



I

**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA
ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA**

PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

TRABAJO DE GRADO

ALEXANDER VELASCO SARRIA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MIRANDA CAUCA COLOMBIA, MAYO DE 2016**



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA
ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA**

ALEXANDER VELASCO SARRIA

CÓDIGO: D7301500

**Propuesta de grado presentada como requisito parcial para optar al Título de
Ingeniero Civil**

Director:

Ing. Emma Mercedes Ordóñez Suárez

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MIRANDA CAUCA COLOMBIA, MAYO DE 2016**

Miranda Cauca, Marzo 11 de 2016

Señores:

**COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
Ciudad.**

Ref.: Presentación propuesta

En cumplimiento del reglamento de la Facultad para el desarrollo de la Opción de Grado, me permito presentar para los fines pertinentes la propuesta titulada: **õDISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA.ö**

El Director **Emma Mercedes Ordóñez Suárez.**

Atentamente,

Alexander Velasco Sarria
Código: D7301500
Estudiante de Ingeniería Civil

APROBACIÓN

La propuesta de grado titulada **“DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA”**, opción de grado, presentada por el estudiante Alexander Velasco Sarria en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de **“Ingeniero Civil”** fue aprobada por el Director:

Ing. CESAR AUGUSTO PAEZ SANCHEZ
Profesor Universidad Militar Nueva Granada

Agradecimientos

A mis directores de tesis, ingeniera EMMA MERCEDES ORDOÑEZ SUAREZ y el Ingeniero CESAR AUGUSTO PAEZ SANCHEZ, por su colaboración, paciencia y atención prestada.

Mis agradecimientos a todos los profesores de la Universidad Militar Nueva Granada, por sus enseñanzas y colaboración a lo largo de este aprendizaje.

A la Universidad Militar Nueva Granada, por brindarnos a todos aquellos que no podemos realizar nuestro aprendizaje de forma presencial, la oportunidad de realizar nuestros estudios de manera virtual, para que podamos lograr nuestras metas desde nuestros hogares o sitios de trabajo.

A la Junta de Acción Comunal de la Vereda Las Dantas por la disponibilidad y por abrirme las puertas de su comunidad para poder desarrollar este trabajo.

A mis familiares y amigos que siempre pude contar con su apoyo.

Dedicatoria

En especial a mi familia, mi esposa CAROLINA GOMEZ CARDONA y mis hijos ALEJANDRO y SERGIO VELASCO GOMEZ de 7 Y 4 años de edad respectivamente, que siempre fueron mi fuerza, que nunca me dejaron abandonar mi sueños, que muchas veces renunciaron a su tiempo de esparcimiento para acompañarme en mis estudios, que demasiadas veces tuvieron que aguantar mi estrés y enojo, y a los cuales me tocó decirles que no, por cumplir con las obligaciones del estudio, a ellos les dedico este triunfo.

A mis padres CARLOS ALBERTO VELASCO y ROSA AMALIA SARRIA, que siempre pude contar con su apoyo y que se están sintiendo orgullosos de saber que su hijo está cumpliendo con su sueño de ser profesional.

Y a Dios, por darme la vida, por cuidar a cada una de las personas que directa o indirectamente se vieron involucradas en mi formación como profesional y de nuevo por darme la mejor familia del mundo.

Resumen

En el siguiente trabajo encontraran la propuesta de DISEÑO DE ACUEDUCTO PARA LA VEREDA LA MINA UBICADA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE MIRANDA CAUCA, la cual se encuentra en el marco de mi trabajo de grado para aspirar al título de Ingeniero Civil de la Universidad Militar Nueva Granada.

A continuación se describe de manera general la importancia de esta propuesta para la comunidad de la vereda La Mina, quienes debido a diferentes factores ha sido una población muy vulnerable y con poca atención estatal, debido a la distancia que se encuentra del casco urbano. Es así como podemos encontrar que a lo largo de la historia esta zona ha sido corredor de grupos armados como el M-19, Movimiento Jaime Batemán Cayón, y en la parte más reciente el 6 frente de la FARC-Ep.

Debido a estas condiciones, hoy en día es esta una comunidad que se viene fortaleciendo cambiando así cultivos ilícitos por proyectos productivos de diversa índole, contando con apoyo de diversas fuentes como lo son la Federación Nacional de Cafeteros, el Ministerio de Agricultura con su proyecto Capacidades Empresariales, Unidad Administrativa Especial de Consolidación, la Alcaldía Municipal, entre otros que han aunado esfuerzos en pro del mejoramiento de sus condiciones de vida.

La comunidad tiene identificada dentro de una de sus prioridades el mejoramiento o implementación de un acueducto que logre abastecer a la totalidad de sus habitantes con agua potable, de buena calidad y cumpliendo con las normas establecidas para tal fin. Esta necesidad ha tenido poco eco en las administraciones del municipio quienes han enfocado sus inversiones en otros sectores.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y la preocupación de los miembros de la Junta de Acción Comunal de la vereda, es que decido realizar esta propuesta, con el fin de que los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica como Ingeniero Civil al servicio de una comunidad como esta, que no es más que una réplica de las muchas que hay nuestro país en condiciones similares.

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos	iii
Dedicatoria	iv
1. Introducción.....	8
2. Antecedentes.....	9
3. Definición del Problema.....	10
4. Objetivos.....	12
4.1. Objetivo General:.....	12
4.2. Objetivos Específicos:.....	13
5. Justificación.....	13
6. Delimitación, Limitaciones o Alcance.....	14
6.1. Geográfica.....	14
6.2. Cronológica.....	14
6.3. Conceptual.....	15
6.3.1. Sedimentación.....	15
6.3.2. Zona de presión de la red de distribución.....	15
6.3.3. Capacidad hidráulica.....	15
6.3.4. Borde libre.....	15
6.3.5. Flujo libre.....	15
6.3.6. Acuífero.....	15
6.3.7. Acometida.....	16
6.3.8. Coeficiente de rugosidad.....	16
6.3.9. Conductividad hidráulica.....	16
6.4. Normativo.....	16
7. Marco Teórico o Estado del Arte.....	16
7.1. Marco Conceptual.....	18
7.1.1. Sedimentación.....	18
7.1.2. Zona de presión de la red de distribución.....	18
7.1.3. Capacidad hidráulica.....	18
7.1.4. Borde libre.....	18
7.1.5. Flujo libre.....	18
7.1.6. Acuífero.....	18
7.1.7. Acometida.....	19
7.1.8. Coeficiente de rugosidad.....	19
7.1.9. Conductividad hidráulica.....	19
7.2. Normatividad.....	19
7.3. Reseña Histórica y Geográfica de la Vereda.....	19
7.3.1. Aspecto Histórico de la Vereda.....	19
7.3.2. Localización General.....	20

7.3.3. Aspectos Demográficos.....	21
7.3.4. Aspectos Sociales	22
8. Población	24
8.1. Población Actual.....	24
8.2. Análisis de la Población.....	25
8.3. Proyección de la población.....	26
9. Microcuenca y fuente de agua.....	29
9.1. Características de la subcuenca.....	30
9.1.1 Otras características de la subcuenca del Río Desbaratado.....	31
9.2.2. Uso actual de la subcuenca.....	31
10. Dotación	32
10.1. Dotación neta y bruta	33
10.1.1. Perdidas.....	35
11. Demanda.....	35
12. Captación.....	37
12.1. Toma de rejilla	37
12.2. Facilidad de operación y mantenimiento.....	38
12.3. Criterios de diseño.....	39
12.3.1. Periodo de diseño	39
12.3.2. Capacidad de diseño	39
12.3.3. Canal de recolección.....	39
12.3.4. Toma de rejilla	40
12.3.5. Bocatoma	40
12.4. Diseño de la rejilla.....	42
12.5. Diseño de los vertederos.....	45
12.5.1. Vertederos de excesos.....	45
12.5.2. Vertederos de rejilla.....	46
12.6. Diseño canal recolector	47
12.7. Desarenador	48
12.7.1. Cálculos elementos del desarenador.....	50
12.8. Diseño de la caja de derivación.....	52
13. Red de Distribución.....	53
13.1. Criterios de diseño.....	53
13.1.1. Periodo de diseño.....	54
13.1.2. Caudal de diseño.....	55
13.1.3. Perdidas en la red de distribución.....	55
13.1.4. Presiones en la red de distribución	55
13.2. Diámetros de las tuberías en la red de distribución.....	56
13.2.2. Aspectos generales de las válvulas en redes de distribución.....	57
13.3. Trazado de la red.....	58
13.4. Cálculos de la red.....	59
13.5. Tanque de almacenamiento.....	59

13.5.1. Concepción.....	59
13.5.2. Criterios de diseño.....	61
13.5.3. Parámetros de diseño.....	64
13.5.4. Dispositivos anexos.....	68
13.5.5. Obras complementarias.....	74
13.5.6. Aspectos de la puesta en marcha.....	75
13.5.7. Aspectos del Mantenimiento.....	78
14. Metodología.....	79
15. Resultados.....	80
16. Recomendaciones.....	81
17. Conclusiones.....	83
18. Referencias.....	85
19. Anexos.....	87
19.1. Mapa hídrico del Municipio de Miranda Cauca.....	87
19.2. Red de Distribución.....	88
19.3. Bocatoma.....	89
19.4. Desarenador.....	90
19.5. Detalle de cortina del desarenador.....	91
19.6. Tanques de Almacenamiento.....	92

Índice de tablas

Tabla 1. Población Veredas de la zona montañosa del municipio de Miranda Cauca.....	92
Tabla 2. Censo 2016, Vereda La Mina.....	94
Tabla 3 Proyección de la población Vereda La Mina.....	94
Tabla 4. Sistemas de producción Vereda la Mina.....	94
Tabla 5. Nivel de Complejidad para proyectos según RAS.....	95
Tabla 6. Métodos de cálculo según RAS 2000.....	95
Tabla 7. Periodo de diseño según nivel de complejidad.....	95
Tabla 8. Características morfométricas de la subcuenca del rio Desbaratado.....	96
Tabla 9. Dotación total.....	96
Tabla 10. Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema.....	97
Tabla 11. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.....	97
Tabla 12. Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el nivel de complejidad del sistema.....	97
Tabla 13. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución.....	98
Tabla 14. Evolución de la población, dotación y la demanda durante el periodo de diseño.....	98
Tabla 15. Resultados para el diseño del canal recolector.....	99
Tabla 16. Resultados para el diseño de la caja de derivación.....	99

Tabla 17. Presiones mínimas en la red de distribución.....	99
Tabla 18. Presiones en la red desde los tanques 1 y 2	100
Tabla 19. Diámetros mínimos de la red matriz	100
Tabla 20. Curva de demanda horaria	101
Tabla 21. Periodo de diseño, según el nivel de complejidad del sistema.	101
Tabla 22. Diseño para el tanque de almacenamiento.....	102

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Variación de la dotación en el tiempo	103
Ilustración 2. Esquema de rejilla de fondo para la captación	104
Ilustración 3. Esquema de los vertederos que serán utilizados.....	104
Ilustración 4. Canal Recolector.....	105
Ilustración 5. Caja de derivación	105
Ilustración 6. Variación Horaria del Consumo	106
Ilustración 7. Curvas de Oferta y Demanda para el tanque de almacenamiento.	106

1. Introducción

La vereda la Mina se encuentra ubicada en la zona montañosa del municipio de Miranda departamento del Cauca.

La vereda la Mina no existía como vereda, esta estaba incluida dentro de la vereda denominada Las Dantas, por conflictos de tipo político y social para el año 1996, La Mina se conforma como vereda con su respectiva Junta de Acción Comunal (JAC) y espacio geográfico, el nombre de esta vereda se da debido a la presencia de varias minas de mármol en ella.

La vereda la Mina por su ubicación es netamente rural y su población se dedica a la agricultura, ganadería y minería, esta vereda en cabeza de la Junta de Acción Comunal se han dado a la tarea de mejorar la calidad de vida de cada uno de sus habitantes, realizando tareas que lleven a que la comunidad se olvide los conflictos a causa de los grupos armados al margen de la ley y el narcotráfico, dando un ejemplo de estos cambios se puede mencionar el cambio de los cultivos ilícitos en su mayoría de marihuana y amapola por cultivos de café, frutales de clima frío y floricultura.

En estos momentos una de las tantas necesidades que aqueja la comunidad es la falta de un sistema de acueducto bien estructurado, por lo cual el objetivo de este trabajo es tratar de darle solución a este problema realizando los diseños obras de captación, desarenador, red de distribución y tanque de almacenamiento, para lo cual se tendrá en cuenta el

reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000), documentación y reglamentos pertinentes y diseños de acueductos similares.

Es por esto que después o en el transcurso de cada capítulo se verá reflejado el desarrollo del problema planteado como tal.

Cabe anotar que el buen desarrollo de este trabajo se realizara gracias al fácil acceso al sector, a la buena disposición de la comunidad y al conocimiento de los representantes de la Junta de Acción Comunal con respecto al terreno y la necesidad que los aqueja.

2. Antecedentes

- Diseño Acueducto Vereda el Retiro en el Municipio de Santa María (Boyacá). ROA Jaime Pedro Arbey. Bogota_200. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería.

En este trabajo de grado se evaluaron los diferentes factores que definían las deficiencias que presentaba el actual sistema de abastecimiento de agua para la vereda el Retiro.

- Acueducto Veredal el Bizcocho (Programa para el uso eficiente y ahorro del agua ley 373 de 1997, OSPINA Camilo Andrés. San Rafael de Antioquia 2013

En este trabajo se analiza junto con la comunidad la manera de cambiar la forma tradicional del uso de agua de los pobladores de la vereda, para con ello poder realizar un diagnóstico completo de la situación del acueducto y poder realizar cambios en la estructura que mejoren la calidad y la cobertura a otras veredas cercanas.

- Estudios y Diseños de un acueducto interveredal en la zona plana del municipio de Miranda Cauca, REYES Aponte Alexander. Miranda 2013

En este trabajo se recolecta la información de 7 veredas del Municipio de Miranda Cauca, las cuales en la actualidad su consumo de agua es directamente tomada de los ríos y quebradas que rodean a estas, con la información recolectada se realiza este proyecto donde se diseñan los componentes del sistema de abastecimiento de aguas para estas veredas.

3. Definición del Problema

Existen varios factores que influyen en el problema planteado como son:

Las deficientes condiciones en las cuales se presenta el transporte del agua a la vereda.

La disminución del caudal en épocas de verano del afluente de donde se alimenta el sector.

El transporte del agua en épocas de verano de otras afluentes más lejanas las cuales no cumplen con las condiciones mínimas de salubridad.

Teniendo en cuenta estos factores se hace que se presente la necesidad de diseñar para luego llevar a la construcción del acueducto para esta vereda con lo cual se llevara al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

De esta manera se contribuye a solucionar un problema y a suplir la necesidad básica de la vereda La Mina. A partir de esta línea base, se efectuarán diseños de las obras de captación, desarenador, red de distribución y tanque de almacenamiento.

En la actualidad la vereda pasa por un cambio significativo en el orden público, debido al proceso de paz que se viene realizando con el grupo armado de la FARC, pues esta vereda ha vivido de lleno los impactos del conflicto, desde enfrentamientos armados entre este grupo y el Ejército Nacional por varios días, presencia de minas antipersonales, desplazamiento forzado, y muchas de sus familias han visto como familiares y amigos han muerto a causa de la guerra. Es por eso que ante el cambio que hoy se vivencia en la vereda, la comunidad se siente esperanzada y han empezado a cambiar varias de sus actividades como la siembra de cultivos de uso ilícito, minería, por participar activamente

de programas y proyectos que han llegado a la zona a través de la diferente oferta institucional que se viene ofreciendo desde el municipio, el departamento y la nación.

De acuerdo con esta situación, el interrogante principal del proyecto propuesto se define como: ¿Se minimizarán las condiciones actuales del suministro de agua en la vereda La Mina realizando el diseño y la posterior construcción del acueducto?

