TRABAJO FINAL DE PASANTÍA:

DIAGNÓSTICO, ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL ACUEDUCTO VEREDAL SAN MIGUEL - PACHO, CUNDINAMARCA; HIDROCON INGENIERÍA S.A.S

ESTEFANÍA GUTIÉRREZ BONILLA

20122181041

DIRECTOR INTERNO

ING. MSC CAUDEX VITELIO PEÑARANDA OSORIO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA SANITARIA

BOGOTÁ

2019

DIAGNÓSTICO, ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL ACUEDUCTO VEREDAL SAN MIGUEL - PACHO, CUNDINAMARCA; HIDROCON INGENIERÍA S.A.S

PROYECTO PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERA SANITARIA

ESTEFANÍA GUTIÉRREZ BONILLA
20122181041

DIRECTOR INTERNO
ING. MSc CAUDEX VITELIO PEÑARANDA OSORIO

DIRECTOR EXTERNO
ING. MSc JORGE ANTONIO ALVAREZ MELO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA SANITARIA
BOGOTÁ
2019

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 OBJETIVOS DE LA PASANTÍA 8
2.1 OBJETIVO GENERAL 8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
3 ZONA DEL PROYECTO 9
4 MARCO TEÓRICO 11
4.1 ESTUDIO DE POBLACIÓN 11
4.1.1 Periodo de diseño: 11
4.1.2 Proyección de población 11
4.1.3 Definición del nivel de complejidad 14
4.2 ESTUDIO DE DEMANDA DE AGUA 15
4.2.1 Dotación neta 15
4.2.2 Dotación bruta 16
4.2.3 Proyección de demandas de agua. 16
4.2.3.1 Proyección de demandas residenciales. 16
4.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA 18
5 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 20
5.1 POBLACIÓN ACTUAL 20
5.2 DOTACIÓN ACTUAL 22
6 CÁLCULOS 24
6.1 POBLACIÓN FUTURA 24
6.1.1 Teniendo en cuenta el método aritmético 24
6.1.2 Teniendo en cuenta el método geométrico 24
6.1.3 Teniendo en cuenta el método exponencial 25
6.2 CÁLCULOS DE LA DOTACIÓN Y LA DEMANDA DE AGUA: 26
6.2.1 Dotación: 26
6.2.2 Demanda de agua: 30
6.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA 32
6.3.1 Curva de la demanda 34
6.3.2 Resumen del proyecto 36
6.3.3 Escenario actual año 2018: 38
6.3.4 Escenario actual año 2043: 42
6.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 47
7 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO 48
7.1 SISTEMA DE ACUEDUCTO 48
7.1.1 Captación 49
7.1.2 Aducción 51
7.1.3 Desarenador 52
7.1.4 Tubería de conducción 53
7.1.5 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) 53
7.1.6 Tanques de almacenamiento 54
7.1.7 Red de distribución 64
7.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 65
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67
9 BIBLIOGRAFÍA 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Periodo de diseño **11**
Tabla 4.2 Métodos de cálculo de proyección de población según el nivel de complejidad. **12**
Tabla 4.3 Asignación nivel de complejidad **15**
Tabla 4.4 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida **16**
Tabla 5.1 Población SISBEN **20**
Tabla 5.2 Suscriptores Acueducto Veredal San Miguel **22**
Tabla 5.3 Ceso de usuarios acueducto veredal San Miguel **22**
Tabla 5.4 Promedio consumo **23**
Tabla 6.1 Proyección de población. **26**
Tabla 6.2 Proyección de población y dotaciones **28**
Tabla 6.3 Proyección de demandas máximas **31**
Tabla 6.4 Factores de consumo para la curva de demanda horario **35**
Tabla 6.5 Resumen modelación San Miguel **36**
Tabla 6.6 Resultados en los nudos en la hora de máximo consumo, año 2018 ... **40**
Tabla 6.7 Resultados en los nudos en la hora de máximo consumo, año 2043 ... **45**
Tabla 7.1 Ubicación tanques de almacenamiento **54**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Localización Acueducto Veredal San Miguel 10
Figura 6.1 Grafica curva de demandas 32
Figura 6.2 Curva de demanda 36
Figura 6.3 Acueducto veredal San Miguel 37
Figura 6.4 Contorno de presiones año 2018 Hora 00:00am 38
Figura 6.5 Contorno de presiones año 2018 Hora 11:00am 39
Figura 6.6 Grafica de presiones hora de máximo consumo, año 2018 41
Figura 6.7 Contorno de presiones año 2043 Hora 00:00am 43
Figura 6.8 Contorno de presiones año 2043 Hora 11:00am 44
Figura 6.9 Grafica de presiones hora de máximo consumo, año 2043 46
Figura 7.1 Esquema general del sistema de acueducto San Miguel 49
Figura 7.2 Llegada a la bocatoma 50
Figura 7.3 Bocatoma 50
Figura 7.4 Plano planta bocatoma de fondo 51
Figura 7.5 Desarenador 52
Figura 7.6 Plano planta desarenador 53
Figura 7.7 Fotografía tanque de almacenamiento La Quinta 55
Figura 7.8 Plano corte tanque La Quinta 55
Figura 7.9 Plano planta tanque de almacenamiento La Quinta 56
Figura 7.10 Fotografías tanque de almacenamiento Gualcalá 57
Figura 7.11 Plano corte tanque de almacenamiento Gualcalá 57
Figura 7.12 Plano planta tanque de almacenamiento Gualcalá 58
Figura 7.13 Fotografía tanque de almacenamiento San Miguel 59
Figura 7.14 Plano corte tanque almacenamiento San Miguel 59
Figura 7.15 Plano planta tanque de almacenamiento San Miguel 60
Figura 7.16 Fotografía tanque de almacenamiento Tierra Negra 61
Figura 7.17 Plano corte tanque de almacenamiento Tierra Negra 61
Figura 7.18 Plano planta tanque de almacenamiento Tierra Negra 62
Figura 7.19 Plano corte tanque de almacenamiento Alto de Lucas 63
Figura 7.20 Plano planta tanque de almacenamiento Alto de Lucas 64

1 INTRODUCCIÓN

En el programa Cundinamarca Hábitat Amable, definido en el plan de desarrollo departamental 2016-2020 UNIDOS PODEMOS MÁS aprobado mediante ordenanza No 006 de 2016, se establece que este programa aporta a los objetivos de desarrollo Sostenibles (ODS) del programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PDUD), en particular al objetivo No 6 “Garantizar la disponibilidad y la Gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”.

En este sentido, Empresas Publicas de Cundinamarca S.A. ESP como gestor del programa Agua para la prosperidad – Plan Departamental de Aguas PAP-PDA del departamento de Cundinamarca, ha definido como estrategia de inversión la priorización de obras que correspondan a las necesidades de los municipios para garantizar la calidad y continuidad de los servicios del sector de Agua potable y Saneamiento Básico.

Por lo cual el municipio de Pacho-Cundinamarca suscribió con Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP el convenio interadministrativo EPC-CL 57-2017 cuyo objeto es anuar esfuerzos para la ejecución del proyecto “Diagnóstico, estudios y diseños de los acueductos rurales: El Arrayanal, Limoncitos, Cucharal, San Miguel, Las Huertas, Cabrera y corregimiento de Pasuncha Municipio de Pacho Cundinamarca”, bajo el cumplimiento de los parámetros técnicos definidos en la normatividad vigente, para lo cual el consorcio HIDROESSERE, bajo el contrato No° 218-2017 ejecutará los Estudios y Diseños.

El interés de realizar esta pasantía es estudiar los diferentes procesos mediante los cuales se pueden determinar, evaluar y caracterizar particularidades de las condiciones actuales del sistema de acueducto identificando las posibles falencias que puede tener la red al prestar el servicio a la comunidad del acueducto veredal San Miguel, elaborando estudios que concluyan en plantear soluciones y mediante modelación hidráulica generan el diagnóstico del sistema de acueducto, desde la zona de captación, pasando por los tanques de almacenamiento y demás estructuras, hasta llegar a las redes de distribución de los usuarios finales.

El presente informe se estructura de la siguiente manera:

1. Objetivos: Se establecen el objetivo general y los objetivos específicos de la pasantía.
2. Zona del proyecto: Se especifica la ubicación geográfica del Acueducto y sus generalidades.
3. Marco teórico: Se definen conceptos técnicos y procedimentales para los cálculos desarrollados en el proyecto.
4. Recopilación y análisis de información: Se presenta la información complementaria.
5. Cálculos: Se presentan los cálculos realizados y los resultados obtenidos durante el desarrollo de la pasantía.
6. Diagnostico del sistema de Acueducto: Se presenta la descripción de cada uno de los componentes del sistema de acueducto.
7. Conclusiones y recomendaciones: Se exponen las conclusiones y recomendaciones que surgieron durante el desarrollo del proyecto.
8. Bibliografía.

2 OBJETIVOS DE LA PASANTÍA

2.1 Objetivo general

Apoyar el proceso de diagnóstico del acueducto veredal San Miguel del municipio de Pacho-Cundinamarca, identificando las deficiencias del sistema que contribuyan a generar acciones de mejora para un correcto funcionamiento de la red y un servicio eficiente de agua potable a la comunidad.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las condiciones de la zona de captación.
- Inspeccionar y evaluar las estructuras existentes, su estado, funcionamiento y capacidad (Bocatoma, Desarenador, Tanques, etc.) que componen el acueducto.
- Recopilar la información de campo de población y estado actual de la prestación del servicio.
- Elaborar el modelo hidráulico del acueducto en la actualidad

3 ZONA DEL PROYECTO

Generalidades

El Municipio de Pacho se encuentra localizado al Nor - occidente del Departamento de Cundinamarca a 88 Km de Bogotá y es cabecera de la Provincia del Rio negro, su cabecera municipal se localiza a los 05º 07’ 50” de latitud norte y los 74º 09’ 30” de longitud Oeste de Greenwich. La altitud de la cabecera municipal es de 2.136 metros sobre el nivel del mar, en general, el municipio tiene un rango altitudinal entre los 1.000 y los 3.700 m.

Extensión del municipio

El municipio de Pacho tiene una extensión total de 403.3 km², correspondiéndole 3.6 Km² al sector Urbano y 399.7 Km² al Sector Rural.

Límites geográficos

El municipio de pacho limita por el Norte con los Municipios de San Cayetano, Villagómez y Topaipí; al Oriente con los Municipios de Zipaquirá, Tausa y Cogua; al Sur con los Municipios de Supatá y Subachoque y al Occidente con los Municipios de Vergara y el Peñón.

Ubicación Acueducto Veredal San Miguel

La vereda San Miguel se encuentra en la zona Norte del Municipio de Pacho, Cundinamarca. Para llegar a la vereda hay que salir del casco urbano tomando la calle 7 hacia el Norte y luego continuar 8 Km aproximadamente por la vía terciaria que conduce hacia Coper.

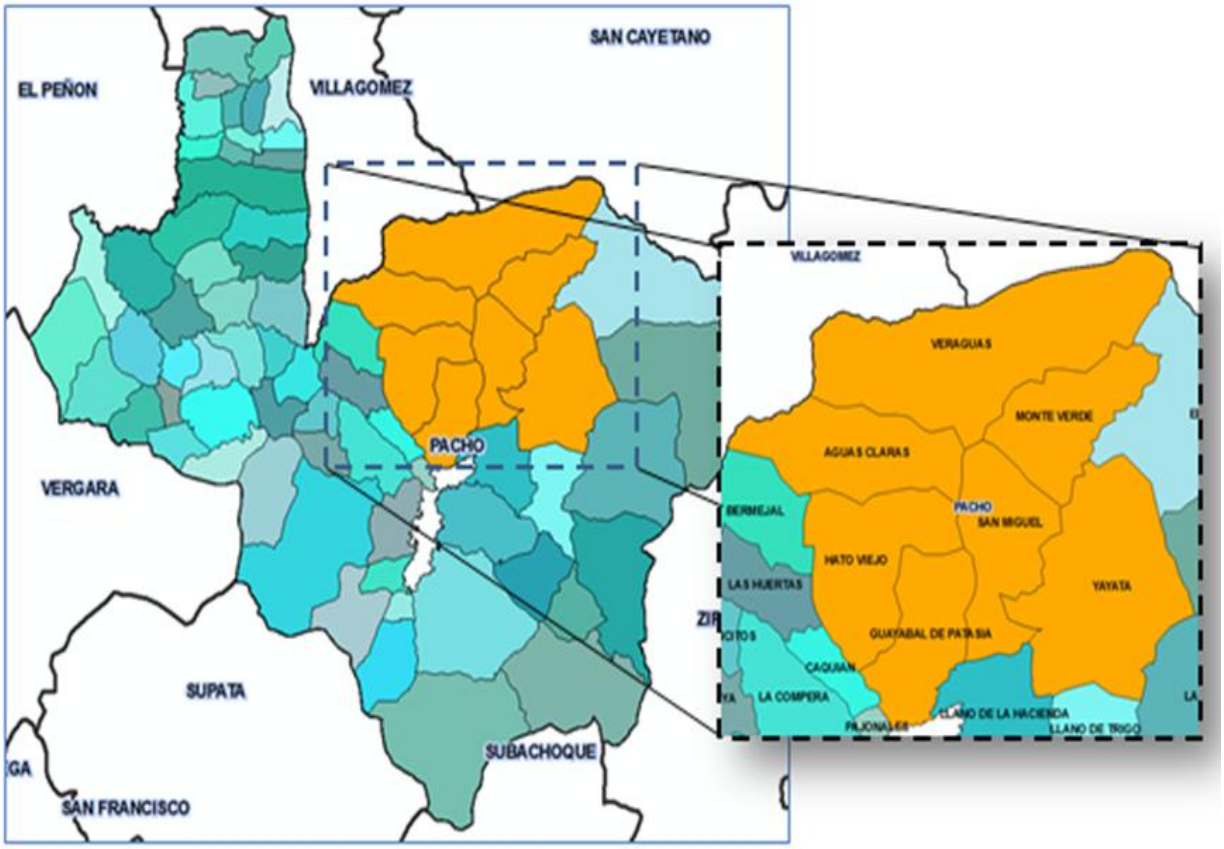


Figura 3.1 Localización Acueducto Veredal San Miguel
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS, 2018

Generalidades Acueducto Veredal San Miguel

El acueducto veredal San Miguel fue construido en 1999 y abastece a la fecha las necesidades hídricas de 247 suscriptores, distribuidos en las siguientes veredas: 24 Hato Viejo, 5 Las Huertas, 3 Monte Verde, 59 Patasía, 114 San Miguel, 15 Veragua, 2 Yayatá, colegio Hato Viejo, colegio San Miguel y colegio Patasía; la concesión de aguas superficiales con la que contaba el sistema cuyo caudal a obtener era de 0.70 L.p.s la cual se encuentra vencida, actualmente se encuentra en trámite ante la dirección regional de la CAR la solicitud de una nueva concesión de aguas superficiales.

4 MARCO TEÓRICO

Los estudios de población y demanda de agua para el acueducto veredal San Miguel se muestran a continuación acorde a los procedimientos usados para la estimación de la población, el cálculo de la dotación bruta y la demanda de agua.

4.1 Estudio de población

Las normas utilizadas para la estimación de la población y la demanda se utilizan lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017, así como ciertas recomendaciones establecidas en la Resolución 1096 de 2000, ya que estas dictan las disposiciones técnicas para el sector de Agua Potable y Saneamiento básico.

4.1.1 Periodo de diseño:

Para todos los componentes del sistema de acueducto y/o alcantarillado, la resolución 0330 de 2017 sugiere adoptar el periodo de diseño indicado en la tabla 4.1 para todos los niveles de complejidad.

Tabla 4.1 *Periodo de diseño*

Nivel de complejidad del sistema	**Periodo de diseño máximo**
Bajo, medio, medio alto y alto	25 años

Fuente: Resolución 0330 de 2017, articulo 40

4.1.2 Proyección de población

Para la proyección de la población de las veredas pertenecientes al acueducto San Miguel, se utilizó el procedimiento señalado en el numeral B.2.2 del RAS 2000. El cual establece los métodos de proyección que se deben utilizar (ver tabla 4.2) dependiendo del nivel de complejidad del sistema.

En el Titulo A, numeral A.3 del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), se establece la clasificación de los proyectos de

acueducto y/o alcantarillado en un nivel de complejidad dependiendo del número de habitantes y su capacidad económica tal como se indica en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 *Métodos de cálculo de proyección de población según el nivel de complejidad.*

Método por emplear	**Nivel de complejidad del sistema**			
	Bajo	**Medio**	**Medio alto**	**Alto**
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial y otro			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Fuente: RAS, 2000. Titulo B

El método aritmético

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la migración:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * \left(T_f - T_{uc}\right) \qquad (4.1)$$

Siendo:

P_f: Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P_{uc}: Población correspondiente al último censo.

