas adicionales, que corresponden a las 25 previstas adicionales multiplicadas por el número de habitantes por hogar, se determinó la población actual de 382 habitantes. En vista que se cuenta con la información de los censos del 2000 y 2011 desarrollados por el INEC, además del censo realizado en 2017 por la Asociación de Desarrollo de la zona, se logró determinar las tasas de crecimiento geométricas y logarítmicas mediante los cuadros 4.3 y 4.4 y las ecuaciones 4.2 y 4.4.

Una vez obtenidas las tasas de crecimiento, se calculó la población proyectada para el periodo de diseño del acueducto. Mediante las ecuaciones 4.1 y 4.3.

## **5.3 Fase 3**

### **5.3.1 Dotaciones brutas**

Como se mencionó en la sección 4.5.2 el consumo bruto lo establece el AyA cuando no se tienen datos de consumo de agua en la población, este es el caso del acueducto que se quiere diseñar, imposibilitando el uso de la ecuación 4.5. No obstante, al estar en una población de carácter rural se tomó el valor de 200 l/p/d del cuadro 4.5.

### **5.3.2 Caudal de diseño**

Para el cálculo del caudal de diseño se calculó el promedio diario mediante la ecuación 4.7, posteriormente se calcularon el máximo diario y horario con las ecuaciones 4.8 y 4.9 respectivamente. El caudal de incendio se obtuvo del Cuadro 4.2.

Con los parámetros anteriormente calculados se obtuvo el caudal de diseño mediante la ecuación 4.10.

## **5.4 Fase 4**

### **5.4.1 Digitalización del sistema**

Al tener los puntos tomados con el GPS descargados, se les dio tratamiento con el software Quantum Gis (QGis). Con la finalidad de georreferenciarlos a la proyección oficial del país CRTM05, además se agregó información importante acerca de la descripción de los puntos. Es decir, si este correspondía a una prevista o si por el contrario era un cambio de pendiente o dirección.

Posteriormente en el software AutoCAD se importó el archivo de QGis para la creación de una capa de líneas que corresponde al trazo de la tubería. Lo anterior debido a que el archivo obtenido por QGis corresponde a uno de puntos. Realizado esto, se exportaron los datos desde AutoCAD hacia WaterCad, en donde se empleó la herramienta ModelBuilder para dibujar la red. Finalmente se configuraron los diámetros a utilizar así como el material.

### 5.4.2 Asignación de demandas

Cuando se realizó el levantamiento topográfico con GPS se tomaron todas las previstas existentes, por lo que identificadas cada una de las previstas la asignación de demandas se llevó a cabo siguiendo lo establecido por AyA, teniendo presente el consumo bruto por persona diario del Cuadro 4.5 y utilizando el número de habitantes por hogar que se establece en el Cuadro 4.4.

De esta forma se estableció la demanda por hogar mediante la ecuación 4.6. Además se estableció un patrón de consumo con base a la Figura 4.1. Todo este proceso se realizó empleando la herramienta de WaterCad llamada Demand Control Center.

Vale la pena recordar que dentro del acueducto existen nodos diferentes a los domiciliarios, a los cuales se les debe asignar determinada demanda, algunos de ellos son: pulperías, centros educacionales y de salud, oficinas y salones multiuso. El cuadro 5.1 muestra las dotaciones asignadas con base al número de personas que se tenga en la edificación.

**Cuadro 5.1 Dotaciones según edificación**

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
Dotación por persona	200 l/p/d	0,007
Dotación por estudiante y paciente	20 l/alumno/turno	0,007
Dotación oficinas	20 l/m2/día	0,012
Dotación salones	25 l/asistente/día	0,017

Fuente: (AyA, 2001)

El caudal para la prevista domiciliar responde a un total de 3 habitantes por hogar, a cada uno de ellos se le asignó una demanda de 200 litros por persona diarios; para los centros educacionales y de salud se consideró una asistencia de 60 personas, para las oficinas se estableció un área de 50 metros cuadrados, finalmente, a los salones multiuso se estimó que 60 personas pueden asistir como máximo a determinado evento.

### **5.4.3 Diseño hidráulico**

El diseño de la toma se realizó siguiendo el procedimiento descrito en la sección 4.8.1.1, teniendo en cuenta que los datos de aforo realizados en los meses iniciales del año 2017 arrojaron un caudal disponible de 2,5 l/s.

Para el dimensionamiento de las tubería de conducción se conocía el caudal disponible en la toma, además el AyA establece que para acueductos a gravedad y que cuenten con tanque de almacenamiento el caudal de diseño será el máximo diario. Por lo cual se asumió una velocidad de 1,5 m/s, que se encuentra dentro del rango sugerido por dicha Institución, que es de [0,6-3,0] m/s; para así determinar un diámetro teórico y con esto utilizar el próximo más cercano encontrado en el mercado nacional. Finalmente, al escoger el diámetro comercial se recalculó la velocidad para corroborar que se mantuviera en el rango. Todo esto permitió ingresar al modelo el diámetro para la tubería de conducción.

El dimensionamiento de la tubería de distribución siguió un procedimiento similar, con la variante que el diámetro comercial encontrado debe ser superior o igual a 100 milímetros (4 pulgadas), que es el mínimo que el AyA permite en la tubería. Es decir, si se obtiene un diámetro menor a este valor se debe utilizar el establecido. Para ambos dimensionamientos se emplearon las ecuaciones 4.22 y 4.23, además se colocaron válvulas para el control del aire en la tubería y de limpieza, siguiendo un esquema de colocación similar al mostrado en la figura 4.11.

El diseño del tanque de almacenamiento se realizó con base a lo que el AyA establece, es importante señalar que en la zona no poseen registros históricos de consumo que permitan establecer curvas de variación horaria y con ésta determinar el volumen de regularización de consumo, expuesto en la sección 4.2.4.1 y 4.8.4; si bien es cierto el AyA cuenta con dicha curva, la finalidad de ésta es presentar el comportamiento generalizado de la población respecto al consumo a diferentes horas del día, sin embargo, para efectos del dimensionamiento del tanque se necesita una curva real de consumo. Por lo cual, para el dimensionamiento de la estructura se utilizó el 14% del volumen promedio diario, que se sumó al de incendios y de reserva para interrupciones.

Para el diseño de los tanques quebragradiente se colocaron a una distancia tal que la presión estática siempre estuviera menor a 110 m.c.a. Las dimensiones de los mismos se obtuvieron del Cuadro 4.6. y el diseño de las figuras 4.13 y 4.14.

## **5.5 Fase 5**

### **5.5.1 Análisis de resultados y trazo de la red**

Una vez que el modelo fue calibrado, según los requerimientos de: demandas en nodos; diámetros, materiales y coeficientes de tuberías, así como el sistema unidades, la ubicación del tanque de almacenamiento y quebragradientes. Se debe definir el tipo de análisis, ya sea de período extendido o en condición de incendio.

El análisis en período extendido permite simular el modelo por el tiempo deseado, en este caso se utilizó una duración de 24 horas y con esto examinar cada una de las estructuras. Recordando, al modelo se le ingresaron los datos de la curva de variación horaria, lo que le permite al software variar las demandas en los nodos domiciliarios según las horas del día.

Bajo este tipo de análisis se procedió a correr el modelo, en donde se obtuvieron resultados de velocidades, niveles de agua en el tanque de almacenamiento, etc. Y con esto se determinaron los ajustes necesarios. Dentro de estos ajustes se pueden presentar el cambio de diámetros de tuberías, el dimensionamiento del tanque de almacenamiento, zonas con presiones y velocidades críticas que impidan con el cumplimiento de lo que el AyA establece como parámetros aceptados.

También se realizó una segunda simulación, para determinar el comportamiento del acueducto cuando se presenta una condición de incendio, un aspecto a considerar es que debido a la cantidad de personas que habitan la zona, el AyA establece que la colocación del hidrante se haga en los lugares con mayor densidad de edificaciones, por lo cual se colocaron dos hidrantes; ubicados los pueblos de Isletas y Colinas. La figura 5.7 se observa la ubicación de estos.



**Figura 5.7 Ubicación de los hidrantes dentro del modelo**

En esta simulación se determinaron todos los parámetros hidráulicos calculados en la primera simulación. A los hidrantes se les asignó una demanda de 8 litros por segundo durante 15 min, este dato fue corroborado en el Departamento de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos.

Se realizó una tercera simulación, para observar el posible comportamiento del acueducto a futuro, es decir al finalizar sus 20 años de vida útil, se emplearon dos alternativas. La primera conservó la misma cantidad de nodos domiciliarios con que se cuenta actualmente, pero se varió el consumo de estos; la segunda alternativa mantuvo constante la demanda por prevista y aumentó la cantidad de nodos en el acueducto. El establecer en qué puntos se deben colocar dichos nodos para obtener un resultado lo más acertado a la realidad es difícil, así que se decidió colocar nodos en toda la red de distribución, es decir, desde la parte alta hasta el final de la red.

Para la primera alternativa se tienen los parámetros mostrados en el cuadro 5.2.

**Cuadro 5.2 Parámetros utilizados para condición futura del acueducto, primera alternativa**

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Población proyectada	628	hab
Personas por hogar proyectadas	5	hab/hogar
Previstas domiciliarias	139	
Caudal por prevista proyectado	0.01	l/s

Actualmente la cantidad de acometidas domiciliarias que se abastecen es de 139 y cada de una de ellas consume 0,007 l/s, este valor se obtiene de multiplicar 200 litros por persona diarios por 3 que es el número de habitantes por hogar. Se sabe que la población actual es de 382 hab y, según la proyección realizada, dentro de 20 años se tendrán 628 hab, por lo cual si se divide la cantidad de personas proyectada entre 139 se obtendrá el valor de habitantes por hogar, para este caso 5. Conociendo la cantidad de personas por hogar se multiplica por 200 litros por persona diarios y se obtiene la nueva demanda por nodo, en este caso 0,01 l/s. El cuadro 5.2 resume lo descrito anteriormente.

La segunda alternativa mantiene constante la demanda por prevista y aumenta la cantidad de nodos en el acueducto. El establecer en qué puntos se deben colocar dichos nodos para obtener un resultado lo más acertado a la realidad es difícil, así que se decidió colocar nodos en toda la red de distribución, es decir, desde la parte alta hasta el final de la red. El cuadro 5.3 resume lo descrito anteriormente.

**Cuadro 5.3 Parámetros utilizados para condición futura del acueducto, segunda alternativa**

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Población proyectada	628	hab
Personas por hogar proyectadas	3	hab/hogar
Previstas domiciliarias	221	
Caudal por prevista proyectado	0,007	l/s

Con los resultados obtenidos en las tres simulaciones se determinaron las condiciones hidráulicas para que el acueducto esté el menor tiempo posible en condición de sobre diseño para la población actual y se mantenga optimizado para abastecer el crecimiento demográfico estimado.

Una vez determinadas las condiciones del modelo, se procede a la realización de los planos, en los cuales se indica el trazo de la tubería, diámetros así como la ubicación de accesorios (válvulas reguladoras de presión, tanque de almacenamiento, tanques quiebra-gradiente, sistema de desinfección, etc) y dimensiones de los mismos.

### 5.5.2 Implementación del sistema de desinfección

Es importante destacar que se realizó una visita a la ASADA de Potrero Cerrado, del cantón de Oreamuno, provincia de Cartago; en donde se realizó una gira de reconocimiento por todo el acueducto. Dicha gira permitió observar un clorador artesanal, construido por un técnico que ha sido capacitado por el AyA, el mismo explicó el principio de funcionamiento del mismo y su proceso de fabricación. En la figura 5.8 se puede observar la estructura.



**Figura 5.8 Clorador artesanal empleado en ASADA de Potrero Cerrado**

En vista a que los sistemas de desinfección que se venden son de un valor económico elevado, se planteó el uso de un clorador artesanal para la segunda alternativa; mientras la primera alternativa emplea uno que se vende en el mercado nacional. Que si se compara en funcionalidad logra mantener una concentración de cloro dentro del rango establecido en el cuadro 4.1, por un costo de adquisición más bajo.

### **5.5.3 Estimación de costos**

Una vez determinado los materiales necesarios para la construcción del acueducto, se realizó un estudio económico que permitió conocer los costos del proyecto.

### **5.5.4 Análisis de impacto ambiental**

Para finalizar se realizó el análisis de impacto ambiental mediante el método Leopold, en donde se cuantificó la magnitud del mismo.

### **5.5.5 Análisis de impacto social**

Para determinar el impacto social del proyecto, se realizó una entrevista, dirigida a los pobladores de la zona, en donde indicaron que impactos, tanto positivos como negativos, genera la construcción de un nuevo acueducto.

## **6 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Debido a la gran cantidad de variables que se presentan a la hora de diseñar un acueducto, el AyA desarrolló una serie de normas técnicas que permiten al diseñador tener una guía en el proceso de diseño; además se mencionan parámetros mínimos que la obra debe cumplir, tales como diámetro, velocidades, presiones, entre otras. Para el caso de proyectos de pequeño tamaño, como es el caso del acueducto en cuestión, estas normas sobredimensionan la totalidad de la obra, lo que se manifiesta en mayores costos; por esta razón, se realizaron dos opciones de diseño, la primera de ellas cumple en su totalidad con todos los lineamientos que el AyA establece; por otro lado, la segunda alternativa no utiliza el diámetro mínimo que dicha institución establece. Sin embargo, esta opción, al igual que la primera, cumple con los criterios de diseño, tales como presiones y caudales a la entrada de las previstas, presiones estáticas máximas, velocidades, condición de incendio y condición futura; que en suma se establecen para lograr un funcionamiento eficiente y seguro.

Para la presentación de los resultados y su posterior análisis, dentro de este capítulo, se utilizará la primera opción de diseño, en esta sección se presentarán los resultados críticos para todos los criterios de diseño que el AyA establece. Los cuadros con la totalidad de los datos de la red para cada uno de los criterios y todos los resultados para la segunda alternativa de diseño serán presentados en el capítulo de Anexos, en las secciones 10.6 y 10.7 respectivamente.

## 6.1 Diagnóstico de la situación actual

Mediante el recorrido desde la naciente hasta el último punto que la nueva red abarcará, se permitió dimensionar, preliminarmente, el proyecto, en donde la tubería de conducción atravesará parte de la montaña situada en un margen del Río Parismina, para concluir en donde se pretende colocar el tanque de almacenamiento, que se encuentra en la parte final y más alta de la carretera rural que interconecta a los tres pueblos que el proyecto contemplará; y de ahí en adelante la orientación de la tubería de distribución seguirá la carretera. Por esta razón, el diseño se basa en una red abierta, lo anterior debido a que la ubicación de la primera casa que hará uso del servicio de agua potable, está situada después del punto geográfico donde se desea colocar el tanque de almacenamiento y las demás continúan hasta el final de la red.

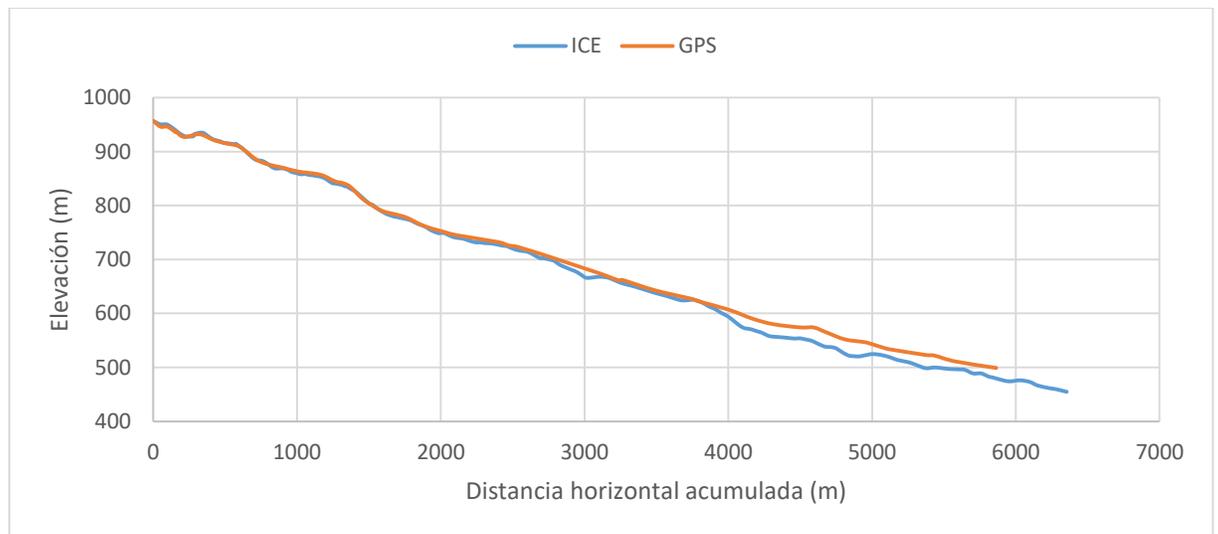
Las visitas iniciales a la zona permitieron conocer la problemática actual que sufren los habitantes, incrementándose en la época de verano, en donde las recargas hídricas de las nacientes utilizadas no logran abastecer a la población; generando cortes del servicio de agua potable, que afectan a la personas en sus labores cotidianas.

Por otra parte, la recolección y análisis de los distintos informes técnicos realizados en la zona permitieron confirmar aún más la problemática expuesta por la ASADA, esto concretamente con dos de los tres informes hechos por el AyA, con el tercero se determinó que la naciente que se quiere emplear en el nuevo acueducto posee aspectos, desde el punto de vista técnico, viables para su uso, al indicar que, entre otras cosas, el caudal disponible estimado supera los 2,5 litros por segundo. El censo realizado por la ASADA determinó la cantidad de habitantes asentados en los tres pueblos, esta cifra fue de 307 habitantes; y permitió proyectar la población futura.

El levantamiento topográfico llevado a cabo por el ICE permitió conocer más a detalle la topografía de la zona, ya que la visita preliminar tuvo un fin más de reconocimiento. La topografía encontrada para el trazo de la tubería de conducción presenta problemas, ya que existen puntos con alturas superiores a las de la naciente, que ocasionaría problemas de presiones negativas que a su vez, podría generar la entrada de aire en la tubería, en otros puntos

la diferencia de alturas positiva, que se gana en forma de energía, es tan pequeña que se pierde en pérdidas por fricción. Para corregir este problema es necesario hacer un replanteamiento del trazo, de modo tal que se gane más energía por diferencia de alturas. Por otra parte, la topografía encontrada posterior a la posible ubicación del tanque de almacenamiento posee siempre una pendiente positiva, es decir, siempre va descendiendo.

Del levantamiento del ICE se utilizaron los puntos que fueron tomados desde la naciente hasta el posible punto del tanque de almacenamiento, debido a que estos se ubican en una zona boscosa muy densa dentro de la montaña, y tendrían una precisión muy baja si se tomaran con GPS. De la posible ubicación del tanque hasta el último punto de la red, se logró comparar puntos levantados por el ICE con los tomados por el GPS, encontrando que siempre se mantenía una diferencia de las alturas de 10m. Es decir, si un punto levantado por el ICE tenía una altura de 500 m.s.n.m el tomado con GPS tenía un valor de 510 m.s.n.m., por lo cual se realizó el ajuste respectivo que permitiera unificar la topografía realizada por el ICE con la hecha por el autor. La figura 6.1 ilustra lo descrito anteriormente y en la sección 10.5 se muestra con mayor detalle el perfil longitudinal para el diseño del acueducto.



**Figura 6.1 Comparación de levantamientos topográficos realizados**

Se logró determinar la ubicación y cantidad de las previstas, siendo éste dato de 123, sin embargo se deben contabilizar las adicionales que corresponden a 25. Finalmente, el número de previstas o acometidas fue de 148.

## 6.2 Población de diseño

Se contabilizaron un total de 114 previstas domiciliarias, las restantes de las 123 corresponden a edificaciones tales como: iglesias, pulperías, fincas, escuelas, entre otras; se deben sumar 25 pajas que son meramente domiciliarias, obteniendo un total de 139 previstas domiciliarias que se traducen en los 382 habitantes considerados actualmente.

Al acueducto propuesto se le asignó una vida útil de 20 años, por lo que, se estimó con la información de la población actual la población futura al cabo de 20 años. La tasa de crecimiento promedio obtenida, para este tipo de zona, fue de 2,5% con una desviación estándar de 0,02; con base en esta tasa de crecimiento se determinó la población futura, obteniéndose un valor promedio de 628 habitantes con una desviación estándar de 2,83. Los datos mencionados anteriormente se muestran en el cuadro 6.1.

**Cuadro 6.1 Resultados poblacionales según método de proyección**

<b>Detalle</b>	<b>Crecimiento geométrico</b>	<b>Crecimiento logarítmico</b>
Tasa de crecimiento	2,51	2,48
Años proyectados		20,00
Población proyectada	628,00	628,00

### 6.3 Consumo de agua

En vista que la ASADA no posee un registro histórico de datos, se estableció la dotación de 200 litros por persona diarios. Con la dotación ya establecida, se obtuvieron los caudales necesarios para el dimensionamiento de acueducto según lo descrito en el apartado 5.3.2 Caudal de diseño, los cuales se observan en el cuadro 6.2 a continuación.

**Cuadro 6.2 Detalle de caudales obtenidos**

<b>Detalle</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
Caudal promedio diario	1,45
Caudal máximo diario	2,18
Caudal máximo horario	3,27
Caudal incendio	8,00
Caudal coincidente	10,18
Caudal diseño tubería distribución	10,18

Como se puede observar del cuadro 6.2 el caudal de diseño obtenido fue de 10,18 litros por segundo. Es decir, el dimensionamiento de la red de distribución y las estructuras que están ubicadas dentro de ésta como tanques quiebragradiante, válvulas, entre otros; se realiza para la condición más crítica. En este caso corresponde al momento en donde, además de estar abasteciendo a la población, se genera una condición de incendio que la red y demás estructuras deben abastecer por un período de 15 minutos, suministrando un caudal de 8 litros por segundo.

Lo anterior no implica que la naciente deba producir un caudal de ese valor, ni que la tubería de conducción esté dimensionada para transportar este volumen por unidad de tiempo. Ya que, la estructura que debe compensar los cambios de caudales que se presentan en el acueducto es el tanque de almacenamiento, el cual en momentos de mínima demanda acumula los volúmenes de agua que la población no consume para cuando se presenta una condición atípica como lo es un incendio o un fallo en la tubería de conducción.

## 6.4 Modelación hidráulica

Por medio del software AutoCAD (versión 2017) se creó una capa de líneas, que unía a cada uno de los puntos tomados, desde la naciente hasta el final de la red; exportada dicha capa a WaterCad V8i (SELECT series 6) y utilizando la herramienta Model Builder se construyó el modelo a escala real. La figura 6.2 muestra la red dibujada con la herramienta.

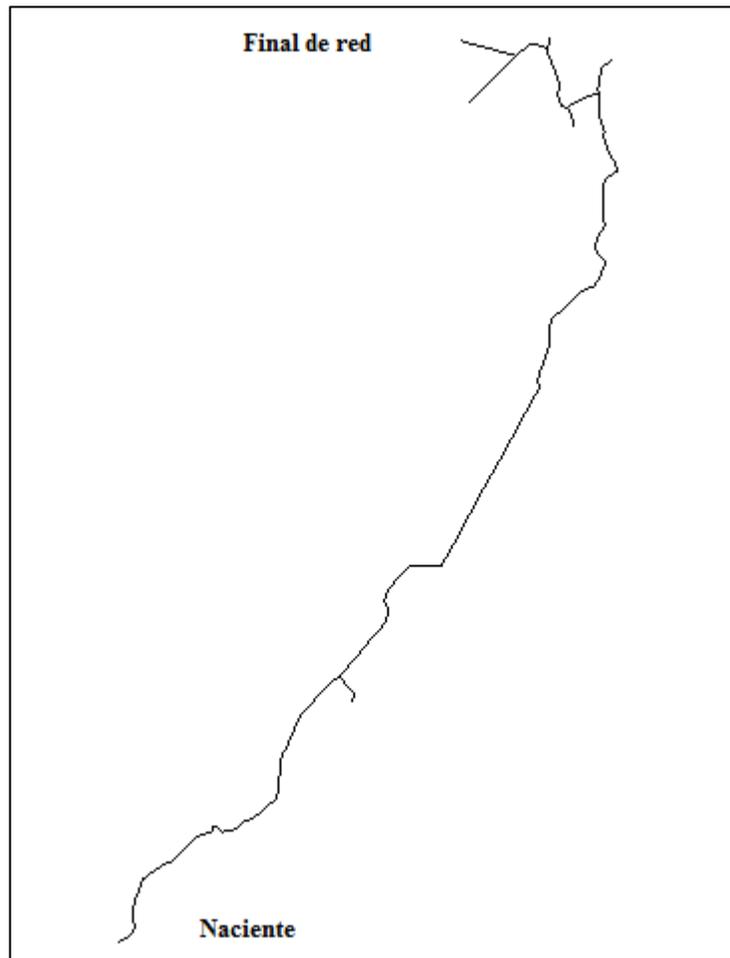


Figura 6.2 Red dibujada con herramienta ModelBuilder

Dibujado el modelo se revisó cada una de las alturas, así como la orientación de las tuberías, ajustando las alturas que durante el uso de la herramienta ModelBuilder se modificaron erróneamente. Con el modelo dibujado y comprobado minuciosamente, se procede a asignar las demandas a cada nodo. Por esta razón, es que con los nodos previamente identificados se les asignó la demanda correspondiente estimándola a partir del tipo de usuario, como se clasificó en el cuadro 5.1.

#### 6.4.1 Diseño hidráulico

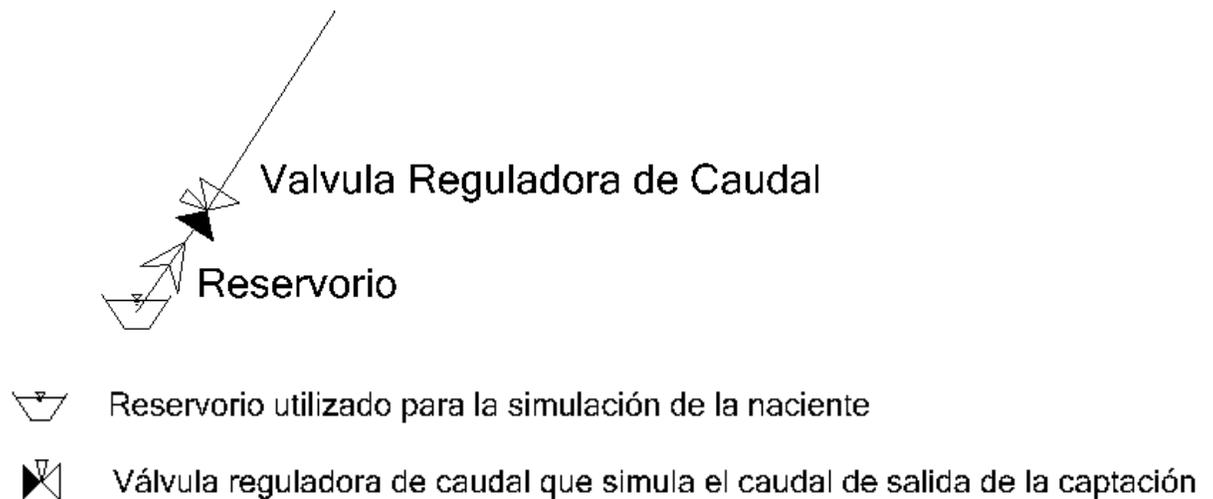
Los datos de caudal máximo diario y de diseño, necesarios para el dimensionamiento de la captación y tubería de conducción se muestran en el cuadro 6.3.

**Cuadro 6.3 Caudal de diseño para la captación y tubería de conducción**

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Caudal máximo diario	2,18	l/s
Pérdidas en la conducción	5,00	%
Caudal de diseño	2,29	l/s

Al conocer que la naciente produjo un caudal de 2,5 litros por segundo en los aforos hechos el presente año, y el caudal de diseño es de 2,29 litros por segundo, se corroboró que la naciente es capaz de abastecer a la población estimada. Además el tipo de afloramiento se determinó mediante uno de los informes técnicos de AyA y las visitas al sitio donde se ubica la naciente, concluyendo que se trata de un manantial de fondo y concentrado. Las variables anteriormente mencionadas permitieron realizar el diseño hidráulico de la estructura de captación, el plano final de esta obra se puede observar en la sección 10.1 de Anexos.

Con el diseño hidráulico de la toma realizado, se procedió a insertar en el modelo un reservorio, al cual posteriormente se le colocó una válvula reguladora de caudal, ésta última con un valor de consigna de 2,29 litros por segundo, que sería el valor que la toma captaría. Lo anterior con la finalidad de simular el comportamiento que tendrá la toma. La figura 6.3 detalla la colocación de dichas herramientas dentro del modelo.



**Figura 6.3 Herramientas empleadas para simulación de la toma de captación dentro del modelo**

La tubería de conducción, como se mencionó, se diseñó para transportar un caudal de 2,29 litros por segundo, el diámetro real obtenido fue de 100 milímetros (2 pulgadas) con una velocidad teórica de 0,94 metros por segundo, la cual, aún se encuentra dentro del rango.

El dimensionamiento total del tanque de almacenamiento se obtuvo con base a los diferentes volúmenes establecidos en los lineamientos del AyA. Debido a que no se cuenta con la curva de variación horaria real de la zona, el volumen de regularización se estimó como un 14% del volumen promedio diario.

El estimar dicho volumen de esta forma sobredimensiona el volumen total que la obra debe almacenar, lo que resulta en mayores dimensiones y costos. No obstante garantiza que el tanque de almacenamiento podrá abastecer a la población independientemente de la condición de consumo por hora que se tenga. El volumen total de almacenamiento así como los volúmenes necesarios para su obtención se presentan en el cuadro 6.4.

**Cuadro 6.4 Datos utilizados para dimensionamiento de tanque de almacenamiento**

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Caudal promedio diario	1,45	l/s
Volumen promedio diario	125,60	m <sup>3</sup>
Volumen regularización de consumo	17,58	m <sup>3</sup>
Volumen de incendio	7,20	m <sup>3</sup>
Volumen reserva de interrupciones	20,93	m <sup>3</sup>
Volumen total	45,72	m <sup>3</sup>

El plano final con el diseño del tanque de almacenamiento se puede observar en la sección 10.3 de Anexos. Conociendo el volumen del tanque, se procedió a insertarlo en el modelo. El software permite ingresar, a parte de las dimensiones de la estructura, la forma geométrica del mismo, en este caso el tanque será cuadrado de 5 metros de longitud por 2 m de altura.