Definidos el problema y el cuestionamiento principal que dan origen a esta propuesta, se presenta a continuación el árbol del problema, basado en las causas y consecuencias del mismo, detectadas hasta el momento, que bien podrían ser modificadas durante el transcurso del proyecto.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General:

Diseñar el sistema de acueducto para la vereda La Mina del municipio de Miranda departamento del Cauca, con lo cual se contribuirá a la solución del problema que se viene presentando en cuanto al suministro de agua potable para la comunidad.

4.2. Objetivos Específicos:

- Diseñar las obras de captación, desarenador, red de distribución y tanque de almacenamiento del acueducto para la vereda La Mina.
- Identificar las condiciones de la zona de captación del agua para su correcta distribución.
- Establecer la población beneficiada.
- Evaluar el sistema de acueducto manejado por la vereda, con el fin de proyectar soluciones adecuadas al problema

5. Justificación

La necesidad de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de esta vereda, la cual después de pasar por diferentes factores como son: problemas de orden público, la siembra de cultivos de uso ilícito, el desplazamiento de los habitantes del sector por parte de grupos al margen de la ley y desastres naturales, entre otros, esta comunidad no se ha dejado afectar y en la actualidad están saliendo adelante, cambiando la mentalidad, como por ejemplo cambiar los cultivos de ilícitos por diversos proyectos productivos como son: los de flores bajo invernadero y a campo abierto, café, arveja, frijol, maíz, fresa, mora, lulo,

tomate de árbol, entre otros y pecuarios como ganado, peces y pollos, principalmente. Es así como en los últimos años se ha contado con el apoyo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Agropecuario del municipio, Federación Nacional de Cafeteros, Ministerio de Agricultura, Gobernación del Cauca, Unidad Administrativa Especial de Consolidación, entre otros actores.

Teniendo en cuenta las ganas de la comunidad de salir adelante después de tantos factores negativos, se da la necesidad del apoyo por parte mía y de igual manera poner a prueba los conocimientos adquiridos en mi estudio como Ingeniero Civil y llevarlos a la práctica, sabiendo que se llevará a cabo un trabajo en conjunto con la comunidad que no cuenta con este recurso vital como es el consumo de agua potable.

6. Delimitación, Limitaciones o Alcance

6.1. Geográfica

El área en la cual se realiza el proyecto corresponde a la vereda La Mina ubicada en la zona montañosa y rural del municipio de Miranda departamento del Cauca.

6.2. Cronológica

6 Meses.

6.3. Conceptual

6.3.1. Sedimentación. Proceso por el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

6.3.2. Zona de presión de la red de distribución. Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

6.3.3. Capacidad hidráulica. Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

6.3.4. Borde libre. Espacio que comprende entre el nivel máximo esperado del agua fijado por el sistema de rebose y la altura total de la estructura de almacenamiento.

6.3.5. Flujo libre. Aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica.

6.3.6. Acuífero. Formación geológica o grupo de formaciones que contienen agua y que permiten su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.

6.3.7. Acometida. Derivación de la red local del acueducto que llega hasta el registro de rueda del inmueble.

6.3.8. Coeficiente de rugosidad. Medida de la rugosidad de una superficie que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

6.3.9. Conductividad hidráulica. Caudal que pasa por un área unitaria bajo un gradiente unitario y que mide la capacidad de un acuífero para transportar agua.

6.4. Normativo.

Dentro del proyecto se contempla la normativa para la elaboración del diseño del sistema de acueducto el cual es el Reglamento Técnico del Sector de Aguas Potable y Saneamiento Básico (**RAS 2000**) y las normas que se rigen por el gobierno nacional.

7. Marco Teórico o Estado del Arte

Desde la antigüedad proveer el agua para el consumo de cada habitante ha sido algo inquietante, aún en las antiguas ciudades los abastecimientos locales eran con frecuencia

inadecuados y los pocos acueductos que se lograban construir era para el transporte de agua desde fuentes lejanas y tales sistemas de abastecimientos de agua no llegaban a las residencias individuales si no que se depositaban en lugares centrales a los cuales tenían que acudir los habitantes de las ciudades para poder llevar el líquido a sus hogares.

En la actualidad todavía se encuentran lugares que manejan este sistema y es el que maneja la vereda para la cual se realizaran los diseños.

El agua bien sea extraída de la superficie o de zonas subterráneas se debe transportar por acueductos, tuberías o canales abiertos hasta la planta de tratamiento, una vez ya tratada debe ser dirigida a los usuarios por medio de conductos cerrados presurizados.

Las fuentes de abastecimiento donde se construyen las obras de captación pueden tener diferentes clasificaciones.

Para Lara de Catillo ¹Se pueden clasificar las fuentes de la siguiente manera: atmosférica, superficial, sub- superficial y subterránea¹.

¹ LARA DE CASTILLO, Venidla, Acueductos, Universidad del Cauca, Popayán, 1997.

Para López Cualla: La fuente de abastecimiento puede ser superficial, como en los casos de los ríos, lagos, embalses o incluidos aguas lluvias o de aguas subterráneas superficiales o profundas²

7.1. Marco Conceptual

7.1.1. Sedimentación. Proceso por el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

7.1.2. Zona de presión de la red de distribución. Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

7.1.3. Capacidad hidráulica. Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

7.1.4. Borde libre. Espacio que comprende entre el nivel máximo esperado del agua fijado por el sistema de rebose y la altura total de la estructura de almacenamiento.

7.1.5. Flujo libre. Aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica.

7.1.6. Acuífero. Formación geológica o grupo de formaciones que contienen agua y que permiten su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.

² LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, Elemento de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, 2ª Edición, Bogotá, 2003.

7.1.7. Acometida. Derivación de la red local del acueducto que llega hasta el registro de rueda del inmueble.

7.1.8. Coeficiente de rugosidad. Medida de la rugosidad de una superficie que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

7.1.9. Conductividad hidráulica. Caudal que pasa por un área unitaria bajo un gradiente unitario y que mide la capacidad de un acuífero para transportar agua.

7.2. Normatividad

Dentro del proyecto se contempla la normativa para la elaboración del diseño del sistema de acueducto el cual es el Reglamento Técnico del Sector de Aguas Potable y Saneamiento Básico (**RAS 2000 y sus Anexos**) y las normas que se rigen por el gobierno nacional.

7.3. Reseña Histórica y Geográfica de la Vereda

7.3.1. Aspecto Histórico de la Vereda

Según lo relatado por la comunidad, en tiempos atrás la vereda La Mina no existía y estaba incluida dentro de la vereda conocida como Las Dantas, para el año 1996 por problemas sociales, económicos y políticos, se resuelve conformar la vereda La Mina conformando su propia Junta de Acción Comunal (JAC).

Dentro de los pobladores que conforman esta vereda existen familias censadas dentro del cabildo indígena la Cilia la Calera con lo cual reciben diversos beneficios como son en salud, educación, proyectos productivos entre otros lo cual aporta para el mejoramiento de vida de estas familias.

Dentro de los hechos más relevantes se tiene que el acceso a la vereda siempre ha estado en regulares condiciones, debido a que sobre esta vereda existen canteras de piedra de mármol, las cuales durante muchos años han venido siendo explotadas.

En la actualidad por medio de la Junta de Acción Comunal de la vereda, la Alcaldía Municipal de Miranda Cauca y la Federación de Cafeteros, se han venido realizando trabajos de tipo social con lo cual se ha ido cambiando la mentalidad de la comunidad, en cuanto a todo lo vivido por culpa de la violencia y el narcotráfico, llevando a que la comunidad cambie sus cultivos ilícitos por siembra de café, mora, lulo, flores etc

7.3.2. Localización General

La vereda La Mina está ubicada en la zona montañosa sobre la cordillera central, al nororiente del departamento del Cauca, a 2 horas 30 minutos por vía destapada de la zona urbana del municipio de Miranda Cauca.

Esta vereda ocupa 496 hectáreas de terreno del área total del municipio de Miranda Cauca, su altura sobre el nivel del mar es de más o menos 1700 m.s.n.m y su temperatura es de 20°C.

Teniendo en cuenta su terreno quebrado y montañoso gran parte de la vereda ha sido catalogada como zona de alto riesgo por la oficina de planeación municipal y estipulado dentro del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio.

La vereda La Mina esta bañada por las aguas de las quebradas la Ribera y la Cristalina.

7.3.3. Aspectos Demográficos.

7.3.3.1. Población.

Para designar claramente la cantidad de habitantes de la vereda se necesitó realizar un censo casa a casa, el cual se realizó en conjunto con la Junta de Acción Comunal (JAC) (Tabla 1) de la vereda de la cual se obtuvo que La Mina se conforma de 122 familias y 481 habitantes, y según su discriminación o grupos de pobladores se da en un orden de jóvenes, niños, adultos, ancianos (Tabla 2).

7.3.3.2. Vivienda

Las viviendas están construidas según su tradición, la mayoría no cuentan con estructura sismo resistente, estas viviendas son construidas guardando la iluminación natural y la ventilación.

7.3.4. Aspectos Sociales

7.3.4.1. Familias.

La vereda cuenta con 122 familias, no todas las familias cuentan con su núcleo familiar completo es decir padre, madre e hijos.

Estas familias en su mayoría están conformadas entre 3 y 5 miembros.

7.3.4.2. Educación.

La vereda La Mina cuenta con escuela de enseñanza primaria, los jóvenes que entran a cursar la educación secundaria o bachillerato, la realizan en su mayoría en la Institución Educativa Agropecuaria Monterredondo y otra parte de jóvenes que es minoría realizan su educación secundaria en colegios de municipio de Miranda Cauca, por otra parte para la educación superior técnica, tecnológica y/o profesional, la realizan en el Campus Universitario ubicado en la zona urbana de este mismo municipio.

7.3.4.3. Salud.

Por información de la Secretaria de Salud del municipio y corroborado por la Junta de Acción Comunal de la vereda, el 40% de los habitantes de la vereda se encuentran registrados ante el Sisben y los cuales pertenecen al nivel 1 y el 60% se encuentran censados con el Resguardo Indígena La Cilia La Calera.

Dentro de la vereda no existe un centro de salud y para toda la atención requerida se deben dirigir hasta el hospital local que es de nivel 2 y está ubicado en la zona urbana del

municipio. Existen en la vereda médicos tradicionales y parteras que son los atienden a la población en los casos requeridos.

7.3.4.4. Servicios Públicos.

La vereda en estudio solo cuenta con servicio de energía eléctrica, la cual el prestador del servicio es la Central Energética de Occidente (CEO); Las viviendas ubicadas en el sector utilizan pozos sépticos para la recolección de aguas residuales, y para el agua de consumo diario, esta es transportada por medio de mangueras a cada vivienda y tomada de un tanque de almacenamiento el cual fue construido por la Junta de Acción Comunal y en la actualidad ellos son los administradores.

7.3.4.5. Empleo.

La principal actividad laboral depende de la agricultura, en donde los habitantes tienen sus parcelas o se emplean en fincas para recibir a cambio un jornal, en esta zona también se encuentran personas dedicadas a la extracción minera mediante explotación artesanal de piedra de mármol, también en épocas de cosechas algunos de los habitantes de la vereda emigran a zonas de los departamentos del Valle y Tolima, y el eje cafetero a buscar empleo.

7.3.4.6. Economía.

La vereda La Mina centra su economía en el cultivo de café, frutas y flores, las cuales son comercializadas en la plaza local y otras plazas como son las de Florida Valle y Corinto

Cauca, también en la explotación artesanal en las minas para la extracción de la piedra de mármol las cuales generan algunos empleos no permanentes y sin pago de seguridad social.

8. Población

8.1. Población Actual.

Como se ha dicho anteriormente la información de la población actual se obtuvo por medio del censo realizado en conjunto con los representantes de la Junta de Acción Comunal de la vereda la Mina, este censo se tuvo que realizar debido a que con otras entidades como el Sisben, la Secretaría de Planeación Municipal, la Secretaria General del Municipio de Miranda Cauca, no se obtuvo información confiable.

Dentro del Censo también se recolectó información de viviendas, viviendas ocupadas, familias por viviendas lo cual está consignado en la Tabla 1.

En cuanto a la estratificación económica de la vereda se tuvo en cuenta la información suministrada por la Secretaría de Planeación Municipal, la cual para la vereda en estudio arroja que para la totalidad de la misma se maneja el estrato uno, de igual manera se maneja nivel uno para el Sisben.

Toda esta información se tuvo en cuenta para realizar la asignación del nivel de complejidad de acuerdo con lo establecido en el RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico, República de Colombia, 2000) y sus numerales A.3.1 Y A.3.2

8.2. Análisis de la Población.

En la tabla 3 se observa la poca información dada por las distintas entidades a las cuales se les indago sobre el crecimiento de esta población, teniendo en cuenta estos resultados se puede analizar que esta información no es representativa para realizar un buen análisis.

La poca información registrada en las entidades competentes, en cuanto a la realidad de la población en los últimos 15 años ha sido el resultado de la ubicación de la vereda ya que esta se ha visto involucrada o calificada como zona de conflicto o de zona de alto riesgo en cuanto a orden público por lo cual los habitantes de la vereda se veían en la obligación de abandonar sus parcelas.

De igual manera en la tabla 3 se deja consignado el censo actual y verdadero el cual fue realizado por la Junta de Acción Comunal como se ha estado reiterando.

En la actualidad y por conocimiento de la Junta de Acción Comunal se sabe que el crecimiento de la población en los últimos años en esta vereda se debe también al regreso de los colonos a su tierra de origen.

8.2.1. Nivel de Complejidad

De acuerdo a la tabla 3, las variables de la población y las características socio-económicas de la vereda, tabla 4, estas características deben ser evaluadas para establecer el nivel de complejidad según la guía RAS 2000 en su numeral A 3.1 y 3.2, observando la tabla 5.

De acuerdo a la tabla 5 y analizando el tamaño de la población que para la actualidad es menor de 2500 personas, para este proyecto se asignara el NIVEL DE COMPLEJIDAD BAJO.

8.3. Proyección de la población

De acuerdo al numeral B 2.1 de la guía del RAS 2000 (métodos de cálculo) donde nos da la base para determinar la población futura.

Como se trabajará con un nivel de complejidad bajo para el desarrollo del proyecto se escogió el método geométrico.

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 las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

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

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

Ecuación para determinar la tasa de crecimiento anual

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

Realizando la ecuación determinada para obtener la población futura de acuerdo al numeral

B.2.1 del RAS, nos da que para: $r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 = 0.093$ y para:
 $P_f = P_{uc}(1 + r)^{(T_f - T_{uc})} = 1825 \text{ habitantes.}$

Teniendo en cuenta el nivel de complejidad se escoge el periodo de diseño que para este nivel de complejidad es de 15 años según lo establecido en el numeral B.4.2 del RAS 2000

De acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que para el periodo de diseño determinado que es de 15 años según el nivel de complejidad para este proyecto tenemos que para el año de terminación que será el 2030, la población tendría un crecimiento del 3.79% con lo cual se triplicarían los habitantes en este sector, considerando:

- Que la vereda se encuentra en alto riesgo según la oficina de planeación municipal
- Zona vulnerable en cuanto a orden público.
- Grandes extensiones de terreno de un solo propietario.
- Existencia de terrenos de preservación natural.
- Según información suministrada por la oficina de planeación municipal y en concordancia con lo estipulado en el E.O.T, para la vereda la Mina no se encuentran identificadas zonas de expansión.