P_{ci}: Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T_{uc}: Año correspondiente al último censo.

T_{ci}: Año correspondiente al censo inicial con información.

T_f: Año al cual se quiere proyectar la información.

El método geométrico

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión.

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{(T_f - T_{uc})} \quad (4.2)$$

Siendo:

r: Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

P_f: Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P_{uc}: Población correspondiente a la proyección del último censo.

P_{ci}: Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T_{uc}: Año correspondiente al último censo.

T_f: Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1 \quad (4.3)$$

El método exponencial

Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión.

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})} \quad (4.4)$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{Ln(P_{cp}) - Ln(P_{ca})}{(T_{cp} - T_{ca})} \quad (4.5)$$

Dónde:

P_{cp}: Población del censo posterior.

P_{ca}: Población del censo anterior (habitantes).

T_{cp}: Año correspondiente al censo posterior.

T_{ca}: Año correspondiente al censo anterior.

Ln: Logaritmo natural o neperiano.

4.1.3 Definición del nivel de complejidad

Para determinar el nivel de complejidad del sistema, se requiere conocer la población de la zona urbana del municipio proyectada al periodo de diseño del sistema en cuestión, así como se debe tener un estimativo de la capacidad económica de los usuarios de los servicios que presta dicho sistema.

Tabla 4.3 *Asignación nivel de complejidad*

Nivel de complejidad	Población en la zona Urbana[1] (Habitantes)	Capacidad económica de los usuarios[2]
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

(1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según la metodología del DNP.

Fuente: RAS, 2000. Titulo A. Tabla A.3.1.

4.2 Estudio de demanda de agua

Con el fin de realizar los estudios respectivos de acuerdo al alcance del proyecto, es necesario establecer los consumos de agua y sus variaciones. A continuación, se presenta el estudio de la demanda de agua para el acueducto veredal San Miguel.

4.2.1 Dotación neta

De acuerdo a lo enunciado en el artículo 43 de la resolución 0330 del MVCT del 08 de junio de 2017 la dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 4.4

Tabla 4.4 Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/HAB*DÍA)
>2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 0330 de 2017, art 43

4.2.2 Dotación bruta

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p} \tag{4.6}$$

Donde:

D_{bruta}: Dotación bruta.

d_{neta}: Dotación neta L/ (Hab*día)

%p: Pérdidas técnicas máximas admisibles. El porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles, según el artículo 44 de la Resolución 0330 del MVCT del 08 de junio de 2017, no deben superar el 25%.

4.2.3 Proyección de demandas de agua.

A continuación, se presenta la estimación y proyección de las demandas de agua de tipo residencial, otros usuarios que incluyen el uso oficial, comercial e industrial.

4.2.3.1 Proyección de demandas residenciales

La cantidad de agua demandada por los usuarios del sistema no es uniforme en el tiempo debido a las características sociales, culturales y económicas de los

habitantes, por lo tanto, el sistema de abastecimiento se encontrará sometido a diferentes niveles de consumos.

Estas son variaciones dinámicas que fluctúan a lo largo del día y del año. Los diferentes niveles de consumo están especificados en el RAS 2000 y se transcriben a continuación con sus respectivas ecuaciones.

Caudal medio diario:

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400} \tag{4.7}$$

Dónde:

P: población proyectada al periodo de diseño.

Dbruta: Dotación bruta

Caudal máximo diario:

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1, como se indica en la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} * k_1 \tag{4.8}$$

Dónde:

QMD: caudal máximo diario.

Qmd: Caudal medio diario.
K1: coeficiente de consumo máximo diario.
Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor k1 será superior a 1.30. Por tal motivo de adopta 1.30 para k1, dando cumplimiento a la Resolución 0330 de 2017.

Caudal máximo horario:

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2, según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * k_2 \quad (4.9)$$

Dónde:
QMH: caudal máximo horario.
QMD: caudal máximo diario.
K_2: coeficiente de consumo máximo horario.
Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor k2 será superior a 1.60. Por tal motivo de adopta 1.60 para k2, dando cumplimiento a la Resolución 0330 de 2017.

4.3 Modelación hidráulica

La modelación hidráulica de los conductos a presión se realizó utilizando el software EPANET 2.0, el cual realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. La metodología utilizada por el software calcula los caudales en las tuberías y alturas piezométricas en los nudos bajo la consideración de conservación de masa y energía. Las ecuaciones que se generan en el proceso son conocidas por su no

linealidad, por lo cual se hace uso del método del gradiente para su solución (Todini y Pilati, 1987).

El objetivo principal de la simulación es evaluar el cumplimiento de parámetros como presión en los nodos y velocidad en las tuberías, así como la necesidad de implementar nuevos accesorios en el transcurso de la red.

De acuerdo a lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017, la onda de sub-presión no debe generar presiones manométricas inferiores a 10 mca. Para proyectos rurales, las aducciones o conducciones deben garantizar presiones dinámicas en las viviendas superiores a 5 mca, mientras las máximas no deben en ningún caso exceder la presión de trabajo recomendada por el fabricante del ducto. En cuanto a la velocidad, la norma exige una mínima de 0.5 m/s, mientras que la máxima debe evitar el fenómeno del golpe de ariete y no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados del ducto y/o accesorios a emplear. (Ministerio de Vivienda, Resolución 0330 de 2017, 2017).

5 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información recopilada de población actual y dotación actual se muestran a continuación.

5.1 Población actual

Dado que la estimación de la población es uno de los aspectos para la definición del nivel de complejidad, determinado según el RAS 2000, se establece que esa población debe corresponder a la proyectada al final del periodo de diseño, llamado también horizonte de planeamiento del proyecto.

Se recolectaron los datos demográficos de las veredas a las cuales suministra el servicio de acueducto por parte del Acueducto veredal San Miguel; estas veredas son: San Miguel, Monte Verde, Yayatá, Veraguas, Hato Viejo y Guayabal de Patasía.

En la Tabla 5.1 se presentan los datos de los censos realizados por el SISBEN en los años (2004 y 2008).

Tabla 5.1 Población SISBEN

Población Según SISBEN		
Vereda	**Población**	
	2004	**2008**
San Miguel	448	527
Monte Verde	89	112
Yayatá	83	74
Veraguas	330	456
Hato Viejo	145	168
Guayabal de Patasía	233	285

Fuente: SISBEN y municipio

A pesar de contar con datos demográficos emitidos por el SISBEN, no se utilizaron los mismos para las proyecciones de población, ya que en estos se considera la totalidad de habitantes del sector, pero no todos se encuentran adscritos al sistema de acueducto

Para el año 2018, no se reporta información demográfica oficial por parte del DANE o SISBÉN, razón por la cual se calculó este parámetro de la siguiente manera: a partir de los suscriptores reportados al sistema de acueducto (ver tabla 5.2) se multiplicó este valor por 4[1], a este total se le aplicó un factor de mayoración correspondiente al 25% el cual permite tener en cuenta las necesidades hídricas con un enfoque de usos múltiples del agua que permita dar importancia a las actividades de sustento de esta zona rural principalmente en la crianza de animales y el riego de pequeñas áreas de cultivo.

$$Pac = Ns * 4 * 1.25$$

Dónde:

Pac = Población actual
Ns = Número de suscriptores
4 = Número de habitantes por familia según censo DANE 2005
1.25 = Factor de Mayoración

Para nuestro caso: $Pac = 247 * 4 * 1.25 = 1235\,\text{Habitantes}$

El número de suscriptores presentes en el sistema de acueducto se observa en la Tabla 5.2, dicha información se obtuvo a partir de la información entregada por la secretaría de la Asociación de Usuarios del sistema de acueducto de San Miguel, la señora Marta Bachiller. (Ver Anexo No. 01).

[1] Personas por hogar para el municipio de Pacho-Año 2005- Censo DANE 2005

Tabla 5.2 Suscriptores Acueducto Veredal San Miguel

Suscriptores del Acueducto	
Año	**Suscriptores**
2014	209
2015	219
2016	219
2017	244
2018	247

Fuente: Autor

Los censos utilizados para la proyección de población están en la tabla 5.3

Tabla 5.3 Ceso de usuarios acueducto veredal San Miguel

Población	
Año	**Hab**
2014	1045
2015	1095
2016	1096
2017	1220
2018	1235

Fuente: Autor

5.2 Dotación actual

Basados en la información suministrada por la Señora Martha Bachiller tesorera del acueducto, (ver anexo No. 02) en la cual se encuentran los registros mensuales de consumo de cada suscriptor, se obtiene el promedio de los últimos 6 meses de medición por cada usuario (ver tabla 5.4)

Tabla 5.4 Promedio consumo

Mes	Promedio consumo (m3/mes*susc)
Enero – Febrero	10.15
Febrero – Marzo	6.45
Marzo – Abril	4.43
Abril – Mayo	3.94
Mayo - Junio	8.45
Promedio	**6.68**

Fuente: Autor.

Posteriormente se calcula el promedio de consumo mensual, obteniendo un consumo de 6,68 (m^3/suscriptor*mes).

$$\text{Promedio} = \frac{10.15 + 6.45 + 4.43 + 3.94 + 8.45}{5} = 6.68 \ \ (m^3 / mes * susc)$$

6 CÁLCULOS

Para el cálculo del acueducto, se siguió la metodología de diseño presentada en el capítulo 4 y la información recopilada en el capítulo 5.

6.1 Población futura

El cálculo de población futura se realizó teniendo en cuenta el periodo de diseño mostrado en la tabla 4.1 y los métodos consignados en el numeral 4.1.2 (ver tabla 4.2), los censos utilizados están consignados en la tabla 5.3.

6.1.1 Teniendo en cuenta el método aritmético

De acuerdo a la tabla 5.3 la población correspondiente al censo inicial en el 2014 (P_{ci}) es de 1045 habitantes y la población del último censo en el 2018 (P_{uc}) es de 1235 y se requiere calcular la población para un periodo de diseño de 25 años (RAS, Resolución 0330 de 2017), correspondiente al 2043. Se tiene utilizando la ecuación 4.1

$$P_f = 1235 + \frac{1235-1045}{2018-2014} * (2043-2018) = 2423 \quad Hab$$

6.1.2 Teniendo en cuenta el método geométrico

Para el cálculo del método geométrico, se utiliza la ecuación 4.2

$$P_f = 1235 * (1+0.043)^{(2043-2018)} = 3508 \quad Hab$$

La tasa de crecimiento anual se calcula a partir de la ecuación 4.3 de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{1235}{1045}\right)^{\frac{1}{(2018-2014)}} - 1 = 0.043$$

6.1.3 Teniendo en cuenta el método exponencial

Para este método se utiliza la ecuación 4.4 se tiene:

$$P_f = 1045 * e^{0.046(2043-2018)} = 3951 \quad Hab$$

Donde k es el promedio de la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula con la ecuación 4.5 así:

$$k = \frac{Ln(1096) - Ln(1045)}{(2016 - 2014)} = 0.024$$

Tenido en cuenta que se tiene 4 censos, se toma el promedio de las tres tasas de crecimiento como la tasa de crecimiento a utilizar en la ecuación 4.5, calculada así:

$$\mathrm{Pr}omedio = \frac{0.024 + 0.054 + 0.060}{3} = 0.046$$

Se tomó el promedio de los tres métodos como la proyección de población futura la cual es de 3294 habitantes, calculado así:

$$\mathrm{Pr}omedio = \frac{2423 + 3508 + 3951}{3} = 3294 \ \ Hab$$

Los anteriores cálculos se presentan en la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Proyección de población.

Proyección de población				
Año	**M, Aritmético**	**M, Geométrico**	**M, Exponencial**	**Promedio**
2019	1283	1288	1314	1295
2020	1330	1343	1376	1350
2021	1378	1400	1441	1406
2022	1425	1460	1508	1464
2023	1473	1522	1579	1524
2024	1520	1587	1653	1587
2025	1568	1654	1731	1651
2026	1615	1725	1812	1717
2027	1663	1798	1897	1786
2028	1710	1875	1986	1857
2029	1758	1955	2079	1931
2030	1805	2039	2177	2007
2031	1853	2125	2279	2086
2032	1900	2216	2386	2167
2033	1948	2311	2498	2252
2034	1995	2409	2615	2340
2035	2043	2512	2737	2431
2036	2090	2619	2866	2525
2037	2138	2731	3000	2623
2038	2185	2847	3141	2724
2039	2233	2969	3289	2830
2040	2280	3095	3443	2939
2041	2328	3227	3605	3053
2042	2375	3365	3774	3171
2043	2423	3508	3951	3294

Fuente: Autor

6.2 Cálculos de la dotación y la demanda de agua:

Los cálculos que se recomiendan para obtener la dotación bruta y las demandas de agua para el sistema de acueducto, se describen a continuación:

6.2.1 Dotación:

Los cálculos de dotación neta y dotación bruta, tanto actual como futura se encuentran a continuación:

Dotación Neta Actual:

Basados en información recopilada en el numeral 5.2 se obtiene un promedio de los últimos 6 meses de consumo de 6.68 (m^3/suscriptor*mes), posteriormente se realizan las conversiones necesarias de m^3/suscriptor*mes a L/Hab*día por medio de factor de unitario se obtiene como resultado 44,551(L/Hab*Día), como se muestra a continuación:

$$6{,}683\frac{m^3}{suscriptor*mes}*\left[\frac{1mes}{30dias}\right]*\left[\frac{1suscriptor}{5Habitantes}\right]*\left[\frac{0.001Litros}{1m^3}\right]=44{,}551\frac{L}{Hab*Día}$$

Al valor calculado se le adiciona un 5% para cubrir las necesidades hídricas de otros usuarios, obteniendo así una dotación neta total de 46.8 L/Hab*día.

Dotación Neta Futura:

Con un nivel de complejidad medio y teniendo en cuenta que la vereda San Miguel se encuentra a una elevación media de 2121 msnm, se establece una dotación Neta residencial de 120 L/hab-día según tabla 4.4. Adicionalmente se considera un 5% adicional para suplir las necesidades de otros usuarios, obteniendo una dotación neta futura de 126 L/hab-día.

Dotación Bruta actual:

Aplicando la ecuación 4.6, se tiene:

$$D_{bruta}=\frac{46.8}{1-0.25}=62.37\frac{L}{hab-día}$$

Dotación bruta futura:

Aplicando la ecuación 4.6, la dotación bruta para el año 2043, será de:

$$D_{bruta}=\frac{126.00}{1-0.25}=168.00\frac{Lt}{hab-día}$$

Los resultados se presentan en la tabla 6.2:

Tabla 6.2 Proyección de población y dotaciones

Año	Población Estimada Total	Población Flotante	Nivel de Complejidad	Pérdidas Técnicas	Dotación Neta Residencial	Dotación Neta (Otros Usuarios)	Dotación Neta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Neta (Población Flotante)	Dotación Bruta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Bruta (Población Flotante)
	[Hab,]	[Hab,]		%p	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]
2018	1235	124	Bajo	25%	44,551	2,2	46,8	22,3	62,4	29,7
2019	1295	129	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2020	1350	135	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2021	1406	141	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2022	1464	146	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2023	1524	152	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2024	1587	159	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2025	1651	165	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2026	1717	172	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2027	1786	179	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2028	1857	186	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2029	1931	193	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2030	2007	201	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2031	2086	209	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2032	2167	217	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2033	2252	225	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2034	2340	234	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2035	2431	243	Bajo	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2036	2525	253	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2037	2623	262	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2038	2724	272	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2039	2830	283	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0

Año	Población Estimada Total	Población Flotante	Nivel de Complejidad	Pérdidas Técnicas	Dotación Neta Residencial	Dotación Neta (Otros Usuarios)	Dotación Neta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Neta (Población Flotante)	Dotación Bruta (Residencial + Otros Usuarios)	Dotación Bruta (Población Flotante)
	[Hab,]	[Hab,]		%p	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]	[l/hab·dia]
2040	2939	294	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2041	3053	305	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2042	3171	317	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0
2043	3294	329	Medio	25%	120	6,0	126,0	60,0	168,0	80,0

Fuente: Autor.