La red de distribución se diseñó para transportar un caudal de 10,18 litros por segundo, y al igual que la tubería de conducción, el diámetro real obtenido fue de 100 milímetros (4 pulgadas) con una velocidad teórica de 1,16 metros por segundo, la cual, aún se encuentra dentro del rango.

El tanque quiebragradiante se dimensionó con base a los datos del cuadro 4.6, obteniendo dimensiones de 1 x 1,75 x 1,45 metros de ancho, largo y altura respectivamente. Cada estructura fue simulada en el modelo con una válvula reguladora de presión, con la particularidad que el valor de consigna de ésta es cero; esto para simular la caída de presión que la estructura en la realidad consigue. En la sección 10.2 de Anexos se puede observar el plano final del tanque

quebragradiente. La figura 6.4 muestra el esquema de colocación de la válvula que simula al tanque dentro del modelo, de existir una prevista domiciliar después del tanque quebragradiente se debe realizar un by-pass o derivación, de tal forma que se garantice una presión mínima de 10 m.c.a.

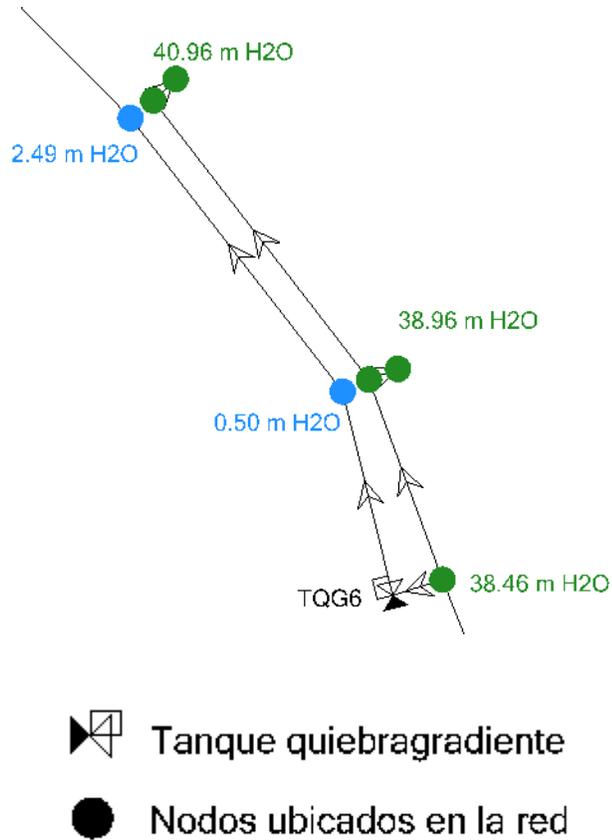


Figura 6.4 Esquema de colocación de tanque quebragradiente con derivación dentro del modelo

## 6.5 Propuesta final

### 6.5.1 Análisis en período extendido

Previo al inicio de la simulación se fijó la altura de agua en el tanque de almacenamiento en 0,5 m. Al realizar la simulación se presentó un problema, puntualmente el levantamiento realizado desde la naciente hasta el tanque de almacenamiento, en determinados puntos presenta alturas superiores a la de la naciente, lo que ocasiona presiones negativas en la red y detiene el análisis. Para poder realizar la simulación se optó por colocar antes del tanque de almacenamiento el reservorio y la válvula reguladora de caudal. Esto permitió continuar con la simulación.

La simulación en período extendido arrojó el gráfico presentado en la figura 6.4 para el nivel del tanque de almacenamiento.

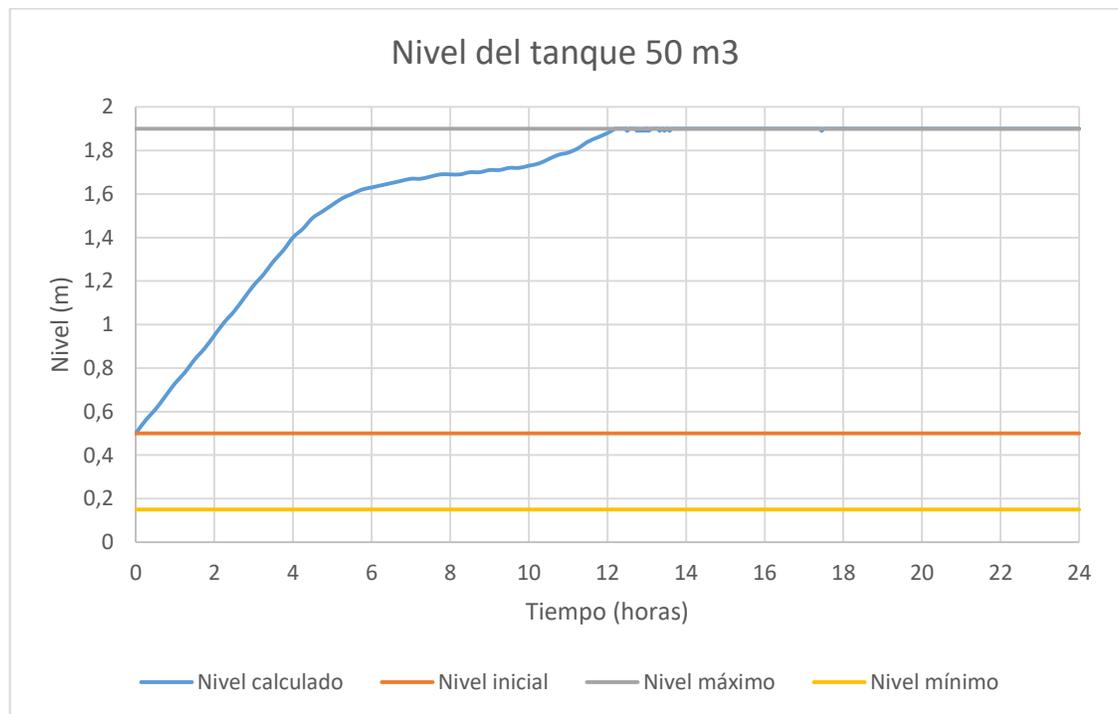


Figura 6.5 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m3 a lo largo de un día típico

La figura 6.4 muestra el comportamiento del nivel de agua en el tanque de almacenamiento, el cual es de 50 m<sup>3</sup> de volumen. Debido a que en las horas de la madrugada el consumo es muy bajo se logró ir aumentando el nivel, a partir de las 5 a.m. y hasta las 8 a.m. la rapidez con la cual se iba llenando el tanque descendió, ya que el pico de mayor consumo se da en este lapso de tiempo, debido a que las personas se levantan para prepararse para salir a trabajar o estudiar. Posterior a las 8:00 la demanda fluctúa sin superar el pico mayor, lo que logra ir aumentando el nivel de agua hasta las 12 m.d., en ese momento se llega al nivel máximo de agua y a partir de esa hora las variaciones en el nivel de la estructura son tan pequeñas que no se observan en el gráfico; este comportamiento se mantuvo hasta finalizar el día. Una vez que el tanque se llena el caudal de entrada hacia éste es el necesario para compensar las demandas que la población realiza y volver a llenarlo.

La velocidad promedio en la tubería de distribución se obtuvo bajo dos supuestos o condiciones, la primera en el momento del día donde se presenta la menor demanda y, por el contrario, cuando se da el mayor consumo de agua por parte de la población. El cuadro 6.5 muestra las velocidades en la tubería de distribución.

**Cuadro 6.5 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas)**

<b>Detalle</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	
	<b>Menor demanda</b>	<b>Máxima demanda</b>
Máxima	0,0838	0,2503
Mínima	0,0004	0,0008
Promedio	0,0534	0,1607
Desviación estándar	0,0265	0,07989

Los resultados de velocidades, independientemente de la hora de la demanda son muy bajos y causarían problemas de sedimentación, esto sucede debido que el dimensionamiento de la red se hace con el caudal coincidente o crítico, es decir, el mayor que la tubería pueda transportar. Sin embargo, este caudal se presentará solo cuando se genere una condición de incendio y también se atienda el abastecimiento de la población, otro aspecto a tomar en cuenta es que el AyA como diámetro mínimo establece el de 100 milímetros (4 pulgadas), por lo cual se debe implementar en el trazo de la red válvulas de limpieza, que permitan de forma periódica su apertura para extraer los sedimentos que el agua pueda transportar.

Las diferencias entre el valor máximo y mínimo, en ambos casos se atribuyen a que las tubería más cercana al tanque transporta un caudal mayor y conforme se van alimentando previstas domiciliarias el volumen de agua por unidad de tiempo en la red principal disminuye; al ser el área transversal de la red constante y el caudal directamente proporcional al producto de la velocidad por el área, la velocidad se reduce hasta el valor mínimo presentado en cuadro 6.5, ubicado en última tubería de la red.

De igual manera, se analizaron los datos de presiones bajo los mismos supuestos. En el cuadro 6.6 se presentan los datos de presión en los nodos domiciliarios.

**Cuadro 6.6 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas)**

Detalle	Presión (m.c.a)	
	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	122,23	122,04
Mínima	11,47	11,41
Promedio	72,89	72,66
Desviación estándar	34,14	34,10

Los datos presentados en el cuadro 6.6 corresponden a las presiones encontradas en los nodos, pudiendo ser estos: domiciliarios, para oficinas, recreacionales, entre otros. La diferencia entre los resultados radica en que al tenerse una menor demanda, el caudal que se transporta en

la tubería ocupa un área transversal menor, que a su vez se manifiesta en un menor perímetro mojado. Esto genera que una menor cantidad de agua roce contra las paredes de la tubería, disminuyendo las pérdidas por fricción. Por el contrario, en situaciones de máxima demanda el caudal al ser más grande ocupa un área transversal mayor en la tubería, que se refleja en más agua rozando las paredes y con esto mayores pérdidas.

En vista a que las presiones máximas en los nodos superan al valor establecido por el AyA, se deben colocar válvulas reguladoras de presión, las mismas fueron dimensionadas según el apartado 4.8.3.6 Válvulas reguladoras de presión, garantizando que no existirán riesgo de cavitación, ni tampoco problemas de regulación por bajo caudal. Se colocaron válvulas en puntos estratégicos del trazo de la tubería, con un valor de consigna de 20 metros columna de agua (m.c.a), de tal modo que las presiones a la entrada de nodos, que se deben abastecer, permanecieran dentro del rango de [10-70] m.c.a. El esquema de colocación de las válvulas se muestra en la figura 6.6.

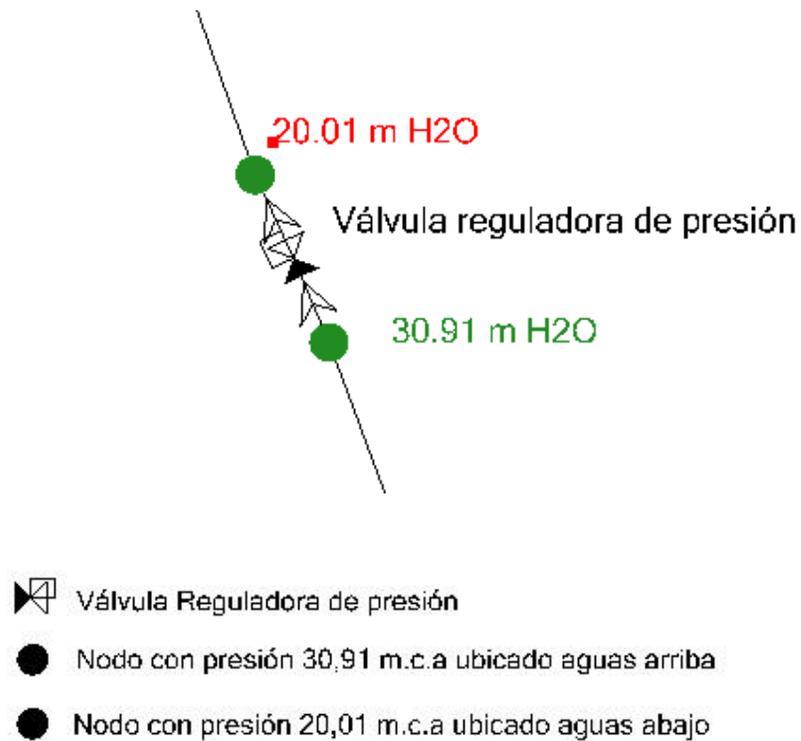


Figura 6.6 Esquema de colocación de una válvula reguladora de presión dentro del modelo

El cuadro 6.7 muestra los datos de presión una vez que se coloca las válvulas reguladoras.

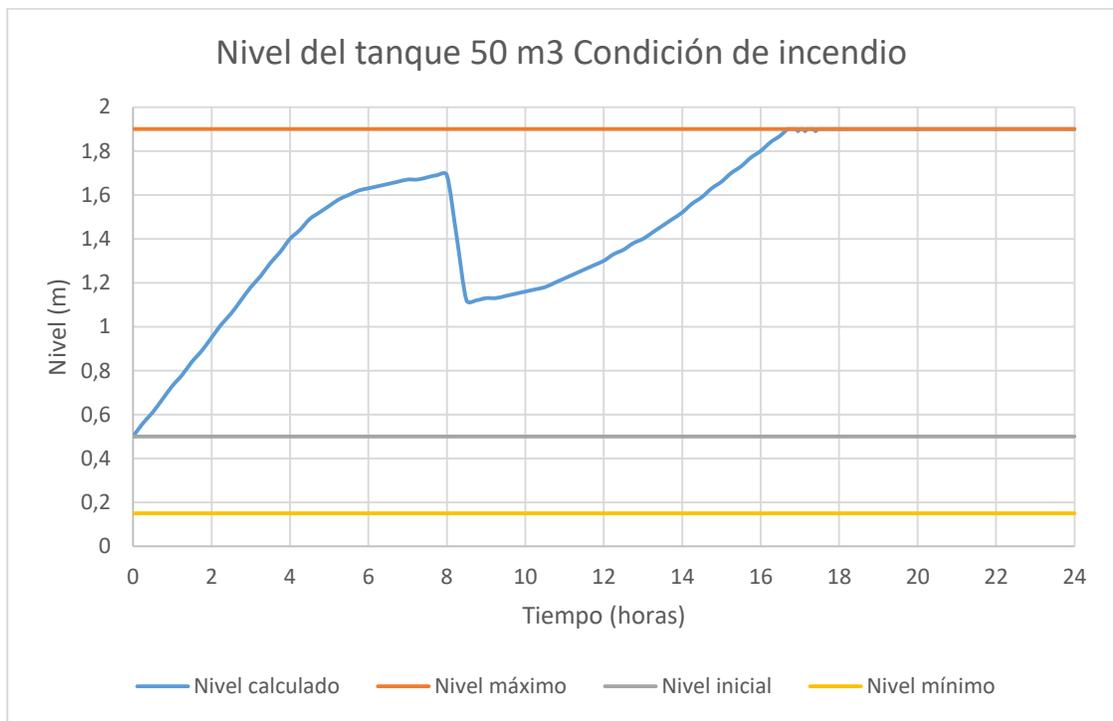
**Cuadro 6.7 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión**

Detalle	Presión (m.c.a)	
	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	62,92	62,88
Mínima	11,47	11,41
Promedio	37,66	37,56
Desviación estándar	12,30	12,29

La diferencia entre los valores mínimos y máximos para cualquier supuesto, se debe a la topografía de la zona que siempre va descendiendo, por lo cual siempre se va ganando energía. Al colocar las válvulas y fijarles un valor de consigna de 20 m.c.a, las presiones en los nodos se encuentran dentro del rango permitido, a su vez, de existir nodos aguas abajo de la ubicación de la válvula se debe realizar una derivación para mantener la presión por encima del valor mínimo establecido.

### 6.5.2 Condición de incendio

El comportamiento del nivel de agua dentro del tanque se observa en la figura 6.7.



**Figura 6.7 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m3 frente a condición de incendio**

La variación del nivel de agua en el tanque, mostrado en la figura 6.7 se debe a que a las 8:00 a.m. se presenta una condición de incendio y, adicionalmente, se continúa abasteciendo a la población. Esto genera un descenso en el nivel de agua almacenado hasta esa hora, no obstante, se puede observar que después de los 15 minutos, que es la duración estimada para llenar el vehículo de bomberos, el nivel se empieza a recuperar hasta los minutos antes de las 5:00 p.m. que el tanque llega a su nivel máximo. La hora escogida para el inicio de la condición de incendio responde a que precisamente a las 8:00 a.m. la población está generando el mayor pico de consumo durante el día, por lo cual si anudado a esta situación se le suma que se debe abastecer un hidrante, genera la condición en la cual se presentará la mayor demanda en la red es decir la condición crítica.

Asimismo, la velocidad en la red también se ve afectada, al transportar un mayor caudal. El cuadro 6.8 presenta este dato cuando el caudal de incendio se toma en el hidrante ubicado en Isletas o por el contrario en Colinas. Es importante destacar que se tomaron en cuenta todas las tuberías de distribución ubicadas antes del hidrante correspondiente, es decir, las que transporten el caudal coincidente.

**Cuadro 6.8 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) en condición de incendio**

Detalle	Velocidad (m/s)	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	1,1680	1,1685
Mínima	0,9148	0,9148
Promedio	1,1421	1,0976
Desviación estándar	0,03222	0,0617

Del cuadro 6.8 se puede observar que la velocidad promedio para ambos casos es muy similar y en no sobrepasan la velocidad máxima establecida por el AyA. Si se comparan la velocidad promedio del cuadro 6.5 con las del cuadro 6.8 se observa que las velocidades de este último cuadro son mayores, esto en vista a que al mantenerse constante el área transversal en la tubería y aumentar el caudal a transportarse, el único parámetro a variar es la velocidad.

Las presiones al igual que las velocidades se ven afectadas, el cuadro 6.9 muestra las presiones para cuando el caudal de incendio se toma en Isletas o en Colinas.

**Cuadro 6.9 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión en condición de incendio**

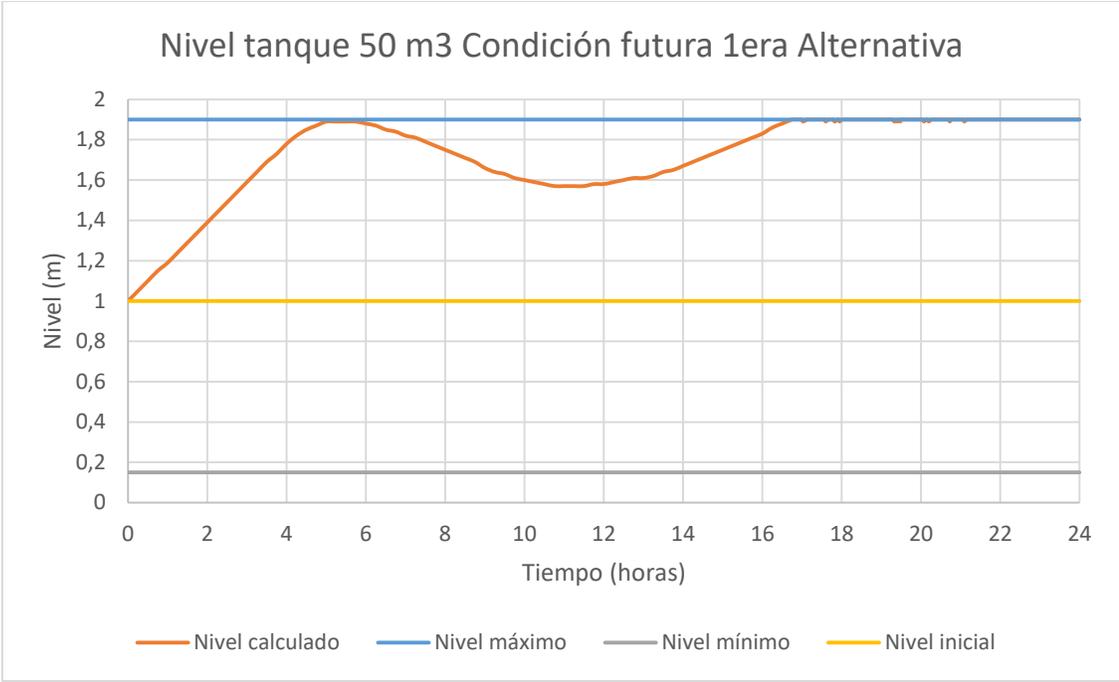
Detalle	Presión (m.c.a)	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	62,88	59,18
Mínima	10,25	10,25
Promedio	36,12	33,75
Desviación estándar	12,49	11,87

En presencia de la condición de incendio, existe una caída de presión importante; al tener un mayor caudal a transportar, aumenta el área de la tubería que se llena, por lo cual el fluido roza más contra las paredes de la tubería Sin embargo, la presión en ninguno de estos bajo del valor límite establecido por el AyA.

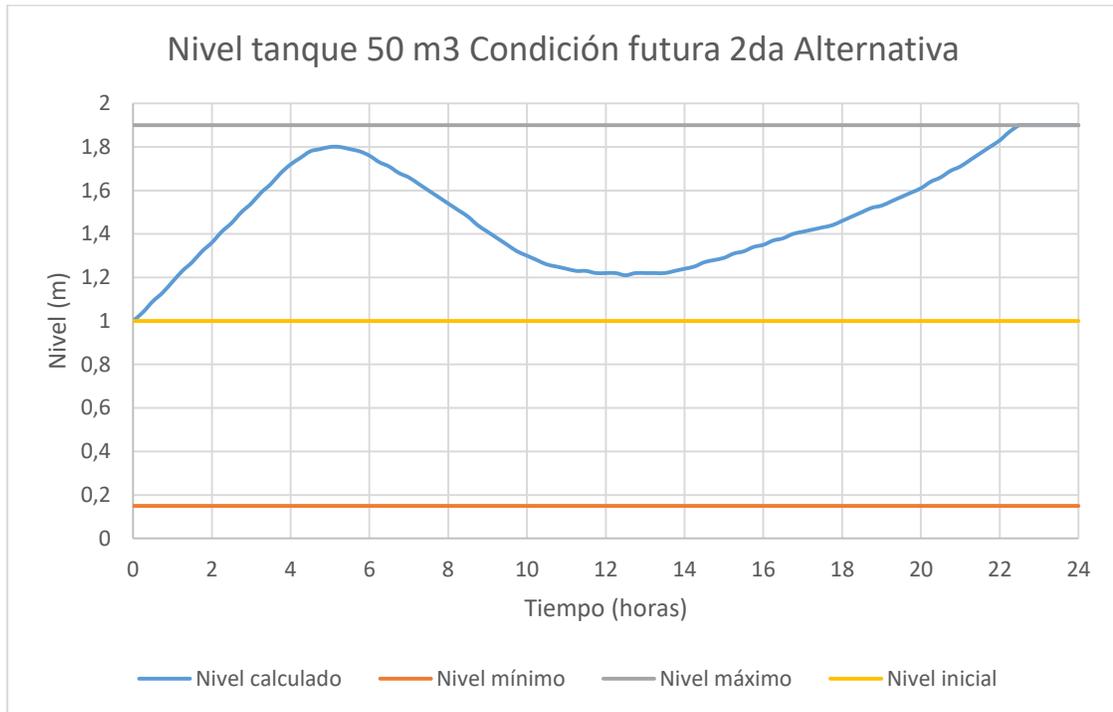
### 6.5.3 Condición futura

Con el modelo calibrado se corrió la simulación de la red para la condición futura, se obtuvieron los gráficos presentados en la figuras 6.8 y 6.9 para el nivel del tanque de almacenamiento. La 6.8 muestra el comportamiento que se tendrá dentro del tanque de

almacenamiento bajo la primera alternativa, y por ende la 6.9 corresponde a la segunda alternativa.



**Figura 6.8 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m3 para 1era alternativa en la condición futura**



**Figura 6.9 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m3 para 2da alternativa en la condición futura**

Si se comparan ambos gráficos, se puede observar que en la primera alternativa la demanda es menor, ya que, el nivel a las 5:00 a.m. es el máximo y en la segunda, a la misma hora, es de 1,80 metros. Además, la primera alternativa logra llenar nuevamente el tanque llegando a las 5:00 p.m., mientras la segunda lo logra al finalizar el primer día de simulación, aproximadamente a las 11 p.m. El comportamiento observado se debe a que el aumentar la demanda por nodo, esto en la primera alternativa, no genera un caudal de salida en el tanque mayor al necesario en la segunda opción, en donde sí se aumentó este caudal por el ingreso de más nodos al modelo.

De la misma manera se analizaron las velocidades obtenidas en una u otra alternativa, los resultados se muestran en el cuadro 6.10.

**Cuadro 6.10 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas), condición futura**

Detalle	Velocidad (m/s)			
	Primera alternativa		Segunda alternativa	
	Menor demanda	Máxima demanda	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	0,1060	0,3303	0,1181	0,3656
Mínima	0,0006	0,0019	0,0004	0,0013
Promedio	0,0663	0,2077	0,0670	0,2066
Desviación estándar	0,0339	0,1057	0,0368	0,1134

En ambas alternativas se obtuvieron datos muy similares. Existen diferencias entre el caudal requerido por la red de distribución entre una y otra alternativa, no obstante, éstas no son tan grandes para ocasionar variaciones en las velocidades. Las diferencias entre los valores mínimo y máximo se deben a que se consideran todas las tuberías que conforman la red de distribución, por lo cual se considera hasta la última tubería de la red, en donde se maneja un caudal muy pequeño que ocasiona valores tan pequeños como los presentados en el cuadro.

Finalmente si se comparan los datos encontrados en el cuadro 6.10 con los obtenidos en el 6.5 se puede notar como los del primero son mayores, debido a que sin importar la alternativa futura que se maneje, el caudal requerido por la red de distribución al tanque de almacenamiento aumenta, mientras el área transversal de la tubería se mantiene constante, por lo cual el único parámetro a variar es la velocidad.

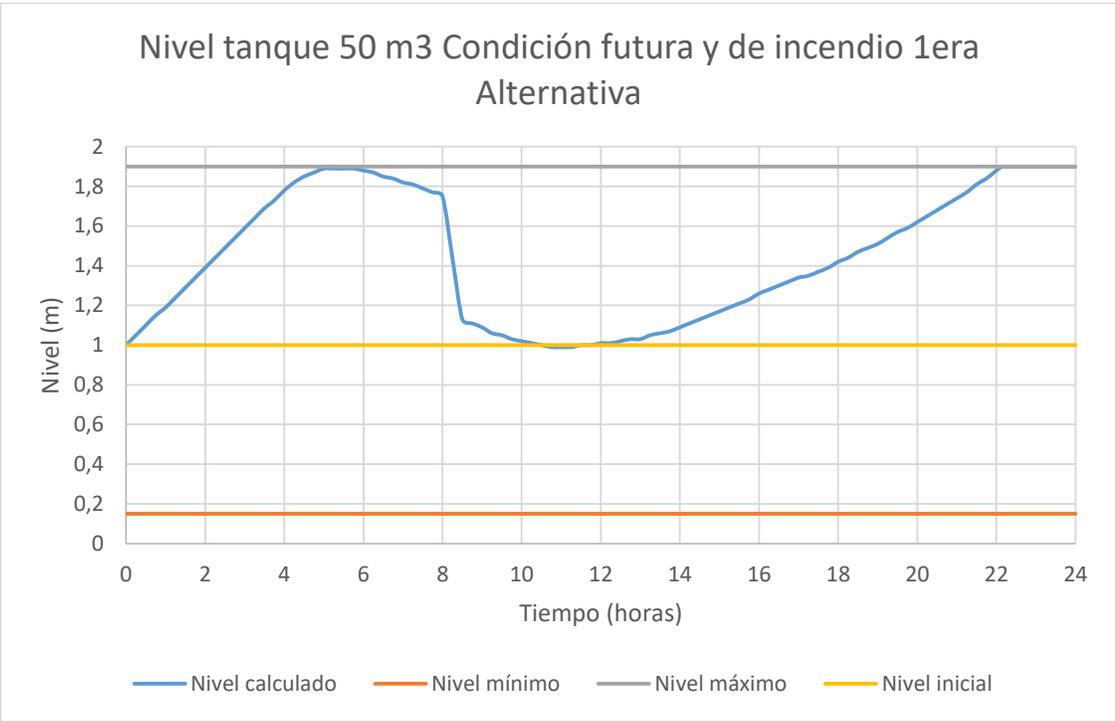
Las presiones en los nodos también fueron corroboradas, los valores se presentan en el cuadro 6.11.

**Cuadro 6.11 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición futura**

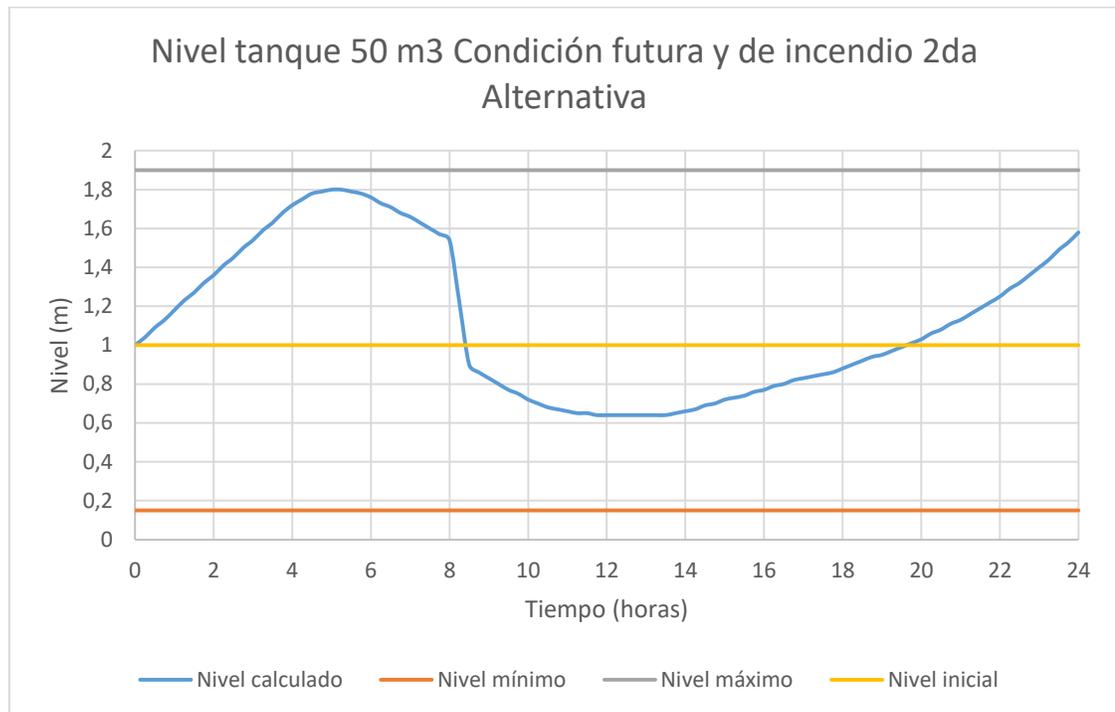
Detalle	Presión (m.c.a)			
	Primera alternativa		Segunda alternativa	
	Menor demanda	Máxima demanda	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	62,91	62,86	62,92	62,88
Mínima	11,47	11,38	11,46	11,38
Promedio	37,66	37,51	37,46	37,31
Desviación estándar	12,28	12,28	12,28	12,28

Al igual que con el tema de velocidades, las presiones de una u otra alternativa son similares, debido a que el caudal de salida del tanque a pesar de ser ligeramente mayor en una alternativa, no provoca variación en las presiones. En ambas opciones se cumple con el rango de presiones que el AyA establece.