Analizando la anterior información se considera tener en cuenta la tasa de crecimiento geométrico que maneja el municipio de Miranda Cauca para el desarrollo de sus proyectos la cual es del 1.6% y se asume tanto para la zona urbana como para la zona rural, este crecimiento geométrico de 1.6% se apoya con la información de las proyecciones de la población dadas por el DANE (2014)

Teniendo en cuenta el crecimiento geométrico del 1.6% tenemos que la población futura para el periodo de diseño será de:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{(T_f - T_{uc})} = 769 \text{ habitantes}$$

Con esta información ya consolidada se analiza junto con la Junta de Acción Comunal de la vereda ya que ellos por ser propios de la zona por muchos años tienen amplio conocimiento del crecimiento de la población con los cuales se llegó a la conclusión de que considerando las familias faltantes por regresar, la población actual donde los jóvenes salen a prepararse académicamente a las ciudades y no regresan a sus tierras, se puede considerar que la vereda no tiende a aumentar mucho su población si no con un leve crecimiento dado esto se cree pertinente trabajar en el diseño del acueducto con la tasa de crecimiento geométrico manejado por el municipio de Miranda que es del 16%.

9. Microcuenca y fuente de agua

Corresponde a la del cauce principal del río Desbaratado, el cual nace en la cima de la cordillera central sobre los 4000 m.s.m.

Las aguas de este río corren en dirección de este a oeste desde su nacimiento en la cima de la cordillera central, hasta la desembocadura en el río Cauca.

Esta subcuenca (río Desbaratado), comprende un área de influencia e interés entre los municipios de Florida Valle y Miranda Cauca ya que este río es el límite natural entre estos entes territoriales y por lo tanto es el límite entre los Departamentos mencionados.

Según la información suministrada por la C.R.C esta subcuenca se divide en tres sectores, alto, medio y bajo, para la realización de los diseños se realizaron en el sector alto el cual comprende desde el nacimiento hasta la vereda la Mina en los 1700 m.s.m, en este sector existen bosques naturales densos con cotas hasta de 2400 m.s.m, cerca del nacimiento se encuentran lagunas de origen glaciar que ofrecen buenas oportunidades de ecoturismo y conservación, el relieve es escarpado, con pendientes fuertes y suelos de fertilidad de baja a moderada.

9.1. Características de la subcuenca

En la tabla 8 se encuentran consignadas las características que tiene esta subcuenca que es de una alta importancia para la vereda La Mina.

9.1.1 Otras características de la subcuenca del Río Desbaratado.

Alto grado de torrencidad por las altas pendientes de la vertiente, deforestación, problemas erosivos que se presentan por factores antrópicos como las quemas, aperturas de vías carretables sin concepto técnico y la explotación sin técnica de las canteras de mármol en la vereda la Mina y las Dantas.

La cuenca del río Desbaratado presenta un régimen climático bimodal caracterizado por dos periodos los secos para los meses de Diciembre, Enero, Febrero, y Junio, Julio y Agosto, y dos periodos lluviosos en Marzo, Abril, Mayo, y Septiembre, Octubre, Noviembre.

Para el mes de Agosto esta subcuenca presenta su mayor demanda de agua el cual es de $3439.67 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$

Para el mes de Mayo presenta su menor demanda de agua el cual es de $2663.21 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$
(Corporación Autónoma del Cauca CRC)

9.2.2. Uso actual de la subcuenca.

En la actualidad sirve como fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico, el cual alimenta el acueducto del municipio de Miranda Cauca y todas sus veredas de la zona

plana, esté acueducto se encuentra a una altura de 1100 m.s.m. y su administración, operación y mantenimiento lo realiza las Empresas Públicas Municipales de Miranda (EMMIR), quien es la encargada del abastecimiento del agua potable del municipio.

10. Dotación

Con información suministrada por las Empresas Públicas Municipales de Miranda (EMMIR) quien es la encargada de suministrar y administrar el acueducto y alcantarillado del municipio y basado en el numeral B2.3 (usos del agua) tenemos que para sus diferentes usos se maneja la tabla 9.

Residencial: la dotación de uso doméstico de tipo residencial y de acuerdo con la resolución 2320 de 2009, artículo 1º, la dotación máxima admitida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante depende de la temperatura; el sistema proyectado se localiza a una elevación sobre el nivel del mar entre los 1300 y los 2700, dándole una connotación de clima entre frío y templado, lo cual da que para esta condición la dotación sugerida por la resolución es de 115 L-hab.

Comercial: en la zona no se evidencia actividad comercial distinta a las realizadas en tiendas y establecimientos de ventas, las cuales estarán incluidas en el consumo residencial.

Industrial: no se evidencia.

Fines públicos: se adopta un 3% del consumo medio diario, de lo anterior, la dotación alcanzara 3.45L-hab-d.

Institucional: igual ítem anterior.

Escolar: incluida dentro de la dotación residencial, pues no existen establecimientos que indiquen la permanencia de población escolar adicional durante el día. Lo cual se encuentra reflejado en la tabla 9.

Teniendo en cuenta que el uso que se le dará al acueducto es netamente residencial, se evaluara la dotación en referencia con la tabla 9.

La vereda manejará para sus usos agropecuarios y ganaderos un sistema de riego que ellos mismos vienen usando y que han implementado de manera rudimentaria, con los conocimientos locales.

10.1. Dotación neta y bruta

De acuerdo al capítulo B 2 y en su tabla B 2.2 (dotación neta según el nivel de complejidad) del RAS 2000, que encontramos en este escrito como tabla 10.

Según la tabla 10 la dotación neta máxima es de 150 L-hab-d, para el nivel de complejidad bajo, la cual se escogió para realizar el diseño del acueducto ya que no se sabe el comportamiento de los habitantes en cuanto a la cultura de consumo por lo que nunca se ha llevado un control de gastos ni tampoco existen micro medidores en la zona que evidencien este consumo, de lo cual se asume que los pobladores de la zona están acostumbrados a consumir sin control.

Dentro del proyecto se plantea tratar de disminuir la dotación durante el periodo de diseño tratando de conseguir la dotación mínima neta que para el RAS en su tabla 2.2 se maneja de 100 L-hab-día.

La dotación bruta se establece según la siguiente ecuación, el porcentaje de pérdidas se tomará de la tabla B 2.4 del RAS 2000.

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

Reemplazando la ecuación tenemos $d_{bruta} = \frac{150}{1 - 40\%} = 250$ L-hab-d

Con lo cual se considera una dotación bruta de 250 L-hab-d

10.1.1. Perdidas.

El RAS 2000 sugiere en su capítulo B 2, tabla B 2.4, porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas (Ver tabla 11) que para el nivel de complejidad que se manejara para el proyecto es del 40%.

Este total de perdidas puede ser por conexiones sin técnica, conexiones fraudulentas etc.

11. Demanda

En el RAS 2000 capítulo B.2, numeral B.2.7 hay planteadas las ecuaciones (Q_{md} , QMD, QMH) con las cuales se determina la demanda.

Caudal máximo horario.

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

Caudal máximo diario.

$$QMD = Q_{md} \cdot k_1$$

Caudal máximo horario.

$$QMH = QMD \cdot k_2$$

Donde:

P = Población en el año que se quiera calcularla demanda.

k_1 = Coeficiente de consumo máximo diario.

k_2 = Coeficiente de consumo máximo horario.

k_1 y k_2 son consideradas de acuerdo al nivel de complejidad del sistema dentro del RAS 2000 en sus tablas B.2.5 y B.2.6, que podemos encontrar como tabla 12 y 13.

No se realizará curva de variación horaria de demanda ya que no existen datos de consumo, de igual manera no se tendrá en cuenta hidrantes por saber que las viviendas de la población en estudio son bastante dispersas, la vereda no se encuentra en alto riesgo de contraer incendios y no se construirán estaciones de servicios.

Observando el resultado que arrojo el sistema para la dotación bruta que es de 250 L-hab-d, lo cual sería la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades de un usuario y teniendo en cuenta la dotación neta mínima según el RAS en su tabla B.2.2 (ver tabla 10), que para el nivel bajo de complejidad es de 100 L-hab-d, se ha asumido realizar una rebaja en la dotación la cual se realizaría periódicamente en lapsos de 5 años, suponiendo que estos usuarios entiendan la necesidad del buen manejo del agua.

En la tabla 14, se presenta la evolución de la población así como la dotación y la demanda año tras año dentro del periodo de diseño.

Graficando la tabla 14, (ver gráfico 1) se observa que el Qmd, QMD y QMH máximos no se presentaron al final del periodo de diseño.

Para lo cual podemos concluir que los caudales de diseño serán los que se presentan en el año 2020 ya que son los caudales máximos como podemos observar en la tabla 14 y en la Ilustración 1, mencionados anteriormente.

12. Captación

Para el análisis y elección del punto de captación se tuvo en cuenta el capítulo B.4.3 (condiciones generales), del RAS 2000 y sus numerales B.4.3.6 (facilidad de operación y mantenimiento) y B.4.3.1.6 (toma de rejilla). En sus condiciones generales nos dice que:

12.1. Toma de rejilla

Este tipo de toma debe utilizarse en el caso de ríos de zonas montañosas, cuando se cuente con una buena cimentación o terreno rocosos y en el caso de variaciones sustanciales del caudal en pequeños cursos de agua. Este tipo de captación consiste en una estructura estable de variadas formas; la más común es la rectangular. La estructura, ya sea en canal o con tubos perforados localizados en el fondo del cauce, debe estar localizada perpendicularmente a la dirección de la corriente y debe estar provista con una rejilla metálica para retener materiales de acarreo de cierto tamaño. (RAS 2000)

12.2. Facilidad de operación y mantenimiento

El diseño de las obras de captación debe contemplar estructuras para el alivio o descarga de las mismas. Deben determinarse los medios para evitar la entrada de materiales o cuerpos extraños. Debe disponerse la instalación de un desarenador a continuación de la obra de captación cada vez que se considere necesario. Además deben disponerse los medios de limpieza y control de los caudales de toma del desarenador y la aducción.

De todas maneras la estructura de captación debe proyectarse de modo que las instalaciones funcionen con el mínimo de mantenimiento. (RAS 2000)

El caudal considerado para el diseño presenta las siguientes características

- Se encuentra en zona montañosa.
- La quebrada posee lecho rocoso
- La quebrada presenta variaciones en su caudal con periodos de sequía.

Por lo anteriormente descrito se escogió una captación de toma de fondo con rejilla.

12.3. Criterios de diseño

Para realizar los diseños del acueducto para la vereda La Mina se tendrán en cuenta los siguientes criterios.

12.3.1. Periodo de diseño

Rigiéndonos al capítulo B numeral B.4.2 del RAS, que para este proyecto se manejará un NIVEL DE COMPLEJIDAD BAJO igual a 15 años.

12.3.2. Capacidad de diseño

Se trabajará según lo indicado en el numeral B.4.4.10 del RAS, con lo cual se diseñará la rejilla, con base en un caudal de tres veces su QMD (3QMD), teniendo en cuenta que la rejilla por material de arrastre de la cuenca puede llegar a taponarse.

12.3.3. Canal de recolección

Este canal se diseñará según el caudal de diseño de la rejilla que para este caso se manejará (3QMD); se diseñará a flujo subcrítico con lo cual se evita chorros de impacto sobre la caja de derivación.

El canal se diseñará de forma rectangular con dimensiones que permitan la fácil limpieza del mismo y de igual manera garantizar los criterios de costos mínimos estipulados en el RAS 2000.

12.3.4. Toma de rejilla

Se realizará un muro transversal a la corriente, con una rejilla de captación que permita el ingreso del agua y de igual manera límite la entrada de material de arrastre de la quebrada.

12.3.5. Bocatoma

La bocatoma se diseñará teniendo en cuenta los siguientes elementos.

- a- Canal de captación.
- b- Rejilla de captación transversal a la dirección de la corriente de la quebrada.
- c- Tubería o canal de conducción.
- d- Caja de derivación.
- e- vertedero de excesos ubicada en la caja de derivación.

Diseño de la Bocatoma

Se supone un ancho de la presa de 1.80 m.

Caudal de Diseño 2.11 L/s

Ver diseño en Anexo 20.3.

- Para captar el agua de la quebrada se hará a través de la rejilla y conducida por gravedad a lo largo del canal de captación, en el tramo final del canal se ubicara una compuerta que permita regular el caudal hacia la tubería o canal de conducción, para luego ser descargadas las aguas en el desarenador, desde este punto se continua hacia la planta de tratamiento. Ver Anexo 20.4.

- La rejilla será de hierro fundido de diámetro 0.5ö, con secciones movibles con el fin de facilitar la limpieza.

- El canal de conducción tendrá una pendiente con la cual se impedirá la sedimentación de cualquier material de arrastre que pueda colarse a través de la rejilla, las dimensiones de este canal permitirá que las aguas captadas por la rejilla sean conducidas en su totalidad. El cálculo del canal se realizará con base con los alineamientos clásicos para las conducciones a superficie libre, el ancho de la base del fondo permitirá que manualmente se le pueda realizar la limpieza.

- Para evitar las erosiones por acción de las corrientes de la quebrada se construirá un muro en roca aguas arriba y aguas abajo del canal de captación en toda su longitud con un ancho no menor de 3.00 metros y su profundidad media de 0.60 metros.

12.4. Diseño de la rejilla

Para el diseño de la rejilla se proyectará con base a 3 veces su caudal máximo diario (3QMD), según RAS en su numeral B.4.4.10 (aspectos particulares de la captación con rejilla).

La rejilla debe tener una inclinación de 10 hasta 20% como mínimo en dirección del flujo del agua.

La separación entre barrotes debe de ser para gravas gruesas de 75 a 150 mm y para gravas finas va de 20 a 40 mm.

La velocidad en la rejilla debe ser menor a 0.20 m/seg, con lo cual se reduce el arrastre del material.

El coeficiente de perdidas (K) oscila entre 0.50 y 0.70 para el caso de niveles de bajo y medio de complejidad.

- ***Longitud y número de orificios de la rejilla.***

Se adoptara para gravas finas barrotes de 0.50 (0.0127m) y una velocidad de 0.10 m entre barrotes, un $K = 0.9$

- ***Área neta.***

$$A_n = Q/k \cdot V_r = 0.00211/0.9 \cdot 0.10 = 0.023 \text{ m}^2 \text{ é}$$

- **Longitud de la rejilla.**

$$L_r = A_n * S + 0.0127 / S * B = 0.023 * 0.05 + 0.0127 / 0.05 * 0.40 = 0.69 \text{ é } 70\text{m}$$

El ancho de la rejilla se considera por razones constructivas igual a 0.40 metros. Para el diseño de la rejilla se utilizó como base de cálculo las ecuaciones extraídas del libro de Ven Te Chow, en su capítulo "Flujo espacialmente variado". Ver Ilustración 2.

- **Rejilla de la bocatoma**

Aguas abajo.

$$h_c = h_e = \left(\frac{Q^2}{g \times B^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = h_e = ((0.00211)^2 / 9.81 * (0.40)^2)^{1/3} = 0.0147 \text{ m.}$$

h_c = Profundidad crítica

h_e = Profundidad aguas abajo

Aguas arriba.

$$L_c = L_r + b_{\text{muro}} = 0.70 + 0.30 = 1 \text{ m}$$

$$h_o = \left[2h_c^2 + \left(h_e - \frac{iL_c}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} iL_c$$

Se tomara pendiente de 3%

h_o = Profundidad aguas arriba.

$$h_o = ((2*0.0147)^2 + (0.0147 \text{ ó } (0.03*1))/3)^{1/2} - 2/3 * 1 = 0.0097\text{m}$$

Altura total aguas arriba.

$$BL = 0.15 \text{ m.}$$

$$H_o = 0.0097 + 0.15 = 0.1597$$

Altura total aguas abajo.

$$H_c = h_c + h_o \text{ ó } h_c + iL_c + BL$$

$$H_c = 0.0147 + 0.0097 \text{ ó } 0.0147 + 0.03*1 + 0.15 = 0.19 \text{ m}$$

Velocidad del agua al final del canal.

$$V_e = \frac{Q}{B \times h_e}$$

$$V_e = 0.00211 / (0.40 * 0.0147) = 0.35 \text{ m/s, Cumple con la velocidad mínima exigida en el}$$

RAS 2000

12.5. Diseño de los vertederos

Sobre este punto se diseñan los vertederos de rejilla, vertedero de caja de derivación, vertedero de excesos y vertedero de estructura de reparto y control; estos vertederos se calculan teniendo en cuenta lo siguiente:

12.5.1. Vertederos de excesos.

$$Q_{\text{medio}} = 0.0235$$

$$H = (0.0235 / (1.84 * 2.25))^{2/3} = 0.033$$

Caudal captado.

$$\begin{aligned} Q_{\text{captado}} &= C_d * A_n * \zeta 2g * H \\ &= 0.30 * 0.24 * \zeta 2 * (9.81) * 0.032 = 0.0474 \text{ m}^3/\text{s}. \end{aligned}$$

Caudal de excesos.

$$Q_{\text{excesos}} = Q_{\text{captado}} \text{ ó } Q_{\text{diseño}}$$

$$Q_{\text{excesos}} = 0.0474 \text{ ó } 0.00211 = 0.05489 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo de la altura de los muros de contención.