6.2.2 Demanda de agua:

A continuación, se presenta la estimación y proyección de las demandas de agua:

Caudal medio diario:

Con la población proyectada en el numeral 6.1 (3294 Habitantes) y la dotación de 168 L/Hab*Día, se calcula el caudal medio diario con la ecuación 4.7:

$$Q_{md} = \frac{3294 * 168.00 L / Hab * día}{86400} = 6.710 \ \ L / s$$

Caudal máximo diario:

A partir del caudal medio diario calculado anteriormente (6.710 L/s) y con el coeficiente de consumo máximo diario 1.30. Se aplica la ecuación 4.8 para determinar el consumo máximo diario:

$$QMD = 6.710 \ \ L / s * 1.30 = 8.723 \ \ L / s$$

Caudal máximo horario:

Con el caudal máximo diario calculado (8.723 L/s) y con el coeficiente de consumo máximo diario 1.60, se calcula el caudal máximo horario aplicando la ecuación 4.9:

$$QMH = 8.723 \ \ L / s * 1.60 = 13.956 \ \ L / s$$

Los anteriores cálculos se consignan en la tabla 6.3:

Tabla 6.3 Proyección de demandas máximas

Año	Nivel de Complejidad	Población Estimada (Residencial+ Flotante)	Qmd (Población Flotante)	Qmd (Residencial+ Otros Usuarios)	Qmd (Total)	QMD	QMH
		[Hab]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]
2018	Bajo	1359	0,042	0,892	0,934	1,214	1,943
2019	Bajo	1424	0,120	2,518	2,638	3,429	5,486
2020	Bajo	1484	0,125	2,624	2,749	3,574	5,718
2021	Bajo	1547	0,130	2,734	2,864	3,723	5,957
2022	Bajo	1611	0,136	2,847	2,983	3,878	6,204
2023	Bajo	1677	0,141	2,964	3,105	4,037	6,459
2024	Bajo	1745	0,147	3,085	3,232	4,201	6,722
2025	Bajo	1816	0,153	3,210	3,363	4,372	6,995
2026	Bajo	1889	0,159	3,339	3,498	4,547	7,276
2027	Bajo	1965	0,165	3,473	3,638	4,729	7,567
2028	Bajo	2043	0,172	3,611	3,783	4,918	7,868
2029	Bajo	2124	0,179	3,754	3,933	5,112	8,180
2030	Bajo	2207	0,186	3,902	4,088	5,314	8,502
2031	Bajo	2294	0,193	4,055	4,248	5,523	8,837
2032	Bajo	2384	0,201	4,214	4,415	5,739	9,183
2033	Bajo	2477	0,209	4,379	4,587	5,963	9,541
2034	Bajo	2574	0,217	4,549	4,766	6,196	9,913
2035	Bajo	2674	0,225	4,726	4,951	6,437	10,299
2036	Medio	2778	0,234	4,910	5,144	6,687	10,699
2037	Medio	2885	0,243	5,100	5,343	6,946	11,113
2038	Medio	2997	0,252	5,298	5,550	7,215	11,544
2039	Medio	3113	0,262	5,503	5,765	7,494	11,991
2040	Medio	3233	0,272	5,716	5,988	7,784	12,454
2041	Medio	3358	0,283	5,937	6,219	8,085	12,936
2042	Medio	3488	0,294	6,166	6,460	8,398	13,436
2043	Medio	3623	0,305	6,405	6,710	8,723	13,956

Fuente: Autor.

En la figura 6.1 se muestra la curva de demanda proyectada para el año 2043 de acuerdo con los datos de la tabla 6.3.

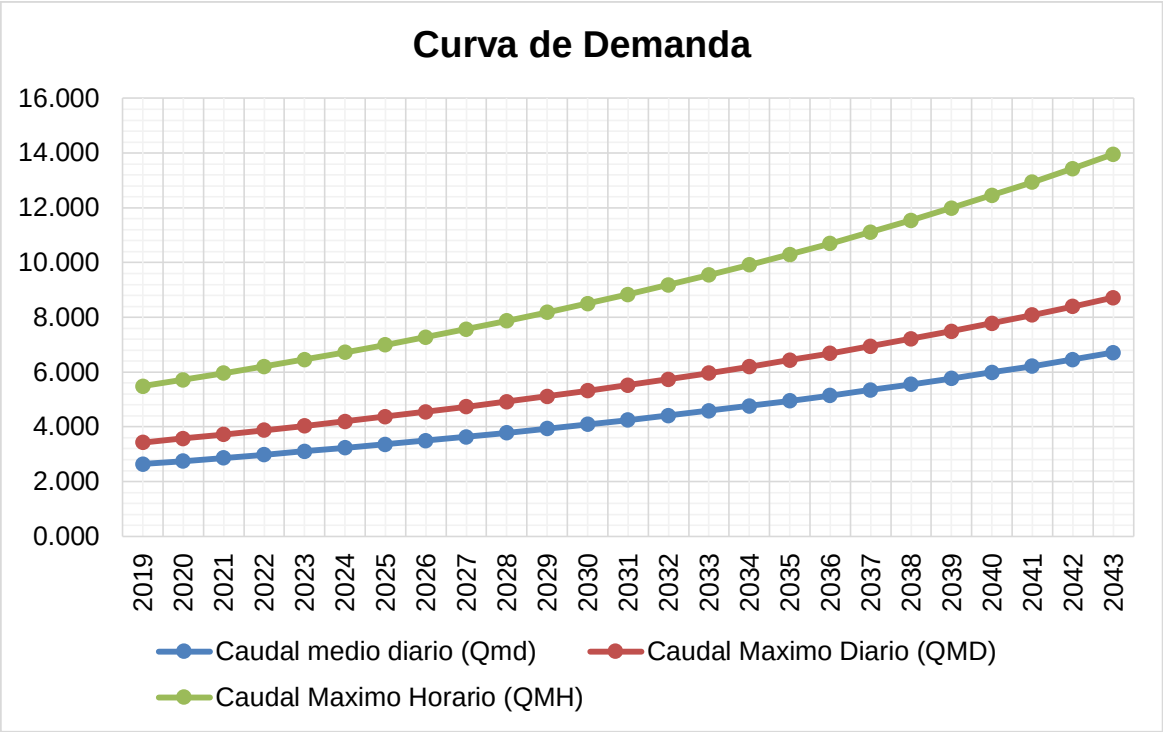


Figura 6.1 Grafica curva de demandas
Fuente: Autor.

La curva de demanda proyectada para cada uno de los caudales es proporcional al comportamiento demográfico proyectado, razón por la cual los caudales presentan un comportamiento creciente.

6.3 Modelación hidráulica

La modelación hidráulica de los conductos a presión se realizó utilizando el software EPANET 2.0, el cual realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. La metodología utilizada por el software calcula los caudales en las tuberías y alturas piezométricas en los nudos bajo la consideración de conservación de masa y energía. Las ecuaciones que se generan en el proceso son conocidas por su no linealidad, por lo cual se hace uso del método del gradiente para su solución (Todini y Pilati, 1987).

La información de diámetro de tuberías, así como los accesorios existentes en la red se posicionaron de acuerdo al levantamiento topográfico y catastral, con el objetivo de simular de la forma más precisa el funcionamiento actual de la red, las presiones obtenidas después de las pérdidas generadas en los accesorios y evaluar la disminución de las presiones en los tramos posteriores a las válvulas reductoras de presión. De esta manera se asignaron válvulas del tipo TCV a los registros y PRV a las válvulas ventosas y de purga, de igual manera se asigna este tipo de válvulas a las cámaras de quiebre, considerando una consigna de cero en la presión.

La modelación se realiza en periodo extendido con frecuencia horaria; sin embargo, considerando que los registros de consumo suministrados por la Asociación de usuarios del sistema de acueducto de San Miguel corresponden al consumo mensual y no es posible conocer el consumo horario, la consultora elaboró una curva de consumo horario, con base en el comportamiento de demanda que presentan los pobladores.

La modelación se realizó considerando el material de las tuberías para este caso PVC, la metodología de pérdidas de energía se calculan por la ecuación de Hazen Williams, razón por la cual el coeficiente usado en las tuberías es 150, de igual manera se usan los diámetros reales, de acuerdo a la información obtenida durante el levantamiento topográfico y catastral.

El estudio de las condiciones de la red se desarrolla para dos escenarios de demanda, el primero corresponde a la condición actual de consumo correspondiente al año 2018, por otro lado, se evaluó el escenario para el año 2043, el objetivo de esta simulación es predecir el comportamiento de la red actual ante el incremento de la población, por ende, de caudales demandados. Teniendo en cuenta la gran cantidad de resultados obtenidos solo se presentan los resultados de la condición más crítica y favorable para los dos escenarios evaluados.

6.3.1 Curva de la demanda

Teniendo en cuenta que el sistema de acueducto San Miguel no cuenta con reportes de micromedición horaria, se elabora una curva de consumo horario acorde con el comportamiento de la población evaluada.

El análisis sobre la red de distribución se elaboró con base en un modelo de simulación hidráulica en condición extendida. La curva del modelo, considera el caudal máximo horario como la condición de máxima demanda tal y como lo establece el numeral B.2.7.5 del RAS 2000; esta fue construida con base en los parámetros establecidos en el RAS 2000 y para el caso de la demanda máxima se considera el QMH para a las 11 am. Los otros caudales considerados se establecen considerando como patrón el Qmd. Los valores para construir la curva se presentan en la tabla 6.4. La curva construida (figura 6.2) presenta tres picos altos de acuerdo a las actividades realizadas por los residentes del sector; dichos picos se presentan a las 6:00 am, 11:00 am y 5:00 pm; por otro lado, se presenta menor consumo en la hora 00:00 am. Se realiza la modelación utilizando la misma curva de demanda para los dos escenarios evaluados. El factor utilizado para la hora de máximo consumo es de 1.60, que al ser multiplicado por el Qmd permite obtener el QMH.

Tabla 6.4 Factores de consumo para la curva de demanda horario

Hora	% Consumo horario	Factor
1	1	0.16
2	1	0.16
3	1	0.16
4	2	0.32
5	3	0.48
6	9.5	1.52
7	7	1.12
8	5	0.80
9	4	0.64
10	4	0.64
11	10	1.60
12	8	1.28
13	5	0.80
14	4	0.64
15	3	0.48
16	2	0.32
17	9.5	1.52
18	5	0.80
19	5	0.80
20	4	0.64
21	3	0.48
22	2	0.32
23	1	0.16
24	1	0.16

Fuente: Autor

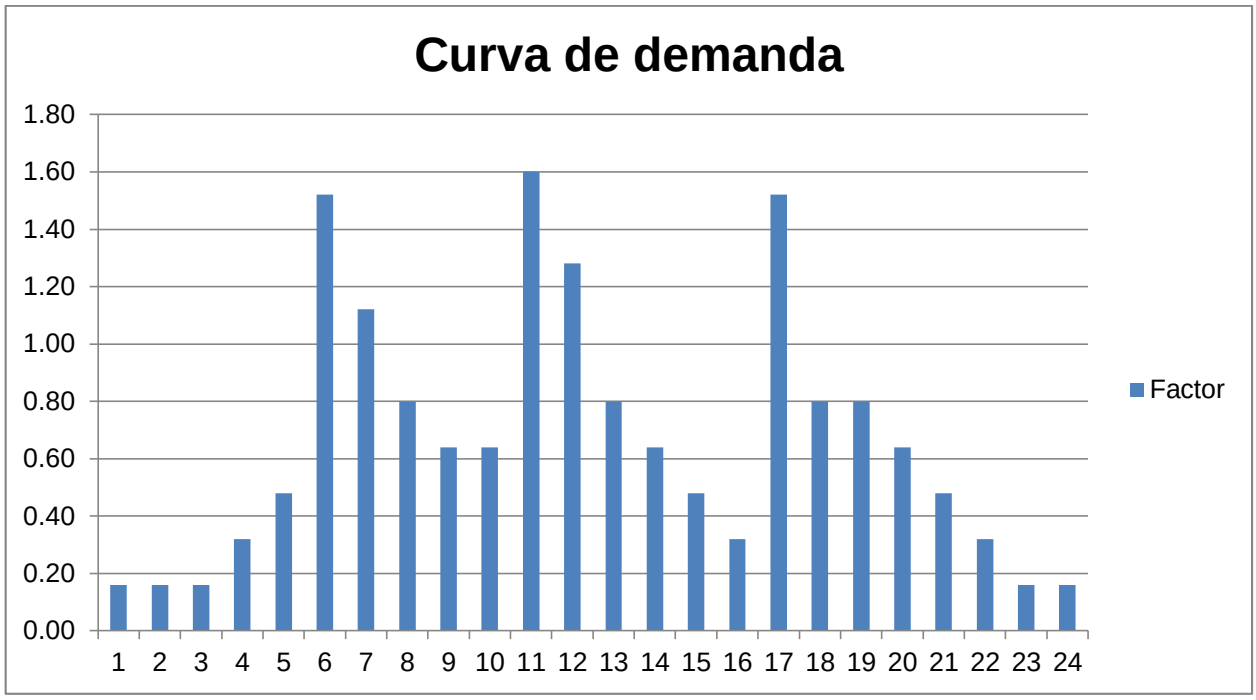


Figura 6.2 Curva de demanda
Fuente: Autor

6.3.2 Resumen del proyecto

El resumen de los datos utilizados en la modelación hidráulica del sistema de acueducto San Miguel, se presenta a continuación:

Tabla 6.5 Resumen modelación San Miguel

Número de nodos	545
Número de Reservorios	1
Número de Tanques	5
Número de Tuberías	513
Número de Bombas	0
Número de Válvulas	37
Unidades de caudal	LPS
Fórmula de pérdidas	Hazen-Williams
Parámetros de calidad	Ninguno

Fuente: EPANET.

En la figura 6.3 se muestra una vista general del sistema de acueducto veredal San Miguel, donde se encuentra ubicado la bocatoma, desarenador y cada uno de los cinco tanques de almacenamiento.

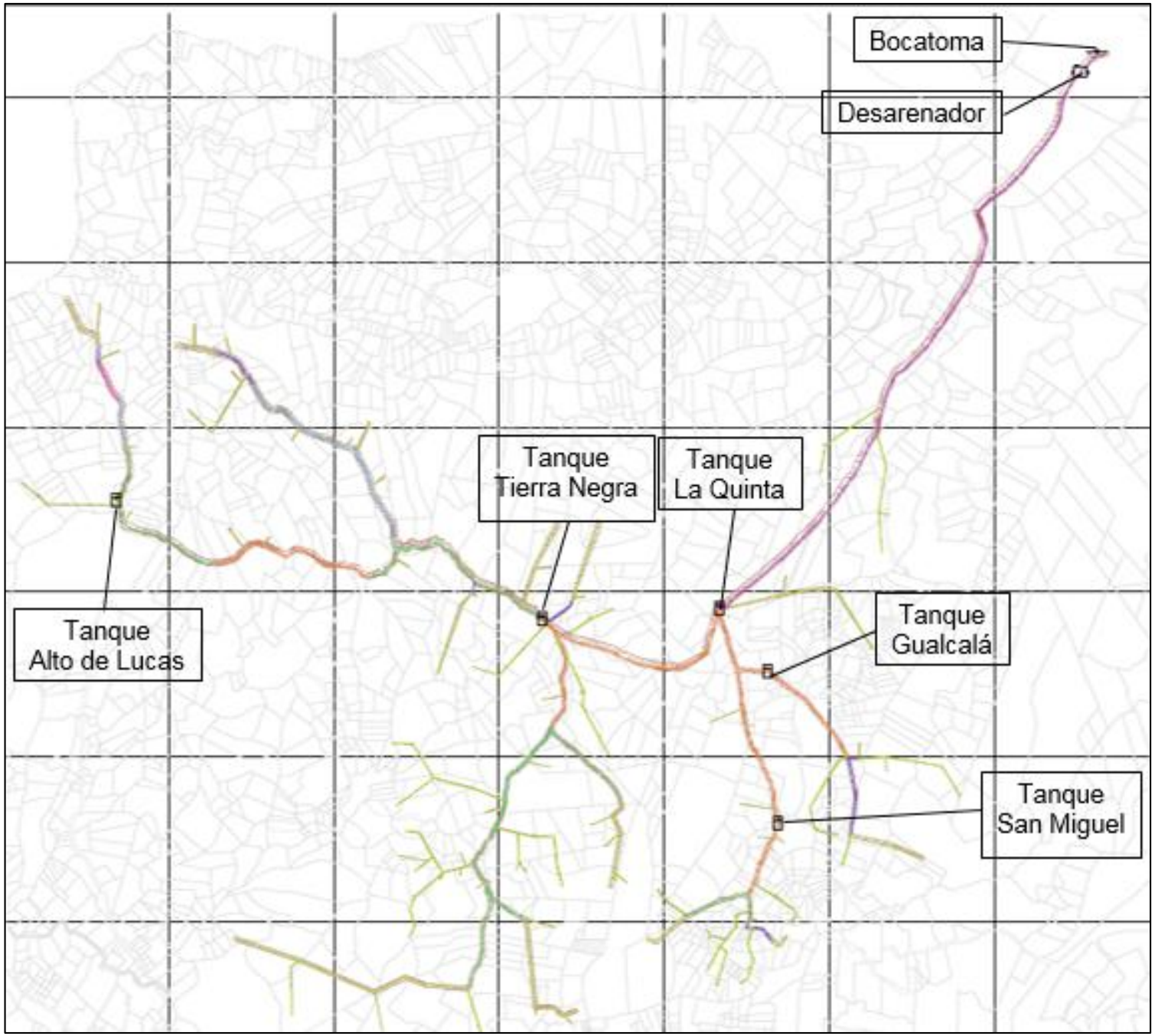


Figura 6.3 Acueducto veredal San Miguel

Fuente: Autor

6.3.3 Escenario actual año 2018:

Para analizar el comportamiento del sistema a partir de la curva de consumo y considerando el Caudal Máximo Horario (QMH) del año 2018 (1.943 L/s), y se dividió en el número de suscriptores para obtener la demanda en los nodos, siendo esta de 0.0083 L/s, se generó un modelo en EPANET que simula las condiciones hidráulicas de la red para la hora de consumo mínimo y máximo.