La figura 6.10 y 6.11 muestra el comportamiento del tanque de almacenamiento cuando se presenta la condición de incendio. La 6.10 muestra la simulación para la primera alternativa y la 6.11 para segunda.



**Figura 6.10 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m3 para la 1era alternativa bajo condición futura y de incendio**



**Figura 6.11 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 50 m3 para la 2da alternativa bajo condición futura y de incendio**

Como se puede ver en ambas alternativas, la simulación se inicia con un nivel superior al empleado en las anteriores simulaciones, que es de 0,5 metros; esto debido a que si se utiliza este último el tanque llegaría por debajo del mínimo, lo que provocaría que no se logre cubrir la condición de incendio ni el abastecimiento de la población y se detenga el simulación. Para evitar este problema se decidió emplear un nivel mayor, en este caso de 1 metro; utilizando este valor se logra abastecer ambas situaciones. El comportamiento del nivel del tanque bajo la primera alternativa al presentarse la condición de incendio, figura 6.10, se debe a que al tener una menor demanda logra una recuperación más rápida que la que se observa en la figura 6.11, en donde el tanque no logra llenarse posterior a esta condición durante el primer día de simulación.

El cuadro 6.12 muestra el comportamiento de la red de distribución cuando se presenta la condición de incendio.

**Cuadro 6.12 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas), condición de incendio y condición futura**

Detalle	Velocidad (m/s)			
	Primera alternativa		Segunda alternativa	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	1,2486	1,2493	1,2841	1,2847
Mínima	0,9148	0,9148	0,9148	0,9148
Promedio	1,2121	1,1513	1,2191	1,1536
Desviación estándar	0,0438	0,0841	0,0528	0,0922

Las velocidades al presentarse la condición de incendio se mantienen dentro del rango establecido por el AyA, a pesar que existen diferencias entre el caudal requerido entre una u otra alternativa éstas no son significativas.

El cuadro 6.13 muestra el comportamiento de las presiones en todos los nodos cuando se presenta la condición de incendio.

**Cuadro 6.13 Presiones calculadas para tubería de distribución de 100 milímetros (4 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición de incendio y condición futura**

Detalle	Presión (m.c.a)			
	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	62,86	59,05	62,88	59,18
Mínima	10,22	10,22	10,21	10,21
Promedio	35,94	33,47	35,73	33,34
Desviación estándar	12,53	11,88	12,55	11,90

Las presiones presentadas durante la condición de incendio en la simulación futura se mantienen por encima del valor mínimo establecido por el AyA, a pesar de existir una caída de presión cuando se utiliza el hidrante de Isletas o el de Colinas.

#### **6.5.4 Implementación del sistema de desinfección**

Para la primera opción de diseño se decidió emplear un clorador de construcción industrial, por lo cual se cotizó en distintas empresas nacionales que ofrecen este producto. Para el dimensionamiento del mismo se consultó a los distintos agentes de ventas de las empresas así como las fichas técnicas de cada producto.

Para la segunda opción, y recordando que se realizó una visita a la ASADA de Potrero Cerrado de Cartago, se estimaron los costos de fabricación para una estructura similar a la mostrada en la figura 5.8, esto debido a que el mostrado en dicha figura se emplea para una población similar a la que el acueducto a diseñar tiene que abastecer. Además, el técnico explico que el uso de un clorador artesanal aparte de reducir los costos tiene la ventaja que se puede regular la concentración de cloro que se envía al tanque de almacenamiento.

### **6.6 Estimación de costos**

La implementación del nuevo acueducto para los pueblos de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, necesitará de una inversión importante que debe ser cubierta por algún ente bancario; razón por la cual es necesario presentar los costos del proyecto de la manera más exacta posible.

Se presentan los costos totales de implementación del acueducto en el cuadro 6.14, en éste se detallan los montos requeridos para la construcción de cada obra, que en conjunto conforman el acueducto, así como el costo total. En la segunda opción de diseño (B), la única variante en

comparación con la primera opción (A), es el diámetro de la tubería de distribución, que es de 75 milímetros (3 pulgadas), este valor no es aceptado por AyA, ya que dicha institución establece como mínimo el de 100 milímetros (4 pulgadas), el empleado en la primer opción.

**Cuadro 6.14 Costos calculados según opción de diseño elegida**

Descripción del reglón	Unidad	Cantidad	P Unitario	Opción A	Opción B
1 Toma naciente	Und	1	¢545.126,29	¢545.126,29	¢545.126,29
1.1 Tubería de conducción	Und	1	¢4.020.920,77	¢4.020.920,77	¢4.020.920,77
1.2 Tanque de almacenamiento	Und	1	¢3.704.008,00	¢3.704.008,00	¢2.855.324,21
1.3 Tubería de distribución 4"	Und	1	¢206.339.018,46	¢206.339.018,46	
1.4 Tubería de distribución 3"	Und	1	¢119.872.538,78		¢119.872.538,78
1.5 Tanque quiebragradiante	Und	6	¢1.730.920,61	¢10.385.523,67	¢10.385.523,67
1.6 Válvula reguladora	Und	14	¢1.143.056,47	¢16.002.790,55	¢16.002.790,55
1.7 Hidrante	Und	2	¢1.204.206,17	¢2.408.412,34	¢2.408.412,34
1.8 Acometida domiciliar	Und	148	¢121.908,78	¢18.042.499,14	¢18.042.499,14
1.9 Clorador	Und	1	¢2.431.838,63	¢2.431.838,63	
1.1 Clorador artesanal	Und	1	¢1.000.000,00		¢1.000.000,00
<b>Costo total</b>				¢263.880.137,85	¢175.133.135,70

El costo total de ¢263.880.137,85 representa el costo total de la opción A y ¢175.133.135,70 para la opción B, cualquiera de las dos constituye la inversión inicial que la ASADA debe asumir, claro está que deberá buscar alguna opción de financiamiento que permita la realización del proyecto.

Para poder llevar a cabo el análisis económico, es necesario estimar los costos de mantenimiento y operación que se presentarían cuando el acueducto esté en funcionamiento. Estos datos son muy variantes entre una y otra ASADA, por diferencias en el diseño de los sistemas de abastecimiento así como las condiciones socioeconómicas de la zona donde éste se encuentre. Ligado a esto, el AyA no cuenta con estudios que estimen dichos costos. Los datos mencionados se observan en el cuadro 6.15 y corresponden a los estimados de forma mensual.

**Cuadro 6.15 Costos de operación y mantenimiento estimados para ambas opciones de diseño**

<b>Gastos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>
Operación (fontanero)	1	Mensual	€287.163,62	€287.163,62
Mantenimiento 20% Costos de Operación	1	Mensual	€57.432,72	€57.432,72
Desinfección	50	Und	€860,00	€43.000,00
Combustible	10	Litro	€584,00	€5.840,00
Administración	15%	Porcentaje		€59.015,45
Reserva	10%	Porcentaje		€39.343,63
<b>Total de gasto mantenimiento mensual</b>				<b>€491.795,43</b>

En el rubro de operación se estimó la contratación de un fontanero, el cual se hará cargo del mantenimiento de la red, así como la atención y corregimiento de fallas que se presenten, además éste deberá ser capacitado para llevar a cabo la dosificación de cloro en el tanque de almacenamiento y con esto la desinfección de agua. El valor proporcionado en la tabla se basó en el salario establecido por ley, incluyendo las cargas sociales. El porcentaje empleado para los costos de mantenimiento se consultó a la ASADA del distrito Potrero Cerrado, cantón de Oreamuno provincia de Cartago, indicando un valor de 20% de los costos de operación. La desinfección hace referencia a los materiales empleados para esta labor, específicamente hipoclorito de calcio. El rubro de combustible se refiere al necesario para que el fontanero pueda cumplir con sus labores de una forma más rápida y eficiente. Nuevamente los porcentajes de administración y reserva se consultaron a la misma ASADA.

Para poder determinar si la cuota que actualmente se cobra permitirá cubrir los costos mensuales del nuevo acueducto, presentados en el cuadro 6.15, se determinó la cuota mínima que debe ser cobrada por la ASADA. Para obtener este dato se dividieron los gastos mensuales totales, presentados en el cuadro 6.15, entre 123 que el número actual de previstas que la ASADA abastece, ubicado en la sección 6.2 Población de diseño; obteniéndose una cuota más baja que la cobrada. Lo que permite establecer que la cuota actualmente cobrada, además de cubrir los gastos mensuales, generará utilidades. Estos datos se muestran en el cuadro 6.16.

**Cuadro 6.16 Comparación entre tarifa cobrada actual y la mínima a recaudar**

<b>Detalle</b>	<b>Monto</b>
Tarifa calculada	¢4.098,30
Tarifa actual	¢5.000,00

Con los costos de inversión y los de operación y mantenimiento ya establecidos se logró obtener el valor actual neto del proyecto (VAN). En donde se transforman los movimientos monetarios del proyecto ocurridos a través del tiempo a valores actuales, con la finalidad de determinar la rentabilidad al término de 20 años que es el plazo que se estableció como la vida útil de la obra. Finalmente, el costo de oportunidad o tasa mínima atractiva utilizada fue de 12%, que se encuentra en el rango encontrado en el país para préstamos a ASADAS. El VAN encontrado fue de -¢254.181.402,62 para la opción A y -¢165.434.400,47 para la opción B, el signo negativo indica que la inversión inicial es muy alta en relación con los ingresos anuales obtenidos, por lo cual ésta no es recuperable en ese plazo.

Debido a que el proyecto que se quiere desarrollar tiene características sociales, la tasa interna de retorno es imposible de obtener, por lo cual el análisis económico se debe enfocar a una inversión de tipo costo/beneficio, en donde el costo representa la diferencia entre la inversión inicial y el VAN obtenido y el beneficio el número de personas, que según las

proyecciones realizadas, se tendrá al cabo de 20 años. Dicha relación dio como valor ¢15.443,85 para ambas opciones, que al ser mayor a 1 indica que el proyecto debe aceptarse. El cuadro 6.17 resume lo anteriormente mencionado.

**Cuadro 6.17 Resultados generados a partir del análisis económico**

<b>Detalle</b>	<b>Opción A</b>	<b>Opción B</b>
VAN (¢)	254.181.402,62	166.283.084,31
Inversión inicial (¢)	263.880.137,85	175.981.819,54
Costo (¢)		9.698.735,23
Beneficio (hab)		628
Relación C/B (¢/hab)		15.443,85

## **6.7 Análisis de impacto ambiental**

El diseño y la implementación de un proyecto como lo es un acueducto, indudablemente traerá consigo afectación al ambiente, sin embargo, ésta variará su magnitud dependiendo de la zona donde se encuentre y del tamaño de la obra. Los pueblos de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas son de carácter rural, donde la cantidad de habitantes es de 382 con un número de acometidas domiciliarias de 140; por lo cual, la toma de agua para abastecer a la población se encuentra en un margen del Río Parismina, en plena montaña.

Esto quiere decir que tanto la toma como la tubería de conducción irrumpirán en plena montaña, generando un impacto ambiental que debe estimarse de la manera más ajustada a la realidad, mediante una evaluación de impacto ambiental o como se conoce por sus siglas EIA. Éste corresponde a un procedimiento científico-técnico, que permite identificar y predecir cuáles efectos ejercerá la construcción de la obra sobre el ambiente. Dichos efectos se dan concretamente con la implementación de la toma y el desmonte de la línea y zonas aledañas por donde se conducirá la tubería, esto propiamente en la montaña. El resto de obras como lo son el tanque de almacenamiento y la casetilla de desinfección, la tubería de distribución, tanques

quiebragradiente, entre otros; se encuentran al margen de la carretera, por lo cual el impacto ambiental generado será de menor magnitud.

Para la estimación de los diferentes impactos se empleará la matriz de Leopold, la cual no produce un resultado de forma cuantitativa, sino juicios de valor, que en este caso fueron realizados por el autor con base a las visitas realizadas a la zona. Inicialmente se realizó la caracterización del proyecto en donde se determinaron los distintos aspectos ambientales que se presentan en el proyecto y el tipo de estos, se establecieron las componentes del proyecto y con éstas fijadas se formularon y describieron las acciones susceptibles a producir un impacto ambiental. En la estimación del ambiente se definieron tanto el medio, sistema y componentes que se verán afectadas con la implementación del proyecto; a su vez para cada componente se estableció qué factores se ven perjudicados. Finalmente, se desarrolló la matriz de Leopold en donde se encontró 4 acciones susceptibles a generar impactos que sobresalieron, éstas se presentan en el cuadro 6.18.

**Cuadro 6.18 Acciones susceptibles a generar impactos en el proceso constructivo y de funcionamiento del acueducto**

<b>Etapa</b>	<b>Fase</b>	<b>Acción susceptible a producir impacto (ASPI)</b>
	Preparación del terreno	Limpieza del terreno (Desmante)
Construcción	Construcción de infraestructura	Excavación franja de bosque para trazo tubería conducción y al margen de la carretera para tubería distribución
		Construcción de obras gris y colocación de tuberías
Operación, funcionamiento de las estructuras	Mantenimiento	Mantenimiento franja aledaña a estructuras

Teniendo como base la información del cuadro anterior, se procedió a formular el manejo de impactos ambientales, en donde se establecieron medidas tanto preventivas, es decir, que se pondrán en práctica cuando se esté construyendo la obra y cuando ésta se encuentre en funcionamiento; como de mitigación, que serán puestas en marcha para reducir algún impacto.

Lo anterior se expone en el cuadro 6.19, en el cual, para cada impacto considerado se muestra la correspondiente medida.

**Cuadro 6.19 Medidas determinadas para el manejo de impactos ambientales generados**

<b>Impacto</b>	<b>Medida de manejo</b>
	<p><b>Preventivas:</b>            Procurar eliminar solo lo que sea necesario y no limpiar una zona en donde no se vayan a realizar obras</p> <p>Evitar la tala masiva de árboles</p>
Limpieza del terreno (Desmante)	<p>Evitar el uso de sustancias químicas para la eliminación de hierbas, ya que conlleva a la posible contaminación de suelo y agua</p> <p><b>Mitigación:</b>            Implementar planes racionales de reforestación</p> <p>Si se usan implementos agrícolas o de otro tipo, minimizar el tiempo de trabajo para evitar compactación en el suelo y la quema excesiva de combustibles fósiles</p>
Excavación franja de bosque para trazo tuberías y estructuras	<p><b>Preventivas:</b>            Evitar que la zanjas estén mucho tiempo abiertas para evitar riesgos de inundación y erosión</p> <p>El sobrante de suelo obtenido debe ser esparcido y levemente compacto a fin que este no sea erosionado por lluvias o viento</p>
Construcción de obras gris y colocación de tuberías	<p><b>Preventivas:</b>            Evitar el uso excesivo de solventes y pegamento para la unión de tuberías, así como y el derrame de concreto en partes de terreno en donde no se vayan a construir obras.</p> <p>Recolectar todo los residuos sólidos generados, como bolsas plásticas, madera, tuberías y restos de acero</p>
Mantenimiento franja aledaña a estructuras (chapea)	<p><b>Preventivas:</b>            Procurar eliminar solo lo que sea necesario y no limpiar una zona en donde no se vayan a realizar obras.</p> <p><b>Mitigación:</b>            Implementar barreras visuales con árboles y demás alrededor de estructuras</p>

Establecidas las medidas de mitigación es importante mencionar que todos los cuadros necesarios para la creación de la matriz de Leopold se encuentran en la sección 10.10 de Anexos.

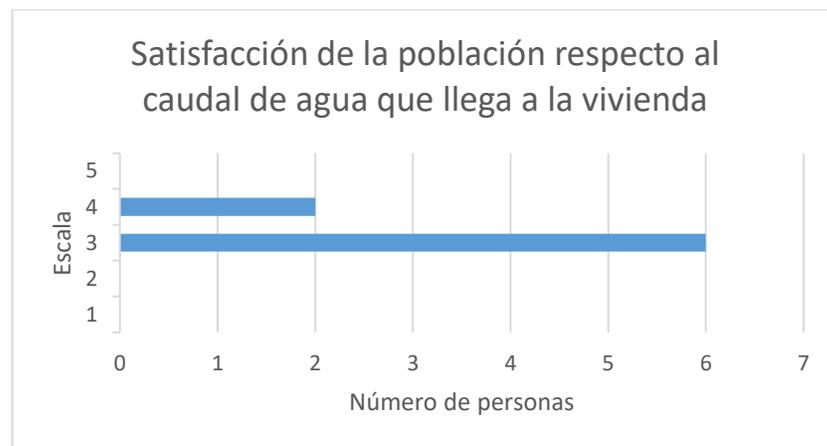
En síntesis, el análisis ambiental muestra los impactos generados sobre el medio ambiente por el desarrollo del acueducto, no obstante, es necesario recalcar que el tamaño de las estructuras como el de las zonas por las cuales se dispondrá la red de tubería es pequeño. Por lo cual, el impacto generado es pequeño, aunado a esto si se analiza el beneficio que la población tendrá es justificable el desarrollo del proyecto, inclusive la misma población puede contribuir a la disminución de los impactos, comprometiéndose a la implementación de las diferentes medidas establecidas.

## **6.8 Análisis de impacto social**

En vista que el acueducto actual está colapsado, la idea de uno nuevo que solucione todos los problemas relacionados con el servicio de agua potable genera en los pobladores expectativas, las cuales es necesario tomar en cuenta. Precisamente, este impacto social que se generará con la implementación de una nueva red, que permita abastecer a los pobladores actuales más los que por razones de disponibilidad de agua no han podido asentarse, es lo que se quiere conocer.

Para poder determinar dicho impacto se realizó una entrevista, la cual se encuentra en la sección 10.11 de Anexos, en ésta se citó a todos los miembros que hacen uso del servicio de agua potable que la ASADA ofrece. Dicha entrevista contaba con una serie de preguntas en donde la persona calificaba el servicio actual en aspectos técnicos como: presión, caudal, frecuencia de mantenimiento, rapidez en las reparaciones; aspectos sociales y económicos por ejemplo qué tipo de problemas ha tenido por falta del recurso hídrico. A su vez, se consultó si estaban enterados que la ASADA quiere implementar un sistema totalmente nuevo, que solucione todos los problemas relacionados al servicio de agua potable que tiene el actual acueducto y qué beneficios tendrían, si así lo consideraban, en sus labores de subsistencia.

Las figuras a continuación mostradas corresponden a las preguntas que la encuesta contenía, es importante aclarar que a la reunión citada asistieron un total de 8 personas, por lo cual los resultados obtenidos no representan a toda la población que el proyecto quiere abarcar. Las figuras 6.12, 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 corresponden a la pregunta número 1, en donde cada entrevistado calificó el servicio actual en aspectos técnicos. Basado en una escala de 1 a 5, siendo 1 muy insatisfecho, 2 poco satisfecho, 3 satisfecho, 4 bastante satisfecho y 5 muy satisfecho.



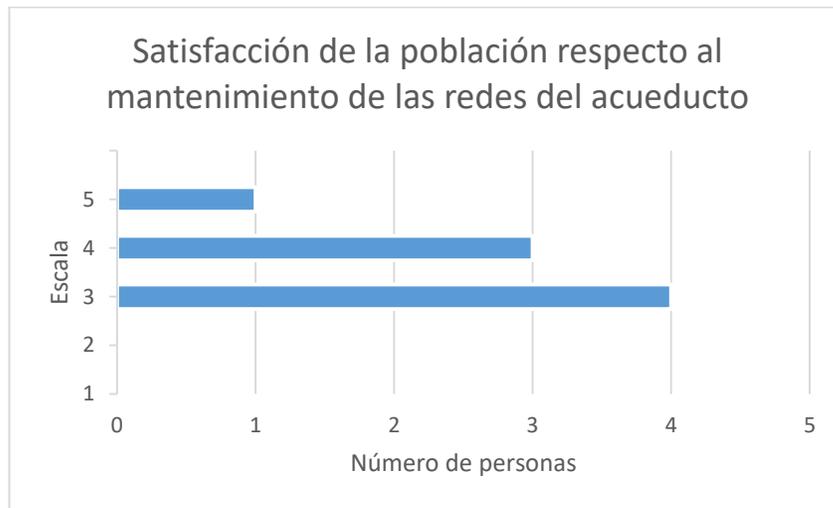
**Figura 6.12 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto al caudal de agua que llega a la vivienda**

**Interpretación:** Se muestra en el gráfico anterior que 6 personas de los 8 ciudadanos entrevistados calificaron el caudal de agua de sus viviendas con un valor de 3, es decir, satisfecho; mientras que las restantes 2 personas lo calificaron con un valor de 4, que se traduce a bastante satisfecho.



**Figura 6.13 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto a la presión de agua a la entrada de la vivienda**

**Interpretación:** Se muestra en el gráfico anterior que 3 personas de los 8 ciudadanos entrevistados calificaron la presión de agua a la entrada de sus viviendas con un valor de 4, es decir, bastante satisfecho; otras 3 personas lo evaluaron con un valor de 3 que se traduce a satisfecho; mientras que las restantes 2 personas lo calificaron con un valor de 2, lo que significa poco satisfecho.



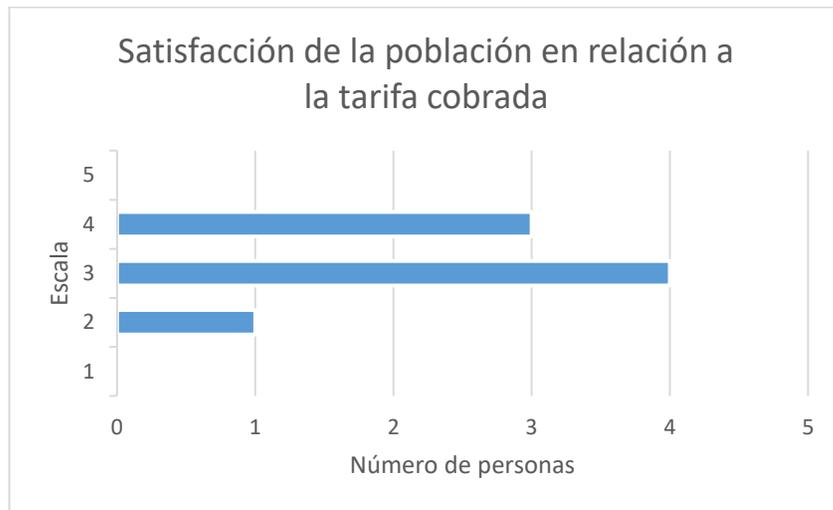
**Figura 6.14 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto al mantenimiento de las redes del acueducto**

**Interpretación:** Se muestra en el gráfico anterior que 4 personas de los 8 ciudadanos entrevistados calificaron el mantenimiento del acueducto con un valor de 3, que se traduce a satisfecho, otras 3 personas evaluaron con un 4, es decir, bastante satisfecho; mientras que la persona restante lo calificó con un valor de 5, lo que significa muy satisfecho.



**Figura 6.15 Pregunta N°1 Satisfacción de la población respecto a la duración para atender reparaciones**

**Interpretación:** Se muestra en el gráfico anterior que 2 personas de los 8 ciudadanos entrevistados calificaron la duración para atender reparaciones por parte de la ASADA con un valor 2, que según la escala significa poco satisfecho, otras dos 2 personas la evaluaron con 3, que se traduce a satisfecho, otras 2 personas evaluaron con un 4, es decir, bastante satisfecho; mientras que las restantes 2 lo calificaron con un valor de 5, lo que significa muy satisfecho.

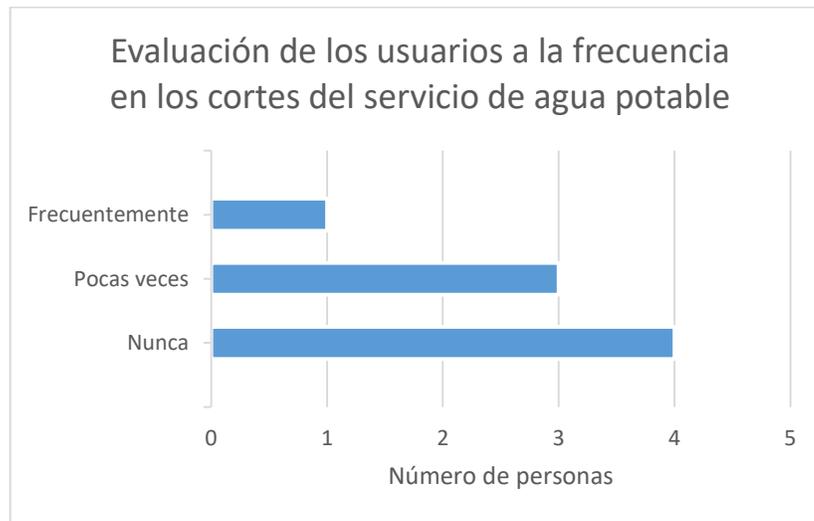


**Figura 6.16 Pregunta N°1 Tarifa establecida por acueducto**

**Interpretación:** Se muestra en el gráfico anterior que 1 persona de los 8 ciudadanos entrevistados calificó la tarifa cobrada con un valor 2, que según la escala significa poco satisfecho, 4 personas la evaluaron con 3, que se traduce a satisfecho, mientras que las restantes 3 personas evaluaron con un 4, es decir, bastante satisfecho.

En síntesis, la pregunta número 1 pretendía calificar el acueducto actual en aspectos estrictamente técnicos, no obstante los resultados no son muy representativos; en vista a que en puntos como caudal y presión, que son medulares en los problemas de abastecimiento de agua potable, no obtuvieron calificaciones bajas que indiquen algún tipo de descontento en la población.

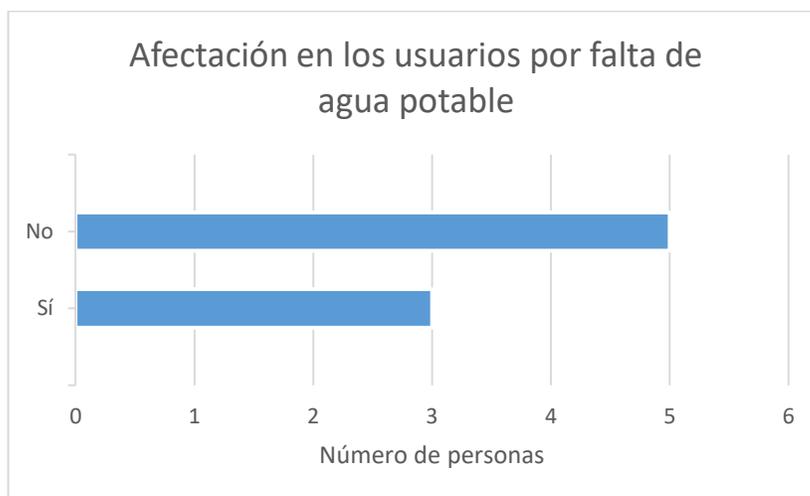
La figura 6.17 es referida a la pregunta número 2, que a su vez, buscaba conocer la opinión de los entrevistados en relación a la frecuencia con la que sufren cortes del servicio de agua potable. Nuevamente la gente entrevistada pareciera indicar que o no sufren cortes o los sufren muy pocas veces.



**Figura 6.17 Pregunta N°2 Evaluación de los usuarios a la frecuencia en los cortes del servicio de agua potable**

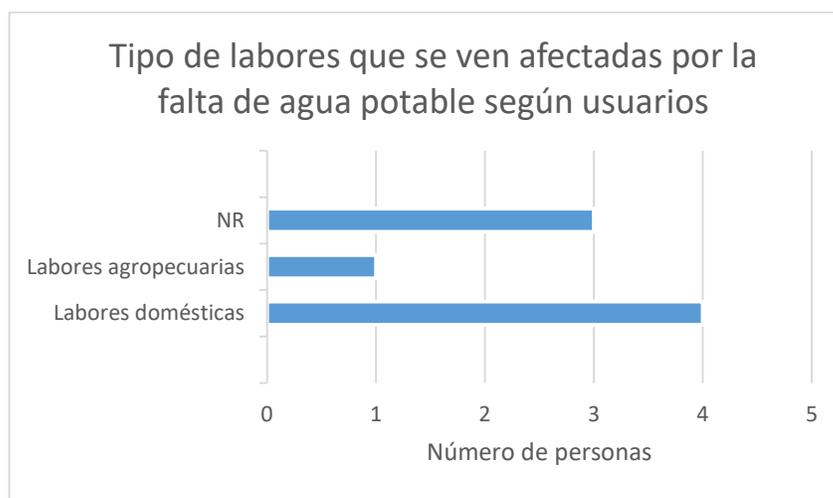
**Interpretación:** Basado en un rango de nunca, pocas veces y frecuentemente, se muestra en el gráfico anterior que 4 personas, manifiestan nunca sufrir de cortes, 3 personas indican sufrirlos en pocas ocasiones y solo una dice ser una situación frecuente.

Las figuras 6.18 y 6.19, tenían como fin determinar si se presentaban problemas en labores de subsistencia de la población y que los mismos mencionasen en cuales actividades específicamente, indicando que la mayor afectación se da en tareas domésticas y agropecuarias. Esta última, a pesar de no ser una obligación por parte del Acueducto, es importante que sea tomada en cuenta, ya que la afectación en una labor como ésta repercute en los ingresos económicos de una familia. Ahora bien, dentro de las actividades domésticas que algunos entrevistados expusieron está el lavado de ropa, preparación de comidas y de aseo, la última se presenta cuando los estudiantes se disponen a asistir a clases.