Tomando el caudal máximo del río $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$, la altura de la lámina de agua en la garganta de la bocatoma es:

$$H = (Q / 1.84 * L)^{2/3} = (0.10 / (1.84 * 1.8))^{2/3} = 0.099$$

Se maneja la altura mínima por diseño de construcción de 1 m.

Altura de excesos.

Se asume una base de vertedero de excesos de 1.55 m.

$$H_{\text{excesos}} = (0.05489 / (1.84 * 1.55))^{2/3} = 0.0737 \text{ (Cumple, 0.23m 0.30m BLV)}$$

Velocidad de excesos.

$$V_{\text{excesos}} = 0.05489 / (0.0737 * 1.55) = 0.48 \text{ m/s}$$

Tanque de excesos:

$$X_s = 0.36 \times V_{\text{excesos}}^{2/3} + 0.60 \times H_{\text{Excesos}}^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * (0.48)^{2/3} + 0.60 * (0.0737)^{4/7} = 0.355 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18 \times V_{\text{Excesos}}^{4/7} + 0.74 \times H_{\text{Excesos}}^{3/4}$$

$$X_i = 0.18 * (0.48)^{4/7} + 0.60 * (0.0737)^{3/4} = 0.20 \text{ m}$$

12.5.2. Vertederos de rejilla.

El vertedero de rejilla se calcula como un vertedero rectangular con el ancho de la rejilla (b)

y la captación máxima de la rejilla, que para este caso será de:

$$Q = 36 \text{ L/s.}$$

$$B \text{ (m)} = 0.4 \text{ y } h \text{ (m)} = 0.135$$

Véase ilustración 3: Esquema de los vertederos que serán utilizados.

12.6. Diseño canal recolector

El canal recolector se diseña para la capacidad de la rejilla seleccionada, en el cual se tomara todo el caudal que pasa por ella, con un ancho igual a la longitud de la rejilla (Lr) y un largo de 2.5 metros el cual se tiene teniendo en cuenta la sección transversal de la quebrada.

$$X_s = 0.36 \times V_e^{\frac{2}{3}} + 0.60 \times h e^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 * (0.35)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (0.0147)^{\frac{4}{7}} = 0.27 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18 \times V e_1^{\frac{4}{7}} + 0.74 \times h e^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.18 * (0.35)^{\frac{4}{7}} + 0.74 * (0.0147)^{\frac{3}{4}} = 0.13 \text{ m}$$

12.6.1. Base de cámara.

$$B_{\text{camara}} = X_s + BL = 0.27 + 0.35 = 0.62 \text{ é } 3 \text{ veces} = 1.86$$

Por facilidad en su acceso y mantenimiento, y por recomendación de Lopez Cualla se adoptara 3 veces la base de cámara siendo de 1.86 m con un borde de 0.18 m.

Los resultados y el diseño para el canal recolector los podemos visualizar en la tabla 16 y la ilustración 4 respectivamente.

12.7. Desarenador

Por la topografía y el espacio del terreno hay la facilidad de ubicar el desarenador a una distancia corta con lo cual se evita una larga conducción de agua la cual puede presentar obstrucciones con material sedimentable, por lo cual este desarenador se ubicara a una distancia de 80 metros.

Un desarenador se divide en cinco zonas las cuales son:

1- Entrada al desarenador

2- Cámara de aquietamiento

3 ó Zona de sedimentación

4 ó Almacenamiento de lodos

5 ó Salida del desarenador

Condiciones de la tubería de entrada

$$Q = 0.00211 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V = 0.69 \text{ m/s}$$

$$D = 4\ddot{o}$$

Calculo para el parámetro de sedimentación.

Velocidad de sedimentación de la partícula: $d=0.05$ mm

$$V_s = \frac{g}{18} \frac{(P_s - P)}{u} d^2$$

$$V_s = 9.81/18 * ((2.65-1.00)/0.00917) * 0.05^2 = 0.245 \text{ cm/s.}$$

Para el numero de Hazen en su condicion $n = 1$, tenemos una remocion de 75%

Ver tabla 15.

$$t = 3.0$$

Diseñado con un parametro de profundidad util de sedimentacion, $H = 1.5$ m, la cual es la profundidad minima recomendada.

El tiempo que tardaria una partícula de diametro de 0.05 mm en llegar al fondo seria de:

$$t = H / V_s$$

$$t = 150 / 0.245 = 612 \text{ seg.}$$

Y el periodo de retencion hidraulica sera:

$$= 3.0 * t$$

$$= 3.0 * 612 = 1836 \text{ seg}$$

El volumen del tanque sera:

$$V = t * Q$$

$$V = 1836 * 0.00067 = 1.23 \text{ m}^3$$

Area superficial del tanque.

$$A_s = V / H$$

$$A_s = 1.23/1.50 = 0.82 \text{ m}^2$$

Las dimensiones del tanque seran para L:B=4:1

$$B = \zeta A_s/4 = 0.45 \text{ m} \text{ é } 50 \text{ m}$$

$$L = 4 * B = 2.0 \text{ m}$$

Carga hidraulica superficial para el tanque.

$$q = Q/A_s = 0.00067/0.82 = 0.000817 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{s} = 70.59 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{d}$$

Segun la teoria de la sedimentacion el valor coprendido entre 15 y 80 $\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{d}$ cumple

La cara hidraulica superficial es igual a la velocidad de sedimentacion de la particula critica en condiciones teoricas, V_o , la cual debe corresponder a un diametro menor.

$$V_o = q = 0.000817 \text{ m/s} = 0.0817 \text{ cm/s}$$

$$d_o = \sqrt{\frac{V_o * 18 * u}{g * (p_s - p)}}$$

$$d_o = \zeta 0.082 * 18 * 0.00917 / 9.81 * 1.65 = 0.0029 \text{ cm} = 0.03 \text{ mm}$$

La relacion tiempo velocidad es igual donde:

$$/t = V_s/V_o = 0.245/0.082 = 2.99 \text{ é } 3$$

Velocidad maxima horizontal.

$$V_{h \text{ max}} = 20 V_s = 20 * 0.245 = 4.9 \text{ cm/s}$$

12.7.1. Cálculos elementos del desarenador.

Vertedero de salida.

$$H_v = (Q/1.84 * B)^{2/3} = (0.00067 / (1.84 * 0.50))^{2/3} = 0.0081 \text{ m}$$

$$V_v = Q/BH_v = 0.00067/0.50*0.0081 = 0.044\text{m/s}$$

Pantalla de salida.

Profundidad sumergida

$$H/2 = 1.5/2 = 0.75\text{m}$$

Distancia del vertedero de salida

$$15 * H_v = 15 * 0.0081 = 0.13$$

Pantalla de entrada.

Profundidad sumergida $H/2 = 0.75\text{m}$

Distancia a la camara de aquietamiento $L/4 = 2/4 = 0.50\text{m}$

Almacenamiento de lodos

Relacion longitud: prof lodos = 10

Profundidad maxima

$$P_M = L/10 = 2/10 = 0.2 \text{ m}$$

Para la profundidad del diseño los parametros a seguir son de profundidad maxima 0.80 m y minima de 0.50m., las cuales se adoptan para continuar con el diseño.

Distancia del punto de salida a la camara de aquietamiento.

$$L/3 = 2/3 = 0.66\text{m}$$

Distancia del punto de salida al vertedero de salida

$$2L/3 = 2*2/3 = 1.33.$$

Camara de quietamiento

$$\text{Profundidad} = H/3 = 0.50\text{m}$$

$$\text{Ancho} = B/3 = 0.5/3 = 0.16 \text{ é } 0.20\text{m}$$

$$\text{Largo adoptado} = 1.\text{m}$$

Rebose de la camara de quietamiento.

$$Q \text{ excesos} = Q \text{ lleno} - Q \text{ diseño}$$

$$= 0.01029 \text{ ó } 0.00211 = 0.00818 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Altura en el muro del desarenador.

$$H_e = (Q_{\text{excesos}} / (1.84 * l_e))^{2/3} = (0.00818 / (1.84 * 1))^{2/3} = 0.028\text{m}$$

12.8. Diseño de la caja de derivación

Para el diseño de la caja de derivación se tuvieron en cuenta las recomendaciones del Ing.

Civil Carlos Eduardo Torres contratista de las Empresas Municipales de Miranda

(EMMIR), en cuanto a las dimensiones para la construcción de la caja para evitar la entrada

de aire al conducto que conduce el agua al desarenador, esto se calculó con una sumergencia (S) asimétrica

$$S = 0.72 * V * D^{1/2}$$

$$V = \frac{QMD}{\text{Area del tubo}}$$

Podemos ver el esquema y los resultados para el diseño de la caja de derivación en la ilustración 5 y la tabla 17.

La altura de lodos se asumió por sugerencia del Ing. Torres en 0.20 metros dando la aclaración de que en la caja el agua sufre un aquietamiento, la cual genera una precipitación de estos sólidos que han sido transportados por las corrientes de la quebrada, de igual manera pensando en la limpieza y mantenimiento de esta caja se diseñará con un ancho igual a 1.00 metros y una altura de 1.30 metros, con lo cual se tienen las medidas necesarias para que una persona pueda realizar el mantenimiento.

La altura S por consideraciones constructivas será igual a 0.10 metros, la cual es mayor a la que aparece calculada en la tabla 17.

13. Red de Distribución

13.1. Criterios de diseño

Para la ejecución del diseño del sistema de redes de distribución de agua potable, se requiere de una etapa inicial de planteamiento que nos garantice que los parámetros de diseño de las obras propuestas cumplan y atiendan los requerimientos futuros de la demanda de agua en cuanto a cantidad, tiempo y oportunidad hacia la comunidad.

En la etapa de planteamiento anteriormente enunciada, se debe partir de un diagnóstico teniendo en cuenta si existe una red de distribución, la cual se deberá identificar, analizar y plantear diferentes alternativas en cuanto a la optimización, distribución y ampliación del sistema de redes de tubería, esto con el fin de atender requerimientos futuros de la demanda dentro del periodo de diseño asignado.

13.1.1. Periodo de diseño.

El nivel de complejidad para cualquier proyecto de redes de distribución de un acueducto deberá ser analizado y evaluado teniendo el periodo de diseño asignado, con el fin de definir las etapas de diseño según las necesidades del proyecto y basados en la metodología de costo mínimo.

El **periodo de diseño** para el diseño de las redes de distribución de agua potable es función del **nivel de complejidad** del sistema.

Para este proyecto nuestro periodo de diseño será de 15 años.

13.1.2. Caudal de diseño.

Este depende del nivel de confiabilidad del sistema.

Teniendo en cuenta que para este proyecto se maneja un nivel bajo de complejidad, el caudal de diseño será el caudal máximo horario (QMH)

QMD = 2,11 L/s

QMH = 3,37 L/s RAS

Caudal asignado por vivienda 0,22 L/s

0.22 L/s es el consumo en una hora pico, considerando la posibilidad de que las viviendas beneficiadas tengan una llave abierta, para lo cual el caudal de diseño se calcula asumiendo un consumo por vivienda simultaneo, lo cual nos da un caudal máximo horario de 23.5 L/s.

13.1.3. Perdidas en la red de distribución

Para el nivel de baja complejidad que manejaremos en este proyecto, se recomienda que exista una metodología desde la etapa de diseño para el control de pérdidas en la red.

13.1.4. Presiones en la red de distribución

Teniendo en cuenta el numeral B.7.3.2 del RAS (Delimitación de zonas de presión). *La red de distribución de agua potable debe subdividirse en cuantas zonas de presión sean necesarias para cumplir con las condiciones de presión máxima y presión mínima en todos los puntos de la red. El establecimiento de las zonas de presión se hace con el fin de obtener la máxima uniformidad en el gradiente de presión entre los tanques o estaciones de bombeo y los puntos de mínima presión.*

De igual manera para el diseño de la red de distribución se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos para las presiones.

Presión mínima en la red.

Este depende del nivel de complejidad del sistema, de acuerdo a como se especifica en la tabla 18, tomada de B.7.4 del RAS.

Lo cual para nuestro nivel de complejidad la presión mínima es de 10 metros, pero si observamos la tabla 19 se puede apreciar que este valor fue superado en el diseño de la red.

13.2. Diámetros de las tuberías en la red de distribución.

13.2.1. Diámetros internos mínimos en la red matriz

En la tabla 20, se describen los diámetros mínimos para la red matriz, para aquellos casos de los niveles bajo medio de complejidad en los cuales exista una red matriz y para los niveles medio alto y alto de complejidad.

Dentro de nuestro diseño el diámetro mínimo utilizado fue de 2 pulgadas teniendo en cuenta el diámetro mínimo para un nivel bajo de complejidad como lo enumera la tabla 20, que debe ser de 2.5 pulgadas, se puede decir que este desfase fue necesario ya que se requería crear pérdidas de presión para controlar las pérdidas de presiones de servicio, de acuerdo a lo anterior se puede considerar diseñar más tanques de almacenamientos que funcionen como aliviadores de presión.

Accesorios

Son elementos complementarios para instalación de tuberías, dentro de los accesorios más comunes tenemos: té, codos uniones, reducciones, válvulas etc.

Estos accesorios junto con la tubería deben ser compatibles entre sí con lo cual se puede soportar presiones de trabajo y estabilidad electroquímica.

13.2.2. Aspectos generales de las válvulas en redes de distribución.

En toda red de distribución se debe manejar válvulas de compuerta o mariposa de modo que cumplan con ciertos requisitos:

- ✓ Se debe disponer de válvulas en las tuberías principales las cuales cumplan con las condiciones de aislar un sector de otro en el momento que se necesite.
Esta condición no cumple para el nivel bajo de complejidad.
- ✓ Para el nivel bajo de complejidad solo se maneja una única válvula en la tubería que alimenta la red de distribución.
- ✓ Estas válvulas se deben ubicar en lugares de fácil acceso

Para nuestra red de distribución de agua potable utilizaremos dos válvulas una en cada salida de los tanques de almacenamiento, para el caso que se deba suspender el servicio, de igual manera se utilizaran ventosas en la entrada de los tanques y válvulas de purga al final de la red de distribución.

13.3. Trazado de la red.

Para realizar el trazado de la red se debe procurar que la red conforme circuitos en forma de mallas, estos circuitos en conjunto con la longitud de la tubería se deben regir a las características topográficas del sitio de instalación, la densidad de población actual y la ubicación de tanques de almacenamiento, de igual manera se debe tener en cuenta el futuro desarrollo del sitio en este caso la vereda con el fin de tener la posibilidad de ampliar la red para poder abastecer población futura.

Para la ubicación de la red de distribución se debe tener en cuenta la parte arquitectónica del sitio a abastecer, las zonas públicas como calzadas, andenes, zonas verdes etc. Para el caso que la red deba pasar por zonas privadas se debe constituir servidumbre, está a favor de la empresa que llegue a prestar el servicio, la red se debe ubicar al frente de cada vivienda a abastecer. Ver diseño en Anexo 20.2.

13.4. Cálculos de la red.

En este caso para el cálculo de la red se utilizó la ecuación de Hazzen Williams, para controlar las presiones de servicio y las presiones estáticas del sistema, los resultados se observan en la tabla 19.