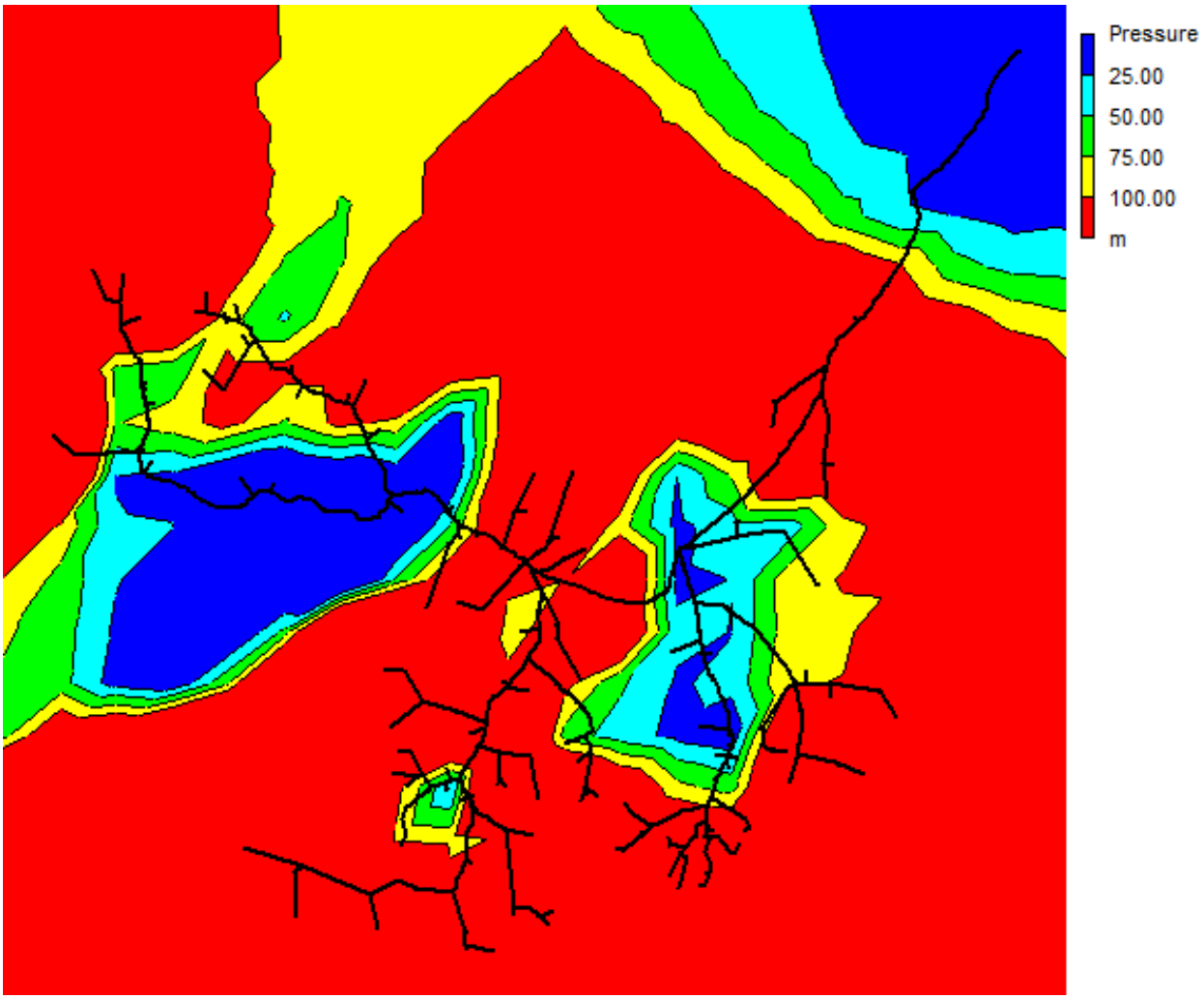


Figura 6.4 Contorno de presiones año 2018 Hora 00:00am
Fuente: EPANET.

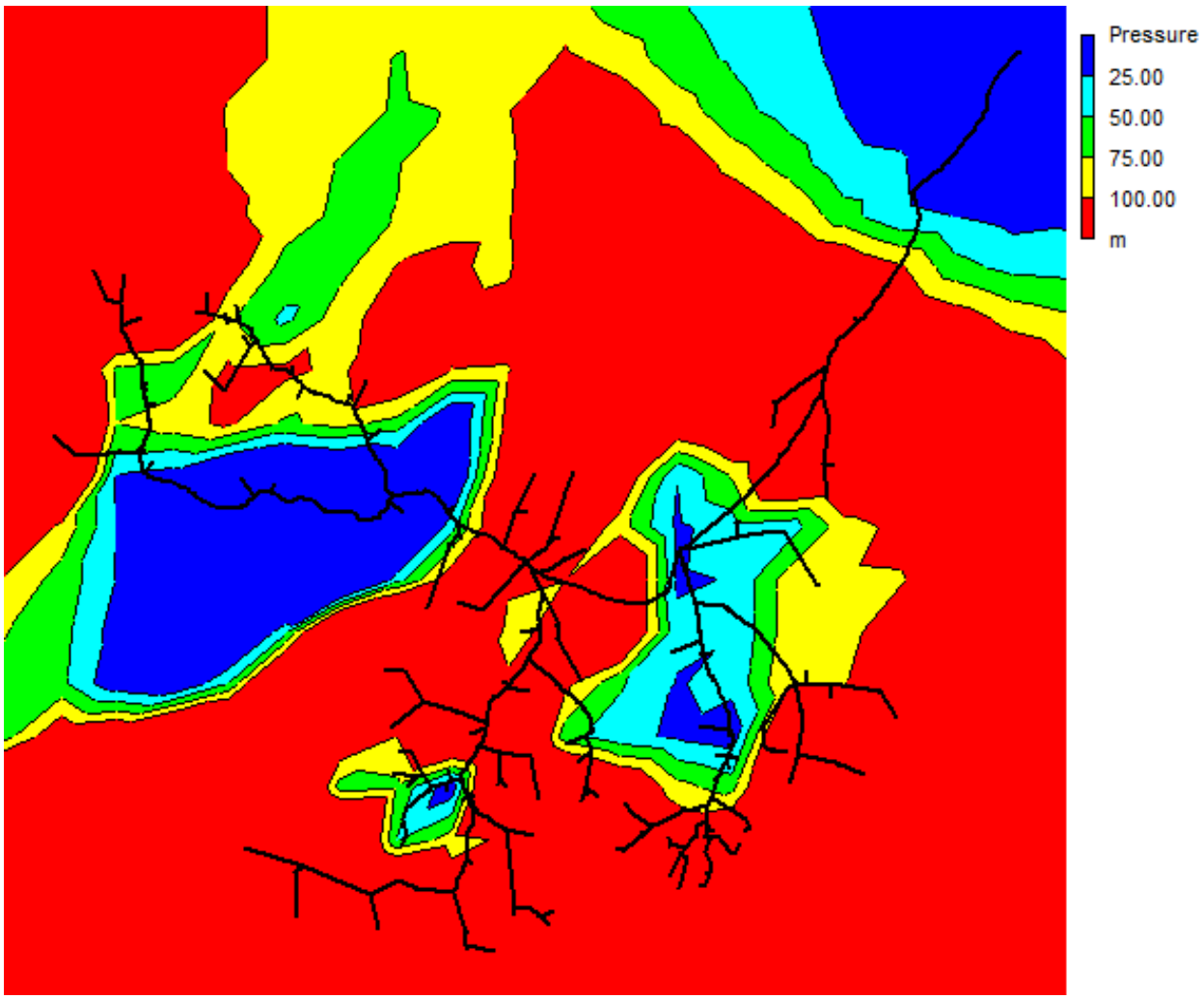


Figura 6.5 Contorno de presiones año 2018 Hora 11:00am
Fuente: EPANET.

En la tabla 6.6 se muestran los resultados generados por EPANET de un tramo de la red de distribución siendo este desde el taque La Quinta hasta el tanque San Miguel, de igual manera en la ilustración 6.6 se muestra la gráfica de presiones en la hora de máximo consumo en el mismo tramo.

Tabla 6.6 Resultados en los nudos en la hora de máximo consumo, año 2018

Resultados Modelación Hidráulica Vereda San Miguel			
Diagnostico Máximo consumo Escenario 2018			
Network Table - Nodes at 11:00 Hrs			
	Elevation	**Pressure**	**Pressure**
Node ID	**m**	**m**	**m**
Tank 1287	2448	2.29	No cumple
Junc 1365	2267.123	-9.05	No cumple
Junc 1369	2226.06	15.91	Cumple
Junc 1373	2219.817	18.10	Cumple
Junc1377	2195.39	21.34	Cumple
Junc1381	2136.377	2.01	No cumple
Tank 1387	2119.842	2.84	No cumple

Fuente: EPANET.

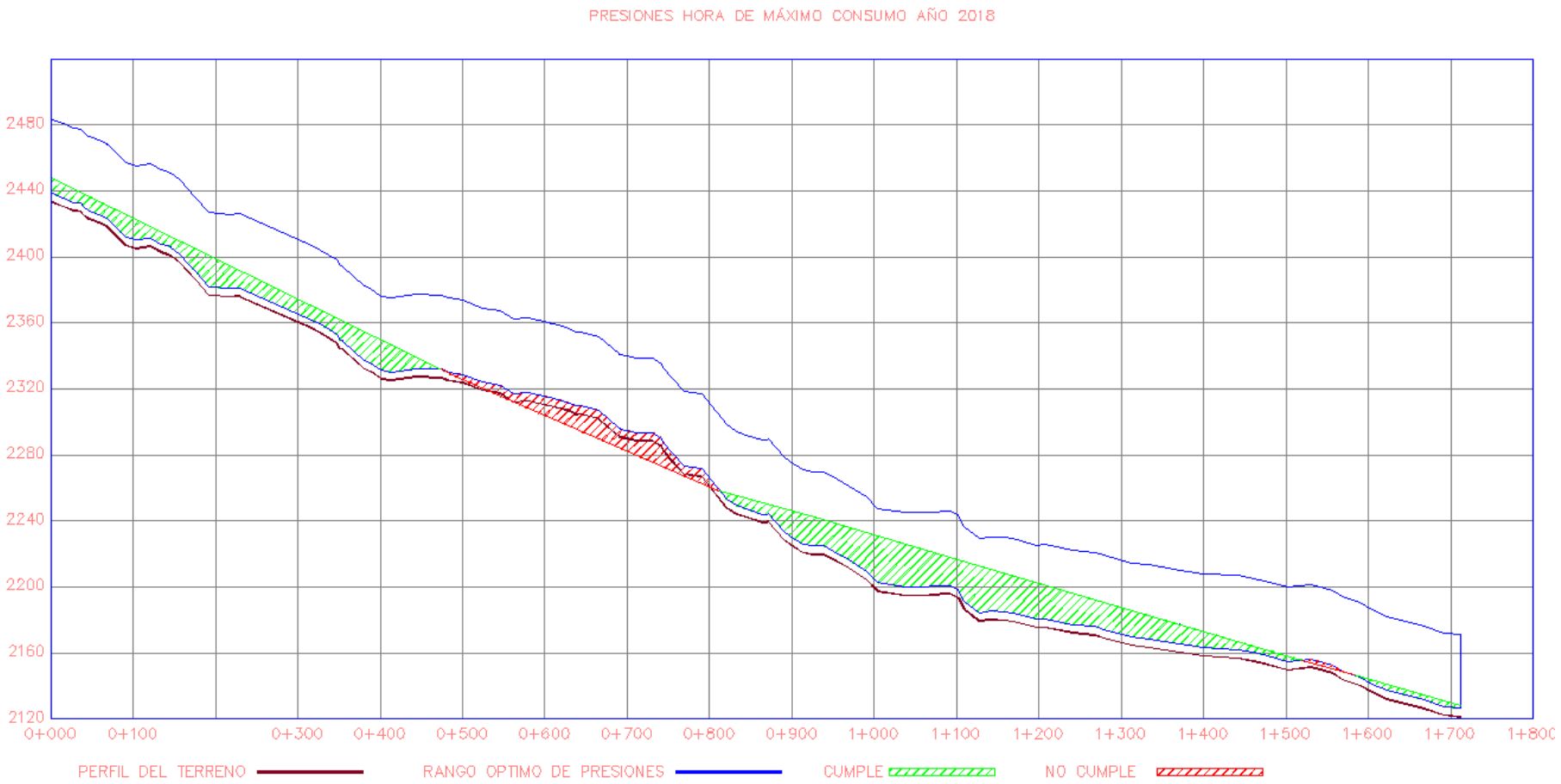


Figura 6.6 Grafica de presiones hora de máximo consumo, año 2018

Fuente: Autor.

Las modelaciones realizadas para el sistema de acueducto San Miguel, así como los resultados obtenidos, pueden ser consultados en el Anexo No. 03.

Con base en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica, los cuales pueden ser consultados en el Anexo No. 03 y en las gráficas de contorno de presión, se concluye que el sistema de acueducto es insuficiente para satisfacer las necesidades actuales de las veredas que hacen parte del sistema, ya que las presiones negativas evidenciadas a lo largo del día, especialmente en la hora de mayor consumo (11:00 am), indican que la red no garantiza el servicio de agua a la totalidad de la comunidad.

6.3.4 Escenario actual año 2043:

Para analizar el comportamiento del sistema a partir de la curva de consumo y considerando el Caudal Máximo Horario (QMH) del año 2043 (13.956 L/s), y se dividió en el número de suscriptores para obtener la demanda en los nodos, siendo esta de 0.0596 L/s, se generó un modelo en EPANET que simula las condiciones hidráulicas de la red para la hora de consumo mínimo y máximo.