**Figura 6.18** Pregunta N°3 Afectación en los usuarios por falta de agua potable

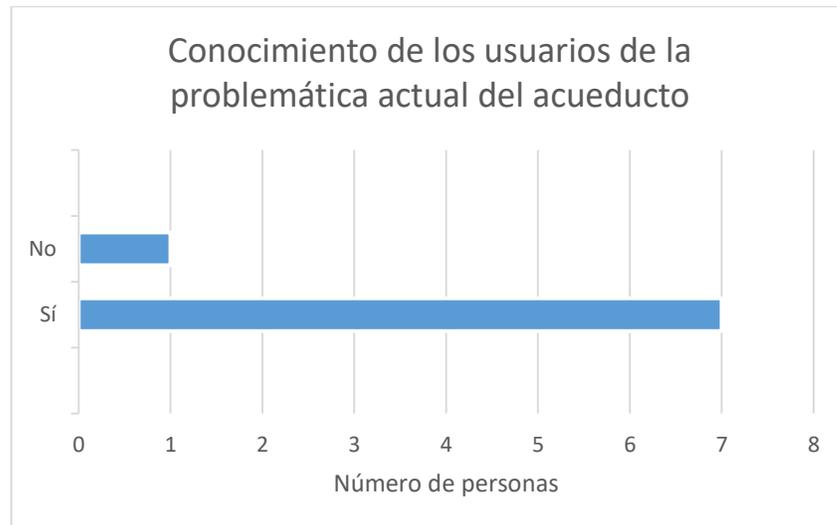
**Interpretación:** En cuanto a poseer o no problemas en las labores diarias debido a la falta de agua potable, 5 habitantes dice no haber sentido afectación alguna, mientras que 3 de ellos asegura sufrir problemas a causa de este factor.



**Figura 6.19** Pregunta N°4 Tipo de labores que se ven afectadas por la falta de agua potable según usuarios

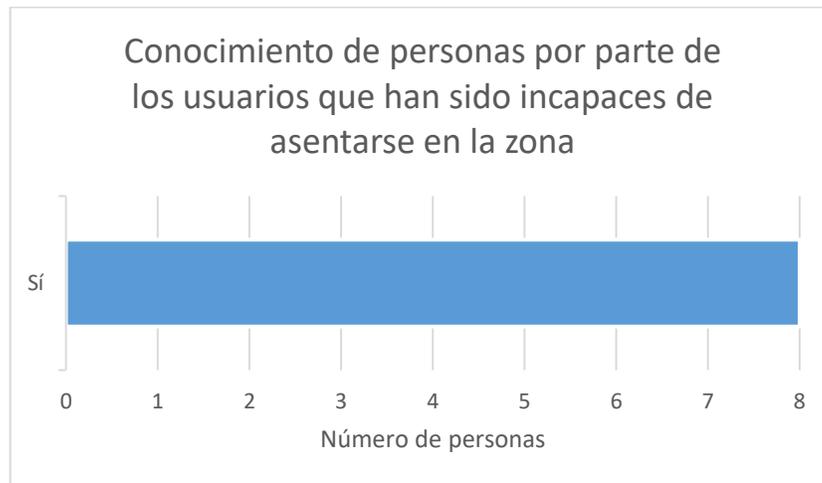
**Interpretación:** Los ciudadanos que afirmaron poseer problemas en labores de subsistencia debido a la falta de agua potable fueron un total de 5 personas, las clasificaron en domésticas y agropecuarias. 3 personas entrevistadas no dieron respuesta a esta pregunta.

Las figuras 6.20 y 6.21, buscaban conocer si los entrevistados conocían el problema del acueducto de no avalar permisos de construcción de viviendas y otro tipo de edificación por problemas de disponibilidad de agua. Este problema se presenta básicamente porque tanto la red como la fuente no tienen capacidad a abastecer a más personas, por aspectos técnicos e hidráulicos como diámetros, recarga y caudal disponible.



**Figura 6.20 Pregunta N°5 Conocimiento de los usuarios de la problemática actual del acueducto**

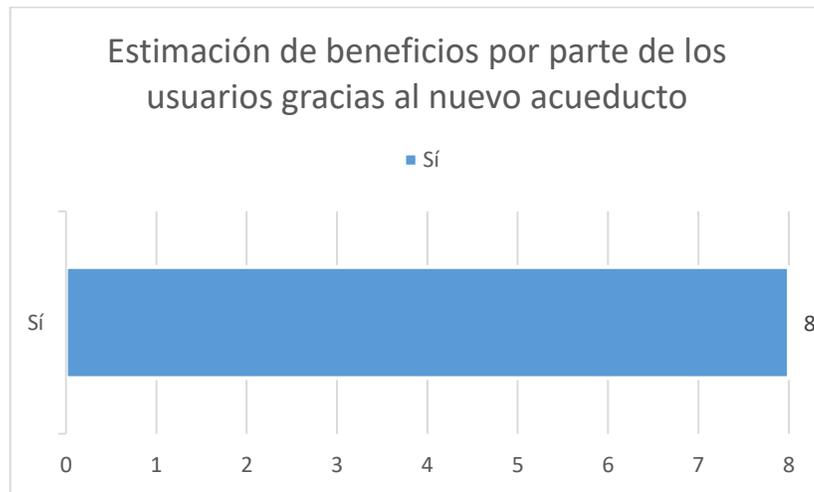
**Interpretación:** En el gráfico anterior se muestra que 7 entrevistados afirman estar enterados del problema de abastecimiento para los habitantes nuevos, y solamente 1 persona dice no conocer tal situación.



**Figura 6.21 Pregunta N°6 Conocimiento de personas por parte de los usuarios que han sido incapaces de asentarse en la zona**

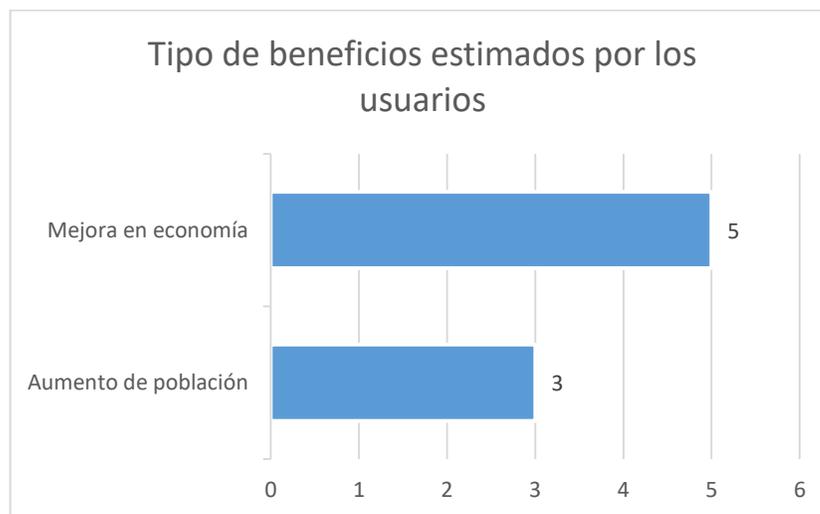
**Interpretación:** En cuanto a tener personas o familiares conocidos que no hayan podido asentarse en la zona debido al problema de abastecimiento de agua, el 100% de los ciudadanos entrevistados dice haber experimentado esta situación.

En las figuras 6.22 y 6.23 los entrevistados indicaron los beneficios que tendrán con la implementación de un nuevo acueducto, en esta sección los beneficios más comunes son de índole económica y social. Esto debido a que ellos indican que al haber posibilidad de que la gente ahora sí pueda vivir en su zona aumentará la población, que también se puede ver reflejado en un aumento del turismo y con esto mayores ingresos económicos.



**Figura 6.22** Pregunta N°7 Estimación de beneficios por parte de los usuarios gracias al nuevo acueducto

**Interpretación:** De igual manera, en el gráfico anterior se prueba como todos los pobladores entrevistados aseguran estar conscientes de que el implementar un nuevo acueducto traerá múltiples beneficios.



**Figura 6.23** Pregunta N°8 Tipo de beneficios estimados por los usuarios

**Interpretación:** en relación con el tipo de beneficios a recibir gracias a la implementación del acueducto nuevo, 5 entrevistados indican que estos serían más hacia la mejora en economía, mientras que los restantes 3 mencionan que los beneficios serían más que todo en la parte de aumento de la población.

Para poder evaluar el impacto social que se tendrá con la implementación de un nuevo acueducto, se realizó una entrevista en donde se citó a los habitantes de los tres pueblos. A pesar de conocer las debilidades del acueducto actual, en temas meramente técnicos, están conformes, esto al valorar dentro del rango propuesto de satisfecho a muy satisfecho estos aspectos. A su vez, la entrevista logró determinar que los habitantes en las labores que más afectados se ven es en tareas domésticas y agropecuarias, éstas últimas que, aunque no deberían ser cubiertas por el acueducto, lo son y permiten el desarrollo económico de las personas. Los pobladores al tener conocimiento de la posible implementación de un nuevo acueducto, estiman que éste si traerá beneficios para ellos y la zona, puntualmente en dos temas; uno de ellos es que al tener disponibilidad para aceptar nuevos asociados permitirá el crecimiento de los pueblos en cuestión, aumentando así el desarrollo socioeconómico. El segundo tiene que ver con actividades turísticas, este punto fue comentado por una entrevistada, que actualmente posee un micro proyecto turístico relacionado con la belleza natural de la zona, pero que al existir problemas de abastecimiento del servicio de agua potable, reducen los turistas que pueden hospedar.

## **7 CONCLUSIONES**

Con base a los resultados presentados en el capítulo 6, correspondientes a la primera opción de diseño; y los de la segunda opción de diseño, mostrados en el apartado de Anexos, específicamente en la sección 10.7. Se lograron plantear las siguientes conclusiones:

- a. La primera opción se diseñó para 0,6 km de tubería de conducción con un diámetro de 50 milímetros (2 pulgadas) y para la tubería de distribución un diámetro de 100 milímetros (4 pulgadas) para una longitud de 11 km. Dicha opción cumple con los criterios de diseño establecidos por el AyA cuando se presenta la condición más crítica, ésta se refiere a la simulación futura, donde a su vez se produzca una situación de incendio. Garantizando que a cada nodo que demande determinado caudal, se le abastecerá con un valor igual o superior al mínimo que establece el AyA y la velocidad en la tubería se encuentra dentro del rango establecido. Estableciendo dicha opción como la recomendada a implementar en la zona.
- b. La segunda opción de diseño presentada, emplea las mismas condiciones para la conducción, con la variante que la distribución utiliza un diámetro de 75 milímetros (3 pulgadas). Esta opción no cumple con todos los criterios de diseño, ya que al ocurrir una condición de incendio en la simulación futura, no se logra mantener la presión mínima para todos los nodos que presentan una demanda dentro del acueducto.
- c. Las velocidades, independientemente de la opción de diseño que se evalué, están por debajo del rango establecido. Esto se presenta en condiciones normales de funcionamiento, en donde se abastece solamente a la población actual o la que se tendrá al cabo de cierto tiempo, ocasionando problemas de sedimentación dentro de la tubería que deben ser contrarrestados para no comprometer el correcto funcionamiento del acueducto.

- d. Según los costos presentados, el sistema de desinfección de tipo artesanal presenta un costo de construcción e implementación notoriamente menor, sin disminuir la eficiencia cuando éste se encuentra operando. Además la construcción, mantenimiento y reparación del mismo no conlleva un proceso con alta dificultad, lo cual para la zona en donde se desea construir el acueducto es un aspecto a tomar en cuenta, si se analiza las demoras de tiempo que se pueden presentar si un equipo industrial se daña o necesita de algún recambio.
- e. Los costos para la primera opción de diseño fueron de ¢263.880.137,85, mientras en la segunda se tuvieron unos costos de ¢175.981.819,54. Mediante el análisis económico se determinó que para cualquier opción a considerar la inversión no es recuperable, por lo cual se debe buscar una institución gubernamental o no para su construcción; la cuota cobrada actualmente si logra cubrir los gastos de operación, por lo cual el sistema será auto sostenible.
- f. Según el análisis de impacto ambiental se determinó que las acciones en donde se presentan impactos ambientales de mayor magnitud es en el proceso constructivo, por labores de desmonte, excavación y construcción de obra gris; mientras que cuando el acueducto se encuentre en funcionamiento se tendrá por labores de mantenimiento de franjas aledañas. Por lo cual se deben emplear las diferentes medidas para prevenir o mitigar los daños, independientemente de la opción de diseño a utilizar.
- g. El análisis de impacto social determinó que los habitantes se ven más afectados por los cortes del servicio en labores de carácter doméstico y agropecuario, sin embargo, se encuentran conformes con el servicio brindado por la ASADA actualmente. Por otro lado, la implementación de un nuevo acueducto, según los habitantes, traerá beneficios económicos, tanto en el crecimiento poblacional de la zona como en el desarrollo de nuevos proyectos turísticos.

## **8 RECOMENDACIONES**

- a. En vista que existe riesgo de sedimentación por las bajas velocidades dentro de la red de distribución, es necesario tener un control y mantenimiento riguroso, en el cual se permita el lavado de tramos de tubería. Todo con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de la red.
- b. Independientemente del sistema de desinfección seleccionado es importante que el fontanero a contratar sea capacitado por el AyA, con la finalidad que éste conozca a detalle el proceso de desinfección y los muestreos de cloro residual dentro de la red, para garantizar una concentración dentro del rango establecido.
- c. Para garantizar la viabilidad en la administración de la ASADA se debe promover el pago de la tarifa como la que actualmente se cobra, la cual generará utilidades para cubrir posibles inconvenientes o ampliaciones de la red en un futuro.
- d. La ASADA y habitantes de la zona deben velar por la conservación de la naciente empleada para abastecer el acueducto y demás estructuras; protegiendo las áreas aledañas para evitar el ingreso de personas ajenas al personal calificado y al ingreso de animales.
- e. Se debe mantener un monitoreo constante de posibles nuevas nacientes en la zona, las cuales se ubiquen aguas arribas de la que se desea utilizar, para determinar la factibilidad de uso luego que el acueducto cumpla su vida útil.

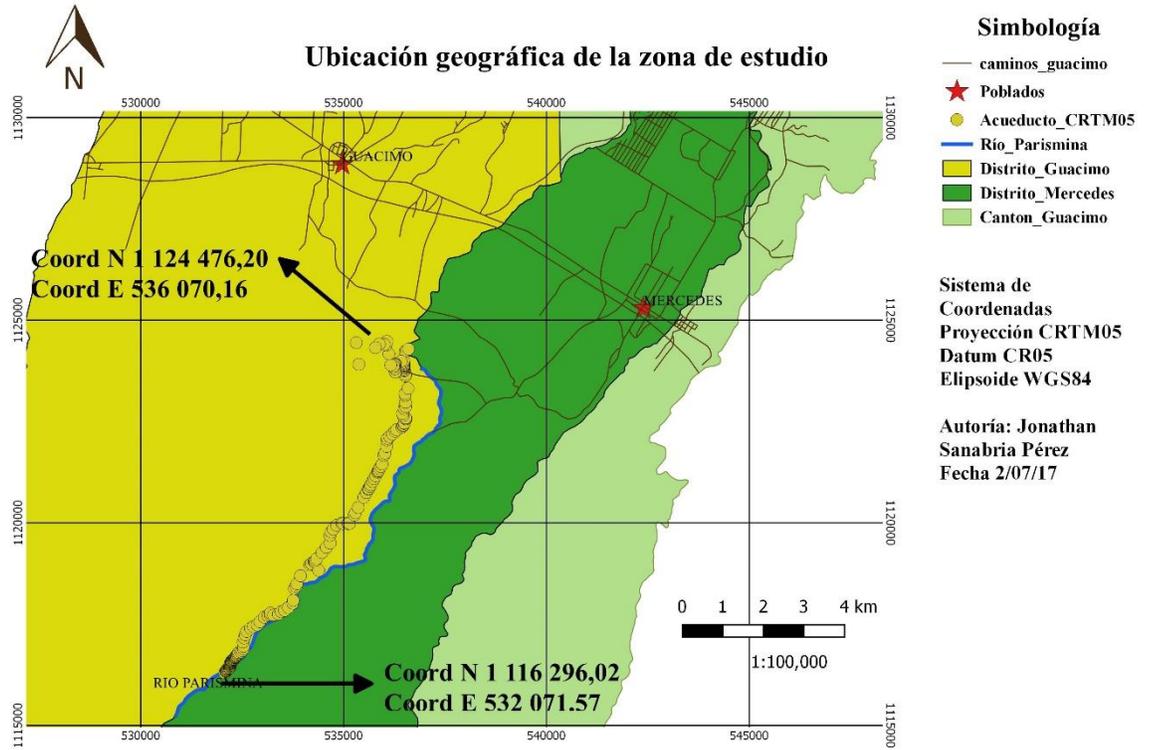
## **9 BIBLIOGRAFÍA**

- Agüero, R. (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales*. Lima. Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/e107-04disenomanant.pdf>
- Asociación de Desarrollo Inter comunal de Colinas, Isleta y San Isidro de Tierra Grande de la Cuenca alta del Río Parismina. (2 de Enero de 2017). Consulta aplicada a las comunidades de Colinas, Isleta y San Isidro de Tierra Grande para la apertura de la consulta periódica medica en Colinas. Guácimo, Limón, Costa Rica.
- AyA. (13 de Setiembre de 2001). Normas para el Diseño de Proyectos de abastecimiento de Agua Potable en Costa Rica. San José, San José, Costa Rica. Recuperado el 20 de Febrero de 2017, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos30867.pdf>
- AyA. (2003). *Diagnóstico de sistemas de agua potable. Región Chorotega*. San Jose: AyA.
- Barahona, A. M. (2010). *Operación y mantenimiento de Sistemas de abastecimiento de agua*. San José: Unidad Técnica Ejecutora Binacional. Obtenido de [https://cmsdata.iucn.org/downloads/3\\_5\\_fasciculo\\_4\\_\\_\\_operacion\\_y\\_mantenimiento.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_5_fasciculo_4___operacion_y_mantenimiento.pdf)
- Bejarano, E. (Setiembre de 2013). *Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora*. Universidad de Costa Rica. San José: Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Recuperado el 21 de Febrero de 2017, de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Diagn%C3%B3stico%20del%20acueducto%20de%20Santa%20Cruz%20y%20propuesta%20de%20mejora%20Esteban%20Bejarano%20SP.pdf>
- Bejarano, E. (2013). *Diagnóstico del acueducto de Santa Cruz y propuestas de mejora*. San Jose.
- Berti, J. (1982). *Manual de riego por aspersión*. Venezuela: Merida: CIDIAT.
- Chiquin, E. (2009). *Diseño de un Sistema de abastecimiento de agua potable del área urbana, del municipio de San Pablo Tamahú, departamento de Alta Verapaz*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- DOROT. (2014). *Catalogo de productos Válvulas serie 300*. Dorot. Obtenido de <http://www.dorot.com/files/fd723ca03410dbf561d30f00b92148de.pdf>
- Frontino, S. J. (1985). *Acueductos de Roma*. (T. G. Rolán, Ed.) Madrid: CSIC Press. Recuperado el 19 de Febrero de 2017
- Instituto Nacional de Estadística y Censo Costa Rica. (2017). Obtenido de <http://www.inec.go.cr/>
- López, R. (2000). *Diseño de acueductos y alcantarillados* (2da Edición ed.). Bogotá, Bogotá, Colombia: Alfaomega.

- López, R. (2003). *Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados* (2.da ed.). (C. S. Perdomo, Ed.) Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 19 de Febrero de 2017
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1999). *Fontanería Municipal*. Cali, Colombia : Sena Publicaciones . Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MD-0025/MD-0025.pdf>
- Monge, M. (30 de Mayo de 2016). *hutech Consulting*. Obtenido de hutech Consulting: <https://www.hutech.es/single-post/2016/05/30/C%C3%A1culo-del-anclaje-para-tubos-1>
- Naciones Unidas. (3 de Agosto de 2010). Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de <http://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=4cc9270b2>
- Pérez, L., & Pérez, S. (12 de Julio de 2005). ACUEDUCTOS A PRESIÓN. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de <http://escuelas.fi.uba.ar/iis/acueductos%20a%20presion.pdf>
- Poder Ejecutivo de Costa Rica. (27 de Agostos de 1961). Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San Jose, San Jose, Costa Rica. Recuperado el 19 de Febrero de 2015, de <http://www.dse.go.cr/es/02ServiciosInfo/Legislacion/PDF/Ambiente/Aguas/L-2726ICAA.pdf>
- Poder Ejecutivo de Costa Rica. (2 de Febrero de 2005). Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes. San José, Costa Rica. Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/legislacion-documentos-internacionales/documento-tecnico-5/1830-reglamento-de-asadas/file>
- Poder Ejecutivo de Costa Rica. (2005). Reglamento para la Calidad del Agua Potable. San Jose, San Jose, Costa Rica. Recuperado el 19 de Febrero de 2017, de [https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/comision\\_agua\\_segura/legislacion/CAS\\_reglamento\\_calidad\\_agua\\_potable.pdf](https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/comision_agua_segura/legislacion/CAS_reglamento_calidad_agua_potable.pdf)
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riegos*. Bogotá, Colombia: Alfaomega.
- Torres, J. (2008). *Material didáctico para la asignatura de acueductos y alcantarillados*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

## **10 ANEXOS**

## 10.1 Mapa de ubicación del proyecto



## **10.2 Detalles 1**

### **10.3 Detalles 2**

## **10.4 Perfil Longitudinal**

## **10.5 Plano de trazo de la red**

## 10.6 Datos de primera opción de diseño

### 10.6.1 Velocidades calculadas en todos los nodos

Id	Mín. D		Máx. D		Id	Mín. D		Máx. D	
	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)		Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)
P-396	0,7327	0,0838	2,1888	0,2503	P-253	0,4837	0,0553	1,5135	0,1731
P-434	0,7327	0,0838	2,1888	0,2503	P-255	0,4802	0,0549	1,5019	0,1717
P-43	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-406	0,4802	0,0549	1,5019	0,1717
P-44	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-495	0,4802	0,0549	1,5019	0,1717
P-45	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-493	0,4802	0,0549	1,5016	0,1717
P-46	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-494	0,4802	0,0549	1,5016	0,1717
P-47	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-107	0,4767	0,0545	1,4901	0,1704
P-48	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-256	0,4697	0,0537	1,4664	0,1677
P-49	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-257	0,4662	0,0533	1,4545	0,1663
P-50	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-109	0,4557	0,0521	1,4192	0,1623
P-432	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-452	0,4557	0,0521	1,419	0,1623
P-433	0,7327	0,0838	2,1857	0,2499	P-110	0,4522	0,0517	1,4073	0,1609
P-52	0,7292	0,0834	2,1769	0,2489	P-407	0,4487	0,0513	1,3955	0,1596
P-53	0,7257	0,083	2,1659	0,2477	P-408	0,4417	0,0505	1,3717	0,1569
P-435	0,7257	0,083	2,1651	0,2476	P-113	0,4382	0,0501	1,3599	0,1555
P-436	0,7257	0,083	2,1651	0,2476	P-114	0,4312	0,0493	1,3362	0,1528
P-437	0,7257	0,083	2,1659	0,2477	P-258	0,4277	0,0489	1,3247	0,1515
P-54	0,7222	0,0826	2,1541	0,2463	P-498	0,4277	0,0489	1,3247	0,1515
P-55	0,7187	0,0822	2,1422	0,245	P-496	0,4277	0,0489	1,3243	0,1514
P-56	0,7187	0,0822	2,1422	0,245	P-497	0,4277	0,0489	1,3243	0,1514
P-64	0,7152	0,0818	2,1342	0,2441	P-409	0,4242	0,0485	1,3128	0,1501
P-65	0,7152	0,0818	2,1342	0,2441	P-116	0,4137	0,0473	1,2772	0,1461
P-443	0,7152	0,0818	2,1342	0,2441	P-117	0,4102	0,0469	1,2667	0,1449
P-449	0,7152	0,0818	2,1342	0,2441	P-503	0,4102	0,0469	1,2667	0,1449
P-60	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-499	0,4102	0,0469	1,2654	0,1447
P-61	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-502	0,4102	0,0469	1,2654	0,1447
P-62	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-118	0,4067	0,0465	1,2549	0,1435
P-63	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-119	0,3997	0,0457	1,2312	0,1408
P-240	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-120	0,3927	0,0449	1,2075	0,1381
P-242	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-466	0,3892	0,0445	1,1956	0,1367
P-243	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-469	0,3822	0,0437	1,1719	0,134
P-244	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-474	0,382	0,0437	1,1719	0,134
P-397	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-475	0,382	0,0437	1,1719	0,134
P-398	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-476	0,382	0,0437	1,1719	0,134
P-431	0,7152	0,0818	2,1304	0,2436	P-124	0,375	0,0429	1,1482	0,1313
P-440	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-260	0,3715	0,0425	1,1363	0,1299
P-441	0,7152	0,0818	2,1318	0,2438	P-261	0,368	0,0421	1,1245	0,1286
P-442	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-262	0,3645	0,0417	1,1126	0,1272
P-448	0,7152	0,0818	2,133	0,2439	P-263	0,3645	0,0417	1,1126	0,1272
P-67	0,7117	0,0814	2,1239	0,2429	P-127	0,361	0,0413	1,1008	0,1259
P-68	0,7117	0,0814	2,1239	0,2429	P-128	0,319	0,0365	0,9585	0,1096
P-439	0,7117	0,0814	2,1239	0,2429	P-129	0,3155	0,0361	0,9466	0,1082
P-399	0,7117	0,0814	2,1224	0,2427	P-410	0,3085	0,0353	0,9229	0,1055
P-69	0,7082	0,081	2,112	0,2415	P-265	0,305	0,0349	0,9111	0,1042
P-484	0,7012	0,0802	2,0941	0,2395	P-267	0,305	0,0349	0,9111	0,1042
P-486	0,7012	0,0802	2,0941	0,2395	P-269	0,277	0,0317	0,8162	0,0933
P-400	0,7012	0,0802	2,0883	0,2388	P-270	0,2736	0,0313	0,8071	0,0923
P-485	0,7012	0,0802	2,0883	0,2388	P-271	0,2736	0,0313	0,8071	0,0923

P-71	0,6977	0,0798	2,0822	0,2381	P-411	0,2736	0,0313	0,8071	0,0923
P-72	0,6942	0,0794	2,0703	0,2367	P-510	0,2736	0,0313	0,8071	0,0923
P-75	0,6802	0,0778	2,0229	0,2313	P-512	0,2736	0,0313	0,8071	0,0923
P-487	0,6702	0,0766	2,0129	0,2302	P-511	0,2735	0,0313	0,8071	0,0923
P-489	0,6702	0,0766	2,0129	0,2302	P-513	0,2735	0,0313	0,8071	0,0923
P-76	0,6702	0,0766	2,0129	0,2302	P-508	0,2735	0,0313	0,8044	0,092
P-488	0,6702	0,0766	2,0129	0,2302	P-509	0,2735	0,0313	0,8044	0,092
P-401	0,6667	0,0762	2,0011	0,2288	P-132	0,27	0,0309	0,7953	0,0909
P-78	0,6632	0,0758	1,9892	0,2275	P-273	0,263	0,0301	0,7716	0,0882
P-79	0,6562	0,075	1,9771	0,2261	P-517	0,263	0,0301	0,7716	0,0882
P-450	0,6562	0,075	1,9655	0,2248	P-134	0,2595	0,0297	0,7597	0,0869
P-248	0,6527	0,0746	1,9652	0,2247	P-135	0,256	0,0293	0,7479	0,0855
P-250	0,6492	0,0742	1,9534	0,2234	P-136	0,2525	0,0289	0,736	0,0842
P-402	0,6492	0,0742	1,9534	0,2234	P-137	0,249	0,0285	0,7242	0,0828
P-81	0,6457	0,0738	1,9415	0,222	P-138	0,2455	0,0281	0,7123	0,0815
P-82	0,6422	0,0734	1,9297	0,2207	P-139	0,242	0,0277	0,7004	0,0801
P-480	0,6422	0,0734	1,9297	0,2207	P-140	0,2385	0,0273	0,6886	0,0787
P-478	0,6422	0,0734	1,9296	0,2207	P-141	0,235	0,0269	0,6767	0,0774
P-479	0,6422	0,0734	1,9296	0,2207	P-142	0,2215	0,0253	0,6549	0,0749
P-83	0,6387	0,073	1,9178	0,2193	P-143	0,218	0,0249	0,643	0,0735
P-251	0,6352	0,0726	1,906	0,218	P-144	0,2145	0,0245	0,6312	0,0722
P-375	0,6317	0,0722	1,8941	0,2166	P-507	0,211	0,0241	0,6193	0,0708
P-403	0,6282	0,0718	1,8823	0,2152	P-149	0,176	0,0201	0,5007	0,0573
P-404	0,6247	0,0714	1,8713	0,214	P-150	0,166	0,019	0,4907	0,0561
P-483	0,6247	0,0714	1,8713	0,214	P-151	0,136	0,0156	0,4607	0,0527
P-481	0,6247	0,0714	1,8704	0,2139	P-152	0,1325	0,0152	0,4488	0,0513
P-482	0,6247	0,0714	1,8704	0,2139	P-275	0,129	0,0148	0,437	0,05
P-87	0,6212	0,071	1,8594	0,2126	P-276	0,101	0,0115	0,3421	0,0391
P-88	0,6177	0,0706	1,8476	0,2113	P-421	0,0975	0,0111	0,3303	0,0378
P-89	0,6107	0,0698	1,8239	0,2086	P-422	0,0835	0,0095	0,2829	0,0323
P-451	0,6072	0,0694	1,8121	0,2072	P-416	0,059	0,0067	0,1999	0,0229
P-90	0,6072	0,0694	1,812	0,2072	P-417	0,059	0,0067	0,1999	0,0229
P-91	0,6037	0,069	1,8002	0,2059	P-418	0,059	0,0067	0,1999	0,0229
P-92	0,6002	0,0686	1,7884	0,2045	P-419	0,049	0,0056	0,166	0,019
P-405	0,5967	0,0682	1,7765	0,2031	P-279	0,028	0,0032	0,0949	0,0108
P-94	0,5897	0,0674	1,7528	0,2004	P-268	0,028	0,0032	0,0949	0,0108
P-95	0,5792	0,0662	1,7172	0,1964	P-277	0,028	0,0032	0,0949	0,0108
P-96	0,5757	0,0658	1,7054	0,195	P-278	0,028	0,0032	0,0949	0,0108
P-97	0,5652	0,0646	1,6698	0,1909	P-280	0,0245	0,0028	0,083	0,0095
P-98	0,5582	0,0638	1,6461	0,1882	P-155	0,0245	0,0028	0,083	0,0095
P-99	0,5482	0,0627	1,6361	0,1871	P-147	0,021	0,0024	0,0711	0,0081
P-490	0,5412	0,0619	1,6124	0,1844	P-156	0,0175	0,002	0,0593	0,0068
P-491	0,5412	0,0619	1,6124	0,1844	P-73	0,014	0,0016	0,0474	0,0054
P-100	0,5412	0,0619	1,6129	0,1844	P-148	0,014	0,0016	0,0474	0,0054
P-492	0,5412	0,0619	1,6129	0,1844	P-157	0,0105	0,0012	0,0356	0,0041
P-101	0,5377	0,0615	1,601	0,1831	P-246	0,0105	0,0012	0,0356	0,0041
P-102	0,5342	0,0611	1,5892	0,1817	P-247	0,007	0,0008	0,0237	0,0027
P-103	0,5307	0,0607	1,5773	0,1804	P-471	0,007	0,0008	0,0237	0,0027
P-104	0,5172	0,0591	1,5554	0,1779	P-420	0,005	0,0006	0,0169	0,0019
P-105	0,4872	0,0557	1,5254	0,1744	P-477	0,0035	0,0004	0,0119	0,0014