13.5. Tanque de almacenamiento.

13.5.1. Concepción.

Los tanques para el almacenamiento de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, pues su función es compensar las variaciones entre el caudal de entrada y el consumo a lo largo del día, por lo cual durante la concepción del proyecto, para realizar el diseño se debe establecer las necesidades de demanda y las variaciones del consumo a lo largo del día, para con ello definir cuál debe de ser el almacenamiento de agua requerido para suplir la demanda, de igual manera se debe

determinar las zonas de presión en la red de distribución del agua potable y fijar los niveles requeridos para mantener los valores establecidos en ella.

Para realizar el diseño de un tanque de almacenamiento de agua se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Localización en la planta.
- Cota de los niveles de agua mínimos y máximos (cota de rebose).
- Numero de módulos y la definición de las etapas de ejecución.
- Curva de demanda en el sistema de distribución.
- Reserva total necesaria para cada zona de presión.
- Otros componentes del sistema de abastecimiento como son, estación de bombeo, red de distribución, planta de tratamiento, tanques existentes, etc.

Las actividades más relevantes de un tanque de compensación son:

- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- Mantener presiones de servicio en la red de distribución.
- Suplir la demanda de servicio.
- Suplir con el volumen de emergencia tales como, incendios, estaciones de bombeo, interrupción por daños en la aducción, etc.

13.5.2. Criterios de diseño

Curvas de demanda horaria.

Como se establece en el capítulo B, numeral B.2.7.7 (Curvas de variación horaria de demanda) del RAS, se debe establecer la curva de demanda que defina la variación del consumo a lo largo del día, con el fin de establecer necesidad y la magnitud de un posible almacenamiento.

Para el nivel de bajo de complejidad los datos para elaborar las curvas de demanda horaria de cada población o zona abastecida puede pertenecer a la localidad en estudio o a una localidad que presente características semejantes, en términos socioeconómicos, de costumbres y de clima.

La tabla 21 presentada sobre la demanda horaria no pertenece a la vereda La Mina, pertenece a otra vereda donde sus características de población, clima y aspectos socioeconómicos son muy similares a la nuestra.

En esta tabla se puede observar el comportamiento de los habitantes en cuanto al consumo, donde se puede deducir que los consumos más altos se presentan en intervalos de tiempo entre las 6:00 am y 8:00 am, de 11: 00 am y 2:00 pm y entre las 5:00 pm y las 7:00 pm.

Para mayor claridad observar Ilustración 6 donde muestra el comportamiento de los habitantes en cuanto al consumo en intervalos de tiempo.

Factibilidad de ampliación.

En el capítulo B numeral B.9.2.8 del RAS, nos indican que para la factibilidad de ampliación se *debe identificar y justificar la expansión económica por etapas de construcción, de acuerdo con la proyección de almacenamiento requerida y de demanda en todo el periodo de diseño.*

Deben definirse las etapas de expansión, indicando en cada una la capacidad del tanque y las necesidades de regulación. Además, debe disponerse del espacio suficiente para la construcción de una futura construcción, previendo el menor número de interrupciones en el servicio de los tanques ya construidos

Facilidad de mantenimiento.

Los tanques de almacenamiento se diseñan de tal forma que se pueda realizar labores de mantenimiento tratando de ocasionar la más mínima interrupción en su servicio, esto se realiza teniendo en cuenta las siguientes disposiciones.

- ✓ Para el nivel de bajo de complejidad y cuando el tanque tenga un solo compartimiento debe colocarse una tubería de paso directo (bypass) que permita

mantener el servicio mientras se efectúa el lavado o la reparación del tanque, con la debida consideración del aumento que pueda presentarse en la presión en caso de que el tanque trabaje como una cámara aliviadora de presiones.

- ✓ El tanque debe estar provisto de válvulas para el cierre de la tubería de entrada, de las tuberías de salida, descarga de fondo y rebose que permitan la reparación de estas, aun cuando el tanque se encuentre lleno de agua.
- ✓ Los dispositivos para el cierre de las tuberías de entrada y salida deben ser instalados dentro de una caja que permita facilidad en su operación.
- ✓ El diseño debe prever la forma de mantenimiento.

En el tanque diseñado para este proyecto se diseñó un bypass un diámetro de 3", el cual operará cuando se realice el mantenimiento del tanque, para lo cual se recomienda realizar los mantenimientos en las horas de más baja demanda.

Localización de los tanques.

Para la ubicación de los tanques se deben de tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Es conveniente que se ubique un tanque inmediatamente aguas debajo de las plantas de tratamiento.
- ✓ El área para el emplazamiento del tanque no podrá situarse en zonas que presenten drenaje natural de agua lluvia o que sea susceptibles a inundaciones. En caso de que exista la posibilidad del paso de aguas lluvias en las cercanías del tanque, deben evitarse infiltraciones hacia el interior del tanque.
- ✓ La localización debe garantizar la presión mínima en la red de distribución (véase B.6.4.11.4 Presiones mínimas).
- ✓ Si el tanque es enterrado o semienterrado, debe estar alejado de cualquier fuente de contaminación, tales como pozos sépticos, depósitos de basuras, letrinas, sumideros, corrales, etc. y debe tener cubierta.

13.5.3. Parámetros de diseño.

Periodo de diseño.

El periodo de diseño depende del nivel de complejidad del servicio, según lo establece el RAS lo podemos observar en la tabla 22.

Número mínimo de tanques.

El número mínimo de tanques debe ser establecido de acuerdo a la siguiente disposición:

- Para el nivel bajo de complejidad, en caso de justificarse almacenamiento según lo establecido en el numeral B.9.2.1 y el numeral B.9.1, es suficiente que la red de distribución cuente con un solo tanque de compensación.

Debido a que en la zona donde se realizan los estudios para el diseño del acueducto existen diferencias topográficas, se han diseñado dos tanques de compensación, para que el segundo opere como aliviador de presiones, debido a que estas diferencias topográficas ocasionan una carga hidráulica que puede ser perjudicial para el sistema.

Caudal de diseño

El tanque debe proveer el caudal máximo horario (QMH), teniendo en cuenta la variación del consumo que se entrega en la zona que se está abasteciendo.

Para definir el caudal máximo horario (QMH), de nuestro diseño, se consideró un consumo por vivienda de 0.22 L/s, para las 122 viviendas que están proyectadas a futuro para el periodo de diseño, este consumo es considerado asumiendo que los usuarios tuvieran una llave abierta; De acuerdo a lo anterior tenemos que $QMH = 0.22 * 122 = 26.8$ L/s, valor que está por encima de lo recomendado por el RAS, donde recomienda que $QMH = K_2 * QMD$, que reemplazando se tiene $QMH = 1.60 * 2.11 = 3.4$ L/s.

Capacidad de regulación.

El tanque debe tener capacidad de compensar las variaciones entre el caudal de entrada de las plantas de tratamiento y el caudal de consumo a cada instante.

Para definir el volumen del tanque se tuvo en cuenta las siguientes disposiciones:

- Debe hacerse un análisis por métodos gráficos o analíticos, con base en curvas de demanda de cada población o zonas abastecidas y del régimen previsto de alimentación de los tanques. El volumen que va a ser almacenado será igual al volumen calculado multiplicado por un factor de 1.2.

- En el nivel bajo de complejidad, si no existen datos que describan las curvas de variación del consumo horario, el volumen almacenado será igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, garantizando en todo momento las presiones adecuadas.

Para el cálculo del VMD, se utilizó el método gráfico con la curva de consumo acumulada, ver ilustración 7. El volumen se calculó observando la diferencia más alta entre la línea de consumo acumulado y la línea de aportes.

Capacidad para demanda contra incendios

Para el nivel bajo de complejidad que maneja el proyecto no debe tenerse en cuenta la capacidad para la demanda contra incendios.

Volumen del tanque

Para el nivel de bajo de complejidad, el volumen del tanque debe ser igual al volumen de regulación, calculado en el numeral B.9.4.4 del RAS. En todos los casos debe dejarse un borde libre con el fin de permitir la ventilación. Se recomienda un borde de 0.30m como mínimo.

Para el diseño del tanque se tiene en cuenta el promedio entre el volumen calculado con la consideración del RAS y el volumen calculado por el método de la línea de consumo, como se explica en la tabla 23 y se ilustra en el anexo 20.5 (Resultados del diseño).

Presión en la tubería de alimentación.

Como se estipula en el RAS en su capítulo B, numeral B.9.4.8, la presión en la tubería de entrada debe garantizar que el agua alcance el nivel máximo esperado más una altura de 5 metros cuando la alimentación del tanque sea por la parte inferior de este.

Para nuestro caso por topografía, la alimentación de los tanques se realiza por la parte superior de estos.

Niveles.

Los niveles máximos y mínimos del tanque deben ser fijados de tal manera que las presiones en la red de distribución se hallen dentro de los límites aceptables de servicios establecidos en el numeral B.7.9.1 (presiones en la red de distribución).

Para los niveles máximos y mínimos establecidos en cada uno de los tanques de compensación, deben verificarse las presiones máximas y mínimas en la red de distribución, siguiendo con lo establecido en el numeral B.7.4.9.2 (calculo hidráulico de la red de distribución).

En los casos en que el tanque funcione además como aliviador de presiones, debe calcularse la altura adicional sobre el nivel máximo, con el fin de aumentar el borde libre del tanque evitando rebose innecesario.

13.5.4. Dispositivos anexos.

Forma del tanque.

No existe limitación en cuanto a la elección de la forma y esta debe establecerse de acuerdo con los casos particulares y modalidades regionales. En cambio, se exige seguridad, durabilidad y el cumplimiento de las condiciones sanitarias requeridas para el agua potable.

La forma del tanque debe proporcionar máxima economía global en términos de cimentación, estructura, utilización del área donde el tanque será ubicado, equipos de operación y control e integración entre unidades.

Todos los tanques deben tener cubierta.

El tanque a diseñar tendrá una base cuadrada.

Entrada de agua al tanque.

Para la entrada del agua al tanque se debe cumplir con las siguientes disposiciones:

1. Debe colocarse de tal forma que permita la circulación y reduzca la posibilidad de zonas sin flujo en el tanque.
2. La entrada de agua debe ser dotada de un sistema de cierre manual o automático que puede maniobrarse desde la parte externa del tanque. En caso de utilizar válvulas por flotador deben cumplirse las normas técnicas NTC 1901 y NTC 1991.
3. De ser posible, la entrada del tanque debe estar en la parte superior, especialmente cuando la alimentación se realice por bombeo.

4. Cuando la entrada del tanque pueda estar por encima del agua, debe amortiguarse el impacto de la caída del agua sobre el fondo del tanque cuando este se encuentre vacío, para evitar la erosión del fondo.

5. Cuando la entrada se encuentre por debajo del nivel del agua, la tubería de alimentación debe estar dotada de un dispositivo de cierre, con el fin de impedir la pérdida de agua en caso de que ocurra una disminución de presión o falla en la tubería de alimentación.

6. Deben minimizarse las pérdidas de energía a la entrada del tanque.

Salida de agua del tanque.

Para la salida del agua al tanque se debe cumplir con las siguientes disposiciones:

a. La salida de agua del tanque debe ser independiente de la entrada y deben evitarse zonas sin flujo en el tanque.

b. Debe ser posible, la salida debe colocarse opuesta a la entrada. En caso de no ser posible, deben colocarse mamparas dentro del tanque para lograr un mayor tiempo de detención del agua en el tanque.

c. El diámetro de tubería depende del diámetro de tubería matriz de distribución o de la tubería de conducción.

d. El sistema de salida debe minimizar las pérdidas de energía, evitando superar un valor de 0.50 metros en la línea piezométrica.

e. Deben evitarse la formación de vórtices al operar el dispositivo de salida para cualquier nivel de agua dentro del tanque, desde el nivel máximo hasta el nivel mínimo.

Para evitar la formación de vórtices se recomienda seguir las siguientes indicaciones:

- Si la salida está situada en un plano horizontal, la altura del agua sobre la salida debe ser igual a 3 veces la mayor dimensión de la abertura.
- Si la salida está situada en un plano inclinado formando un ángulo no mayor a 45° con respecto a la horizontal, la altura del agua medida al centro de la abertura, debe ser igual a 3 veces la mayor dimensión de la abertura.
- Si la salida está situada en un plano inclinado formando un ángulo no mayor a 45° con respecto a la horizontal, la altura del agua medida desde la parte más alta de la abertura, debe ser igual a 2 veces la mayor dimensión de la abertura.

f. La salida del agua debe ser dotada de un sistema de cierre manual o automático que pueda maniobrarse desde la parte externa del tanque.

g. Desde el sistema de cierre de salida debe existir un dispositivo que permita la entrada de aire en la tubería, cuando este se cierre.

Rebose.

Todo tanque de compensación debe tener un sistema de rebose, con el fin de evacuar los posibles caudales de exceso. El rebosadero debe ser dimensionado para evacuar el caudal máximo de entrada, cumpliendo con los siguientes requisitos:

1. El rebose debe descargar por medio de una tubería, vertedero o canal en una cámara independiente tan próxima al tanque como sea posible, y de allí debe ser evacuado a la tubería de limpieza de lavado.

2. En caso de utilizar tubería como rebose, esta debe terminar en un tramo recto de longitud mayor o igual a 3.0 metros o a 3 veces su diámetro, medida a partir de su abertura al exterior.

3. La cámara de recolección del rebose debe tener una rejilla de 0.10 m en su parte superior con el fin de evitar la entrada de animales y basura a la cámara de rebose.

4. El rebose no debe limitar la capacidad de almacenamiento del tanque, asegurando que se obtenga el nivel máximo esperado en el tanque.

5. La cámara receptora de la tubería de rebose, debe estar dimensionada de tal forma que no ocurra rebose en ella.

6. Cuando se presenta rebose, el borde libre en las paredes del tanque debe ser de 0.10 m como mínimo, evitando cualquier presión sobre la tapa del tanque. Las paredes del tanque deben estar diseñadas para soportar esta carga adicional.

Desagüe.

Debe colocarse una tubería desde el fondo que permita el vaciado del tanque en el tiempo especificado ver numeral B.9.4.10 (tiempo y caudal de vaciado) del RAS.

El piso debe tener una ligera pendiente hacia la tubería de desagüe.

Medición de caudal.

Para los niveles de complejidad bajo y medio deben colocarse totalizadores en la tubería de salida del tanque, que permitan suministrar los volúmenes suministrados en forma diaria.

13.5.5. Obras complementarias

Impermeabilización.

Las paredes y el fondo deben ser impermeables y el materia expuesto al agua debe ser resistente a los ataques químicos y a la corrosión.

Ventilación.

Deben proveerse ductos de ventilación que permitan la entrada y salida del aire, cubierta por una malla de 5 mm para evitar entrada de insectos; en caso que los ductos sean de PVC, debe usarse la técnica NTC 1260.

- Forma de los ductos.

En tanques pequeños, de volumen menor que 50 m³, se recomiendan que los ductos sean tubos verticales con dos codos de 90° conectados con un niple de tal manera que formen una curva de 180°.

Cubierta.

Todo tanque debe contar con una cubierta, la cual debe ser impermeable, continua, opaca y poseer una capa reflectiva para evitar calentamiento interior.

Toda cubierta para tanques de almacenamiento debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Sobre la cubierta debe colocarse una capa adicional de algún impermeabilizante que se adhiera a ella.

2. La cubierta debe estar inclinada a una o dos aguas, con una pendiente no inferior al 2%, con el fin de evitar encharcamientos en su superficie.

Acceso al interior.

Cada tanque debe contar, por lo menos, con una tapa de cierre hermético para su inspección interior, ubicada sobre la cubierta, con una dimensión mínima de 0.60 m o igual a la que permita la entrada de equipos de mantenimiento.

El acceso debe contar con escaleras internas y externas de un material que no afecte la calidad del agua.