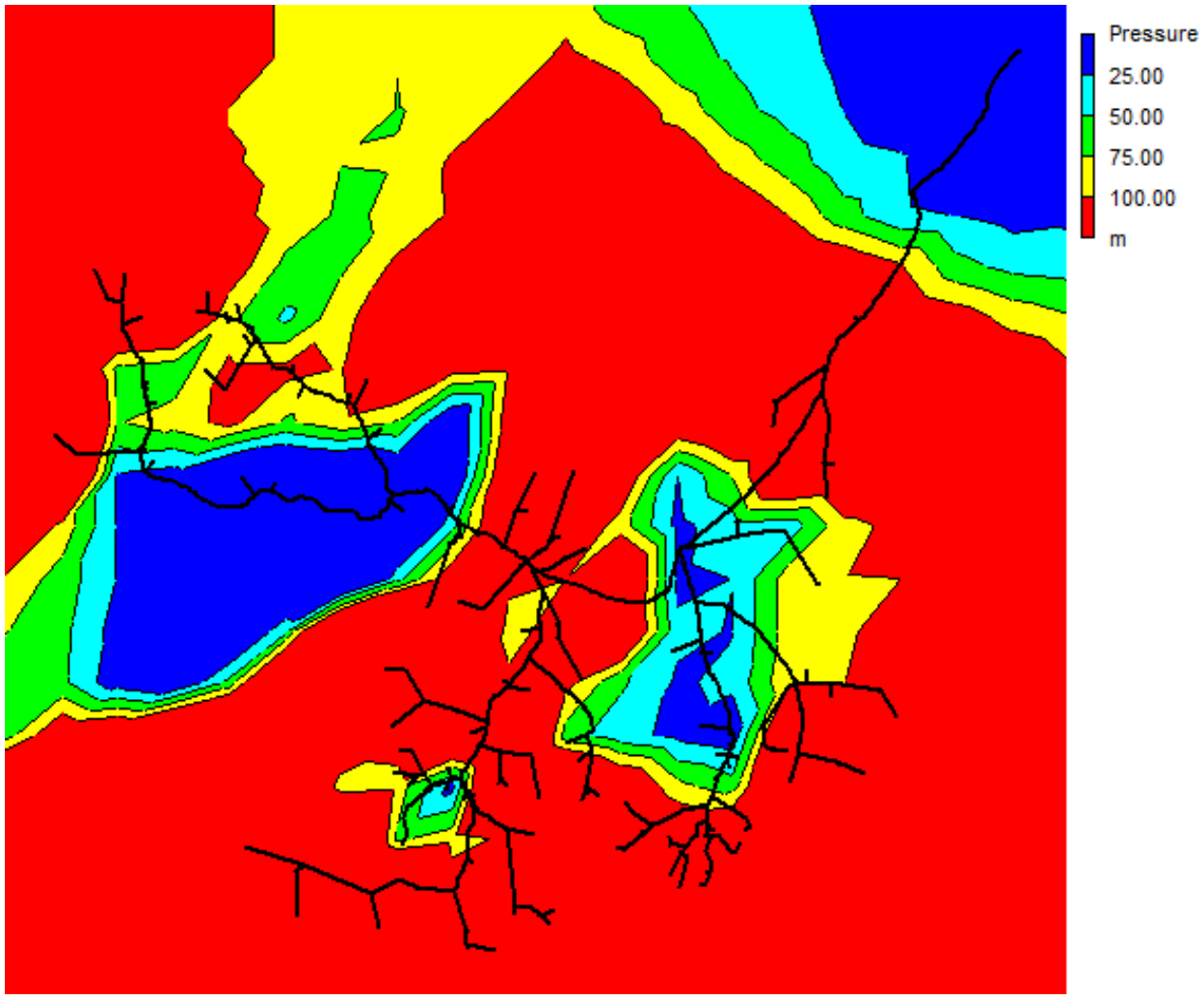


Figura 6.7 Contorno de presiones año 2043 Hora 00:00am
Fuente: EPANET.

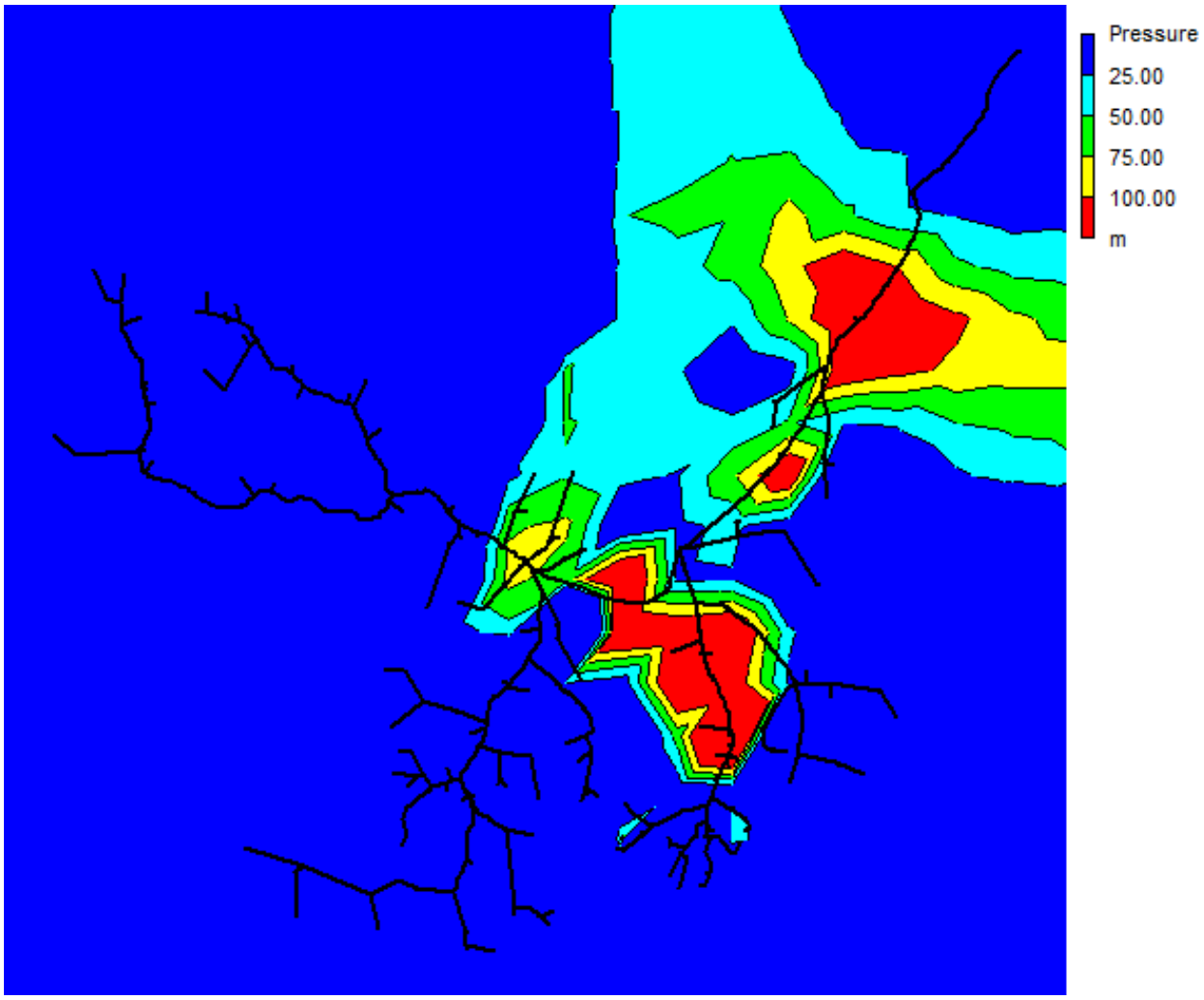


Figura 6.8 Contorno de presiones año 2043 Hora 11:00am
Fuente: EPANET.

En la tabla 6.7 se muestran los resultados generados por EPANET de un tramo de la red de distribución siendo este desde el taque La Quinta hasta el tanque San Miguel, de igual manera en la ilustración 6.9 se muestra la gráfica de presiones en la hora de máximo consumo en el mismo tramo.

Tabla 6.7 Resultados en los nudos en la hora de máximo consumo, año 2043

Resultados Modelación Hidráulica Vereda San Miguel			
Diagnostico Máximo consumo Escenario 2043			
Network Table - Nodes at 11:00 Hrs			
	Elevation	**Pressure**	**Pressure**
Node ID	**m**	**m**	**m**
Tank 1287	2448	0.92	No cumple
Junc 1365	2267.123	24.5	Cumple
Junc 1369	2226.06	44.44	Cumple
Junc 1373	2219.817	45.44	Cumple
Junc1377	2195.39	42.98	Cumple
Junc1381	2136.377	4.2	No cumple
Tank 1387	2119.842	1.8	No cumple

Fuente: EPANET.

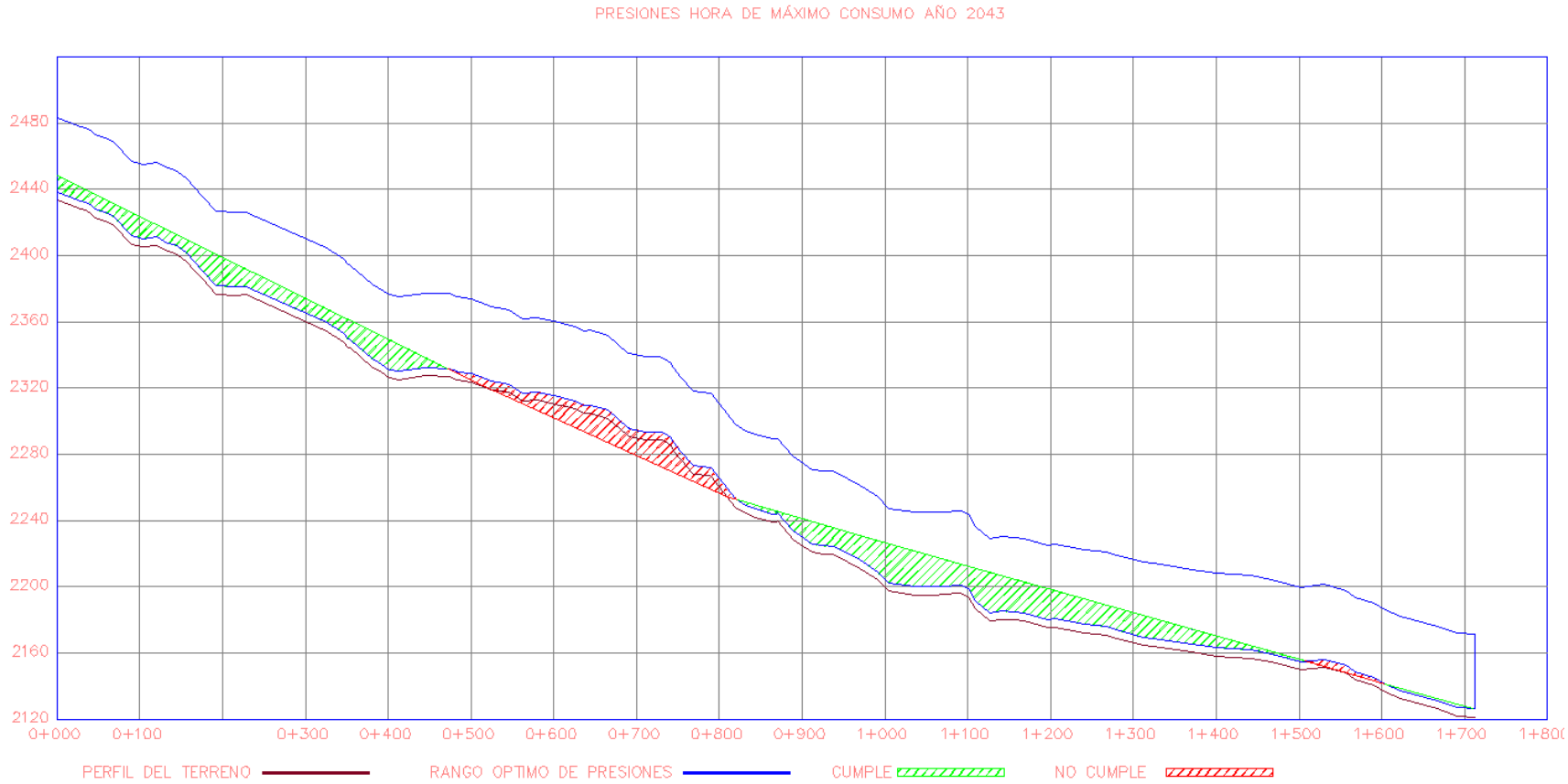


Figura 6.9 Grafica de presiones hora de máximo consumo, año 2043

Fuente: Autor.

En el Anexo No. 03 se presentan las tablas resumen con los parámetros de presión y velocidad resultantes para la hora de máximo y mínimo consumo, considerando la red actual, pero las demandas del periodo de diseño, es decir las propias para el año 2043.

Con base en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica, los cuales pueden ser consultados en el Anexo No. 03 y en las gráficas de contorno de presión, se concluye que el sistema de acueducto es insuficiente para satisfacer las necesidades futuras de las veredas que hacen parte del sistema, ya que las presiones negativas evidenciadas a lo largo del día, especialmente en la hora de mayor consumo (11:00 am), indican que la red no garantiza el servicio de agua a la totalidad de la comunidad.

6.4 Análisis y discusión de los resultados

No se cuenta con soportes explícitos sobre la información demográfica actual emitida por entidades públicas como el DANE o SISBEN, solo se cuenta con información suministrada por la Junta Administradora del Acueducto.

Basados en la información de micromedición y datos de consumo de cada suscriptor nos permite determinar que la demanda residencial de agua actual con la que cuenta la vereda es de 44.551 L/Hab*Día

El sistema de acueducto veredal no cuenta con macro-medición, se deben instalar estos medidores para poder estimar el agua producida y compararla con la consumida, para de esta manera determinar las pérdidas de agua en el sistema y adelantar los planes necesarios para disminuirlas.

Los resultados de la modelación hidráulica indican que el sistema de acueducto es insuficiente para satisfacer las necesidades actuales y futuras de las veredas que hacen parte del sistema, ya que las presiones negativas evidenciadas a lo largo del día, especialmente en la hora de mayor consumo (11:00 am), indican que la red no garantiza el servicio de agua a la totalidad de la comunidad.

7 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

En este capítulo se realiza el análisis correspondiente a las capacidades de los componentes con los que cuenta el sistema de acueducto veredal San Miguel.

7.1 Sistema de acueducto

El acueducto Veredal San Miguel fue construido en 1999, a continuación, se presenta el análisis realizado para determinar las capacidades con las que cuenta actualmente cada uno de los componentes del sistema de acueducto Veredal San Miguel ver figura 7.1.

El general del sistema de acueducto consiste en una bocatoma de fondo encargada de captar el agua de la quebrada Los Micos, posteriormente el agua es transportada por medio de una tubería de 4 pulgadas, llega a una estructura de desarenado, donde continua su recorrido con el mismo diámetro atravesando cámaras de quiebre hasta llegar al primer tanque de almacenamiento denominado La Quinta, desde este tanque surgen dos derivaciones, en una de estas abastece los tanques de Gualcalá y San Miguel, mientras que en el otro ramal suministra agua al tanque de Tierra Negra y Alto de Lucas, a partir de los cinco tanques con los que cuenta el sistema se realiza la distribución de agua cruda a los 247 suscriptores con los que cuenta el sistema.

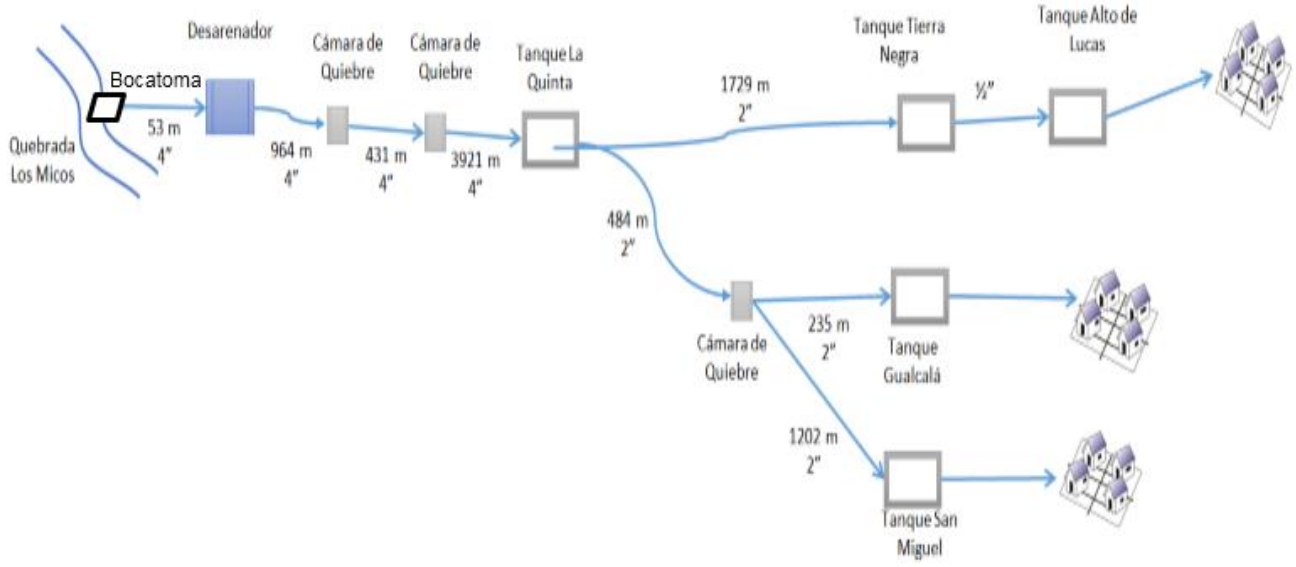


Figura 7.1 Esquema general del sistema de acueducto San Miguel
Fuente: Autor.