### 10.6.1 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer sin colocar válvulas reguladoras de presión

Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)	
	Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D
B1	9,03	10,01	B107	15,46	15,4	D27	11,47	11,41	D111	96,28	96,08
B2	9,03	9,98	B108	17,45	17,38	D28	22,43	22,26	D112	100,27	100,07
B3	19	19,92	B109	20,44	20,35	D29	25,41	25,19	D113	100,27	100,07
B25	27,98	28,86	B110	20,44	20,34	D30	32,39	32,13	D114	104,26	104,06
B26	22,98	23,8	B111	39,4	39,28	D31	32,39	32,12	D115	112,24	112,05
B27	33,95	34,71	B112	84,31	84,15	D32	32,39	32,12	D116	113,74	113,54
B28	39,93	40,64	B113	89,3	89,14	D33	32,39	32,12	D117	113,74	113,54
B29	45,91	46,56	B114	102,27	102,1	D34	36,38	36,09	D118	113,74	113,54
B30	69,85	70,43	B115	103,27	103,1	D35	39,37	39,06	D119	113,74	113,54
B31	78,83	79,36	B116	104,26	104,09	D36	39,37	39,06	D120	95,99	95,77
B32	84,8	85,28	B117	104,26	104,09	D37	39,37	39,06	D121	93,11	92,9
B33	91,78	92,19	B118	104,26	104,09	D38	45,36	45,01	D122	79,76	79,55
B34	97,76	98,08	B119	104,26	104,09	D39	47,34	46,95	D123	76,32	76,11
B35	109,72	109,99	B120	103,26	103,09	D40	55,32	54,89	Da1	29,41	29,18
B36	3,49	3,46	B121	103,26	103,09	D41	57,32	56,88	Da2	69,29	68,79
B37	10,47	10,41	B122	103,26	103,09	D42	58,31	57,87	Da3	104,18	103,46
B38	33,42	33,31	B123	104,26	104,08	D43	71,28	70,78	Da4	22,44	22,35
B39	53,37	53,19	B124	105,26	105,08	D44	99,21	98,64	Da5	60,34	60,12
B40	60,34	60,11	B125	109,25	109,07	D45	101,21	100,62	Da6	74,3	73,98
B41	60,34	60,11	B126	113,24	113,06	D46	101,21	100,62	Da7	102,21	101,68
B42	67,32	67,04	B127	122,23	122,04	D47	111,18	110,55	Da8	32,39	32,13
B43	82,28	81,93	B128	122,23	122,04	D48	111,18	110,55	Da9	45,36	45,01
B44	94,24	93,81	B129	122,23	122,04	D49	111,18	110,55	Da10	47,34	46,95
B45	99,23	98,75	B130	115,24	115,05	D50	14,96	14,92	Da11	61,3	60,84
B46	2,49	2,46	B131	110,25	110,06	D51	16,96	16,91	Da12	78,26	77,75
B47	8,47	8,4	B132	109,25	109,06	D52	22,94	22,88	Da13	108,19	107,57
B48	12,46	12,35	B133	108,25	108,06	D53	30,92	30,83	Da14	22,94	22,88
B49	29,41	29,18	B134	91,29	91,09	D54	36,91	36,8	Da15	36,91	36,8
B49	60,32	59,89	B135	96,28	96,08	D55	41,9	41,77	Da16	65,85	65,71
B52	65,3	64,85	B136	100,27	100,07	D56	78,82	78,66	Da17	91,79	91,6
B53	73,28	72,79	B137	104,26	104,07	D57	78,82	78,66	Da18	11,47	11,46
B54	72,28	71,79	B138	112,24	112,05	D58	78,82	78,66	Da19	17,46	17,42
B55	61,3	60,81	B138	21,44	21,36	D59	83,81	83,64	Da20	28,43	28,32
B56	77,27	76,76	B139	37,4	37,26	D60	85,8	85,63	Da21	42,4	42,27
B57	82,25	81,72	B140	69,29	68,79	D61	90,79	90,61	Da22	89,3	89,14
B58	97,21	96,57	B141	22,44	22,35	D62	90,79	90,61	Da23	113,24	113,06
B59	104,18	103,46	B142	37,41	37,28	D63	91,79	91,6	Da24	122,23	122,04
B60	11,47	11,42	B143	74,3	73,98	D64	102,76	102,56	Da25	122,23	122,04
B61	45,39	45,24	B144	78,26	77,75	D65	103,76	103,55	E1	61,3	60,84
B62	51,37	51,18	B145	93,23	92,69	D66	105,76	105,55	E2	115,24	115,05
B63	60,34	60,12	B146	108,19	107,57	D67	11,47	11,46	H1	65,29	64,81
B64	73,31	73,03	B147	65,85	65,72	D68	13,47	13,44	H2	110,25	110,06
B65	78,29	77,94	B148	17,46	17,43	D69	16,46	16,41	J-221	49,9	50,54
B66	80,28	79,92	B149	16,46	16,4	D70	15,46	15,4	J-222	49,9	50,54
B67	90,26	89,84	B150	28,43	28,32	D71	17,45	17,38	J-223	80,82	81,33
B68	92,25	91,82	B151	36,41	36,29	D72	17,45	17,33	J-224	80,82	81,33
B69	102,21	101,68	B152	39,4	39,28	D73	20,44	20,35	J-226	50,37	50,2
B70	103,21	102,65	B153	42,4	42,27	D74	20,44	20,34	J-227	50,37	50,2

B71	11,47	11,41	B154	52,37	52,24	D75	20,44	20,34	J-228	79,29	78,96
B72	22,43	22,26	B155	62,35	62,21	D76	39,4	39,28	J-229	79,29	78,96
B73	25,41	25,19	B156	93,29	93,13	D77	39,4	39,28	J-235	103,26	103,06
B74	32,39	32,13	B157	105,26	105,06	D78	39,4	39,28	J-236	0,5	0,5
B75	32,39	32,12	B158	116,24	116,05	D79	39,4	39,28	J-237	2,49	2,49
B76	36,38	36,09	B159	122,23	122,04	D80	39,4	39,28	J-238	52,37	52,18
B77	39,37	39,06	Ba139	113,74	113,54	D81	39,4	39,28	J-239	52,37	52,18
B78	45,36	45,01	Ba141	106,78	106,58	D82	39,4	39,28	J-240	82,28	81,91
B79	44,35	43,98	Ba142	96,35	96,15	D83	39,4	39,28	J-241	82,28	81,9
B80	47,34	46,95	Ba143	97,91	97,71	D84	84,31	84,15	J-242	50,34	49,99
B81	55,32	54,89	D-1	69,85	70,43	D85	89,3	89,14	J-243	50,34	49,99
B82	56,32	55,88	D-2	78,83	79,36	D86	102,27	102,1	J-244	80,26	79,73
B83	58,31	57,87	D-3	84,8	85,27	D87	103,27	103,1	J-245	80,26	79,73
B84	61,3	60,84	D-4	91,78	92,19	D88	104,26	104,09	J-246	51,33	50,92
B85	65,29	64,81	D-5	109,72	109,99	D89	104,26	104,09	J-247	51,33	50,92
B86	71,28	70,78	D6	99,23	98,75	D90	104,26	104,09	J-248	81,26	80,74
B87	99,21	98,64	D7	12,46	12,35	D91	104,26	104,09	J-249	81,26	80,74
B88	101,21	100,62	D8	29,41	29,18	D92	103,26	103,09	J-250	51,88	51,75
B89	111,18	110,55	D9	60,32	59,89	D93	103,26	103,09	J-251	51,88	51,75
B90	14,96	14,93	D10	65,3	64,85	D94	103,26	103,09	J-252	84,8	84,63
B91	16,96	16,91	D11	72,28	71,79	D95	104,26	104,08	J-253	84,8	84,63
B92	22,94	22,88	D12	61,3	60,81	D96	105,26	105,08	J-258	48,38	48,25
B93	30,92	30,84	D13	61,3	60,81	D97	109,25	109,07	J-259	48,38	48,25
B94	36,91	36,8	D14	82,25	81,72	D98	113,24	113,06	J-260	79,32	79,17
B95	41,9	41,77	D15	97,21	96,57	D99	122,23	122,04	J-261	79,32	79,17
B96	78,82	78,66	D16	104,18	103,46	D100	122,23	122,04	Na1	96	95,79
B97	83,81	83,64	D17	11,47	11,42	D101	122,23	122,04	Na2	93,11	92,91
B98	85,8	85,63	D18	45,39	45,24	D102	122,23	122,04	O1	65,29	64,81
B99	90,79	90,61	D19	51,37	51,18	D103	122,23	122,04	R1	77,27	76,76
B100	91,79	91,6	D20	73,31	73,02	D104	122,23	122,04	R2	44,35	43,98
B101	102,76	102,56	D21	78,29	77,94	D105	109,25	109,06	R3	65,29	64,81
B102	103,76	103,55	D22	80,28	79,92	D106	108,25	108,06	R4	103,26	103,09
B103	105,76	105,55	D23	90,26	89,84	D107	91,29	91,09	R5	110,25	110,05
B104	11,47	11,46	D24	92,25	91,82	D108	91,29	91,09	S1	110,25	110,06
B105	13,47	13,44	D25	102,21	101,68	D109	91,29	91,09			
B106	16,46	16,41	D26	103,21	102,65	D110	96,28	96,08			

## 10.6.2 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión

Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)	
	Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D
B1	9,04	10,14	B107	15,46	15,4	D27	11,47	11,41	D111	36,97	36,92
B2	9,03	10,11	B108	17,45	17,38	D28	22,43	22,25	D112	40,96	40,91
B3	19,01	20,05	B109	20,44	20,34	D29	25,41	25,19	D113	40,96	40,91
B25	27,98	29	B110	20,44	20,34	D30	32,39	32,13	D114	44,95	44,91
B26	22,98	23,93	B111	39,4	39,28	D31	32,39	32,12	D115	52,93	52,89
B27	33,95	34,84	B112	25	24,99	D32	32,39	32,12	D116	54,43	54,38
B28	39,93	40,77	B113	29,99	29,98	D33	32,39	32,12	D117	54,43	54,38
B29	45,91	46,7	B114	42,96	42,94	D34	36,38	36,08	D118	54,43	54,38
B30	39,96	39,9	B115	43,96	43,94	D35	39,37	39,06	D119	54,43	54,38
B31	48,93	48,83	B116	44,95	44,93	D36	39,37	39,06	D120	36,68	36,61
B32	23,99	23,95	B117	44,95	44,93	D37	39,37	39,06	D121	33,8	33,75
B33	30,97	30,87	B118	44,95	44,93	D38	45,36	45,01	D122	20,45	20,39
B34	36,94	36,76	B119	44,95	44,93	D39	47,34	46,94	D123	17,01	16,95
B35	48,91	48,67	B120	43,95	43,93	D40	24	23,98	Da1	29,41	29,18
B36	3,49	3,46	B121	43,95	43,93	D41	25,99	25,97	Da2	38,95	38,81
B37	10,47	10,41	B122	43,95	43,93	D42	26,99	26,96	Da3	43,93	43,73
B38	33,42	33,31	B123	44,95	44,92	D43	39,95	39,86	Da4	22,44	22,35
B39	23	22,99	B124	45,95	45,92	D44	37,96	37,91	Da5	27,99	27,95
B40	29,98	29,92	B125	49,94	49,91	D45	39,96	39,89	Da6	41,94	41,81
B41	29,98	29,92	B126	53,93	53,9	D46	39,96	39,89	Da7	39,94	39,78
B42	36,96	36,85	B127	62,92	62,88	D47	49,93	49,82	Da8	32,39	32,13
B43	23	22,99	B128	62,92	62,88	D48	49,93	49,82	Da9	45,36	45,01
B44	34,96	34,86	B129	62,92	62,88	D49	49,93	49,82	Da10	47,34	46,94
B45	39,95	39,81	B130	55,93	55,89	D50	14,96	14,92	Da11	29,98	29,93
B46	2,49	2,46	B131	50,94	50,9	D51	16,96	16,91	Da12	46,94	46,83
B47	8,47	8,4	B132	49,94	49,9	D52	22,94	22,88	Da13	46,94	46,84
B48	12,46	12,35	B133	48,94	48,9	D53	30,92	30,83	Da14	22,94	22,88
B49	29,41	29,18	B134	31,98	31,93	D54	36,91	36,79	Da15	36,91	36,79
B49	29,98	29,92	B135	36,97	36,92	D55	41,9	41,77	Da16	33,98	33,97
B52	34,96	34,87	B136	40,96	40,92	D56	46,95	46,92	Da17	26,99	26,98
B53	42,94	42,81	B137	44,95	44,91	D57	46,95	46,92	Da18	11,47	11,46
B54	41,94	41,81	B138	52,93	52,89	D58	46,95	46,92	Da19	17,46	17,42
B55	30,96	30,83	B138	21,44	21,37	D59	51,94	51,9	Da20	28,43	28,32
B56	46,93	46,78	B139	37,4	37,26	D60	21	21	Da21	42,4	42,27
B57	22	21,99	B140	38,95	38,82	D61	25,99	25,98	Da22	29,99	29,98
B58	36,96	36,84	B141	22,44	22,35	D62	25,99	25,98	Da23	53,93	53,9
B59	43,93	43,73	B142	37,41	37,28	D63	26,99	26,98	Da24	62,92	62,88
B60	11,47	11,42	B143	41,94	41,81	D64	37,97	37,93	Da25	62,92	62,88
B61	45,39	45,24	B144	46,94	46,84	D65	38,96	38,93	E1	29,98	29,93
B62	51,37	51,18	B145	31,98	31,96	D66	40,96	40,92	E2	55,93	55,89
B63	27,99	27,95	B146	46,94	46,84	D67	11,47	11,46	H1	33,97	33,9
B64	40,95	40,86	B147	33,98	33,97	D68	13,47	13,44	H2	50,94	50,9
B65	45,93	45,77	B148	17,46	17,42	D69	16,46	16,41	J-221	49,9	50,68
B66	47,92	47,75	B149	16,46	16,4	D70	15,46	15,4	J-222	20,01	20,01
B67	27,98	27,94	B150	28,43	28,32	D71	17,45	17,37	J-223	50,93	50,8
B68	29,98	29,92	B151	36,41	36,29	D72	17,45	17,33	J-224	20,01	20,01
B69	39,94	39,78	B152	39,4	39,28	D73	20,44	20,34	J-226	20,01	20,01
B70	40,94	40,75	B153	42,4	42,27	D74	20,44	20,34	J-227	50,37	50,2

B71	11,47	11,41	B154	24	24	D75	20,44	20,34	J-228	20,01	20,01
B72	22,43	22,26	B155	33,98	33,97	D76	39,4	39,28	J-229	48,92	48,77
B73	25,41	25,19	B156	33,98	33,97	D77	39,4	39,28	J-235	38,46	38,43
B74	32,39	32,13	B157	45,95	45,91	D78	39,4	39,28	J-236	0,5	0,5
B75	32,39	32,12	B158	56,93	56,9	D79	39,4	39,28	J-237	2,49	2,49
B76	36,38	36,09	B159	62,92	62,88	D80	39,4	39,28	J-238	52,37	52,17
B77	39,37	39,06	Ba139	54,43	54,38	D81	39,4	39,28	J-239	20,01	20,01
B78	45,36	45,01	Ba141	47,47	47,42	D82	39,4	39,28	J-240	49,92	49,74
B79	44,35	43,98	Ba142	37,04	36,99	D83	39,4	39,28	J-241	20,01	20,01
B80	47,34	46,94	Ba143	38,6	38,55	D84	25	24,99	J-242	20,01	20,01
B81	24	23,98	D-1	39,96	39,9	D85	29,99	29,98	J-243	50,34	49,99
B82	24,99	24,97	D-2	48,93	48,83	D86	42,96	42,94	J-244	20,01	20,01
B83	26,99	26,96	D-3	23,99	23,95	D87	43,96	43,94	J-245	49,92	49,75
B84	29,98	29,93	D-4	30,97	30,87	D88	44,95	44,93	J-246	20,01	20,01
B85	33,97	33,9	D-5	48,91	48,67	D89	44,95	44,93	J-247	51,33	50,92
B86	39,95	39,87	D6	39,95	39,81	D90	44,95	44,93	J-248	49,93	49,82
B87	37,96	37,91	D7	12,46	12,35	D91	44,95	44,93	J-249	20,01	20,01
B88	39,96	39,89	D8	29,41	29,18	D92	43,95	43,93	J-250	51,88	51,75
B89	49,93	49,82	D9	29,98	29,91	D93	43,95	43,93	J-251	20,01	20,01
B90	14,96	14,93	D10	34,96	34,87	D94	43,95	43,93	J-252	52,93	52,89
B91	16,96	16,91	D11	41,94	41,81	D95	44,95	44,92	J-253	20,01	20,01
B92	22,94	22,88	D12	30,96	30,83	D96	45,95	45,92	J-258	48,38	48,25
B93	30,92	30,83	D13	30,96	30,83	D97	49,94	49,91	J-259	20,01	20,01
B94	36,91	36,8	D14	22	21,99	D98	53,93	53,9	J-260	20,01	20,01
B95	41,9	41,77	D15	36,96	36,84	D99	62,92	62,88	J-261	50,94	50,92
B96	46,95	46,92	D16	43,93	43,73	D100	62,92	62,88	Na1	36,69	36,63
B97	51,94	51,9	D17	11,47	11,42	D101	62,92	62,88	Na2	33,8	33,75
B98	21	21	D18	45,39	45,24	D102	62,92	62,88	O1	33,97	33,9
B99	25,99	25,98	D19	51,37	51,18	D103	62,92	62,88	R1	46,93	46,78
B100	26,99	26,98	D20	40,95	40,86	D104	62,92	62,88	R2	44,35	43,98
B101	37,97	37,93	D21	45,93	45,77	D105	49,94	49,9	R3	33,97	33,9
B102	38,96	38,93	D22	47,92	47,75	D106	48,94	48,9	R4	43,95	43,93
B103	40,96	40,92	D23	27,98	27,94	D107	31,98	31,93	R5	50,94	50,9
B104	11,47	11,46	D24	29,98	29,92	D108	31,98	31,93	S1	50,94	50,9
B105	13,47	13,44	D25	39,94	39,78	D109	31,98	31,93			
B106	16,46	16,41	D26	40,94	40,75	D110	36,97	36,92			

Especificaciones

D##: Identificación para nodos domiciliarios

Da##: Identificación para nodos domiciliarios adicionales

E#: Identificación para nodos de escuelas

H#: Identificación para hidrantes

Na#: Identificación para nodos adicionales

O#: Identificación para edificaciones tipo oficinas

R#: Identificación para salones multiuso o Iglesias

S#: Identificación para centros de salud

### 10.6.3 Velocidades calculadas en todos los nodos a abastecer en condición de incendio

Id	Hidrante Isletas		Hidrante Colinas		Id	Hidrante Isletas		Hidrante Colinas		Id	Hidrante Isletas		Hidrante Colinas	
	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)		Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)		Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)
P-396	10,214	1,168	10,2188	1,1685	P-244	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-251	9,9124	1,1335	9,9124	1,1335
P-434	10,214	1,168	10,2188	1,1685	P-397	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-375	9,9005	1,1321	9,9006	1,1321
P-43	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-398	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-403	9,8886	1,1308	9,8887	1,1308
P-44	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-441	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-404	9,8768	1,1294	9,8769	1,1294
P-45	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-431	10,155	1,1612	10,1594	1,1617	P-481	9,8768	1,1294	9,8769	1,1294
P-46	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-67	10,1476	1,1604	10,1477	1,1604	P-482	9,8768	1,1294	9,8767	1,1294
P-47	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-68	10,1476	1,1604	10,1477	1,1604	P-483	9,8768	1,1294	9,8767	1,1294
P-48	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-439	10,1476	1,1604	10,1477	1,1604	P-87	9,8649	1,1281	9,8649	1,1281
P-49	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-399	10,1448	1,1601	10,1476	1,1604	P-88	9,8531	1,1267	9,853	1,1267
P-50	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-69	10,1358	1,159	10,1358	1,159	P-89	9,8294	1,124	9,8293	1,124
P-432	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-400	10,1121	1,1563	10,1121	1,1563	P-451	9,8175	1,1226	9,8176	1,1227
P-433	10,2137	1,168	10,2188	1,1685	P-485	10,1121	1,1563	10,1121	1,1563	P-90	9,8175	1,1226	9,8175	1,1226
P-52	10,2022	1,1666	10,2069	1,1672	P-484	10,1121	1,1563	10,112	1,1563	P-91	9,8056	1,1213	9,8057	1,1213
P-53	10,1905	1,1653	10,1951	1,1658	P-486	10,1121	1,1563	10,112	1,1563	P-92	9,7938	1,1199	9,7939	1,1199
P-437	10,1905	1,1653	10,1951	1,1658	P-71	10,1002	1,155	10,1001	1,155	P-405	9,7819	1,1186	9,782	1,1186
P-435	10,1903	1,1653	10,195	1,1658	P-72	10,0883	1,1536	10,0883	1,1536	P-94	9,7582	1,1159	9,7583	1,1159
P-436	10,1903	1,1653	10,195	1,1658	P-75	10,0409	1,1482	10,0409	1,1482	P-95	9,7227	1,1118	9,7227	1,1118
P-54	10,1787	1,1639	10,1833	1,1645	P-487	10,0309	1,147	10,031	1,1471	P-96	9,7108	1,1104	9,7109	1,1104
P-55	10,1668	1,1626	10,1714	1,1631	P-489	10,0309	1,147	10,031	1,1471	P-97	9,6752	1,1064	9,6753	1,1064
P-56	10,1668	1,1626	10,1714	1,1631	P-76	10,0309	1,147	10,0309	1,147	P-98	9,6515	1,1037	9,6516	1,1037
P-60	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-488	10,0309	1,147	10,0309	1,147	P-99	9,6415	1,1025	9,6416	1,1025
P-61	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-401	10,0191	1,1457	10,0191	1,1457	P-100	9,6178	1,0998	9,6179	1,0998
P-62	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-78	10,0072	1,1443	10,0073	1,1443	P-490	9,6178	1,0998	9,6179	1,0998
P-63	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-79	9,9835	1,1416	9,9836	1,1416	P-491	9,6178	1,0998	9,6178	1,0998
P-64	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-450	9,9835	1,1416	9,9835	1,1416	P-492	9,6178	1,0998	9,6178	1,0998
P-65	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-248	9,9716	1,1403	9,9717	1,1403	P-101	9,606	1,0985	9,6059	1,0984
P-440	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-250	9,9598	1,1389	9,9598	1,1389	P-102	9,5941	1,0971	9,594	1,0971
P-442	10,1567	1,1614	10,1596	1,1618	P-402	9,9598	1,1389	9,9598	1,1389	P-103	9,5822	1,0957	9,5822	1,0957
P-443	10,1567	1,1614	10,1594	1,1617	P-81	9,9479	1,1376	9,948	1,1376	P-104	9,5604	1,0932	9,5603	1,0932
P-448	10,1567	1,1614	10,1594	1,1617	P-478	9,9361	1,1362	9,9361	1,1362	P-390	8	0,9148	9,5303	1,0898
P-449	10,1567	1,1614	10,1594	1,1617	P-479	9,9361	1,1362	9,9361	1,1362	P-105	1,5304	0,175	9,5185	1,0884
P-240	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-82	9,9361	1,1362	9,9361	1,1362	P-253	1,5185	0,1736	9,5067	1,0871
P-242	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-480	9,9361	1,1362	9,9361	1,1362	P-493	1,5067	0,1723	9,5067	1,0871
P-243	10,1553	1,1613	10,1594	1,1617	P-83	9,9242	1,1348	9,9243	1,1349	P-494	1,5067	0,1723	9,5067	1,0871

### 10.6.4 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión en condición de incendio

Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas		Hidrante Isletas	Hidrante Colinas		Hidrante Isletas	Hidrante Colinas		Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
B1	9,58	9,58	B107	15,4	12,19	D27	10,95	10,95	D111	36,92	31,43
B2	9,02	9,02	B108	17,37	13,18	D28	17,86	17,86	D112	40,91	35,42
B3	18,35	18,35	B109	20,34	14,64	D29	19,38	19,38	D113	40,91	35,42
B25	26,66	26,66	B110	20,34	14,23	D30	25,31	25,31	D114	44,91	39,41
B26	20,4	20,39	B111	39,28	31,77	D31	25,11	25,11	D115	52,89	47,4
B27	30,22	30,21	B112	24,99	24,66	D32	25,11	25,11	D116	54,38	48,89
B28	35,2	35,19	B113	29,98	29,22	D33	25,11	25,11	D117	54,38	48,89
B29	40,12	40,11	B114	42,94	41,43	D34	28,47	28,47	D118	54,38	48,89
B30	38,81	38,81	B115	43,94	42,22	D35	30,99	30,99	D119	54,38	48,89
B31	46,84	46,84	B116	44,93	42,95	D36	30,99	30,99	D120	36,61	31,12
B32	23,21	23,21	B117	44,93	42,76	D37	30,99	30,99	D121	33,75	28,25
B33	29,01	29,01	B118	44,93	42,62	D38	36	36	D122	20,39	14,9
B34	33,19	33,18	B119	44,93	42,4	D39	36,3	36,3	D123	16,95	11,46
B35	44	43,99	B120	43,93	41,34	D40	23,47	23,47	Da1	24,73	24,73
B36	2,87	2,87	B121	43,93	41,23	D41	25,2	25,2	Da2	36,14	36,14
B37	9,28	9,28	B122	43,93	41,08	D42	26,03	26,03	Da3	39,51	39,51
B38	31,18	31,18	B123	44,92	41,84	D43	37,74	37,06	Da4	20,3	20,3
B39	22,85	22,85	B124	45,92	42,69	D44	37,91	36,26	Da5	27,14	27,14
B40	28,74	28,74	B125	49,91	46,46	D45	39,89	37,65	Da6	38,79	38,79
B41	28,77	28,77	B126	53,9	50,2	D46	39,89	37,65	Da7	35,89	35,89
B42	34,75	34,75	B127	62,88	59,18	D47	49,81	45,88	Da8	25,31	25,31
B43	22,72	22,72	B128	62,88	59,18	D48	49,81	45,88	Da9	36	36
B44	32,93	32,93	B129	62,88	59,18	D49	49,81	45,88	Da10	36,3	36,3
B45	37,09	37,09	B130	55,89	51,69	D50	14,92	13,48	Da11	28,41	28,41
B46	1,84	1,84	B131	50,9	45,41	D51	16,91	15,05	Da12	44,71	43,59
B47	7,05	7,05	B132	49,9	44,41	D52	22,88	20,38	Da13	46,83	43,34
B48	10,25	10,25	B133	48,9	43,41	D53	30,83	27,43	Da14	22,88	20,38
B49	24,73	24,73	B134	31,93	26,44	D54	36,79	32,46	Da15	36,79	32,46
B49	28,68	28,68	B135	36,92	31,43	D55	41,77	36,95	Da16	33,97	33,79
B52	33,08	33,08	B136	40,91	35,42	D56	46,92	45,61	Da17	26,98	26,33
B53	40,13	40,13	B137	44,91	39,41	D57	46,92	45,61	Da18	11,45	10,51
B54	39,13	39,13	B138	52,89	47,4	D58	46,92	45,61	Da19	17,42	15,62
B55	28,15	28,15	B138	19,81	19,81	D59	51,9	50,19	Da20	28,32	21,84
B56	43,71	43,71	B139	34,52	34,52	D60	21	20,94	Da21	42,27	34,26
B57	21,76	21,76	B140	36,14	36,14	D61	25,98	25,48	Da22	29,98	29,22
B58	34,43	34,43	B141	20,3	20,3	D62	25,98	25,48	Da23	53,9	50,2
B59	39,51	39,51	B142	34,51	34,51	D63	26,98	26,33	Da24	62,88	59,18
B60	10,35	10,35	B143	38,79	38,79	D64	37,93	36,24	Da25	62,88	59,18
B61	42,07	42,07	B144	44,71	43,59	D65	38,93	37,17	E1	28,41	28,41
B62	47,04	47,04	B145	31,96	31,3	D66	40,92	39,16	E2	55,89	51,69
B63	27,14	27,14	B146	46,84	43,34	D67	11,45	10,51	H1	31,77	31,78
B64	38,69	38,69	B147	33,97	33,79	D68	13,44	12,01	H2	50,9	45,4
B65	42,12	42,12	B148	17,42	15,63	D69	16,41	13,8	J-221	43,88	43,88
B66	43,76	43,76	B149	16,4	13,4	D70	15,4	12,19	J-222	20	20