Es recomendable que el acceso se ubique encima de los equipos existentes en el tanque y cerca de las paredes.

El acceso debe sobresalir un mínimo de 0.05 m por encima de la cubierta.

13.5.6. Aspectos de la puesta en marcha.

Inspecciones preliminares.

En la etapa de prueba en marcha deben realizarse las siguientes inspecciones en los diferentes elementos del tanque de compensación, antes de continuar con la prueba:

- ✓ En general, debe observarse el aspecto general del tanque en sus paredes, fondo, impermeabilización y obras anexas.
- ✓ Debe verificarse el correcto funcionamiento de las válvulas, accesorio en su apertura y cierre, controlador de nivel y totalizador de caudal. Debe medirse el tiempo de accionamiento y corregir el mecanismo de cualquier accesorio que implique grandes esfuerzos para su operación.

Pruebas preliminares

En caso de encontrar anomalías en el funcionamiento o condiciones de operación diferentes a las previstas en el diseño, deben tomarse las medidas correctivas que sean necesarias antes de colocar el tanque al servicio del acueducto.

Para las pruebas preliminares debe cumplirse lo siguiente.

- a. Debe llenarse el tanque hasta el nivel máximo, observando las posibles fugas a través de sus paredes o en la descarga del drenaje de fondo. Esta prueba debe hacerse sin el

relleno lateral. Durante el tiempo de llenado deben verificarse las presiones a la entrada y la forma de las corrientes, prestando atención a la posible presencia de zonas de flujo muerto. El tanque debe permanecer lleno durante 12 horas.

b. En los niveles bajo y medio de complejidad, durante el vaciado se recomienda descargar el máximo horario (QMH), observando la posible existencia de vértices, en especial cuando el nivel este cercano al mínimo.

c. Debe verificarse la capacidad del rebosadero con el caudal máximo diario (QMD).

d. Debe verificarse la impermeabilidad y las ex filtraciones, según lo establecido en la norma AWWA D130.

Desinfección de los tanques de almacenamiento.

Antes de poner en servicio cualquier tanque de distribución, este debe ser desinfectado, se debe tener en cuenta la norma NTC 4576 (Desinfección de instalaciones de almacenamiento de agua potable).

La desinfección debe ser hecha por compuestos clorados, llenando el tanque con una concentración de 50 p.p.m de cloro en el agua y una duración mínima de 24 horas de contacto, al final de las cuales se debe proceder al drenaje total del agua de lavado al

sistema de alcantarillado. Si el cloro residual libre del agua de lavado al final de las 24 horas es inferior a 0.4 mg/L, se debe repetir la operación con 25 p.p.m.

Verificación de presiones.

Para el nivel bajo de complejidad deben medirse las presiones a la entrada y la salida de máximo consumo, esto una vez al mes.

Entrada de agua al tanque.

Para el nivel bajo de complejidad debe cerrarse manualmente la entrada ante la situación de agua de exceso.

13.5.7. Aspectos del Mantenimiento.

Limpieza.

Las labores de limpieza no deben afectar las presiones ni el caudal entregado en la red de distribución, ni influir en el servicio. Deben desinfectarse las paredes y el piso de acuerdo a los procedimientos indicados en la NTC 4576. Estas actividades se deben realizar Por lo menos una vez al año.

Para los de nivel bajo y medio de complejidad debe limpiarse completamente el tanque una vez cada año.

14. Metodología

El diseño metodológico que se utiliza en el presente proyecto es de investigación, donde se realizaran consultas y visitas directas a representantes de la comunidad y organizaciones sociales de la vereda, adicionalmente se realizara una revisión de los documentos que componen el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), con el fin de documentar y tener un contexto social y geográfico en el que se desarrollara el proyecto.

Los criterios que se tienen en cuenta para la formulación del proyecto son:

- Población actual y futura, con base en tasas de crecimiento del municipio.
- Nivel de complejidad, de acuerdo con el RAS 2000.
- Factor máximo diario y factor máximo horario, de acuerdo con el RAS 2000.
- Periodo de diseño, de acuerdo con la resolución 2320 del 2009

15. Resultados

- Se determinó el nivel de servicio con el cual funciona el abastecimiento de aguas en la vereda La Mina.
- Se identificó la necesidad de realizar un proyecto ya sea de construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento rutinario o periódico con anterioridad.

16. Recomendaciones

1. Se sugiere seguir con las especificaciones de diseño planteadas en este proyecto, ya que variando estas especificaciones se podría ocasionar fracasos en el funcionamiento del sistema.

2. La estructura deberá ser protegida por un sistema que evite el acceso de animales o personal ajeno a esta, para evitar que se atente contra el buen funcionamiento de la misma.

3. La inspección y el mantenimiento de la estructura, las líneas de conducción y aducción deben ser periódicos y por personal capacitado para estos menesteres.

4. Implementar mecanismos de protección en la quebrada, la cual puede ser realizada por los mismos usuarios, para con ello evitar posible contaminación de esta, de igual manera se garantiza para el futuro un agua de buena calidad y en las cantidades necesarias para cumplir con las necesidades de la comunidad.

5. Socializar a los usuarios la importancia del buen uso del acueducto, dándoles a entender que este es exclusivo para el consumo humano y no para ser utilizado como distrito de riego ni para la actividad pecuaria, enfatizando que de no tener esta recomendación presente se podrían ver elevados los picos de consumo y por ende podría colapsar el sistema.

6. Para la protección de las tuberías se recomienda una profundidad mínima de 0.60 metros de la cota clave a la superficie del terreno, para evitar daños a esta por la acción de las cargas vivas.

7. La excavación o zanja para la ubicación de la tubería debe ser como mínimo el diámetro de la tubería a utilizar más 0.30 metros de ancho.

8. La tubería se debe apoyar sobre un colchón de arena de 0.10 m de espesor y cubierta por material seleccionado con una capa de 0.15 m.

17. Conclusiones.

- ✓ Durante el desarrollo del presente trabajo investigativo se logra complementar los estudios teóricos adquiridos como estudiante de ingeniería civil, modalidad a distancia, de la universidad militar nueva granada, con la parte práctica y de investigación, a esto sumándole la interacción con la comunidad beneficiada.
- ✓ De acuerdo a las características topográficas de la vereda la Mina del municipio de Miranda Cauca, se logra diseñar un sistema que actúa por gravedad para la línea de aducción y la línea de conducción del agua.
- ✓ En relación con uno de los objetivos de este trabajo, el cual es mejorar la calidad de vida de los habitantes de la vereda la Mina, se puede decir que se dio un paso muy importante con la finalización de este proyecto, pues en la medida en que se implemente el acueducto contarán con un servicio adecuado a las necesidades de la comunidad.
- ✓ Al evaluar el diseño de la captación con los entes competentes como las Empresas Municipales de Miranda (EMMIR), se obtuvo que el caudal generado por el río Desbaratado que será la fuente de abastecimiento para el proyecto, cumple con la demanda necesaria para tal fin.

- ✓ En cuanto a la red de distribución, se diseñó una red abierta, teniendo en cuenta la distribución de las viviendas ubicadas en la zona, de aquí que el sistema operara con dos tanques de almacenamiento, de los cuales el segundo tanque actuara como aliviador de presiones.

- ✓ Para la zona de estudio debido a que no hay mucha información confiable por diferentes causas, el diseño se realizó en alto porcentaje asumiendo las recomendaciones del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000), para la población con bajo nivel de complejidad.

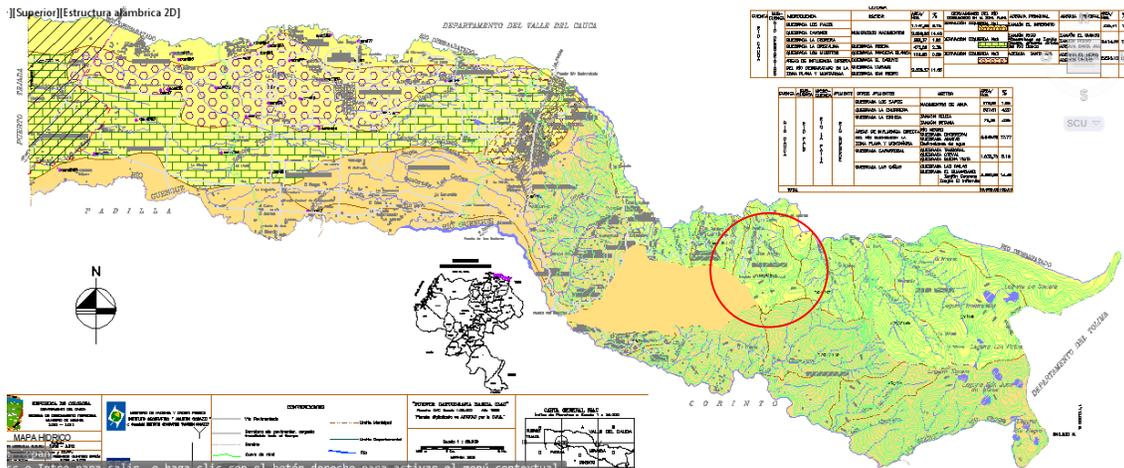
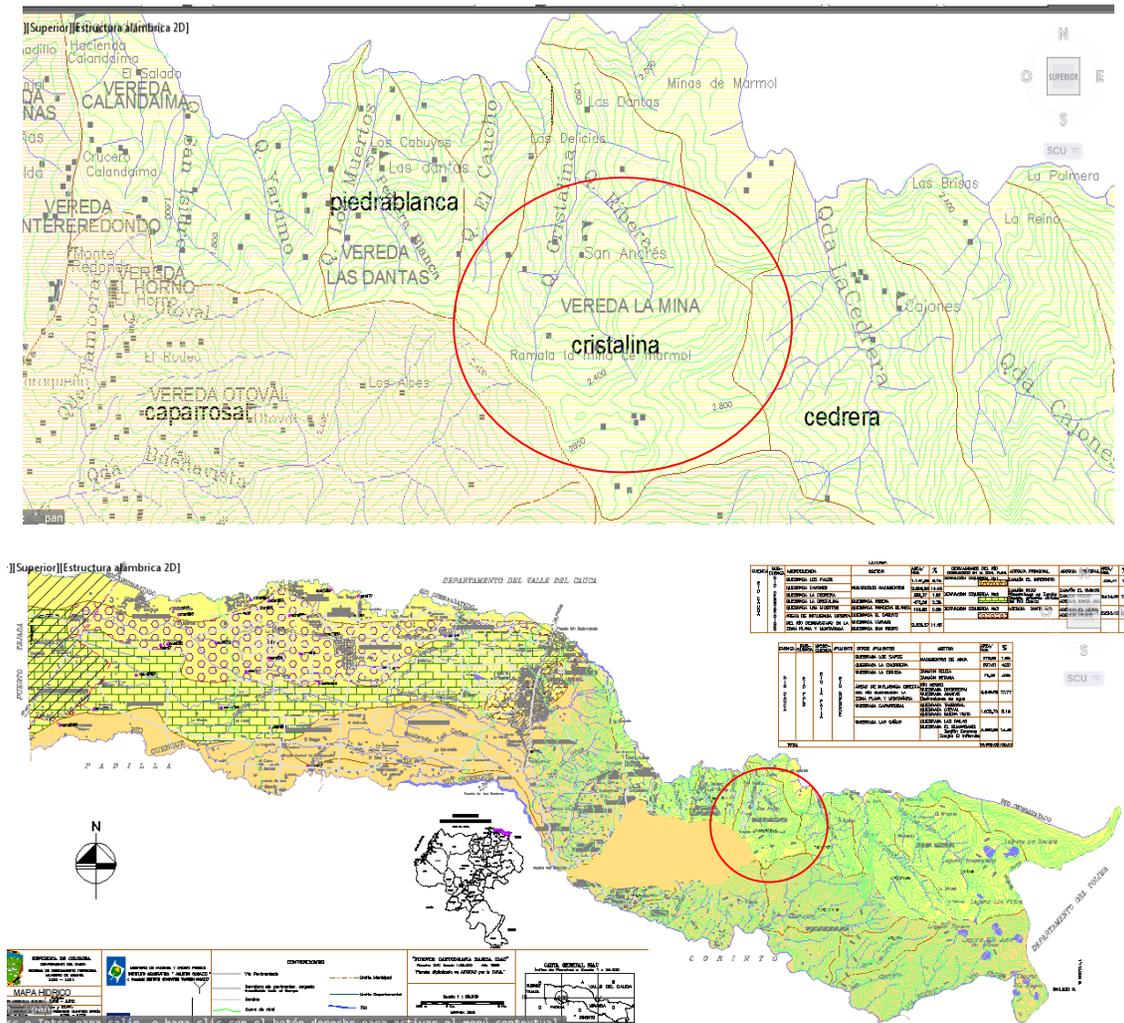
18. Referencias

- Diseño Acueducto Vereda el Retiro en el Municipio de Santa María (Boyacá).
- ROA Jaime Pedro Arbey. Bogota_200. Trabajo de grado (Ingeniería Civil).
Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería.
- Acueducto Veredal el Bizcocho (Programa para el uso eficiente y ahorro del agua ley 373 de 1997, OSPINA Camilo Andrés. San Rafael de Antioquia 2013
- Estudios y Diseños de un acueducto interveredal en la zona plana del municipio de Miranda Cauca, REYES Aponte Alexander. Miranda 2013.
- Planeación Municipal, Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)
- Empresas Municipales de Miranda Cauca, (EMMIR).
- VEN T. Chow, Hidráulica de canales abiertos. Bogotá: McGraw-Hill. Interamericana, 1994.
- Junta de Acción Comunal de la Vereda la Mina (JAC), censo 2005

- LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elemento de diseño para acueductos y alcantarillados. 2ed. Bogotá, 2003.
- LARA DE CASTILLO, Venidla. Acueductos. Universidad del Cauca, Popayán 1997
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico, Reglamento técnico del sector del agua potable y saneamiento básico, RAS 2000. República de Colombia, 2000)