7.1.1 Captación

Presenta una bocatoma de fondo, que se encuentra ubicada en las coordenadas 1070315.0 N, 9970027.0 E, tiene una elevación de 2769.01 m.s.n.m. Se evidencian problemas de captación, ya que requiere una manguera alterna para alcanzar el abastecimiento de los usuarios del acueducto. Adicionalmente no existe rejilla debido a que la misma fue arrastrada por la fuerza del agua, ocasionando mayores problemas de obstrucción con la captación.

La bocatoma presenta un ancho de casi 3.85 m que se extiende de borde a borde del lecho del cuerpo de agua. La sección donde debería estar ubicada la rejilla tiene dimensiones de 0.36 m de ancho por 0.51 m de largo, cuenta con una canaleta de 0.18 metros de ancho. Al terminar la canaleta se tiene adecuadamente distribuida la zona de vertederos de excesos y control, además de la caja de mantenimiento de la misma.



Figura 7.2 Llegada a la bocatoma
Foto: Hidrocon Ingeniería S.A.S



Figura 7.3 Bocatoma
Foto: Hidrocon Ingeniería S.A.S

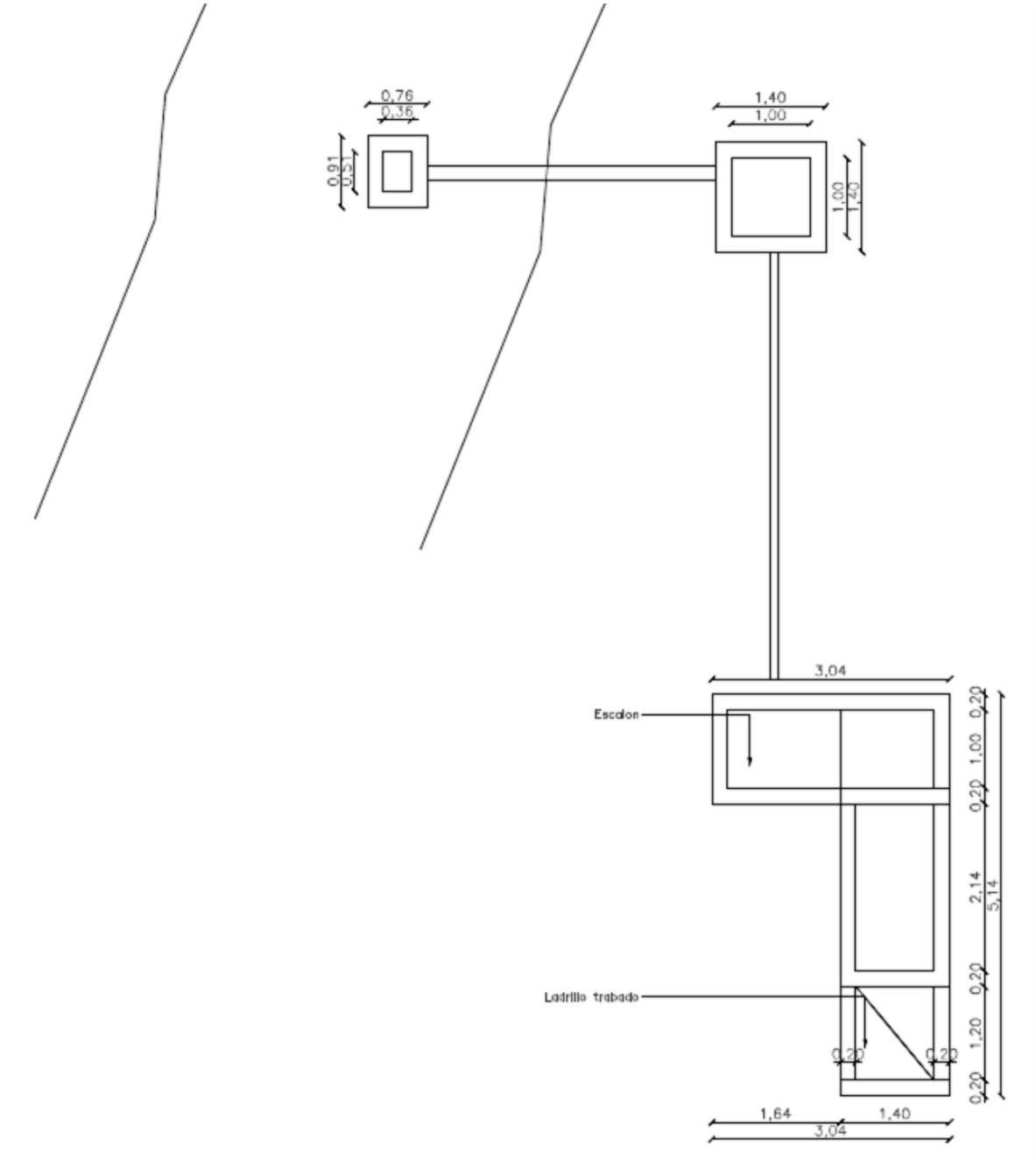


Figura 7.4 Plano planta bocatoma de fondo
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS

7.1.2 Aducción

Son aproximadamente 53 metros desde la captación hasta el desarenador en tubería PVC de 4” como tubería principal y adicionalmente cuenta paralelamente con una manguera en 2” instalada por la comunidad con el objetivo de reforzar la

oferta de la bocatoma y poder contar con mayor continuidad del servicio para con la población beneficiada.

7.1.3 Desarenador

Se encuentra ubicado en las coordenadas 1070282.2 N, 996985.8 E, cuenta con una elevación 2764.64 m, la estructura está construida en concreto reforzado y cuenta con 2.40 m de largo, 1.40 m de ancho y 1 m de alto, la zona de sedimentación cuenta con dimensiones de 1.37 m de largo, 1 m de ancho y altura útil de 0.80 m, por lo cual su volumen útil es de 1.09 m3, mientras que su volumen total es de 3.36 m3.

El desarenador presenta rebose hidráulico, con lo que se puede deducir que el vertedero de excesos no funciona adecuadamente, ya que este cumple la función de evacuar el caudal excedente; generando un aumento de velocidad en la zona de sedimentación y con ello se disminuye la eficiencia de la estructura.



Figura 7.5 Desarenador
Foto: Hidrocon Ingeniería S.A.S

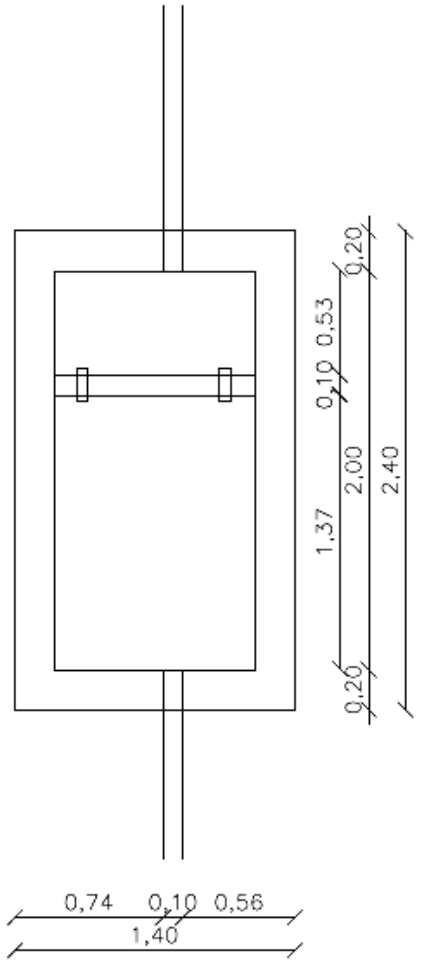


Figura 7.6 Plano planta desarenador
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS

7.1.4 Tubería de conducción

Esta red está instalada en un diámetro de cuatro (4) pulgadas y en una longitud de 5,31 kilómetros.

7.1.5 Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

El sistema de acueducto no cuenta a la fecha con una infraestructura que permita realiza un tratamiento para el agua captada en la quebrada Los Micos, por lo tanto, el agua consumida por los pobladores de este sistema, representa un riesgo alto y un peligro latente para la salud pública de los habitantes de la zona.

7.1.6 Tanques de almacenamiento

El sistema de acueducto de San Miguel cuenta con cinco tanques de almacenamiento, cada uno de ellos localizado acorde a los sectores a surtir. En la tabla 7.1 se presenta las coordenadas y elevación de cada uno:

Tabla 7.1 Ubicación tanques de almacenamiento

Punto	Norte	Este	Cota
Tanque Principal "La Quinta"	1066127.00	994170.00	2448.00
Tanque Gualcalá	1065649.09	994534.94	2293.29
Tanque San Miguel	1064500.02	994622.75	2119.84
Tanque Tierra Negra	1066047.87	992829.92	2440.00
Tanque Alto de Lucas	1066947.46	989611.60	2151.04

Fuente: Autor

Tanque La Quinta

El tanque principal se encuentra ubicado a una distancia aproximada de 5.37 Km de la bocatoma, el tanque está localizado en la parte alta de la vereda de San Miguel y desde allí parten tres ramales de distribución, uno hacia el sector Tierra Negra o parte alta de la vereda Hato Viejo, el segundo a San Miguel bajo y Guayabal de Patasía y el siguiente en dirección de la zona media de San Miguel. Esta estructura tiene las siguientes dimensiones: 4m de largo, 4 m de ancho y altura 2.92 m, por lo tanto, el volumen del mismo es 46.72 m3, mientras que las dimensiones útiles son 3.40 m de largo, 3.40 m de ancho y 2.50 m de alto, contando un borde libre de 0.30 m, por tanto, la capacidad útil de 25.43 m3.El tanque presenta problemas de filtración y deterioro estructural.



Figura 7.7 Fotografía tanque de almacenamiento La Quinta
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS

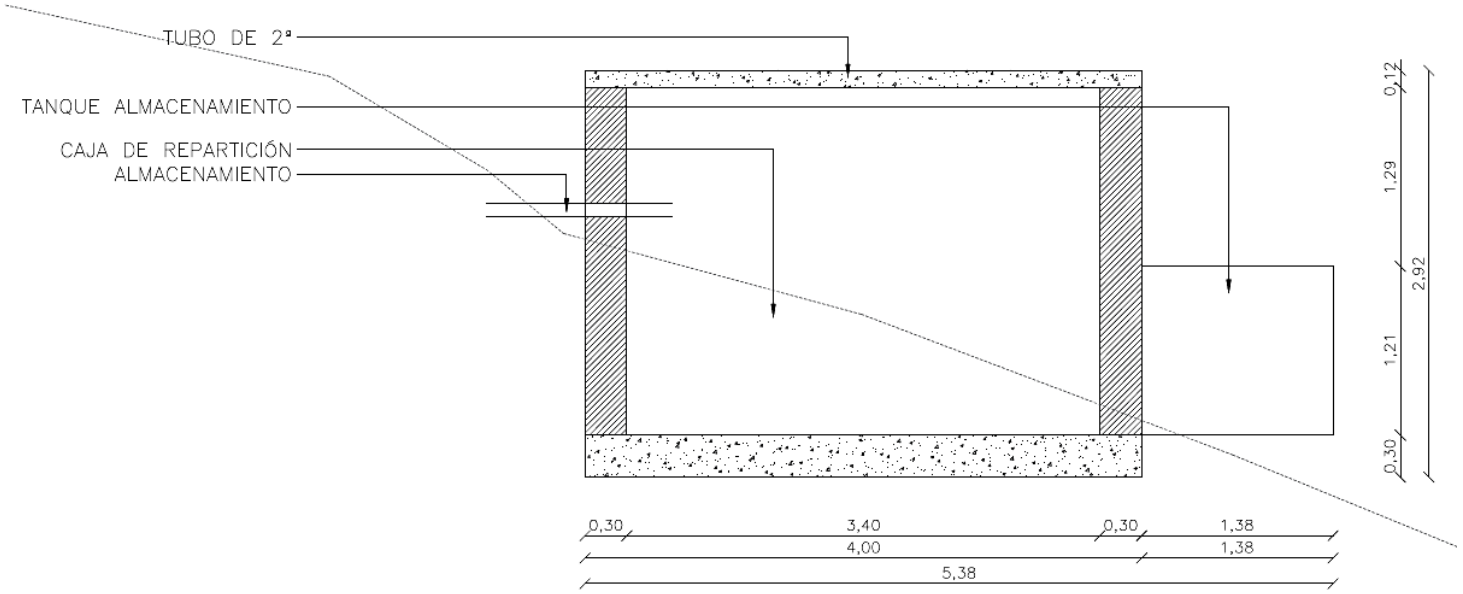


Figura 7.8 Plano corte tanque La Quinta

Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS

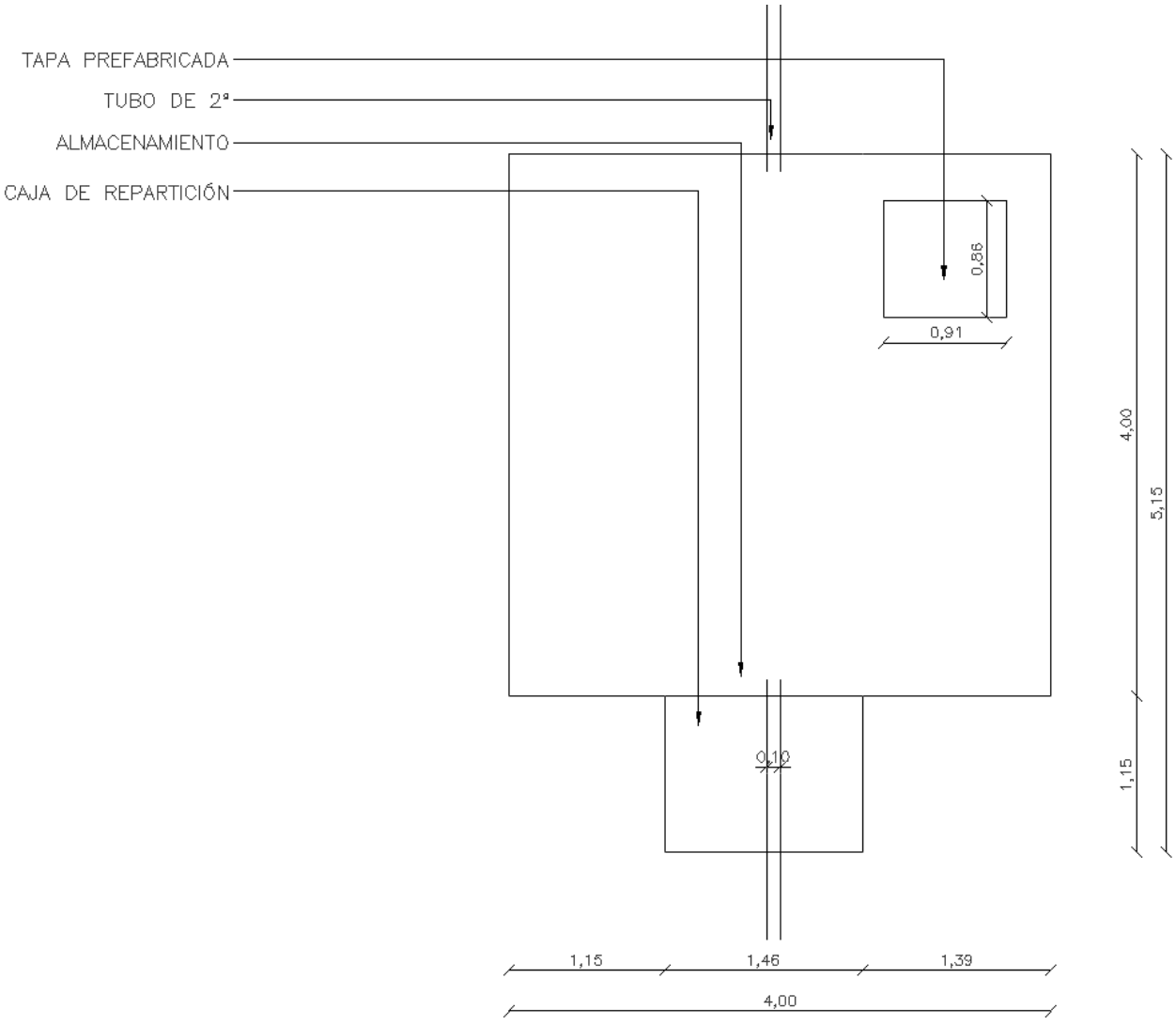


Figura 7.9 Plano planta tanque de almacenamiento La Quinta
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

Taque Gualcalá

Este es uno de los tanques que recibe el agua por medio del tanque principal, se localiza en sentido de San Miguel parte baja y Guayabal de Patasía, este no se considera primario en regulación, pero es un punto de partida para dos ramales importantes. De este tanque se surten dos sectores, al oriente a algunos usuarios del mismo Gualcalá y San Vicente (Vereda San Miguel), hasta alcanzar a muy contados pobladores de la vereda Yayatá. Las dimensiones externas del tanque son 4 m de largo, 4 m de ancho y 2.20 m de alto. El volumen útil del mismo es 21 m3,

las dimensiones útiles son 3.60 m de largo, 3.60 m de ancho y 1.92 m, incluyendo un borde libre de 0.30 m.