B67	26,94	26,94	B150	28,32	21,84	D71	17,37	13,18	J-223	48,44	48,44
B68	28,53	28,53	B151	36,29	29,22	D72	17,33	13,13	J-224	20	20
B69	35,89	35,89	B152	39,28	31,77	D73	20,34	14,64	J-226	20	20
B70	36,25	36,25	B153	42,27	34,26	D74	20,34	14,23	J-227	46,9	46,89
B71	9,95	9,95	B154	24	23,7	D75	20,34	14,23	J-228	20	20
B72	17,86	17,86	B155	33,97	33,13	D76	39,28	31,77	J-229	45,67	45,67
B73	19,38	19,38	B156	33,97	32,95	D77	39,28	31,77	J-235	38,43	36,67
B74	25,31	25,31	B157	45,9	40,41	D78	39,28	31,77	J-236	0,5	0,44
B75	25,11	25,11	B158	56,89	53,2	D79	39,28	31,77	J-237	2,49	2,31
B76	28,48	28,48	B159	62,88	59,18	D80	39,28	31,77	J-238	47,93	47,93
B77	30,99	30,99	Ba139	54,38	48,89	D81	39,28	31,77	J-239	20	20
B78	36	36	Ba141	47,42	41,93	D82	39,28	31,77	J-240	45,49	45,49
B79	34,2	34,19	Ba142	36,99	31,5	D83	39,28	31,77	J-241	20	20
B80	36,3	36,3	Ba143	38,55	33,06	D84	24,99	24,66	J-242	20	20
B81	23,47	23,47	D-1	38,81	38,81	D85	29,98	29,22	J-243	42,98	42,98
B82	24,21	24,21	D-2	46,84	46,84	D86	42,94	41,43	J-244	20	20
B83	26,03	26,03	D-3	23,21	23,21	D87	43,94	42,22	J-245	46,36	46,36
B84	28,41	28,41	D-4	29,01	29,01	D88	44,93	42,95	J-246	20	20
B85	31,78	31,78	D-5	44	43,99	D89	44,93	42,76	J-247	39,79	39,78
B86	37,74	37,06	D6	37,09	37,09	D90	44,93	42,62	J-248	47,7	46,41
B87	37,91	36,26	D7	10,25	10,25	D91	44,93	42,4	J-249	20,01	20
B88	39,89	37,65	D8	24,73	24,73	D92	43,93	41,34	J-250	51,75	46,79
B89	49,82	45,88	D9	28,68	28,68	D93	43,93	41,23	J-251	20,01	20
B90	14,92	13,48	D10	33,08	33,08	D94	43,93	41,08	J-252	52,89	51,13
B91	16,91	15,05	D11	39,13	39,13	D95	44,92	41,84	J-253	20,01	20
B92	22,88	20,38	D12	28,15	28,15	D96	45,92	42,69	J-258	48,25	39,83
B93	30,83	27,43	D13	28,15	28,15	D97	49,91	46,46	J-259	20,01	20
B94	36,79	32,46	D14	21,76	21,76	D98	53,9	50,2	J-260	20,01	20
B95	41,77	36,95	D15	34,43	34,43	D99	62,88	59,18	J-261	50,92	48,98
B96	46,92	45,61	D16	39,51	39,51	D100	62,88	59,18	Na1	36,63	31,14
B97	51,9	50,19	D17	10,35	10,35	D101	62,88	59,18	Na2	33,75	28,25
B98	21	20,94	D18	42,07	42,07	D102	62,88	59,18	O1	31,78	31,78
B99	25,98	25,48	D19	47,04	47,04	D103	62,88	59,18	R1	43,71	43,71
B100	26,98	26,34	D20	38,69	38,69	D104	62,88	59,18	R2	34,19	34,19
B101	37,93	36,24	D21	42,12	42,12	D105	49,9	44,41	R3	31,78	31,78
B102	38,93	37,17	D22	43,76	43,76	D106	48,9	43,41	R4	43,93	41,08
B103	40,92	39,16	D23	26,94	26,94	D107	31,93	26,44	R5	50,9	45,4
B104	11,46	10,51	D24	28,53	28,53	D108	31,93	26,44	S1	50,9	45,41
B105	13,44	12,01	D25	35,89	35,89	D109	31,93	26,44			
B106	16,41	13,8	D26	36,25	36,25	D110	36,92	31,43			

## 10.7 Resultados y datos de segunda opción de diseño

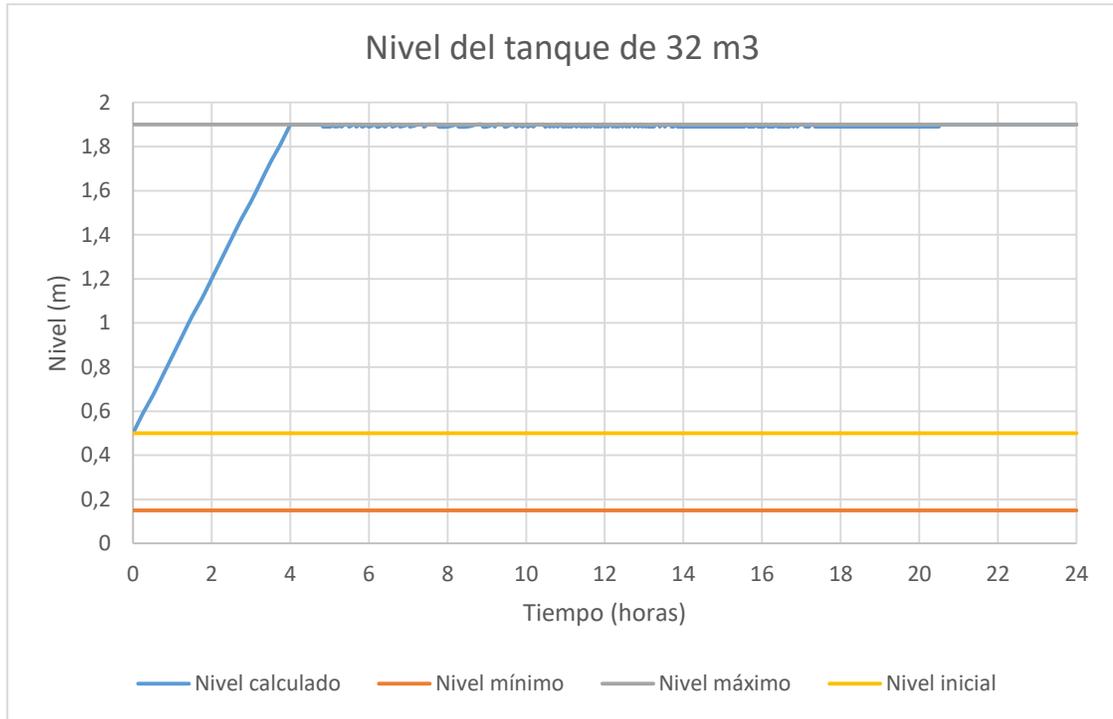
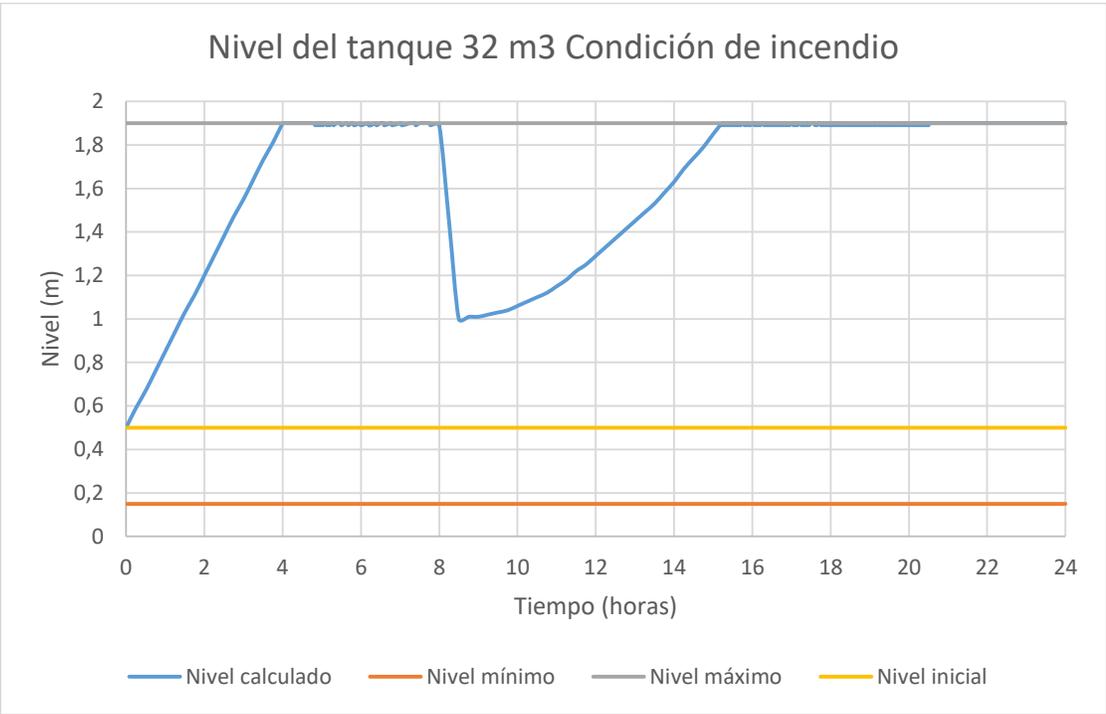
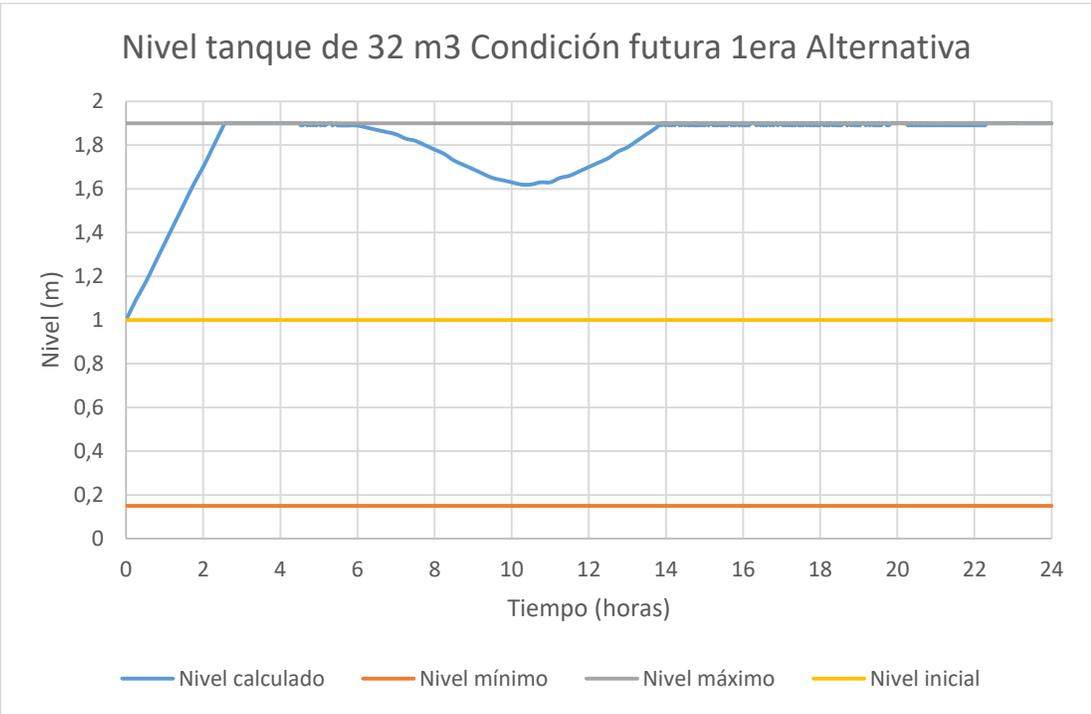


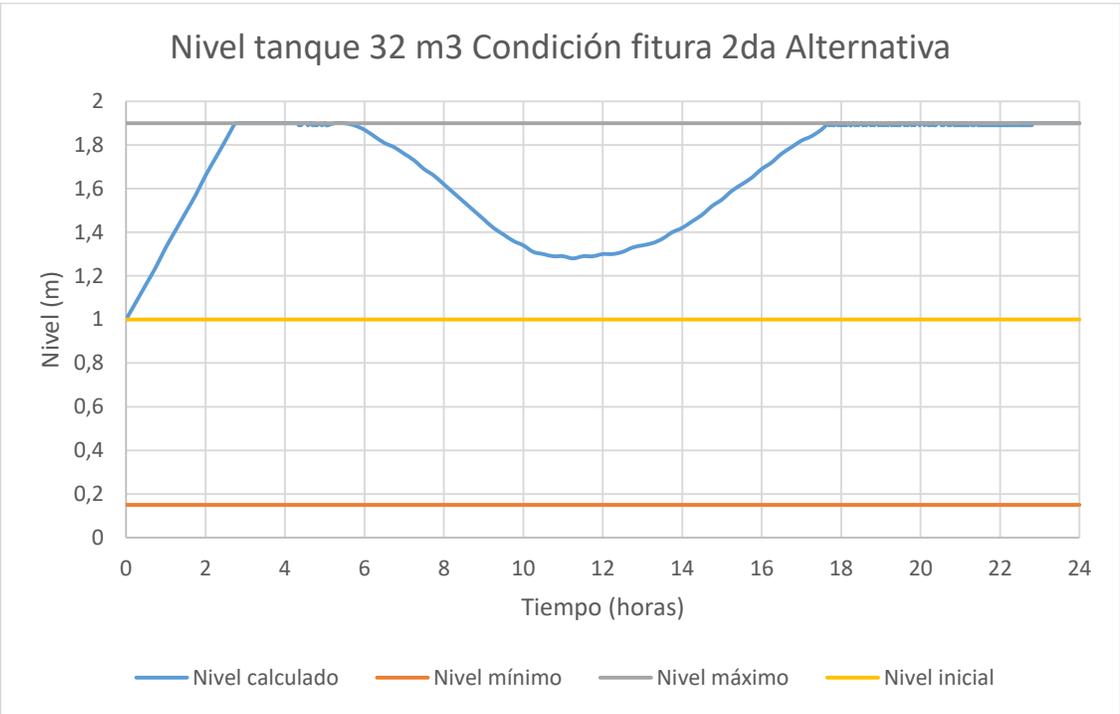
Figura 10.1 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 32 m<sup>3</sup> a lo largo de un día típico



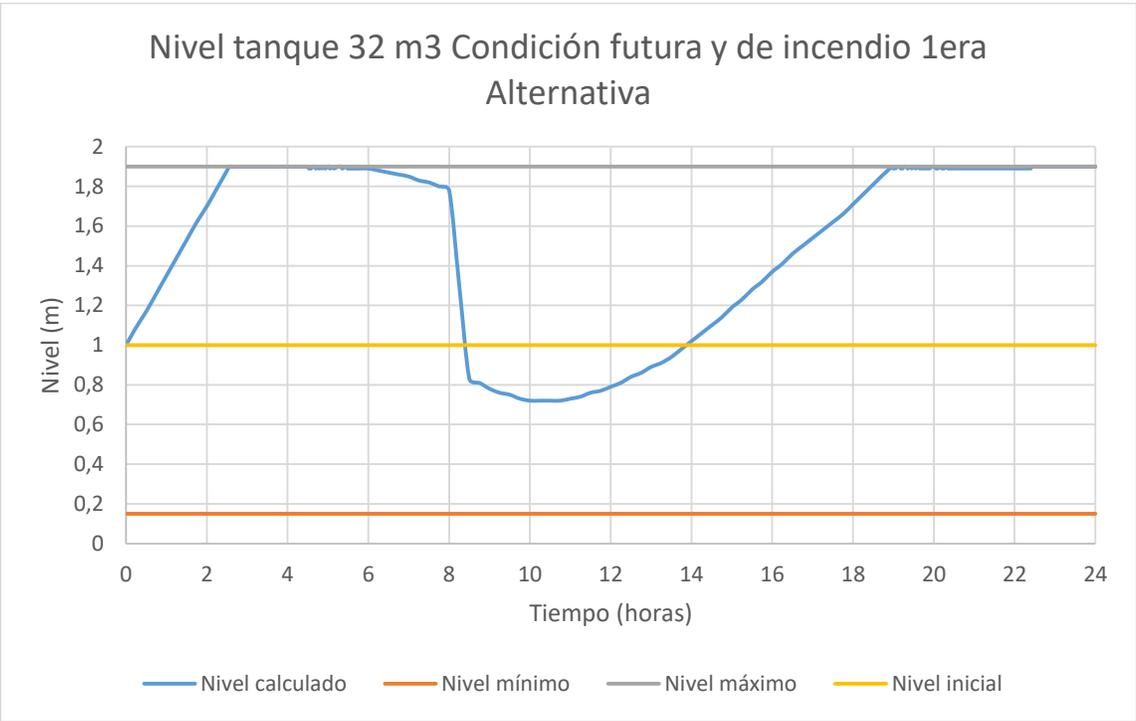
**Figura 10.2 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 32 m3 frente a condición de incendio**



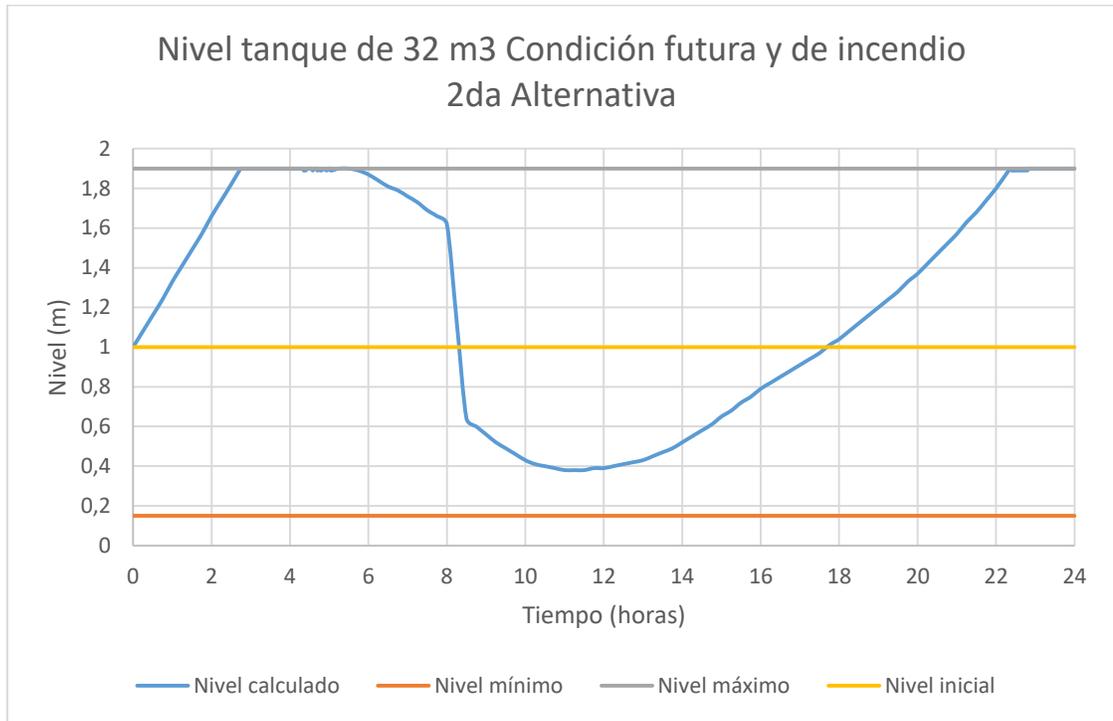
**Figura 10.3 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 32 m3 para 1era alternativa en la condición futura**



**Figura 10.4 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 32 m<sup>3</sup> para 2da alternativa en la condición futura**



**Figura 10.5 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 32 m3 para la 1era alternativa bajo condición futura y de incendio**



**Figura 10.6 Evolución del nivel de agua dentro del tanque de almacenamiento de 32 m3 para la 2da alternativa bajo condición futura y de incendio**

**Cuadro 10.1 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) Segunda opción de diseño**

Detalle	Velocidad (m/s)	
	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	0,1387	0,4151
Mínima	0,0000	0,0000
Promedio	0,0876	0,2661
Desviación estándar	0,0450	0,1313

**Cuadro 10.2 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas)  
Segunda opción de diseño**

Detalle	Presión (m.c.a)	
	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	122,16	121,54
Mínima	11,45	11,25
Promedio	72,43	71,59
Desviación estándar	34,15	33,99

**Cuadro 10.3 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas)  
incorporadas las válvulas reguladoras de presión Segunda opción de diseño**

Detalle	Presión (m.c.a)	
	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	62,90	62,90
Mínima	11,45	11,45
Promedio	37,67	37,67
Desviación estándar	12,24	12,24

**Cuadro 10.4 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3  
pulgadas) en condición de incendio Segunda opción de diseño**

Detalle	Velocidad (m/s)	
	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	1,9323	1,9331
Mínima	1,5134	1,5134
Promedio	1,8894	1,8158
Desviación estándar	0,0533	0,1020

**Cuadro 10.5 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión en condición de incendio Segunda opción de diseño**

Detalle	Presión (m.c.a)	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	62,79	50,19
Mínima	4,75	-1,92
Promedio	31,89	23,82
Desviación estándar	15,27	12,84

**Cuadro 10.6 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas), condición futura Segunda opción de diseño**

Detalle	Velocidad (m/s)			
	1era Alternativa		2da Alternativa	
	Menor demanda	Máxima demanda	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	0,1754	0,5462	0,1954	0,6031
Mínima	0,0009	0,0032	0,0007	0,0022
Promedio	0,1096	0,3436	0,1108	0,3415
Desviación estándar	0,0561	0,1745	0,0609	0,1870

**Cuadro 10.7 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición futura Segunda opción de diseño**

Detalle	Presión (m.c.a)			
	Menor demanda	Máxima demanda	Menor demanda	Máxima demanda
Máxima	62,90	62,73	62,90	62,79
Mínima	11,44	11,16	11,44	11,15
Promedio	37,63	37,12	37,45	36,95
Desviación estándar	12,24	12,23	12,21	12,22

**Cuadro 10.8 Velocidades calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas), condición de incendio y condición futura Segunda opción de diseño**

Detalle	Velocidad (m/s)			
	1era Alternativa		2da Alternativa	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	2,0657	2,0668	2,1243	2,1254
Mínima	1,5134	1,5134	1,5134	1,5134
Promedio	2,0053	1,9047	2,0169	1,9084
Desviación estándar	0,0725	0,1391	0,0874	0,1525

**Cuadro 10.9 Presiones calculadas para tubería de distribución de 75 milímetros (3 pulgadas) incorporadas las válvulas reguladoras de presión, condición de incendio y condición futura Segunda opción de diseño**

Detalle	Presión (m.c.a)			
	1era Alternativa		2da Alternativa	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
Máxima	62,73	49,75	62,79	50,19
Mínima	2,62	-2,45	2,36	-1,92
Promedio	31,01	22,63	30,84	22,67
Desviación estándar	16,01	13,33	16,01	13,35

### 10.7.1 Velocidades calculadas en todos los nodos

Id	Mín. D		Máx. D		Id	Mín. D		Máx. D	
	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)		Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)
P-396	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-253	0,4278	0,0809	1,5105	0,2857
P-434	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-255	0,3716	0,0703	1,5015	0,284
P-43	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-406	0,3681	0,0696	1,5015	0,284
P-44	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-495	0,3646	0,069	1,5015	0,284
P-45	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-493	0,3646	0,069	1,4987	0,2835
P-46	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-494	0,3051	0,0577	1,4987	0,2835
P-47	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-107	0,3051	0,0577	1,4897	0,2818
P-48	0,733	0,1387	2,1929	0,4148	P-256	0,028	0,0053	1,4662	0,2774
P-49	0,7295	0,138	2,1943	0,4151	P-257	0,2771	0,0524	1,4544	0,2751
P-50	0,7258	0,1373	2,1929	0,4148	P-109	0,2736	0,0517	1,4135	0,2674
P-432	0,7223	0,1366	2,1929	0,4148	P-452	0,2736	0,0517	1,4191	0,2685
P-433	0,7188	0,136	2,1943	0,4151	P-110	0,263	0,0498	1,4018	0,2652
P-52	0,7188	0,136	2,1825	0,4129	P-407	0,129	0,0244	1,39	0,2629
P-53	0,7154	0,1353	2,1759	0,4116	P-408	0,101	0,0191	1,3665	0,2585
P-435	0,7154	0,1353	2,1759	0,4116	P-113	0,028	0,0053	1,3547	0,2563
P-436	0,7154	0,1353	2,1707	0,4106	P-114	0,028	0,0053	1,3312	0,2518
P-437	0,7154	0,1353	2,1707	0,4106	P-258	0,028	0,0053	1,3194	0,2496
P-54	0,7153	0,1353	2,1641	0,4094	P-498	0,0245	0,0046	1,3194	0,2496
P-55	0,7153	0,1353	2,1523	0,4072	P-496	0,632	0,1196	1,3194	0,2496
P-56	0,7119	0,1347	2,1523	0,4072	P-497	0	0	1,3194	0,2496
P-64	0,7119	0,1347	2,1514	0,407	P-409	0	0	1,3076	0,2474
P-65	0,7084	0,134	2,1514	0,407	P-116	0,733	0,1387	1,2723	0,2407
P-443	0,6979	0,132	2,1514	0,407	P-117	0,7154	0,1353	1,2605	0,2385
P-449	0,6944	0,1314	2,1514	0,407	P-503	0,7154	0,1353	1,2605	0,2385
P-60	0,014	0,0026	2,1512	0,4069	P-499	0,7118	0,1347	1,2605	0,2385
P-61	0,6804	0,1287	2,1512	0,4069	P-502	0,7014	0,1327	1,2605	0,2385
P-62	0,6704	0,1268	2,1403	0,4049	P-118	0,6668	0,1261	1,2488	0,2362
P-63	0,6633	0,1255	2,1403	0,4049	P-119	0,6495	0,1229	1,2252	0,2318
P-240	0,6565	0,1242	2,1403	0,4049	P-120	0,6285	0,1189	1,2017	0,2273
P-242	0,646	0,1222	2,1403	0,4049	P-466	0,6249	0,1182	1,1899	0,2251
P-243	0,6425	0,1216	2,1403	0,4049	P-469	0,5968	0,1129	1,1664	0,2206
P-244	0,639	0,1209	2,1403	0,4049	P-474	0,4802	0,0908	1,1664	0,2206
P-397	0,6214	0,1176	2,1406	0,4049	P-475	0,4488	0,0849	1,1664	0,2206
P-398	0,6179	0,1169	2,1514	0,407	P-476	0,4418	0,0836	1,1664	0,2206
P-431	0,6109	0,1156	2,1403	0,4049	P-124	0,4243	0,0803	1,1429	0,2162
P-440	0,6074	0,1149	2,1514	0,407	P-260	0,3086	0,0584	1,1311	0,214
P-441	0,6038	0,1142	2,1512	0,4069	P-261	0,2736	0,0517	1,1193	0,2117
P-442	0,6003	0,1136	2,1514	0,407	P-262	0	0	1,1075	0,2095
P-448	0,5898	0,1116	2,1512	0,4069	P-263	0,059	0,0112	1,1075	0,2095
P-67	0,5793	0,1096	2,1397	0,4048	P-127	0,059	0,0112	1,0958	0,2073
P-68	0,5758	0,1089	2,1397	0,4048	P-128	0,059	0,0112	0,9546	0,1806
P-439	0,5653	0,1069	2,1397	0,4048	P-129	0,049	0,0093	0,9428	0,1783
P-399	0,5583	0,1056	2,1394	0,4047	P-410	0,005	0,0009	0,9192	0,1739
P-69	0,5483	0,1037	2,1279	0,4025	P-265	0,0975	0,0184	0,9075	0,1717
P-484	0,5413	0,1024	2,1032	0,3979	P-267	0,0835	0,0158	0,9075	0,1717
P-486	0,5378	0,1017	2,1032	0,3979	P-269	0,7153	0,1353	0,8133	0,1539
P-400	0,5343	0,1011	2,1044	0,3981	P-270	0,733	0,1387	0,8016	0,1516
P-485	0,5308	0,1004	2,1044	0,3981	P-271	0,733	0,1387	0,8016	0,1516
P-71	0,5173	0,0979	2,0915	0,3956	P-411	0,733	0,1387	0,8016	0,1516
P-72	0,4873	0,0922	2,0797	0,3934	P-510	0,726	0,1373	0,8016	0,1516

P-75	0,4767	0,0902	2,0326	0,3845	P-512	0,726	0,1373	0,8016	0,1516
P-487	0,4558	0,0862	2,0224	0,3826	P-511	0,7258	0,1373	0,8016	0,1516
P-489	0,4523	0,0856	2,0224	0,3826	P-513	0,7119	0,1347	0,8016	0,1516
P-76	0,4383	0,0829	2,0226	0,3826	P-508	0,7154	0,1353	0,8016	0,1516
P-488	0,4313	0,0816	2,0226	0,3826	P-509	0,7154	0,1353	0,8016	0,1516
P-401	0,4138	0,0783	2,0106	0,3804	P-132	0,7154	0,1353	0,7898	0,1494
P-78	0,4102	0,0776	1,9989	0,3781	P-273	0,7153	0,1353	0,7663	0,145
P-79	0,4067	0,0769	1,9751	0,3736	P-517	0,7154	0,1353	0,7663	0,145
P-450	0,3997	0,0756	1,9753	0,3737	P-134	0,7153	0,1353	0,7545	0,1427
P-248	0,3927	0,0743	1,9633	0,3714	P-135	0,6563	0,1241	0,7427	0,1405
P-250	0,3751	0,0709	1,9515	0,3692	P-136	0,6073	0,1149	0,7309	0,1383
P-402	0,3611	0,0683	1,9515	0,3692	P-137	0,4557	0,0862	0,7192	0,136
P-81	0,3191	0,0604	1,9397	0,3669	P-138	0,3892	0,0736	0,7074	0,1338
P-82	0,3156	0,0597	1,9275	0,3646	P-139	0,3822	0,0723	0,6956	0,1316
P-480	0,27	0,0511	1,9275	0,3646	P-140	0,007	0,0013	0,6839	0,1294
P-478	0,2595	0,0491	1,928	0,3647	P-141	0,3821	0,0723	0,6721	0,1271
P-479	0,256	0,0484	1,928	0,3647	P-142	0,3821	0,0723	0,6503	0,123
P-83	0,2525	0,0478	1,9158	0,3624	P-143	0,3821	0,0723	0,6386	0,1208
P-251	0,249	0,0471	1,904	0,3602	P-144	0,0035	0,0007	0,6268	0,1186
P-375	0,2455	0,0464	1,8922	0,358	P-507	0,6425	0,1216	0,615	0,1163
P-403	0,242	0,0458	1,8805	0,3557	P-149	0,6425	0,1216	0,4973	0,0941
P-404	0,2385	0,0451	1,8685	0,3535	P-150	0,6425	0,1216	0,4873	0,0922
P-483	0,235	0,0445	1,8685	0,3535	P-151	0,625	0,1182	0,4573	0,0865
P-481	0,2215	0,0419	1,8687	0,3535	P-152	0,625	0,1182	0,4455	0,0843
P-482	0,218	0,0412	1,8687	0,3535	P-275	0,6249	0,1182	0,4338	0,0821
P-87	0,2145	0,0406	1,8568	0,3512	P-276	0,7014	0,1327	0,3396	0,0642
P-88	0,021	0,004	1,845	0,349	P-421	0,7014	0,1327	0,3278	0,062
P-89	0,014	0,0026	1,8214	0,3446	P-422	0,7014	0,1327	0,2808	0,0531
P-451	0,176	0,0333	1,8104	0,3425	P-416	0,6703	0,1268	0,1984	0,0375
P-90	0,166	0,0314	1,8097	0,3423	P-417	0,6704	0,1268	0,1984	0,0375
P-91	0,136	0,0257	1,7987	0,3403	P-418	0,6703	0,1268	0,1984	0,0375
P-92	0,1325	0,0251	1,7869	0,338	P-419	0,5413	0,1024	0,1648	0,0312
P-405	0,0245	0,0046	1,7751	0,3358	P-279	0,5413	0,1024	0,0941	0,0178
P-94	0,0175	0,0033	1,7516	0,3314	P-268	0,5413	0,1024	0,0941	0,0178
P-95	0,0105	0,002	1,7163	0,3247	P-277	0,4803	0,0909	0,0941	0,0178
P-96	0,7154	0,1353	1,7045	0,3224	P-278	0,4803	0,0909	0,0941	0,0178
P-97	0,7154	0,1353	1,6692	0,3158	P-280	0,4802	0,0908	0,0824	0,0156
P-98	0,7154	0,1353	1,6457	0,3113	P-155	0,4278	0,0809	0,0824	0,0156
P-99	0,7154	0,1353	1,6357	0,3094	P-147	0,4278	0,0809	0,0706	0,0134
P-490	0,0105	0,002	1,6093	0,3044	P-156	0,4278	0,0809	0,0588	0,0111
P-491	0,007	0,0013	1,6093	0,3044	P-73	0,4103	0,0776	0,0471	0,0089
P-100	0,653	0,1235	1,6121	0,305	P-148	0,4103	0,0776	0,0471	0,0089
P-492	0,6495	0,1229	1,6121	0,305	P-157	0,4102	0,0776	0,0353	0,0067
P-101	0,6355	0,1202	1,5976	0,3022	P-246	0,211	0,0399	0,0353	0,0067
P-102	0,4838	0,0915	1,5858	0,3	P-247	0,2736	0,0517	0,0235	0,0045
P-103	0,4802	0,0908	1,574	0,2978	P-471	0,2736	0,0517	0,0235	0,0045
P-104	0,4697	0,0889	1,5522	0,2936	P-420	0,2736	0,0517	0,0168	0,0032
P-105	0,4662	0,0882	1,5222	0,288	P-477	0,2735	0,0517	0,0118	0,0022