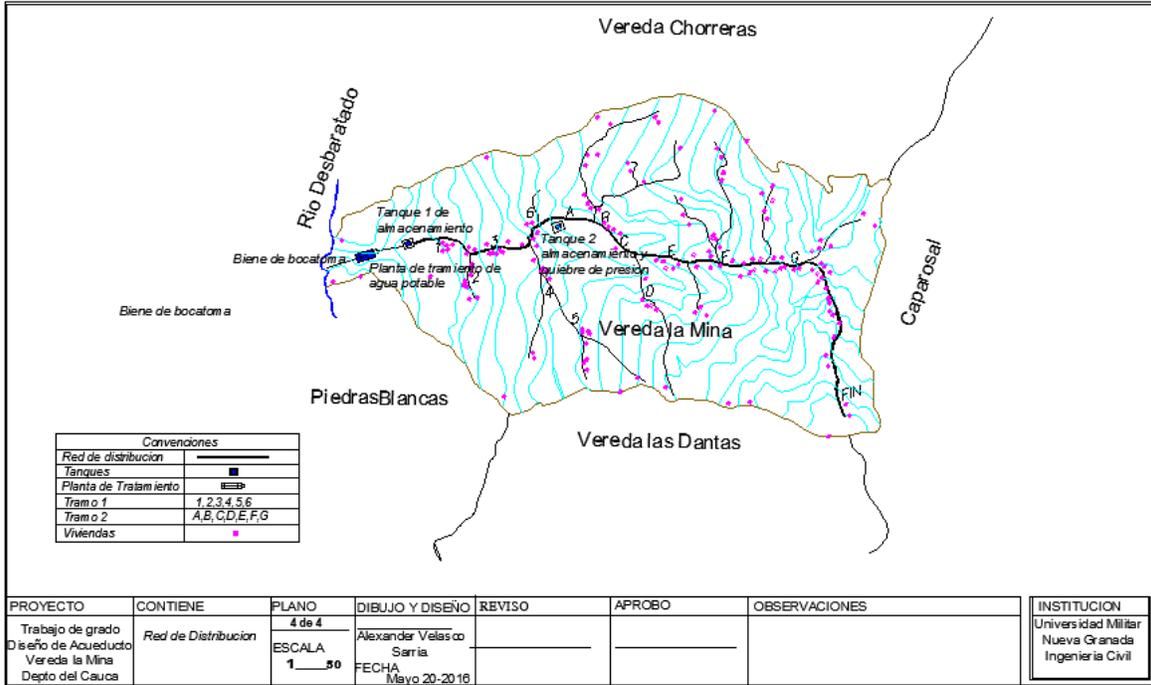
19. Anexos

19.1. Mapa hídrico del Municipio de Miranda Cauca



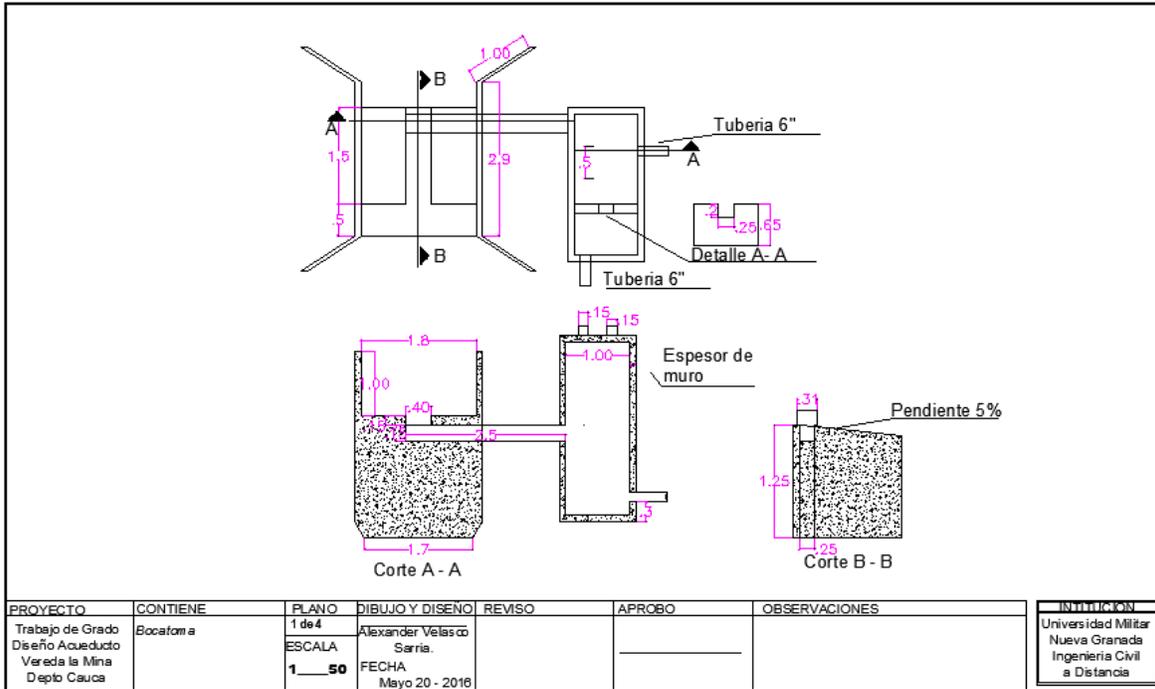
Fuente: Oficina de Planeación Municipal de Miranda Cauca

19.2. Red de Distribución



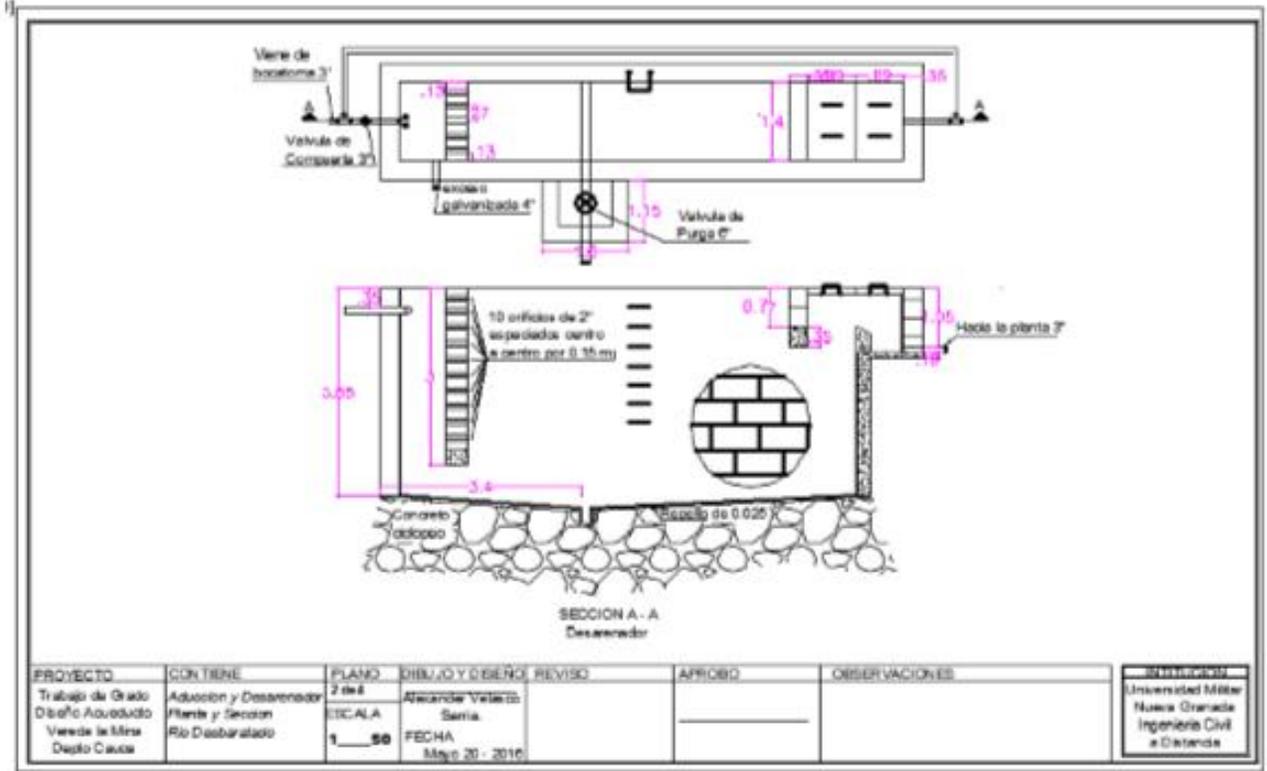
Fuente: Archivo Propio

19.3. Bocatoma



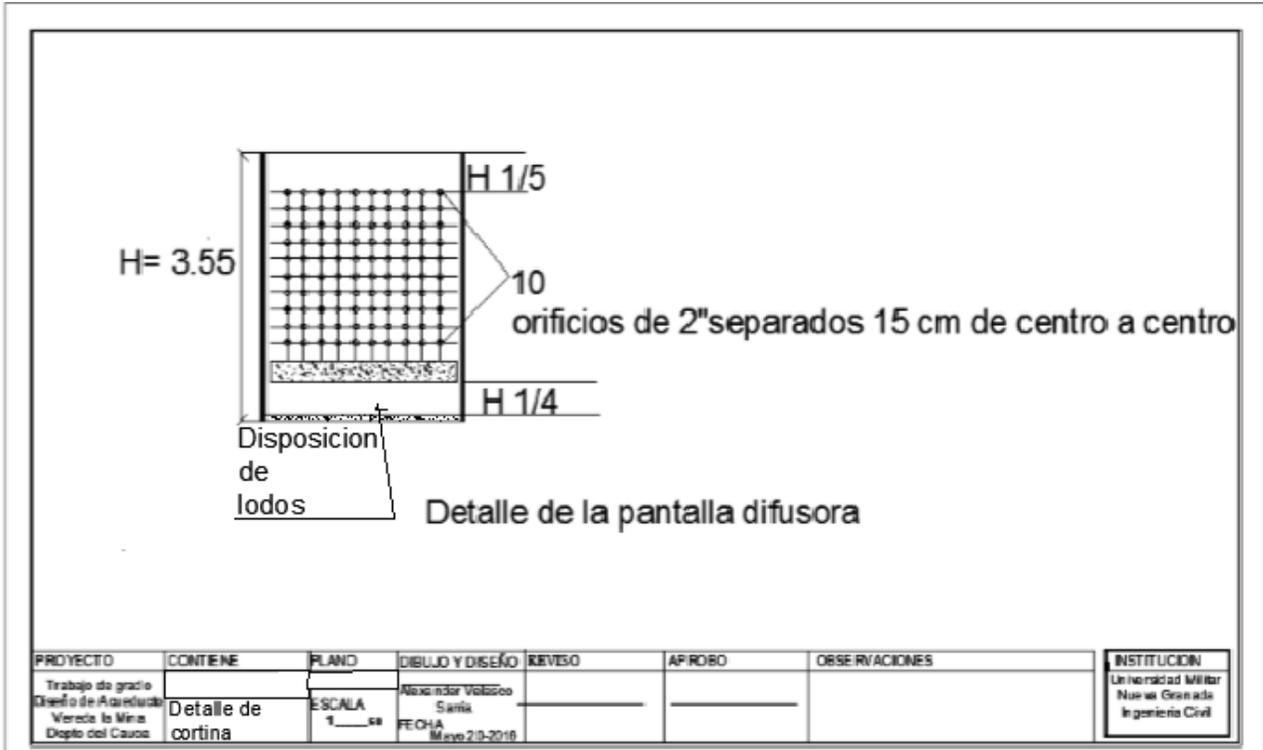
Fuente: Archivo Propio

19.4. Desarenador



Fuente: Archivo Propio

19.5. Detalle de cortina del desarenador.



Fuente: Archivo Propio

MONTERREDONDO	82	93	82	11	400	4,30107527
CARAQUEÑO	100	120	100	20	483	4,025
POTRERITO	62	78	62	16	237	3,03846154
EL CABILDO	153	228	153	75	714	3,13157895
CAPARROZAL	56	70	56	14	279	3,98571429
EL OTOVAL	45	56	45	11	168	3
LAS DANTAS	51	60	51	9	222	3,7
LA MINA	85	122	85	37	481	3,94262295
LA CALERA	81	104	81	23	356	3,42307692
CAJONES	6	7	6	1	27	3,85714286
DESBARATADO	29	42	29	13	164	3,9047619
TOTAL	1135	1467	1135	332		

Fuente: Oficina de Promotoría Municipal Miranda Cauca

Tabla 2. Censo 2016, Vereda La Mina

CENSO 2016 VEREDA LA MINA REALIZADA POR LA J.A.C		
DESCRIMINACION POBLACIONAL	CANTIDAD	PORCENTAJE
JOVENES	170	35,34303534
NIÑOS	98	20,37422037
ADULTOS	150	31,18503119
ANCIANOS	63	13,0977131
TOTAL	481	100

Fuente: Junta de Acción Comunal vereda La Mina Miranda Cauca

Tabla 3 Proyección de la población Vereda La Mina

AÑO CENSO	2000	2005	2010	2015
Planeación	No Hay Información	No Hay Información	320	No Hay Información
Sisben	114	256	290	440
Promotoría Municipal	No Hay Información	No Hay Información	No Hay Información	420
JAC	123	207	280	481

Fuente: Archivo Propio

Tabla 4. Sistemas de producción Vereda la Mina.

SISTEMAS DE PRODUCCION O EXTRACCION		
<i>AGRICOLA</i>	<i>PECUARIO</i>	<i>EXTRACCION</i>
Café	Ganaderia	Marmol
Frutos	Especies menores	Roca muerta
Flores		Material de rio

Fuente: Archvo propio

Tabla 5. Nivel de Complejidad para proyectos según RAS.

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

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

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

Fuente; RAS 2000

Tabla 6. Métodos de cálculo según RAS 2000

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + Geométrico + exponencial + otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

Fuente: RAS 2000

Tabla 7. Periodo de diseño según nivel de complejidad

Nivel de Complejidad del Sistema	Periodo de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: RAS 2000

Tabla 8. Características morfométricas de la subcuenca del río Desbaratado

PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Longitud del cauce principal	26.024	Km
Longitud de curvas	840.03	Km
Desnivel	0.1	
Número de tramos	26	
Pendiente del cauce según Taylor-Smith	11.67	%
Pendiente de la cuenca	91.117	%
Coefficiente de compacidad	1.53	
Coefficiente de forma	0.251	
Longitud axial	19.16	Km
Ancho promedio de la cuenca	4.81	Km ²
Densidad del drenaje	2.28	Km/Km ²
Forma de la cuenca	Oval-redondeada	
Cota de nacimiento	4000	m.s.m
Cota de desembocadura	980	m.s.m

Fuente: C.R.C. Evaluación del balance Oferta/ Demanda

Tabla 9. Dotación total

Tipos de usos	Consumo por uso L-hab-d
Residencial	115
Comercial	No evidencia
Industrial	No evidencia
Fines públicos	3.45
Escolar	No evidencia
Institucional	3.45
Dotación Total	121.9 L-hab-d

Fuente: Empresas Públicas Municipales de Miranda (EMMIR)

Tabla 10. Dotación neta según el nivel de complejidad del sistema.

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab·día)	Dotación neta máxima (L/hab·día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: RAS 2000

Tabla 11. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

Nivel de complejidad del sistema	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta
Bajo	40 %
Medio	30 %
Medio alto	25 %
Alto	20 %

Fuente: RAS 2000

Tabla 12. Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k_1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Fuente: RAS 2000

Tabla 13. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución.