Figura 7.10 Fotografías tanque de almacenamiento Gualcalá
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS

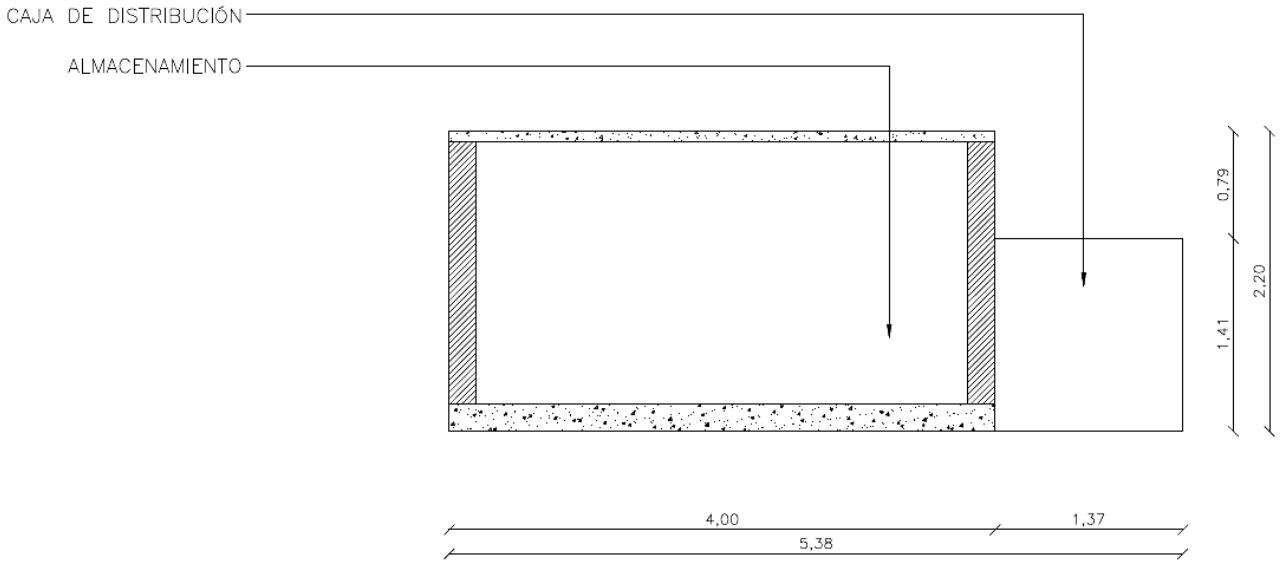


Figura 7.11 Plano corte tanque de almacenamiento Gualcalá
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS

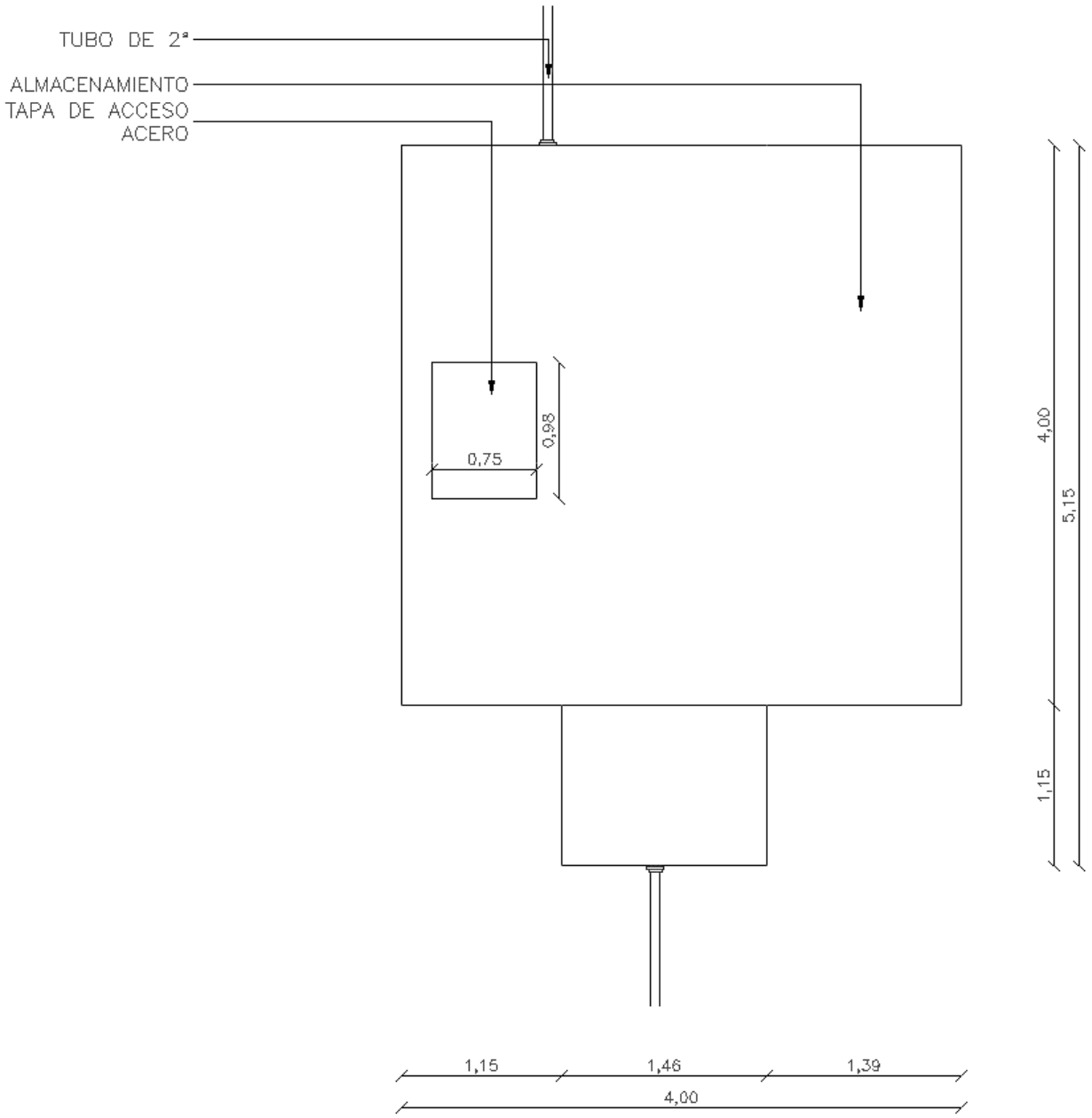


Figura 7.12 Plano planta tanque de almacenamiento Gualcalá
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

Tanque San Miguel

Se encuentra a ubicado después del tanque principal La Quinta, se conoce con el nombre de San Miguel Bajo, las dimensiones de esta estructura son 4m de largo, 4 m de ancho y 2.20 m de alto, por lo cual el volumen ocupado es de 35.2 m3, las

dimensiones útiles de la estructura son 3.80 m de largo, 3.80 m de ancho y 1.92 m, incluyendo el borde libre, por lo cual la capacidad útil del tanque es de 23.39 m3.



Figura 7.13 Fotografía tanque de almacenamiento San Miguel
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

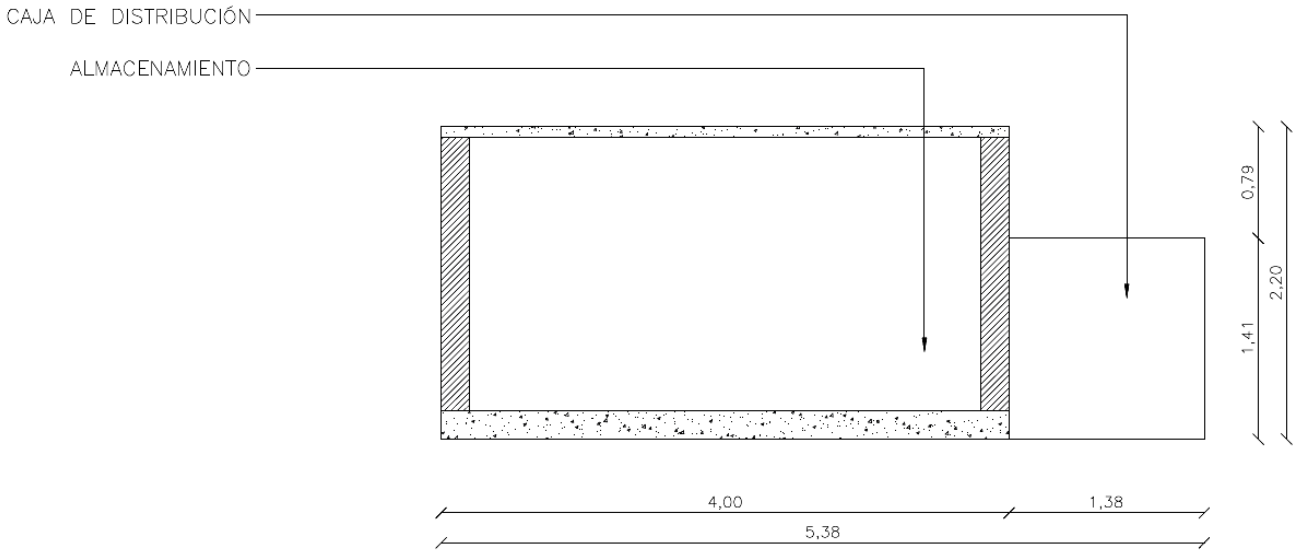


Figura 7.14 Plano corte tanque almacenamiento San Miguel
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

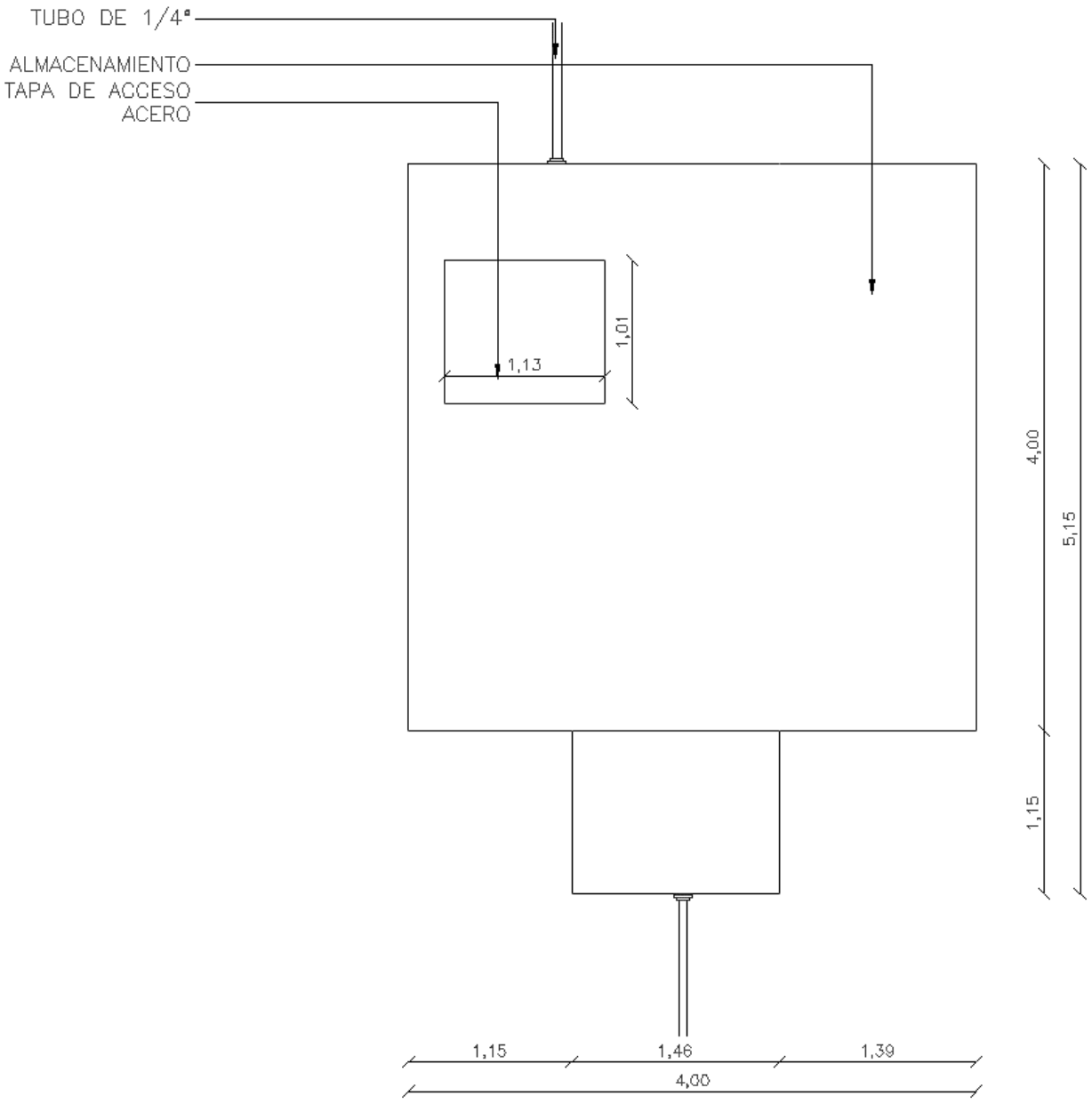


Figura 7.15 Plano planta tanque de almacenamiento San Miguel
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

Tanque Tierra Negra

Se localiza en el ramal que se dirige hacia Hato Viejo, las dimensiones externas del tanque son: 3.89 m de ancho, 4 m de largo y 2.20 m de alto; en cuento a las dimensiones útiles del mismo son: 3.60 m de largo, 3.49 m de ancho y 1.92 m de

alto, incluyendo un borde libre de 0.30, por tanto, el volumen útil de este tanque es de 20.35 m^3.



Figura 7.16 Fotografía tanque de almacenamiento Tierra Negra
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

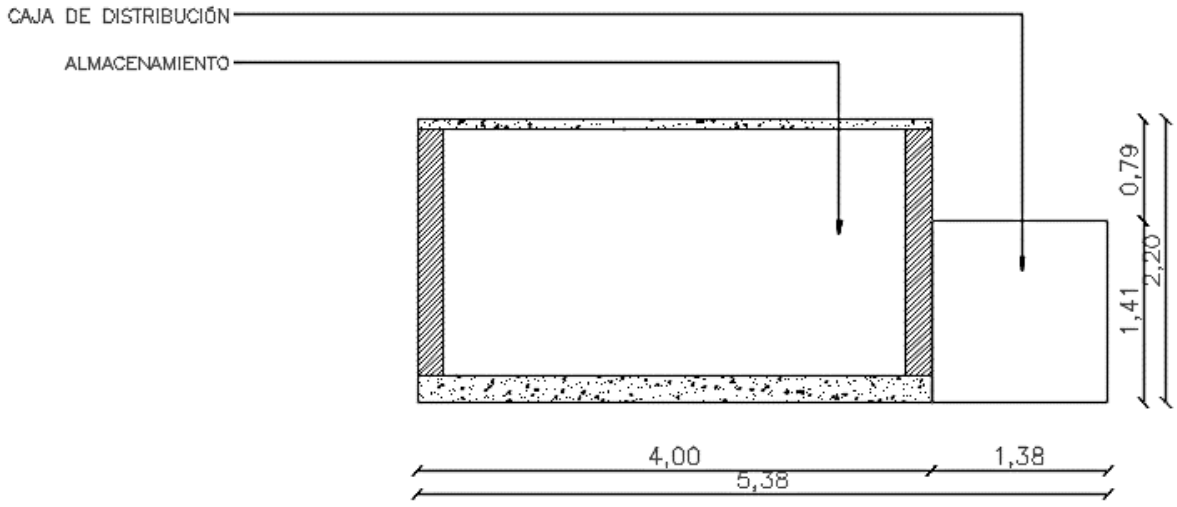


Figura 7.17 Plano corte tanque de almacenamiento Tierra Negra
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

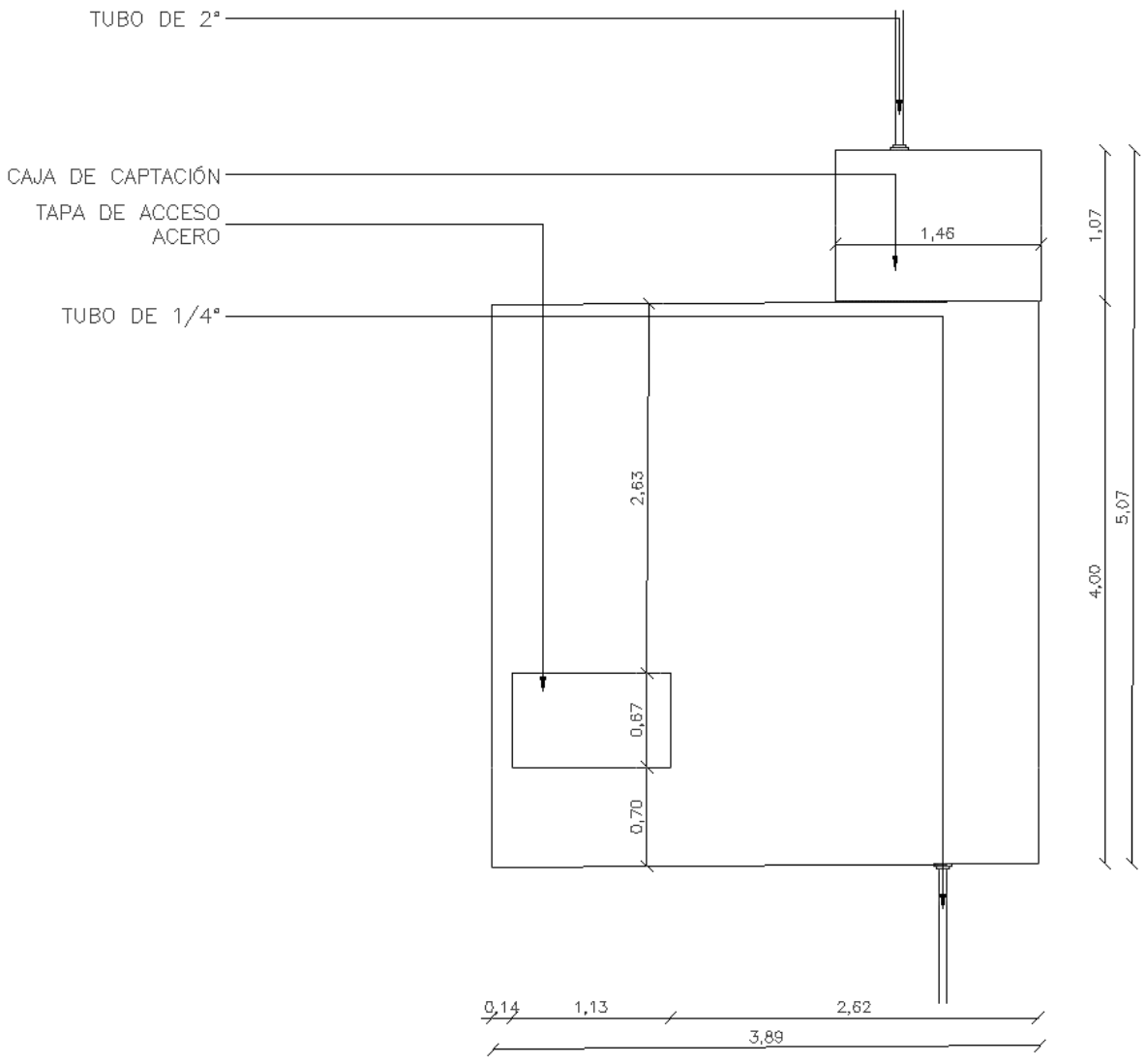


Figura 7.18 Plano planta tanque de almacenamiento Tierra Negra
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

Tanque Alto de Lucas

Se ubica en el ramal que dirige hacia Aguas Claras, las dimensiones de este son 4 m de largo, 4 m de ancho y 2.20 m de altura; sin embargo, posee la misma capacidad útil del tanque de San Miguel, es decir su capacidad útil es de 23.39 m3.

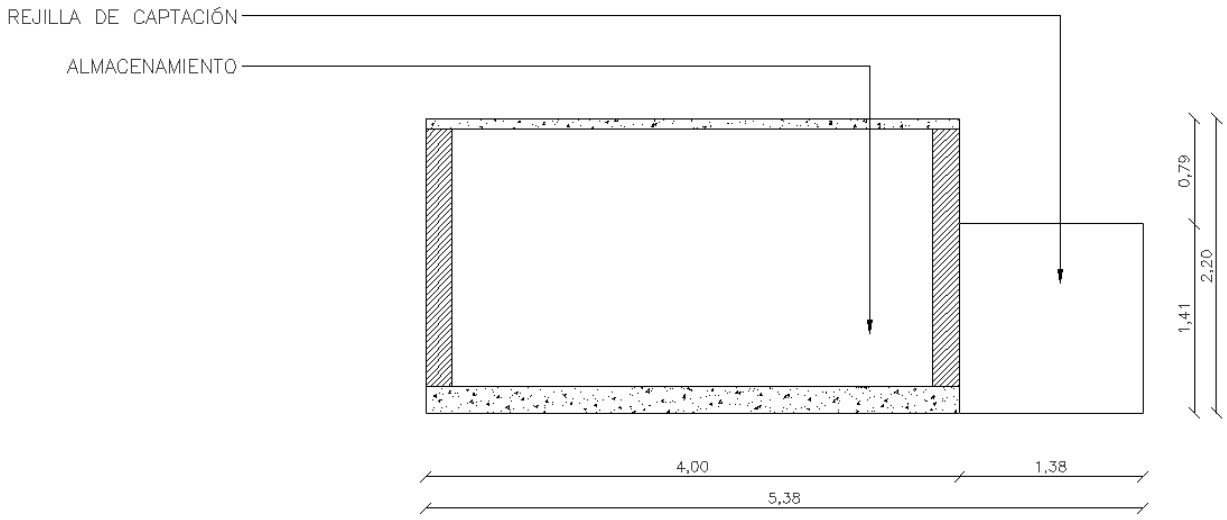


Figura 7.19 Plano corte tanque de almacenamiento Alto de Lucas
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

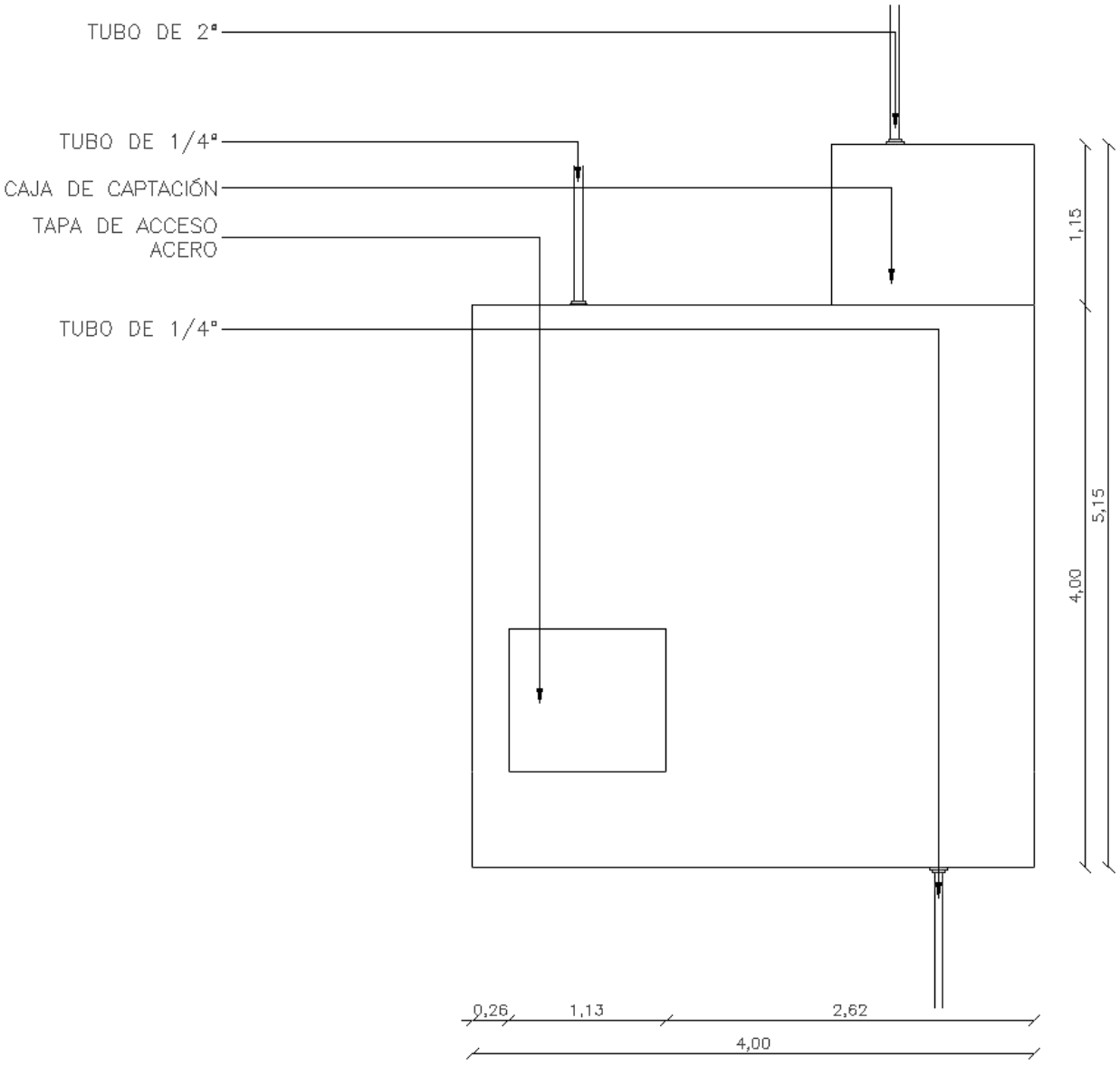


Figura 7.20 Plano planta tanque de almacenamiento Alto de Lucas
Fuente: Hidrocon Ingeniería SAS.

7.1.7 Red de distribución

Las redes de distribución están compuestas por diámetros de 2", 1 ½", 1 ¼", ½", todas las tuberías son de material PVC. Los diámetros y longitudes propios de la red de distribución se obtuvieron a partir del levantamiento topográfico.

7.2 Análisis y discusión de resultados

La bocatoma no está funcionando de forma adecuada, ya que se requiere de una manguera alterna para alcanzar el abastecimiento de los usuarios del acueducto, adicionalmente no cuenta con rejilla, lo cual ocasiona mayores problemas de obstrucción en la captación. Se requiere un diseño capaz de cumplir con el caudal del periodo de diseño y que cuente con todos los requisitos que dice la norma.

El desarenador no funciona de forma adecuada, ya que el vertedero de excesos no está cumpliendo su función, por lo cual se presenta rebose hidráulico, se requiere un diseño capaz de cumplir con el caudal del periodo de diseño y que cuente con todos los requisitos que dice la norma, adicionalmente la estructura requiere de mantenimiento constante para evitar la acumulación de lodos.

No se cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP); sin embargo, se recomienda la instalación de esta para garantizar la calidad adecuada del agua que va a ser destinada para consumo humano.

El acueducto veredal de San Miguel cuenta con 5 tanques de almacenamiento, los cuales presentan deterioro estructural, especialmente el tanque La Quinta, el tanque San Miguel presenta fugas en su estructura, por lo que se recomienda el rediseño de los mismos, con capacidad para suplir el caudal del periodo de diseño, así como garantizando que cumplan con la totalidad de parámetros de diseño establecidos por la norma y con los accesorios que garanticen su adecuado funcionamiento.

Se requiere la optimización y/o diseño de la red de tuberías con los diámetros adecuados para transportar el caudal de diseño, añadiendo los accesorios necesarios para mantener la presión del sistema en los rangos óptimos, así como tener el control de caudal, para estimar posibles pérdidas en el sistema.

El servicio de acueducto se presta a la totalidad de los suscriptores, los mismos manifiestan que el agua adicional a utilizarla para consumo humano, es utilizada para riego de cultivos y criadero de animales, razón por la cual, están en desacuerdo

con la construcción de un acueducto en optimas condiciones, ya que esto tendría como consecuencia la afectación directa a sus cultivos y a sus animales, por la implementación de la PTAP y los procesos que esta involucra, tal como la adición de cloro.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No se cuenta con soportes explícitos sobre la información demográfica actual emitida por entidades públicas como el DANE o SISBEN, solo se cuenta con información suministrada por la Junta Administradora del Acueducto.

Basados en la información de micromedición y datos de consumo de cada suscriptor nos permite determinar que la demanda residencial de agua actual con la que cuenta la vereda es de 44.551 L/Hab*Día

El sistema de acueducto veredal no cuenta con macro-medición, se deben instalar estos medidores para poder estimar el agua producida y compararla con la consumida, para de esta manera determinar las pérdidas de agua en el sistema y adelantar los planes necesarios para disminuirlas.

Los resultados de la modelación hidráulica indican que el sistema de acueducto es insuficiente para satisfacer las necesidades actuales y futuras de las veredas que hacen parte del sistema, ya que las presiones negativas evidenciadas a lo largo del día, especialmente en la hora de mayor consumo (11:00 am), indican que la red no garantiza el servicio de agua a la totalidad de la comunidad.

La bocatoma no está funcionando de forma adecuada, ya que se requiere de una manguera alterna para alcanzar el abastecimiento de los usuarios del acueducto, adicionalmente no cuenta con rejilla, lo cual ocasiona mayores problemas de obstrucción en la captación. Se requiere un diseño capaz de cumplir con el caudal del periodo de diseño y que cuente con todos los requisitos que dice la norma.

El desarenador no funciona de forma adecuada, ya que el vertedero de excesos no está cumpliendo su función, por lo cual se presenta rebose hidráulico, se requiere un diseño capaz de cumplir con el caudal del periodo de diseño y que cuente con todos los requisitos que dice la norma, adicionalmente la estructura requiere de mantenimiento constante para evitar la acumulación de lodos.

No se cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP); sin embargo, se recomienda la instalación de esta para garantizar la calidad adecuada del agua que va a ser destinada para consumo humano.

El acueducto veredal de San Miguel cuenta con 5 tanques de almacenamiento, los cuales presentan deterioro estructural, especialmente el tanque La Quinta, el tanque San Miguel presenta fugas en su estructura, por lo que se recomienda el rediseño de los mismos, con capacidad para suplir el caudal del periodo de diseño, así como garantizando que cumplan con la totalidad de parámetros de diseño establecidos por la norma y con los accesorios que garanticen su adecuado funcionamiento.

Se requiere la optimización y/o diseño de la red de tuberías con los diámetros adecuados para transportar el caudal de diseño, añadiendo los accesorios necesarios para mantener la presión del sistema en los rangos óptimos, así como tener el control de caudal, para estimar posibles pérdidas en el sistema.

El servicio de acueducto se presta a la totalidad de los suscriptores, los mismos manifiestan que el agua adicional a utilizarla para consumo humano, es utilizada para riego de cultivos y criadero de animales, razón por la cual, están en desacuerdo con la construcción de un acueducto en optimas condiciones, ya que esto tendría como consecuencia la afectación directa a sus cultivos y a sus animales, por la implementación de la PTAP y los procesos que esta involucra, tal como la adición de cloro.

9 BIBLIOGRAFÍA

Corcho Romero Freddy H. y Duque Serna José I. (1993) Acueducto Teoría y Diseño, Primera Edición, Medellín, Centro General de Investigaciones – Universidad de Medellín.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE [en línea] < www.dane.gov.co>

Departamento Nacional de Planeación; Sistema de Identificación y Clasificación de Potenciales Beneficiarios SISBEN [en línea] < www.sisben.gov.co>

Duarte Agudelo Carlos Arturo. (2008). Hidráulica General. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

Jorge Antonio Álvarez Melo. Apuntes de clase hidráulica.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). Título B: Sistemas de Acueducto. Bogotá.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS; Resolución 0330 del 08 de junio del 2017.

López Cualla Ricardo A. (2003). Elemento de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*,* 2da. Edición, Bogotá, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Silva Garavito Luis Felipe. (1987). Diseño de Acueductos y Alcantarillados, 10ª Edición, Bogotá, Editorial Universidad Javeriana.

Todini, E. and Pilati, S. (1987). A gradient method for the analysis of pipe networks. International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution, Leicester Polytechnic, United Kingdom.

ANEXOS

Anexo No. 01 Suscriptores del acueducto

Anexo No. 02 Registro de consumo

Anexo No. 03 Resultados modelación hidráulica