## 10.7.2 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer sin colocar válvulas reguladoras de presión

Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)	
	Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D
B1	9,05	10,26	B107	15,44	15,24	D27	11,45	11,25	D111	96,2	95,55
B2	9,04	10,15	B108	17,43	17,17	D28	22,36	21,79	D112	100,2	99,54
B3	19	20	B109	20,41	20,08	D29	25,33	24,57	D113	100,2	99,54
B25	27,97	28,85	B110	20,41	20,06	D30	32,3	31,41	D114	104,19	103,53
B26	22,94	23,61	B111	39,36	38,95	D31	32,29	31,38	D115	112,17	111,52
B27	33,89	34,35	B112	84,25	83,73	D32	32,29	31,38	D116	113,67	112,99
B28	39,85	40,14	B113	89,24	88,7	D33	32,29	31,38	D117	113,67	112,99
B29	45,81	45,92	B114	102,21	101,65	D34	36,27	35,29	D118	113,67	112,99
B30	69,73	69,59	B115	103,2	102,64	D35	39,26	38,22	D119	113,67	112,99
B31	78,69	78,39	B116	104,2	103,63	D36	39,26	38,22	D120	95,92	95,22
B32	84,64	84,14	B117	104,2	103,62	D37	39,26	38,22	D121	93,04	92,34
B33	91,6	90,9	B118	104,2	103,62	D38	45,23	44,08	D122	79,68	78,98
B34	97,54	96,54	B119	104,2	103,61	D39	47,2	45,86	D123	76,24	75,55
B35	109,49	108,29	B120	103,2	102,61	D40	55,16	53,72	Da1	29,32	28,56
B36	3,48	3,37	B121	103,2	102,61	D41	57,15	55,68	Da2	69,11	67,47
B37	10,45	10,25	B122	103,2	102,6	D42	58,15	56,66	Da3	103,92	101,51
B38	33,38	33	B123	104,2	103,59	D43	71,09	69,41	Da4	22,41	22,1
B39	53,3	52,69	B124	105,19	104,59	D44	99,01	97,09	Da5	60,26	59,51
B40	60,26	59,47	B125	109,19	108,57	D45	100,99	99,02	Da6	74,19	73,11
B41	60,26	59,48	B126	113,18	112,56	D46	100,99	99,02	Da7	102,02	100,24
B42	67,22	66,27	B127	122,16	121,54	D47	110,95	108,82	Da8	32,3	31,41
B43	22,99	22,95	B128	122,16	121,54	D48	110,95	108,82	Da9	45,23	44,08
B44	34,93	34,59	B129	122,16	121,54	D49	110,95	108,82	Da10	47,2	45,86
B45	39,89	39,42	B130	115,17	114,55	D50	14,95	14,82	Da11	61,13	59,58
B46	2,48	2,37	B131	110,18	109,53	D51	16,94	16,77	Da12	78,07	76,34
B47	8,45	8,21	B132	109,18	108,53	D52	22,92	22,7	Da13	107,96	105,87
B48	12,42	12,06	B133	108,18	107,53	D53	30,89	30,59	Da14	22,92	22,7
B49	29,32	28,56	B134	91,21	90,56	D54	36,87	36,49	Da15	36,87	36,49
B49	60,16	58,76	B135	96,2	95,55	D55	41,86	41,44	Da16	65,8	65,36
B52	65,14	63,65	B136	100,2	99,54	D56	78,76	78,23	Da17	91,73	91,11
B53	73,1	71,46	B137	104,19	103,54	D57	78,76	78,23	Da18	11,47	11,41
B54	72,1	70,47	B138	112,17	111,52	D58	78,76	78,23	Da19	17,45	17,33
B55	61,12	59,49	B138	21,42	21,14	D59	83,75	83,18	Da20	28,39	28,02
B56	77,08	75,38	B139	37,35	36,87	D60	85,74	85,17	Da21	42,35	41,92
B57	82,06	80,27	B140	69,11	67,47	D61	90,73	90,12	Da22	89,24	88,7
B58	96,98	94,85	B141	22,41	22,1	D62	90,73	90,12	Da23	113,18	112,56
B59	103,92	101,51	B142	37,36	36,94	D63	91,73	91,11	Da24	122,16	121,54
B60	11,45	11,29	B143	74,19	73,11	D64	102,69	102	Da25	122,16	121,54
B61	45,34	44,86	B144	78,07	76,34	D65	103,69	103	E1	61,13	59,58
B62	51,3	50,68	B145	93,03	91,22	D66	105,69	104,99	E2	115,17	114,54
B63	60,26	59,51	B146	107,96	105,87	D67	11,47	11,41	H1	65,12	63,5
B64	73,21	72,25	B147	65,8	65,36	D68	13,46	13,37	H2	110,18	109,53
B65	78,16	77	B148	17,45	17,33	D69	16,44	16,28	J-221	49,8	49,86
B66	80,15	78,94	B149	16,44	16,25	D70	15,44	15,24	J-222	49,8	49,86
B67	90,1	88,72	B150	28,39	28,02	D71	17,43	17,17	J-223	80,67	80,31
B68	92,09	90,65	B151	36,37	35,98	D72	17,42	17,12	J-224	80,67	80,3
B69	102,02	100,24	B152	39,36	38,95	D73	20,41	20,08	J-226	50,31	49,73
B70	103	101,14	B153	42,35	41,92	D74	20,41	20,06	J-227	50,31	49,73

B71	11,45	11,25	B154	52,33	51,87	D75	20,41	20,06	J-228	20,01	20,01
B72	22,36	21,79	B155	62,3	61,83	D76	39,36	38,95	J-229	79,17	78,05
B73	25,33	24,57	B156	93,23	92,68	D77	39,36	38,95	J-235	103,19	102,5
B74	32,3	31,41	B157	105,19	104,53	D78	39,36	38,95	J-236	0,5	0,49
B75	32,29	31,38	B158	116,17	115,55	D79	39,36	38,95	J-237	2,49	2,48
B76	36,27	35,29	B159	122,16	121,54	D80	39,36	38,95	J-238	52,3	51,66
B77	39,26	38,22	Ba139	113,67	112,99	D81	39,36	38,95	J-239	52,3	51,66
B78	45,23	44,08	Ba141	106,71	106,03	D82	39,36	38,95	J-240	82,14	80,89
B79	44,22	42,98	Ba142	96,28	95,6	D83	39,36	38,95	J-241	82,14	80,89
B80	47,2	45,86	Ba143	97,84	97,15	D84	84,25	83,73	J-242	50,22	49,02
B81	55,16	53,72	D-1	69,73	69,59	D85	89,24	88,7	J-243	50,22	49,03
B82	56,16	54,68	D-2	78,69	78,39	D86	102,21	101,65	J-244	80,07	78,32
B83	58,15	56,66	D-3	84,64	84,14	D87	103,2	102,64	J-245	80,07	78,32
B84	61,13	59,58	D-4	91,6	90,9	D88	104,2	103,63	J-246	51,18	49,79
B85	65,12	63,5	D-5	109,49	108,29	D89	104,2	103,62	J-247	51,18	49,79
B86	71,09	69,41	D6	39,89	39,42	D90	104,2	103,62	J-248	81,06	79,32
B87	99,01	97,09	D7	12,42	12,06	D91	104,2	103,61	J-249	81,06	79,32
B88	100,99	99,03	D8	29,32	28,56	D92	103,2	102,61	J-250	51,83	51,4
B89	110,95	108,82	D9	60,16	58,76	D93	103,2	102,61	J-251	51,83	51,4
B90	14,95	14,82	D10	65,14	63,65	D94	103,2	102,6	J-252	84,75	84,18
B91	16,94	16,77	D11	72,1	70,47	D95	104,2	103,59	J-253	84,75	84,18
B92	22,92	22,7	D12	61,12	59,49	D96	105,19	104,59	J-258	48,34	47,89
B93	30,89	30,59	D13	61,12	59,49	D97	109,18	108,57	J-259	48,34	47,89
B94	36,87	36,49	D14	82,06	80,27	D98	113,18	112,56	J-260	79,26	78,75
B95	41,86	41,44	D15	96,98	94,85	D99	122,16	121,54	J-261	79,26	78,75
B96	78,76	78,23	D16	103,92	101,51	D100	122,16	121,54	Na1	95,92	95,24
B97	83,75	83,18	D17	11,45	11,29	D101	122,16	121,54	Na2	93,04	92,35
B98	85,74	85,17	D18	45,34	44,86	D102	122,16	121,54	O1	65,11	63,5
B99	90,73	90,12	D19	51,3	50,68	D103	122,16	121,54	R1	77,08	75,38
B100	91,73	91,11	D20	73,21	72,25	D104	122,16	121,54	R2	44,22	42,98
B101	102,69	102	D21	78,16	77	D105	109,18	108,53	R3	65,11	63,5
B102	103,69	103	D22	80,15	78,94	D106	108,18	107,53	R4	103,2	102,6
B103	105,69	104,99	D23	90,1	88,72	D107	91,21	90,56	R5	110,18	109,53
B104	11,47	11,41	D24	92,09	90,65	D108	91,21	90,56	S1	110,18	109,53
B105	13,46	13,37	D25	102,02	100,24	D109	91,21	90,56			
B106	16,44	16,28	D26	103	101,14	D110	96,2	95,55			

### 10.7.3 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión

Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)	
	Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D		Mín. D	Máx. D
B1	9,05	9,05	B107	15,44	15,44	D27	11,45	11,45	D111	36,95	36,95
B2	9,04	9,04	B108	17,43	17,43	D28	22,36	22,36	D112	40,94	40,94
B3	19	19	B109	21,41	21,41	D29	25,33	25,33	D113	40,94	40,94
B25	27,97	27,97	B110	23,4	23,4	D30	32,3	32,3	D114	44,93	44,93
B26	22,94	22,94	B111	39,36	39,36	D31	32,29	32,29	D115	52,92	52,92
B27	33,89	33,89	B112	25	25	D32	32,29	32,29	D116	54,41	54,41
B28	39,85	39,85	B113	29,98	29,98	D33	32,29	32,29	D117	54,41	54,41
B29	45,81	45,81	B114	42,95	42,95	D34	36,27	36,27	D118	54,41	54,41
B30	39,94	39,94	B115	43,95	43,95	D35	39,26	39,26	D119	54,41	54,41
B31	48,89	48,89	B116	44,95	44,95	D36	39,26	39,26	D120	36,66	36,66
B32	23,98	23,98	B117	44,95	44,95	D37	39,26	39,26	D121	33,78	33,78
B33	30,93	30,93	B118	44,94	44,94	D38	45,23	45,23	D122	20,43	20,43
B34	36,88	36,88	B119	44,94	44,94	D39	47,2	47,2	D123	16,99	16,99
B35	48,82	48,82	B120	43,95	43,95	D40	23,99	23,99	Da1	29,32	29,32
B36	3,48	3,48	B121	43,95	43,95	D41	25,98	25,98	Da2	38,9	38,9
B37	10,45	10,45	B122	43,94	43,94	D42	26,98	26,98	Da3	43,86	43,86
B38	33,38	33,38	B123	44,94	44,94	D43	39,92	39,92	Da4	22,41	22,41
B39	23	23	B124	45,94	45,94	D44	37,95	37,95	Da5	27,97	27,97
B40	29,96	29,96	B125	49,93	49,93	D45	39,94	39,94	Da6	41,9	41,9
B41	29,96	29,96	B126	53,92	53,92	D46	39,94	39,94	Da7	39,88	39,88
B42	36,92	36,92	B127	62,9	62,9	D47	49,89	49,89	Da8	32,3	32,3
B43	22,99	22,99	B128	62,9	62,9	D48	49,89	49,89	Da9	45,23	45,23
B44	34,93	34,93	B129	62,9	62,9	D49	49,89	49,89	Da10	47,2	47,2
B45	39,9	39,9	B130	55,92	55,92	D50	14,95	14,95	Da11	29,96	29,96
B46	2,98	2,98	B131	50,92	50,92	D51	16,94	16,94	Da12	46,9	46,9
B47	8,45	8,45	B132	49,92	49,92	D52	22,92	22,92	Da13	46,9	46,9
B48	12,42	12,42	B133	48,93	48,93	D53	30,89	30,89	Da14	22,92	22,92
B49	29,32	29,32	B134	31,96	31,96	D54	36,87	36,87	Da15	36,87	36,87
B49	29,96	29,96	B135	36,95	36,95	D55	41,86	41,86	Da16	33,98	33,98
B52	34,93	34,93	B136	40,94	40,94	D56	46,94	46,94	Da17	26,99	26,99
B53	42,89	42,89	B137	44,93	44,93	D57	46,94	46,94	Da18	11,47	11,47
B54	41,89	41,89	B138	52,92	52,92	D58	46,94	46,94	Da19	17,45	17,45
B55	30,92	30,92	B138	21,42	21,42	D59	51,92	51,92	Da20	28,39	28,39
B56	46,87	46,87	B139	37,35	37,35	D60	21	21	Da21	42,35	42,35
B57	22	22	B140	38,9	38,9	D61	25,99	25,99	Da22	29,98	29,98
B58	36,92	36,92	B141	22,41	22,41	D62	25,99	25,99	Da23	53,92	53,92
B59	43,86	43,86	B142	37,36	37,36	D63	26,99	26,99	Da24	62,9	62,9
B60	11,45	11,45	B143	41,9	41,9	D64	37,95	37,95	Da25	62,9	62,9
B61	45,34	45,34	B144	46,9	46,9	D65	38,95	38,95	E1	29,96	29,96
B62	51,3	51,3	B145	31,97	31,97	D66	40,95	40,95	E2	55,92	55,92
B63	27,97	27,97	B146	46,9	46,9	D67	11,47	11,47	H1	33,94	33,94
B64	40,92	40,92	B147	33,98	33,98	D68	13,46	13,46	H2	50,92	50,92
B65	45,87	45,87	B148	17,45	17,45	D69	16,44	16,44	J-221	49,8	49,8
B66	47,86	47,86	B149	16,44	16,44	D70	15,44	15,44	J-222	20,01	20,01
B67	27,97	27,97	B150	28,39	28,39	D71	17,43	17,43	J-223	50,88	50,88
B68	29,96	29,96	B151	36,37	36,37	D72	17,42	17,42	J-224	20,01	20,01
B69	39,88	39,88	B152	39,36	39,36	D73	21,41	21,41	J-226	20,01	20,01
B70	40,87	40,87	B153	42,35	42,35	D74	23,4	23,4	J-227	50,31	50,31

B71	11,45	11,45	B154	24	24	D75	23,4	23,4	J-228	20,01	20,01
B72	22,36	22,36	B155	33,97	33,97	D76	39,36	39,36	J-229	48,87	48,87
B73	25,33	25,33	B156	33,97	33,97	D77	39,36	39,36	J-235	38,45	38,45
B74	32,3	32,3	B157	45,93	45,93	D78	39,36	39,36	J-236	0,5	0,5
B75	32,29	32,29	B158	56,92	56,92	D79	39,36	39,36	J-237	2,49	2,49
B76	36,27	36,27	B159	62,9	62,9	D80	39,36	39,36	J-238	52,3	52,3
B77	39,26	39,26	Ba139	54,41	54,41	D81	39,36	39,36	J-239	20,01	20,01
B78	45,23	45,23	Ba141	47,46	47,46	D82	39,36	39,36	J-240	49,85	49,85
B79	44,22	44,22	Ba142	37,03	37,03	D83	39,36	39,36	J-241	20,01	20,01
B80	47,2	47,2	Ba143	38,58	38,58	D84	25	25	J-242	20,01	20,01
B81	23,99	23,99	D-1	39,94	39,94	D85	29,98	29,98	J-243	50,22	50,22
B82	24,98	24,98	D-2	48,89	48,89	D86	42,95	42,95	J-244	20,01	20,01
B83	26,98	26,98	D-3	23,98	23,98	D87	43,95	43,95	J-245	49,86	49,86
B84	29,96	29,96	D-4	30,93	30,93	D88	44,95	44,95	J-246	20,01	20,01
B85	33,94	33,94	D-5	48,82	48,82	D89	44,95	44,95	J-247	51,18	51,18
B86	39,92	39,92	D6	39,89	39,89	D90	44,94	44,94	J-248	49,89	49,89
B87	37,95	37,95	D7	12,42	12,42	D91	44,94	44,94	J-249	20,01	20,01
B88	39,94	39,94	D8	29,32	29,32	D92	43,95	43,95	J-250	51,83	51,83
B89	49,89	49,89	D9	29,96	29,96	D93	43,95	43,95	J-251	20,01	20,01
B90	14,95	14,95	D10	34,93	34,93	D94	43,94	43,94	J-252	52,92	52,92
B91	16,94	16,94	D11	41,89	41,89	D95	44,94	44,94	J-253	20,01	20,01
B92	22,92	22,92	D12	30,92	30,92	D96	45,94	45,94	J-258	48,34	48,34
B93	30,89	30,89	D13	30,92	30,92	D97	49,93	49,93	J-259	20,01	20,01
B94	36,87	36,87	D14	22	22	D98	53,92	53,92	J-260	20,01	20,01
B95	41,86	41,86	D15	36,92	36,92	D99	62,9	62,9	J-261	50,93	50,93
B96	46,94	46,94	D16	43,86	43,86	D100	62,9	62,9	Na1	36,67	36,67
B97	51,92	51,92	D17	11,45	11,45	D101	62,9	62,9	Na2	33,78	33,78
B98	21	21	D18	45,34	45,34	D102	62,9	62,9	O1	33,94	33,94
B99	25,99	25,99	D19	51,3	51,3	D103	62,9	62,9	R1	46,87	46,87
B100	26,99	26,99	D20	40,92	40,92	D104	62,9	62,9	R2	44,22	44,22
B101	37,95	37,95	D21	45,87	45,87	D105	49,92	49,92	R3	33,94	33,94
B102	38,95	38,95	D22	47,86	47,86	D106	48,93	48,93	R4	43,94	43,94
B103	40,95	40,95	D23	27,97	27,97	D107	31,96	31,96	R5	50,92	50,92
B104	11,47	11,47	D24	29,96	29,96	D108	31,96	31,96	S1	50,92	50,92
B105	13,46	13,46	D25	39,88	39,88	D109	31,96	31,96			
B106	16,44	16,44	D26	40,87	40,87	D110	36,95	36,95			

## 10.7.5 Velocidades calculadas en todos los nodos a abastecer en condición de incendio

Id	Hidrante Isletas		Hidrante Colinas		Id	Hidrante Isletas		Hidrante Colinas	
	Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)		Q (L/s)	V (m/s)	Q (L/s)	V (m/s)
P-396	10,2143	1,9323	10,2188	1,9331	P-253	1,5185	0,2873	9,5067	1,7984
P-434	10,2143	1,9323	10,2188	1,9331	P-493	1,5067	0,285	9,5067	1,7984
P-43	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-494	1,5067	0,285	9,5067	1,7984
P-44	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-255	1,5067	0,285	9,5066	1,7984
P-45	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-406	1,5067	0,285	9,5066	1,7984
P-46	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-495	1,5067	0,285	9,4948	1,7962
P-47	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-107	1,4948	0,2828	9,4711	1,7917
P-48	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-256	1,4711	0,2783	9,4592	1,7894
P-49	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-257	1,4592	0,276	9,4237	1,7827
P-50	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-109	1,4237	0,2693	9,4236	1,7827
P-432	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-452	1,4237	0,2693	9,4118	1,7805
P-433	10,2137	1,9322	10,2187	1,9331	P-110	1,4118	0,2671	9,3999	1,7782
P-52	10,2024	1,93	10,2069	1,9309	P-407	1,4	0,2648	9,3762	1,7737
P-53	10,1909	1,9278	10,1951	1,9286	P-408	1,3763	0,2603	9,3644	1,7715
P-437	10,1909	1,9278	10,1951	1,9286	P-113	1,3644	0,2581	9,3406	1,767
P-435	10,1905	1,9278	10,195	1,9286	P-114	1,3407	0,2536	9,3288	1,7648
P-436	10,1905	1,9278	10,195	1,9286	P-496	1,3288	0,2514	9,3288	1,7648
P-54	10,179	1,9256	10,1832	1,9264	P-497	1,3288	0,2514	9,3288	1,7648
P-55	10,1672	1,9234	10,1713	1,9241	P-258	1,3288	0,2514	9,3288	1,7648
P-56	10,1672	1,9234	10,1713	1,9241	P-498	1,3288	0,2514	9,317	1,7625
P-60	10,1595	1,9219	10,1596	1,9219	P-409	1,317	0,2491	9,2814	1,7558
P-61	10,1595	1,9219	10,1596	1,9219	P-116	1,2814	0,2424	9,2695	1,7535
P-62	10,1595	1,9219	10,1596	1,9219	P-117	1,2695	0,2402	9,2695	1,7535
P-63	10,1595	1,9219	10,1596	1,9219	P-503	1,2695	0,2402	9,2695	1,7535
P-64	10,1567	1,9214	10,1596	1,9219	P-499	1,2695	0,2402	9,2695	1,7535
P-65	10,1567	1,9214	10,1596	1,9219	P-502	1,2695	0,2402	9,2577	1,7513
P-440	10,1567	1,9214	10,1596	1,9219	P-118	1,2577	0,2379	9,2339	1,7468
P-442	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-119	1,234	0,2334	9,2102	1,7423
P-443	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-120	1,2103	0,2289	9,1984	1,7401
P-448	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-466	1,1984	0,2267	9,1747	1,7356
P-449	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-469	1,1747	0,2222	9,1747	1,7356
P-240	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-474	1,1747	0,2222	9,1747	1,7356
P-242	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-475	1,1747	0,2222	9,1747	1,7356
P-243	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-476	1,1747	0,2222	9,151	1,7311
P-244	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-124	1,151	0,2177	9,1391	1,7289
P-397	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-260	1,1392	0,2155	9,1273	1,7266
P-398	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-261	1,1273	0,2133	9,1154	1,7244
P-441	10,1567	1,9214	10,1595	1,9219	P-262	1,1155	0,211	9,1154	1,7244
P-431	10,1553	1,9211	10,1595	1,9219	P-263	1,1155	0,211	9,1036	1,7221
P-67	10,1476	1,9197	10,1477	1,9197	P-127	1,1036	0,2088	8,9613	1,6952
P-68	10,1476	1,9197	10,1477	1,9197	P-128	0,9613	0,1819	8,9494	1,693
P-439	10,1476	1,9197	10,1477	1,9197	P-129	0,9495	0,1796	8,9257	1,6885
P-399	10,1476	1,9197	10,1476	1,9197	P-410	0,9258	0,1751	8,9139	1,6863
P-69	10,1358	1,9174	10,1358	1,9174	P-265	0,9139	0,1729	8,9139	1,6863
P-400	10,1121	1,9129	10,1121	1,9129	P-267	0,9139	0,1729	8,819	1,6683
P-485	10,1121	1,9129	10,1121	1,9129	P-269	0,8191	0,1549	8,8072	1,6661
P-484	10,1121	1,9129	10,1121	1,9129	P-270	0,8072	0,1527	8,8072	1,6661
P-486	10,1121	1,9129	10,1121	1,9129	P-271	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661

P-71	10,1002	1,9107	10,1002	1,9107	P-411	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661
P-72	10,0883	1,9084	10,0884	1,9084	P-510	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661
P-75	10,0409	1,8995	10,0409	1,8995	P-512	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661
P-487	10,0309	1,8976	10,031	1,8976	P-511	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661
P-489	10,0309	1,8976	10,031	1,8976	P-513	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661
P-76	10,0309	1,8976	10,0309	1,8976	P-508	0,8072	0,1527	8,8071	1,6661
P-488	10,0309	1,8976	10,0309	1,8976	P-509	0,8072	0,1527	8,7952	1,6638
P-401	10,0191	1,8953	10,0191	1,8953	P-132	0,7953	0,1504	8,7715	1,6593
P-78	10,0072	1,8931	10,0072	1,8931	P-273	0,7716	0,146	8,7715	1,6593
P-79	9,9835	1,8886	9,9835	1,8886	P-517	0,7716	0,146	8,7597	1,6571
P-450	9,9835	1,8886	9,9835	1,8886	P-134	0,7597	0,1437	8,7478	1,6549
P-248	9,9716	1,8864	9,9717	1,8864	P-135	0,7479	0,1415	8,736	1,6526
P-250	9,9598	1,8841	9,9598	1,8841	P-136	0,736	0,1392	8,7241	1,6504
P-402	9,9598	1,8841	9,9598	1,8841	P-137	0,7242	0,137	8,7123	1,6481
P-81	9,9479	1,8819	9,9479	1,8819	P-138	0,7123	0,1347	8,7004	1,6459
P-478	9,9361	1,8796	9,9361	1,8796	P-139	0,7004	0,1325	8,6885	1,6436
P-479	9,9361	1,8796	9,9361	1,8796	P-140	0,6886	0,1303	8,6767	1,6414
P-82	9,9361	1,8796	9,9361	1,8796	P-141	0,6767	0,128	8,6548	1,6373
P-480	9,9361	1,8796	9,9361	1,8796	P-142	0,6549	0,1239	8,643	1,635
P-83	9,9242	1,8774	9,9243	1,8774	P-143	0,643	0,1216	8,6311	1,6328
P-251	9,9124	1,8752	9,9124	1,8752	P-144	0,6312	0,1194	8,6193	1,6305
P-375	9,9005	1,8729	9,9005	1,8729	P-507	0,6193	0,1172	8,5007	1,6081
P-403	9,8887	1,8707	9,8887	1,8707	P-149	0,5007	0,0947	8,4907	1,6062
P-404	9,8768	1,8684	9,8768	1,8684	P-150	0,4907	0,0928	8	1,5134
P-481	9,8768	1,8684	9,8768	1,8684	P-151	0,4607	0,0872	0,4607	0,0872
P-482	9,8768	1,8684	9,8768	1,8684	P-152	0,4489	0,0849	0,4488	0,0849
P-483	9,8768	1,8684	9,8768	1,8684	P-275	0,437	0,0827	0,437	0,0827
P-87	9,8649	1,8662	9,8649	1,8662	P-276	0,3422	0,0647	0,3421	0,0647
P-88	9,8531	1,8639	9,8531	1,8639	P-421	0,3303	0,0625	0,3303	0,0625
P-89	9,8294	1,8594	9,8294	1,8594	P-422	0,2829	0,0535	0,2829	0,0535
P-451	9,8175	1,8572	9,8175	1,8572	P-416	0,1999	0,0378	0,1999	0,0378
P-90	9,8175	1,8572	9,8175	1,8572	P-417	0,1999	0,0378	0,1999	0,0378
P-91	9,8057	1,855	9,8057	1,855	P-418	0,1999	0,0378	0,1999	0,0378
P-92	9,7938	1,8527	9,7938	1,8527	P-419	0,166	0,0314	0,166	0,0314
P-405	9,7819	1,8505	9,782	1,8505	P-268	0,0949	0,0179	0,0949	0,0179
P-94	9,7582	1,846	9,7583	1,846	P-277	0,0949	0,0179	0,0949	0,0179
P-95	9,7227	1,8393	9,7227	1,8393	P-278	0,0949	0,0179	0,0949	0,0179
P-96	9,7108	1,837	9,7108	1,837	P-279	0,0949	0,0179	0,0949	0,0179
P-97	9,6752	1,8303	9,6753	1,8303	P-280	0,083	0,0157	0,083	0,0157
P-98	9,6515	1,8258	9,6516	1,8258	P-155	0,083	0,0157	0,083	0,0157
P-99	9,6415	1,8239	9,6416	1,8239	P-147	0,0711	0,0135	0,0711	0,0135
P-100	9,6178	1,8194	9,6179	1,8194	P-156	0,0593	0,0112	0,0593	0,0112
P-490	9,6178	1,8194	9,6179	1,8194	P-73	0,0474	0,009	0,0474	0,009
P-491	9,6178	1,8194	9,6179	1,8194	P-148	0,0474	0,009	0,0474	0,009
P-492	9,6178	1,8194	9,6179	1,8194	P-157	0,0356	0,0067	0,0356	0,0067
P-101	9,606	1,8172	9,606	1,8172	P-246	0,0356	0,0067	0,0356	0,0067
P-102	9,5941	1,8149	9,5941	1,815	P-247	0,0237	0,0045	0,0237	0,0045
P-103	9,5822	1,8127	9,5823	1,8127	P-471	0,0237	0,0045	0,0237	0,0045
P-104	9,5604	1,8086	9,5604	1,8086	P-420	0,0169	0,0032	0,0169	0,0032
P-390	8	1,5134	9,5303	1,8029	P-477	0,0119	0,0022	0,0119	0,0022
P-105	1,5304	0,2895	9,5185	1,8006					

### 10.7.6 Presiones calculadas en todos los nodos a abastecer colocadas válvulas reguladoras de presión en condición de incendio

Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)		Id	Presión (m.c.a)	
	Hidrante Isletas	Hidrante Colinas		Hidrante Isletas	Hidrante Colinas		Hidrante Isletas	Hidrante Colinas		Hidrante Isletas	Hidrante Colinas
B1	8,35	8,35	B107	15,23	4,31	D27	6,29	6,29	D111	36,8	18,09
B2	6,46	6,45	B108	17,16	2,85	D28	6,78	6,78	D112	40,79	22,08
B3	14,21	14,2	B109	21,07	1,62	D29	4,75	4,75	D113	40,79	22,08
B25	20,9	20,89	B110	23,04	2,24	D30	8,16	8,16	D114	44,79	26,07
B26	11,57	11,56	B111	38,94	13,35	D31	7,48	7,48	D115	52,77	34,05
B27	18,61	18,6	B112	24,98	23,84	D32	7,48	7,48	D116	54,24	35,53
B28	21,16	21,14	B113	29,96	27,39	D33	7,48	7,48	D117	54,24	35,53
B29	23,52	23,5	B114	42,9	37,74	D34	9,33	9,33	D118	54,24	35,53
B30	36,03	36,03	B115	43,89	38,04	D35	10,7	10,7	D119	54,24	35,53
B31	41,76	41,75	B116	44,88	38,11	D36	10,7	10,7	D120	36,47	17,75
B32	21,32	21,32	B117	44,87	37,48	D37	10,7	10,7	D121	33,59	14,88
B33	24,25	24,25	B118	44,87	36,98	D38	13,36	13,36	D122	20,23	1,52
B34	24,07	24,06	B119	44,86	36,26	D39	9,57	9,57	D123	16,8	-1,92
B35	32,08	32,07	B120	43,86	35,03	D40	13,99	13,99	Da1	13,4	13,4
B36	1,36	1,36	B121	43,86	34,67	D41	15,09	15,09	Da2	29,32	29,32
B37	6,39	6,38	B122	43,85	34,15	D42	15,5	15,5	Da3	28,8	28,8
B38	25,75	25,74	B123	44,84	34,33	D43	24,17	21,87	Da4	15,1	15,1
B39	22,49	22,49	B124	45,84	34,85	D44	37,78	32,14	Da5	25,09	25,09
B40	25,75	25,75	B125	49,82	38,05	D45	39,71	32,09	Da6	31,16	31,16
B41	25,85	25,84	B126	53,81	41,21	D46	39,71	32,08	Da7	26,07	26,07
B42	29,41	29,41	B127	62,79	50,19	D47	49,5	36,09	Da8	8,16	8,16
B43	22,04	22,04	B128	62,79	50,19	D48	49,5	36,09	Da9	13,36	13,36
B44	28	28	B129	62,79	50,19	D49	49,5	36,09	Da10	9,57	9,57
B45	30,17	30,17	B130	55,8	41,47	D50	14,82	9,91	Da11	16,42	16,42
B46	0,77	0,77	B131	50,78	32,07	D51	16,77	10,44	Da12	31,1	27,27
B47	3,6	3,6	B132	49,78	31,07	D52	22,69	14,17	Da13	46,55	34,64
B48	4,91	4,91	B133	48,78	30,07	D53	30,58	18,98	Da14	22,69	14,17
B49	13,4	13,4	B134	31,81	13,1	D54	36,48	21,72	Da15	36,48	21,72
B49	25,52	25,52	B135	36,8	18,09	D55	41,42	25	Da16	33,96	33,32
B52	28,5	28,5	B136	40,79	22,08	D56	46,83	42,38	Da17	26,94	24,75
B53	33,31	33,31	B137	44,79	26,07	D57	46,83	42,38	Da18	11,4	8,2
B54	32,31	32,31	B138	52,77	34,05	D58	46,83	42,38	Da19	17,33	11,2
B55	21,33	21,33	B138	15,85	15,85	D59	51,78	45,96	Da20	28,01	5,94
B56	35,89	35,89	B139	27,52	27,52	D60	21	20,78	Da21	41,91	14,64
B57	21,18	21,18	B140	29,32	29,32	D61	25,95	24,24	Da22	29,96	27,39
B58	28,3	28,3	B141	15,1	15,1	D62	25,95	24,24	Da23	53,81	41,21
B59	28,8	28,8	B142	27,48	27,48	D63	26,94	24,75	Da24	62,79	50,19
B60	7,64	7,64	B143	31,16	31,16	D64	37,83	32,08	Da25	62,79	50,19
B61	34,02	34,02	B144	31,11	27,27	D65	38,82	32,83	E1	16,42	16,42
B62	36,54	36,54	B145	31,91	29,64	D66	40,82	34,82	E2	55,8	41,47
B63	25,09	25,09	B146	46,55	34,65	D67	11,4	8,2	H1	18,24	18,26
B64	33,21	33,21	B147	33,96	33,33	D68	13,36	8,5	H2	50,78	32,04
B65	32,89	32,89	B148	17,33	11,2	D69	16,27	7,37	J-221	26,73	26,71
B66	33,67	33,67	B149	16,24	6,02	D70	15,23	4,31	J-222	19,97	19,97

B67	24,43	24,43	B150	28,01	5,94	D71	17,16	2,85	J-223	42,41	42,4
B68	25,02	25,02	B151	35,96	11,88	D72	17,11	2,81	J-224	19,98	19,98
B69	26,07	26,07	B152	38,94	13,35	D73	21,07	1,62	J-226	19,98	19,98
B70	24,89	24,89	B153	41,91	14,64	D74	23,04	2,24	J-227	38,46	38,46
B71	6,29	6,29	B154	23,99	22,16	D75	23,04	2,24	J-228	19,97	19,97
B72	6,78	6,78	B155	33,94	30,26	D76	38,94	13,35	J-229	37,79	37,78
B73	4,75	4,75	B156	33,94	30,49	D77	38,94	13,35	J-235	38,32	32,33
B74	8,17	8,17	B157	45,78	27,07	D78	38,94	13,35	J-236	0,49	0,29
B75	7,48	7,48	B158	56,8	44,2	D79	38,94	13,35	J-237	2,48	1,88
B76	9,33	9,33	B159	62,79	50,19	D80	38,94	13,35	J-238	37,17	37,17
B77	10,7	10,7	Ba139	54,24	35,53	D81	38,94	13,35	J-239	19,97	19,97
B78	13,36	13,36	Ba141	47,28	28,56	D82	38,94	13,35	J-240	34,75	34,75
B79	9,6	9,6	Ba142	36,85	18,13	D83	38,94	13,35	J-241	19,97	19,97
B80	9,57	9,57	Ba143	38,4	19,68	D84	24,98	23,84	J-242	19,97	19,97
B81	13,99	13,99	D-1	36,03	36,03	D85	29,96	27,39	J-243	25,13	25,13
B82	14,09	14,09	D-2	41,76	41,75	D86	42,9	37,74	J-244	19,97	19,97
B83	15,5	15,5	D-3	21,32	21,32	D87	43,89	38,04	J-245	37,73	37,73
B84	16,42	16,42	D-4	24,25	24,25	D88	44,88	38,11	J-246	11,76	11,76
B85	18,26	18,26	D-5	32,08	32,07	D89	44,87	37,48	J-247	11,83	11,83
B86	24,17	21,87	D6	30,17	30,17	D90	44,87	36,98	J-248	34,08	29,69
B87	37,78	32,14	D7	4,91	4,91	D91	44,86	36,26	J-249	20,01	19,97
B88	39,71	32,09	D8	13,4	13,4	D92	43,86	35,03	J-250	51,39	34,5
B89	49,5	36,09	D9	25,52	25,52	D93	43,86	34,67	J-251	20,01	19,98
B90	14,82	9,91	D10	28,5	28,5	D94	43,85	34,15	J-252	52,78	46,77
B91	16,77	10,44	D11	32,31	32,31	D95	44,84	34,33	J-253	20,01	19,97
B92	22,69	14,17	D12	21,33	21,33	D96	45,84	34,85	J-258	47,88	19,21
B93	30,58	18,98	D13	21,33	21,33	D97	49,82	38,05	J-259	20,01	19,15
B94	36,48	21,72	D14	21,18	21,18	D98	53,81	41,21	J-260	20,01	19,98
B95	41,42	25,01	D15	28,3	28,3	D99	62,79	50,19	J-261	50,86	43,41
B96	46,83	42,38	D16	28,8	28,8	D100	62,79	50,19	Na1	36,49	17,77
B97	51,78	45,96	D17	7,64	7,64	D101	62,79	50,19	Na2	33,59	14,88
B98	21	20,78	D18	34,02	34,02	D102	62,79	50,19	O1	18,26	18,26
B99	25,95	24,24	D19	36,54	36,54	D103	62,79	50,19	R1	35,89	35,89
B100	26,94	24,75	D20	33,21	33,21	D104	62,79	50,19	R2	9,6	9,6
B101	37,83	32,08	D21	32,89	32,89	D105	49,78	31,07	R3	18,26	18,26
B102	38,82	32,83	D22	33,67	33,67	D106	48,78	30,07	R4	43,85	34,15
B103	40,82	34,82	D23	24,43	24,43	D107	31,81	13,1	R5	50,78	32,07
B104	11,4	8,2	D24	25,02	25,02	D108	31,81	13,1	S1	50,78	32,07
B105	13,36	8,5	D25	26,07	26,07	D109	31,81	13,1			
B106	16,27	7,37	D26	24,89	24,89	D110	36,8	18,09			

## 10.8 Presupuesto

### 10.8.1 Toma naciente

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	TOMA NACIENTE	UND	1	\$545.126,29	\$545.126,29

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Canastilla hecha a partir de tubo de PVC sanitario de 4"	Und	1	\$16.892,00	\$16.892,00
1.2	Reducción campana cementada PVC de 4" a 2" SCH40	Und	1	\$7.544,00	\$7.544,00
1.3	Unión de tope PVC de 2" SCH40	Und	4	\$10.979,00	\$43.916,00
1.4	Válvula de compuerta Bronce de 2"	Und	2	\$33.068,00	\$66.136,00
1.5	Adaptador macho PVC de 2" SCH40	Und	4	\$1.222,00	\$4.888,00
1.6	Codo 90° PVC de 3" SCH40	Und	2	\$7.001,00	\$14.002,00
1.7	Candado 45 mm	Und	2	\$9.870,22	\$19.740,44
2	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
2.1	Cemento	sacos	14	\$6.280,00	\$87.920,00
2.2	Arena	m3	1	\$21.074,50	\$21.074,50
2.3	Piedra	m3	2	\$15.949,95	\$31.899,90
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$314.012,84
	Transporte material		5%		\$15.700,64
	Herramientas y equipo		10%		\$31.401,28
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$125.605,14
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$125.605,14
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$486.719,90
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$48.671,99
	Imprevistos		2%		\$9.734,40
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$58.406,39
	<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$545.126,29

### 10.8.2 Tubería de conducción

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	UND	1	\$4.020.920,77	\$4.020.920,77

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Tubería campana cementada PVC 2" SDR 26	Und	108	\$19.252,00	\$2.079.216,00
1.2	Codo 45° PVC de 2" SCH40	Und	2	\$1.859,00	\$3.718,00
1.3	Unión PVC de 2" SCH40	Und	110	\$1.148,00	\$126.280,00
1.4	Te PVC 2" SCH40	Und	2	\$2.413,00	\$4.826,00
1.5	Te reducida PVC 2"x1/2" SCH40	Und	2	\$4.094,00	\$8.188,00
1.6	Llave paso PVC 1/2" SCH40	Und	2	\$1.554,00	\$3.108,00
1.7	Tapón PVC 1/2" SCH40	Und	2	\$112,00	\$224,00
1.8	Ventosa PVC 2"	Und	2	\$18.160,00	\$36.320,00
1.9	Cemento Solvente	Und	1	\$9.050,00	\$9.050,00
1.10	Mecha para limpieza	kilo	1	\$5.608,00	\$5.608,00
1.11	Limpiador tubería PVC	Und	1	\$4.437,00	\$4.437,00
2	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
2.1	Cemento	sacos	3,5	\$6.280,00	\$21.980,00
2.2	Arena	m3	0,25	\$21.074,50	\$5.268,63
2.3	Piedra	m3	0,5	\$15.949,95	\$7.974,98
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$2.316.198,60
	Transporte material		5%		\$115.809,93
	Herramientas y equipo		10%		\$231.619,86
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$926.479,44
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$926.479,44
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$3.590.107,83
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$359.010,78
	Imprevistos		2%		\$71.802,16
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$430.812,94

	<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$4.020.920,77
--	-------------------------------	--	--	--	----------------

### 10.8.3 Tanque de almacenamiento

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	UND	1	\$3.704.008,00	\$3.704.008,00
DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Válvula de compuerta Bronce de 4"	Und	2	\$93.980,00	\$187.960,00
1.2	Válvula de compuerta Bronce de 2"	Und	2	\$33.068,00	\$66.136,00
1.3	Unión de tope PVC de 2" SCH40	Und	4	\$10.979,00	\$43.916,00
1.4	Unión de tope PVC de 4" SCH40	Und	4	\$35.156,00	\$140.624,00
1.5	Adaptador macho PVC de 2" SCH40	Und	4	\$1.222,00	\$4.888,00
1.6	Codo 90° PVC de 2" SCH40	Und	4	\$2.130,00	\$8.520,00
1.7	Adaptador macho PVC de 4" SCH40	Und	4	\$6.546,00	\$26.184,00
1.8	Codo 90° PVC de 4" SCH40	Und	5	\$11.362,00	\$56.810,00
1.9	Válvula de flotador Bronce 2"	Und	1	\$70.006,00	\$70.006,00
1.10	Te reducida PVC 4"x2" SCH40	Und	1	\$15.074,00	\$15.074,00
1.11	Te PVC de 4" SCH40	Und	2	\$15.369,00	\$30.738,00
1.12	Ventosa PVC de 2"	Und	1	\$18.160,00	\$18.160,00
1.13	Tapa metálica	Und	1	\$5.000,00	\$5.000,00
1.14	Candado 45 mm	Und	3	\$9.870,22	\$29.610,66
2	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
2.1	Cemento	sacos	140	\$6.280,00	\$879.200,00
2.2	Arena	m3	11	\$21.074,50	\$231.819,50
2.3	Piedra	m3	20	\$15.949,95	\$318.999,00
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$2.133.645,16
	Transporte material		5%		\$106.682,26
	Herramientas y equipo		10%		\$213.364,52
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$853.458,06
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$853.458,06
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$3.307.150,00
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$330.715,00
	Imprevistos		2%		\$66.143,00
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$396.858,00
<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>					\$3.704.008,00

### 10.8.4 Sistema de desinfección

DESCRIPCION DEL REGLÓN	UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1 CLORADOR	UND	1	\$2.431.838,63	\$2.431.838,63

DESCRIPCION DEL REGLÓN	UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1 TUBERÍA Y ACCESORIOS				
1.1 Clorador Accu Tab modelo 3012	Und	1	\$587.287,00	\$587.287,00
1.2 Adaptador macho PVC de 1" SCH40	Und	2	\$1.222,00	\$2.444,00
1.3 Candado 45mm	Und	1	\$9.870,00	\$9.870,00
1.4 Puerta	Und	1	\$55.000,00	\$55.000,00
1.5 Reducción PVC de 1" a 1/2" SCH40	Und	2	\$1.737,00	\$3.474,00
1.6 Caseta	Und	1	\$500.000,00	\$500.000,00
1.7 Te reducida PVC de 2" a 1/2"	Und	1	\$4.094,00	\$4.094,00
<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$1.162.169,00
Transporte material		5%		\$58.108,45
Herramientas y equipo		10%		\$116.216,90
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra 40% Materiales				\$464.867,60
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$464.867,60
<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$1.801.361,95
<b>COSTO INDIRECTO</b>				
Administración		10%		\$180.136,20
Imprevistos		10%		\$180.136,20
Supervisión		15%		\$270.204,29
<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$630.476,68
<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$2.431.838,63

### 10.8.5 Tanque quiebragradiante

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	TANQUE QUIEBRAGRADIANTE	UND	6	\$1.730.920,61	\$10.385.523,67

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Válvula de compuerta Bronce de 4"	Und	3	\$93.980,00	\$281.940,00
1.2	Válvula de compuerta Bronce de 3"	Und	1	\$63.593,00	\$63.593,00
1.3	Unión de tope PVC de 3" SCH40	Und	2	\$26.094,00	\$52.188,00
1.4	Unión de tope PVC de 4" SCH40	Und	6	\$35.156,00	\$210.936,00
1.5	Adaptador macho PVC de 3" SCH40	Und	2	\$4.429,00	\$8.858,00
1.6	Codo 90° PVC de 3" SCH40	Und	2	\$7.001,00	\$14.002,00
1.7	Adaptador macho PVC de 4" SCH40	Und	6	\$6.546,00	\$39.276,00
1.8	Codo 90° PVC de 4" SCH40	Und	3	\$11.362,00	\$34.086,00
1.9	Válvula de flotador Bronce 2"	Und	1	\$70.006,00	\$70.006,00
1.10	Te reducida PVC 4"x2" SCH40	Und	1	\$15.074,00	\$15.074,00
1.11	Te PVC de 4" SCH40	Und	2	\$15.369,00	\$30.738,00
1.12	Reducción campana cementada PVC de 4" a 3"	Und	1	\$8.305,00	\$8.305,00
1.13	Adaptador macho PVC de 2"	Und	1	\$1.222,00	\$1.222,00
1.14	Ventosa PVC de 2"	Und	1	\$18.160,00	\$18.160,00
1.15	Tapa metálica	Und	1	\$5.000,00	\$5.000,00
1.16	Candado 45 mm	Und	3	\$9.870,22	\$29.610,66
2	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
2.1	Cemento	sacos	11	\$6.280,00	\$69.080,00
2.2	Arena	m3	1	\$21.074,50	\$21.074,50
2.3	Piedra	m3	1,5	\$15.949,95	\$23.924,93
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$997.074,09
	Transporte material		5%		\$49.853,70
	Herramientas y equipo		10%		\$99.707,41
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$398.829,63
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$398.829,63
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$1.545.464,83
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$154.546,48
	Imprevistos		2%		\$30.909,30
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$185.455,78
	<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$1.730.920,61

### 10.8.6 Válvula reguladora de presión

DESCRIPCION DEL REGLÓN	UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1 VÁLVULA REGULADORA	UND	14	\$1.143.056,47	\$16.002.790,55

DESCRIPCION DEL REGLÓN	UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1 TUBERÍA Y ACCESORIOS				
1.1 Válvula de compuerta Bronce de 4"	Und	1	\$93.980,00	\$93.980,00
1.2 Válvula compuerta Bronce de 2"	Und	2	\$33.068,00	\$66.136,00
1.3 Válvula Reguladora de presión Bronce de 2"	Und	1	\$120.820,00	\$120.820,00
1.4 Unión de tope PVC de 2" SCH40	Und	4	\$10.979,00	\$43.916,00
1.5 Unión de tope PVC de 4" SCH40	Und	2	\$35.156,00	\$70.312,00
1.6 Adaptador macho PVC de 2" SCH40	Und	7	\$1.222,00	\$8.554,00
1.7 Adaptador macho PVC de 4" SCH40	Und	2	\$6.546,00	\$13.092,00
1.8 Codo 90° PVC de 4" SCH40	Und	2	\$2.130,00	\$4.260,00
1.9 Te reducida PVC 4"x2" SCH40	Und	2	\$15.074,00	\$30.148,00
1.10 Te PVC de 4" SCH40	Und	2	\$15.369,00	\$30.738,00
1.11 Ventosa PVC de 2"	Und	1	\$18.160,00	\$18.160,00
1.12 Candado 45 mm	Und	1	\$9.870,22	\$9.870,22
1.13 Tapa metálica	Und	1	\$5.000,00	\$5.000,00
2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
2.1 Cemento	sacos	3,5	\$6.280,00	\$21.980,00
2.2 Arena	m3	0,3	\$21.074,50	\$6.322,35
2.3 Piedra	m3	0,5	\$15.949,95	\$7.974,98
<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$546.263,55
Transporte material		5%		\$27.313,18
Herramientas y equipo		10%		\$54.626,35
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra 40% Materiales				\$218.505,42
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$218.505,42
<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$846.708,49
<b>COSTO INDIRECTO</b>				
Administración		10%		\$84.670,85
Imprevistos		10%		\$84.670,85
Supervisión		15%		\$127.006,27
<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$296.347,97
<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$1.143.056,47

### 10.8.7 Hidrante

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>HIDRANTE</b>	UND	2	\$1.204.206,17	\$2.408.412,34

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Válvula de compuerta Bronce de 4"	Und	1	\$74.580,00	\$74.580,00
1.2	Hidrante tipo poste de 4"	Und	1	\$242.510,00	\$242.510,00
1.3	Niple con rosca HG de 4"	Und	1	\$36.820,00	\$36.820,00
1.4	Unión de tope PVC de 4" SCH40	Und	2	\$35.156,00	\$70.312,00
1.5	Unión Dresser de 4"	Und	1	\$20.230,00	\$20.230,00
1.7	Adaptador macho PVC de 4" SCH40	Und	2	\$6.546,00	\$13.092,00
1.8	Codo 90° HG de 4" Cédula 40	Und	1	\$48.740,00	\$48.740,00
1.11	Te PVC de 4" SCH40	Und	1	\$15.369,00	\$15.369,00
	Empaque neopreno	Und	2	\$2.210,00	\$4.420,00
	Flanger PVC 4"	Und	2	\$6.870,00	\$13.740,00
1.15	Candado 45 mm	Und	1	\$9.870,22	\$9.870,22
1.16	Tapa metálica	Und	1	\$5.000,00	\$5.000,00
2	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
2.1	Cemento	sacos	2	\$6.280,00	\$12.560,00
2.2	Arena	m3	0,25	\$21.074,50	\$5.268,63
2.3	Piedra	m3	0,5	\$15.949,95	\$7.974,98
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$575.486,82
	Transporte material		5%		\$28.774,34
	Herramientas y equipo		10%		\$57.548,68
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$230.194,73
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$230.194,73
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$892.004,57
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$89.200,46
	Imprevistos		10%		\$89.200,46
	Supervisión		15%		\$133.800,69
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$312.201,60
	<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$1.204.206,17

### 10.8.8 Acometida domiciliar

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	ACOMETIDA DOMICILIAR	UND	140	\$121.908,78	\$17.067.228,92

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Tubo polietileno 1/2"	m lineal	3	\$1.293,29	\$3.879,87
1.2	Adaptador hembra polietileno 1/2"	Und	1	\$7.898,00	\$7.898,00
1.3	Adaptador macho polietileno 1/2"	Und	1	\$6.434,00	\$6.434,00
1.4	Unión p/Acometida 1/2"	Und	1	\$10.858,00	\$10.858,00
1.5	Caja protección micromedidor en HF	Und	1	\$9.640,00	\$9.640,00
1.6	Hidrometro de 1/2"	Und	1	\$19.550,00	\$19.550,00
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$58.259,87
	Transporte material		5%		\$2.912,99
	Herramientas y equipo		10%		\$5.825,99
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$23.303,95
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$23.303,95
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$90.302,80
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$9.030,28
	Imprevistos		10%		\$9.030,28
	Supervisión		15%		\$13.545,42
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$31.605,98
	<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$121.908,78

### 10.8.9 Tubería de conducción de 100 milímetros (4 pulgadas)

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	UND	1	\$206.339.018,46	\$206.339.018,46

DESCRIPCION DEL REGLÓN		UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL
1	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>				
1.1	Tubería empaque hidráulico PVC 4" SDR 26	Und	1872	\$62.898,00	\$117.745.056,00
1.2	Codo 45° PVC de 2" SCH40	Und	41	\$9.704,00	\$397.864,00
1.3	Unión PVC de 4" SCH40	Und	10	\$4.761,00	\$47.610,00
1.4	Te PVC 4" SCH40	Und	5	\$15.369,00	\$76.845,00
1.5	Te reducida PVC 4"x2" SCH40	Und	20	\$15.074,00	\$301.480,00
1.6	Reducción PVC de 2"a 1"	Und	10	\$1.746,00	\$17.460,00
1.7	Llave paso PVC 1" SCH40	Und	10	\$1.554,00	\$15.540,00
1.8	Tapón PVC 1" SCH40	Und	2	\$112,00	\$224,00
1.9	Tapón PVC 4" SCH 40	Und	4	\$5.221,00	\$20.884,00
1.10	Ventosa PVC 2"	Und	10	\$18.160,00	\$181.600,00
1.11	Cemento Solvente	Und	1	\$9.050,00	\$9.050,00
1.12	Mecha para limpieza	kilo	1	\$5.608,00	\$5.608,00
1.13	Limpiador tubería PVC	Und	1	\$4.437,00	\$4.437,00
2	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>				
2.1	Cemento	sacos	3,5	\$6.280,00	\$21.980,00
2.2	Arena	m3	0,25	\$21.074,50	\$5.268,63
2.3	Piedra	m3	0,5	\$15.949,95	\$7.974,98
	<b>TOTAL EN MATERIALES</b>				\$118.858.881,60
	Transporte material		5%		\$5.942.944,08
	Herramientas y equipo		10%		\$11.885.888,16
	<b>MANO DE OBRA</b>				
	Mano de obra 40% Materiales				\$47.543.552,64
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				\$47.543.552,64
	<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>				\$184.231.266,48
	<b>COSTO INDIRECTO</b>				
	Administración		10%		\$18.423.126,65
	Imprevistos		2%		\$3.684.625,33
	<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>				\$22.107.751,98

	<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>				\$206.339.018,46
--	-------------------------------	--	--	--	------------------

### 10.8.10 Tubería de conducción de 75 milímetros (3 pulgadas)

DESCRIPCION DEL REGLÓN	UNIDAD	CANT	P UNITARIO	TOTAL	
1	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	UND	1	\$119.872.538,78	\$119.872.538,78
<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS</b>					
1.1	Tubería campana cementada PVC 3" SDR 26	Und	1872	\$36.344,00	\$68.035.968,00
1.2	Codo 45° PVC de 2" SCH40	Und	41	\$9.704,00	\$397.864,00
1.3	Unión PVC de 3" SCH40	Und	10	\$3.750,00	\$37.500,00
1.4	Te PVC 3" SCH40	Und	5	\$7.851,00	\$39.255,00
1.5	Te reducida PVC 4"x2" SCH40	Und	20	\$12.970,00	\$259.400,00
1.6	Reducción PVC de 2"a 1"	Und	10	\$1.746,00	\$17.460,00
1.7	Llave paso PVC 1" SCH40	Und	10	\$1.554,00	\$15.540,00
1.8	Tapón PVC 1" SCH40	Und	2	\$112,00	\$224,00
1.9	Tapón PVC 3" SCH 40	Und	4	\$2.968,00	\$11.872,00
1.10	Ventosa PVC 2"	Und	10	\$18.160,00	\$181.600,00
1.11	Cemento Solvente	Und	1	\$9.050,00	\$9.050,00
1.12	Mecha para limpieza	kilo	1	\$5.608,00	\$5.608,00
1.13	Limpiador tubería PVC	Und	1	\$4.437,00	\$4.437,00
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>					
2.1	Cemento	sacos	3,5	\$6.280,00	\$21.980,00
2.2	Arena	m3	0,25	\$21.074,50	\$5.268,63
2.3	Piedra	m3	0,5	\$15.949,95	\$7.974,98
<b>TOTAL EN MATERIALES</b>					\$69.051.001,60
Transporte material			5%		\$3.452.550,08
Herramientas y equipo			10%		\$6.905.100,16
<b>MANO DE OBRA</b>					
Mano de obra 40% Materiales					\$27.620.400,64
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					\$27.620.400,64
<b>SUB-TOTAL COSTO DIRECTO</b>					\$107.029.052,48
<b>COSTO INDIRECTO</b>					
Administración			10%		\$10.702.905,25
Imprevistos			2%		\$2.140.581,05
<b>SUB-TOTAL COSTO INDIRECTO</b>					\$12.843.486,30
<b>COSTO TOTAL DEL REGLÓN</b>					\$119.872.538,78

## 10.9 Impacto ambiental

### 10.9.1 Caracterización del proyecto

Aspectos ambientales determinados en el proyecto

<b>Aspecto</b>	<b>Tipo</b>
Residuos	· Residuos aprovechables (Suelo cortado, madera)
	· Residuos no aprovechables (Bolsas y envases plásticos, residuos de PVC)
Consumos	· Agua · Electricidad · Combustibles
Emisiones	· Ruido · Polvo · Gases producto de la quema de combustibles
Peligros	· Inundaciones en zanjas

Componentes del proyecto en relación con la etapa del proyecto

<b>Etapa</b>	<b>Componentes</b>
Construcción	· Limpieza terreno · Trazo y construcción de obras
Funcionamiento	· Mantenimiento de obras

## **10.10 Impacto social**

### **10.10.1 Entrevista realizada**

Fecha: 21 Abril 2017

Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Agrícola

Desarrollado por: Estudiante Jonathan Sanabria Pérez

Propuesta de diseño para abastecimiento de agua potable, mediante el diseño de un acueducto por gravedad para los poblados de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas

Dirigida a:

Miembros de ASADA y Asociación de Desarrollo de las comunidades de San Isidro de Tierra Grande, Isletas y Colinas, cantón de Guácimo, provincia de Limón

La entrevista que a continuación se presenta tiene por objetivo que la persona destaque, según su criterio, los impactos que trae consigo la implementación de un nuevo acueducto para las comunidades antes mencionadas.

Por lo cual se solicita de la manera más cordial ser concisos, de forma que los resultados que arroje la entrevista reflejen el verdadero impacto social que tendrían los habitantes de la zona.

A su vez se solicita que de existir alguna duda con alguna de las preguntas o aclaración la haga saber al entrevistador, el cual la aceptará con la mayor de las atenciones.

1. Instrucciones: califique del 1 al 5 los siguientes enunciados, donde 1 es muy insatisfecho, 3 es satisfecho y 5 es muy satisfecho.

Caudal de agua que llega a su vivienda	
Presión con la que el agua llega a la vivienda	
Mantenimiento de las redes del acueducto	
Duración de la ASADA para atender reparaciones	
Tarifa del servicio	

2. ¿Con qué frecuencia sufre cortes del servicio de agua potable?

-----

3. ¿Ha tenido problemas en sus labores de subsistencia por falta de agua potable?

-----

4. Si ha tenido problemas en sus labores. ¿En qué tipo de labores se ha visto afectado?

-----

5. ¿Está usted enterado del problema que presenta el acueducto actualmente de imposibilidad de abastecimiento hacia nuevos habitantes que desean asentarse en la zona?

-----

6. ¿Posee algún familiar o conoce de alguna persona que no haya podido asentarse en la zona?

-----

7. ¿Considera usted que la implementación de un nuevo acueducto que abastezca a los tres pueblos traerá beneficios tanto económicos como sociales para la zona?

-----

8. En caso de considerar que si se tendrían beneficios con la implementación del nuevo acueducto. ¿Qué beneficios cree usted que se tendrían?

-----

-----

-----

9. En caso de no considerar que se tendrían beneficios. ¿Cuáles son las razones por las cuales lo considera de esa forma?

-----

-----