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Fuente: RAS 2000

Tabla 14. Evolución de la población, dotación y la demanda durante el periodo de diseño

AÑO	HABITANTES	DOTACION NETA MAXIMA	DOTACION BRUTA	Qmd	QMD	QMH
2016	481	150	250	1,39178241	1,80931713	2,89490741
2017	509,86	150	250	1,47528935	1,91787616	3,06860185
2018	528,138	150	250	1,52817708	1,98663021	3,17860833
2019	543,53	150	250	1,57271412	2,04452836	3,27124537
2020	562,289	150	250	1,62699363	2,11509172	3,38414676
2021	577,2	121,9	203,7	1,36082917	1,76907792	2,83052467
2022	596,44	121,9	203,7	1,40619014	1,82804718	2,92487549
2023	615,68	121,9	203,7	1,45155111	1,88701644	3,01922631
2024	634,92	121,9	203,7	1,49691208	1,94598571	3,11357713
2025	654,16	121,9	203,7	1,54227306	2,00495497	3,20792796
2026	678,21	100	166,7	1,30853712	1,70109825	2,72175721
2027	697,45	100	166,7	1,34565874	1,74935636	2,79897018
2028	721,5	100	166,7	1,39206076	1,80967899	2,89548639
2029	745,55	100	166,7	1,43846279	1,87000163	2,9920026
2030	769,119	100	166,7	1,48393677	1,92911781	3,08658849

Fuente: Archivo propio

Tabla 15: Numero de Hazen

condiciones	Remoción (%)							
	87,5	80	75	70	65	60	55	50
n=1	7	4	3	2,3	1,8	1,5	1,3	1
n=3	2,75		1,66					0,76
n=4	2,37		1,52					0,73
Máximo teórico	0,88		0,75					0,5

Fuente: RAS 2000

Tabla 16. Resultados para el diseño del canal recolector

Q(L/s)	b(m)	L(m)	X _i (m)	X _s (m)	B _{libre}
36	0,25	1,8	0,13	0,27	0,18

Fuente: Archivo propio

Tabla 17. Resultados para el diseño de la caja de derivación

QMD (L/s)	D (m)		D (pulgadas)	h (m)	V(m/s)	S (m)
2.11	0.152		6	0.20	0.115	0.032

Fuente: Archivo propio

Tabla 18. Presiones mínimas en la red de distribución

Nivel de complejidad	Presión mínima (kPa)	Presión mínima (metros)
Bajo	98.1	10
Medio	98.1	10
Medio alto	147.2	15
Alto	147.2	15

Fuente: RAS 2000

Tabla 159. Presiones en la red desde los tanques 1 y 2

PUNTO		CAUDAL (l/s)	DIAMETRO (pulgadas)	LONGITUD (m)	PERDIDAS (hf en m)	VELOCIDAD (m/s)	PRESION DINAMICA	PRESION ESTATICA
INICIAL	FINAL							
TANQUE 1		0	0	0	0	0	0	0
TANQUE 1	1	11	3	89	5,56	2,21	33,26	37,62
1	2	10,2	3	112	6,58	2,1	45,96	57,2
2	3	7,6	2	83	9,26	2,76	40,9	72,2
3	4	4,3	2	91	8,56	2,22	52,69	91
4	5	3,8	2	85	6,2	1,91	59,87	105,6
5	6	2,3	2	104	3,06	1,22	60	109
TANQUE 2								
TANQUE 2	6	11,5	4	124	3,09	1,67	11,69	15,06
6	A	11,3	3	63	5,86	2,91	12,1	21
A	B	10,5	3	86	5,74	2,29	18,89	33
B	C	8,5	3	100	4,21	1,76	21,91	40,5
C	D	7,8	3	132	10,98	2,35	15,69	46,58
D	E	6,5	3	184	12,7	2	29,05	72
E	F	4,1	2	178	14,6	1,92	52,86	111,2
F	G	2,2	2	30	0,79	1	57,1	118
G	FINAL	0,5	2	48	0,1	0,3	63,16	122,5

Fuente: Archivo propio

Tabla 20. Diámetros mínimos de la red matriz

Nivel de complejidad de sistema	Diámetro mínimo
Bajo	64 mm (2.5 pulgadas)
Medio	100 mm (4 pulgadas)
Medio alto	150 mm (6 pulgadas)
Alto	300 mm (12 pulgadas) o más según diseño

Fuente: RAS 2000

Tabla 161. Curva de demanda horaria

HORAS		CONSUMO (%)		LINEA DE		LINEA PARA
DE	A	PARCIAL	ACUMULADO	APORTES	ACUM-APORT	CALCULO YMD
	6:00.00 am	0	0.0	0.0		23.12
6:00.00 am	7:00.00 am	9.1	9.1	4.17	4.93	27.29
7:00.00 am	8:00.00 am	8.2	17.3	8.34	8.96	31.46
8:00.00 am	9:00.00 am	7.4	24.7	12.51	12.19	35.63
9:00.00 am	10:00.00 am	5.5	30.2	15.68	13.52	39.8
10:00.00 am	11:00.00 am	5	35.2	20.85	14.35	43.97
11:00.00 am	12:00.00 pm	5.2	40.4	25.02	15.38	48.14
12:00.00 pm	1:00.00 pm	6.7	47.1	29.19	17.91	52.31
1:00.00 pm	2:00.00 pm	5.7	52.8	33.36	19.44	56.48
2:00.00 pm	3:00.00 pm	4	56.8	37.53	19.27	60.65
3:00.00 pm	4:00.00 pm	3.1	59.9	41.7	18.2	64.82
4:00.00 pm	5:00.00 pm	3.6	63.5	45.87	17.63	68.99
5:00.00 pm	6:00.00 pm	6	69.5	50.04	19.46	73.16
6:00.00 pm	7:00.00 pm	7	76.5	54.21	22.29	77.33
7:00.00 pm	8:00.00 pm	5	81.5	58.38	23.12	81.5
8:00.00 pm	9:00.00 pm	4	85.5	62.55	22.95	85.67
9:00.00 pm	10:00.00 pm	3	88.5	66.72	21.78	89.84
10:00.00 pm	11:00.00 pm	2	90.5	70.89	19.61	94.01
11:00.00 pm	12:00.00 am	1.4	91.9	75.06	16.84	98.18
12:00.00 am	1:00.00 am	0.7	92.6	79.23	13.37	
1:00.00 am	2:00.00 am	0.4	93	83.4	10.4	
2:00.00 am	3:00.00 am	0.4	93.4	87.57	5.83	
3:00.00 am	4:00.00 am	0.4	93.8	91.74	2.06	
4:00.00 am	5:00.00 am	1.7	95.5	95.91	0.41	
5:00.00 am	6:00.00 am	4.5	100	100.08		

Fuente: Archivo Propio

Tabla 22. Periodo de diseño, según el nivel de complejidad del sistema.

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño
Bajo	20 años
Medio	25 años
Medio alto	30 años
Alto	30 años

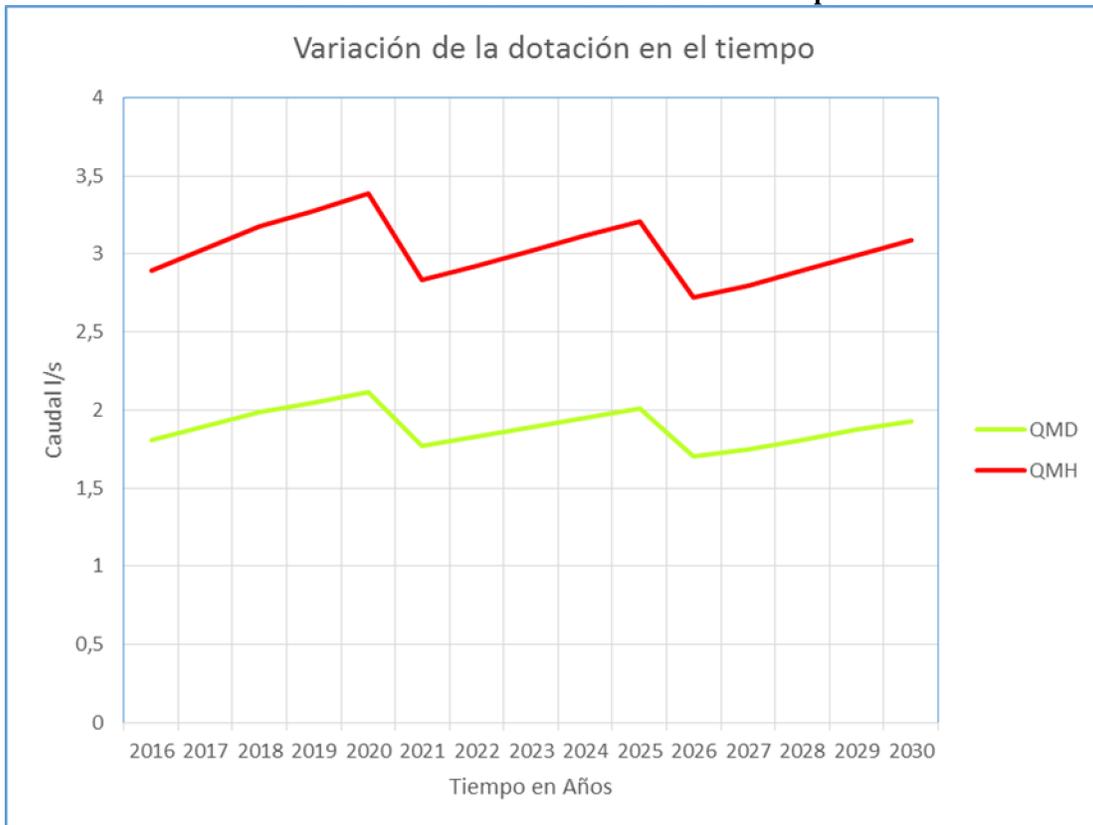
Fuente: RAS 2000

Tabla 173. Diseño para el tanque de almacenamiento.

DISEÑO PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
QMD		2,11	L/s	
VMD_{100%}		163,85	m ³	
VMD			RAS (B.9.4.4)	
VMD (RAS)		54,61	m ³	
VMD (prom)		47,09	m ³	
VOLUMEN ASUMIDO		45	m ³	
VOLUMEN PARA CADA TANQUE		22,5	m ³	
DIMENSIONES PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
H(m)	B(m)	L(m)	VOLUMEN m³	BORDE LIBRE (m)
3,5	3,5	2,15	26,34	0,32

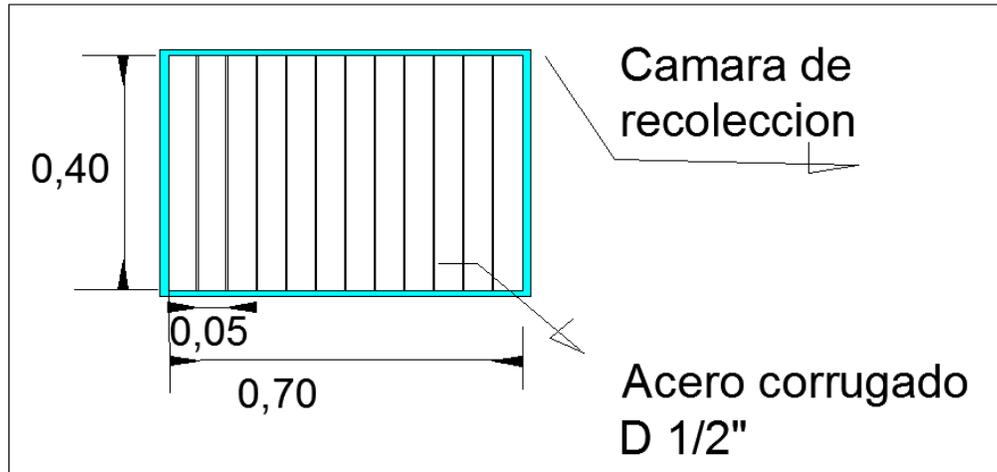
Fuente: Archivo Propio

Ilustración 1. Variación de la dotación en el tiempo



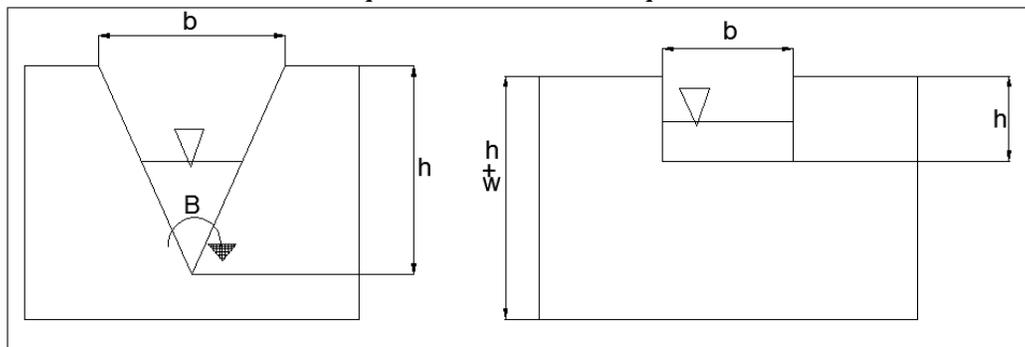
Fuente: Archivo Propio

Ilustración 2. Esquema de rejilla.



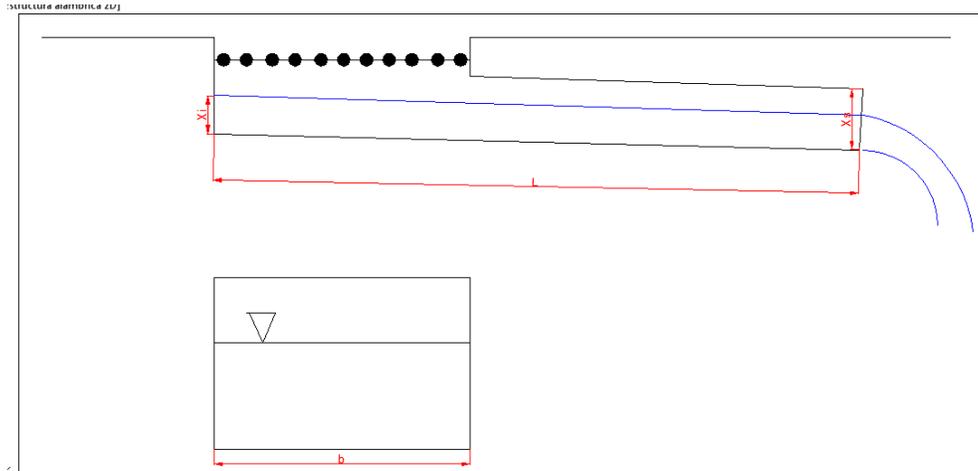
Fuente: Archivo Propio

Ilustración 3. Esquema de los vertederos que serán utilizados.



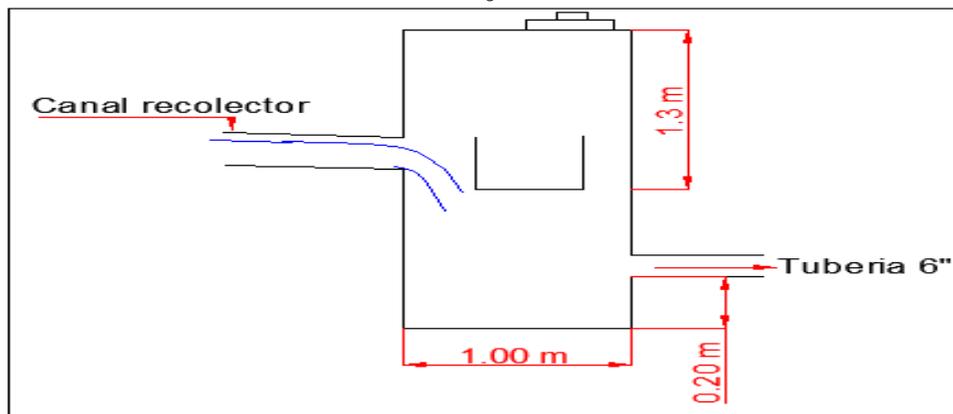
Fuente: Archivo Propio

Ilustración 4. Canal Recolector.



Fuente: Archivo Propio

Ilustración 5. Caja de derivación



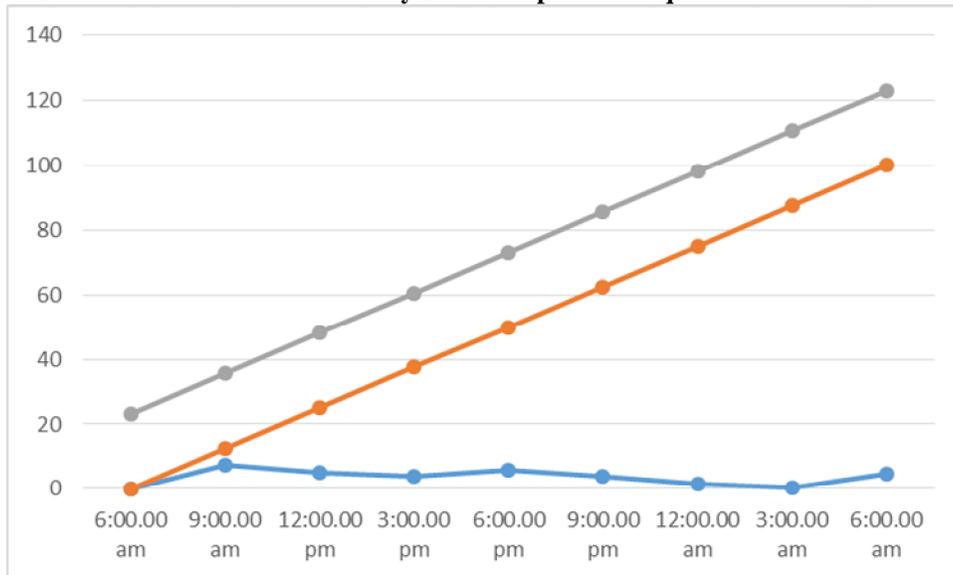
Fuente: Archivo propio

Ilustración 6. Variación Horaria del Consumo



Fuente: Archivo Propio

Ilustración 7. Curvas de Oferta y Demanda para el tanque de almacenamiento.



Fuente: Archivo Propio
