

ACOMPañAMIENTO TÉCNICO EN LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE  
CONSTRUCCIÓN DEL ACUEDUCTO REGIONAL DEL CORREGIMIENTO EL  
CARMEN, MUNICIPIO DE SAN LORENZO – NARIÑO, EN LA ETAPA DE  
CONCEPTUALIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN

LUIS ANDRÉS RUIZ GAVIRIA



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL  
POPAYÁN

2014

ACOMPañAMIENTO TÉCNICO EN LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO DE  
CONSTRUCCIÓN DEL ACUEDUCTO REGIONAL DEL CORREGIMIENTO EL  
CARMEN, MUNICIPIO DE SAN LORENZO – NARIÑO, EN LA ETAPA DE  
CONCEPTUALIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN

LUIS ANDRÉS RUIZ GAVIRIA

Informe final de Trabajo de Grado, de Practica Profesional Empresarial, presentado como  
requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Directora  
**MARÍA ELENA CASTRO CAICEDO**  
Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2014

## CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN .....	9
1. OBJETIVOS .....	10
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2. MARCO REFERENCIAL.....	11
2.1. EMPRESA RECEPTORA.....	11
2.2. MARCO LEGAL.....	11
2.3. MARCO TEÓRICO.....	12
2.3.1. Estudios previos.....	12
2.3.2. Aspectos generales de la zona de proyecto.....	12
2.3.3. Descripción de la infraestructura existente para el abastecimiento de agua.....	12
2.3.4. Estimación de la población.....	12
2.3.5. Definición del nivel de complejidad del proyecto.....	13
2.3.6. Identificación de las fuentes.....	13
2.3.7. Caudales de diseño.....	13
3. METODOLOGÍA.....	14
3.1. IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ACUEDUCTOS RURALES DEL CORREGIMIENTO EL CARMEN.....	14
3.2. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DEL ACUEDUCTO REGIONAL.....	14
3.3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ABASTECIMIENTO DEL SISTEMA.....	15
3.4. IDENTIFICACIÓN DE PROPIETARIOS DE POSIBLES PREDIOS PARA EMPLAZAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS.....	15
4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE ACUEDUCTOS RURALES DEL CORREGIMIENTO DEL CARMEN, MUNICIPIO DE SAN LORENZO – NARIÑO .....	16
4.1. ACUEDUCTO DEL CASERÍO DEL CORREGIMIENTO DEL CARMEN.....	17
4.1.1. Evaluación de las estructuras hidráulicas.....	17

4.2.	ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA DE SAN CLEMENTE .....	20
4.2.1.	Acueducto del caserío .....	21
4.2.2.	Acueducto Rural sector San Francisco .....	23
4.3.	ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA SAN VICENTE.....	24
4.3.1.	Acueducto principal. ....	25
4.3.2.	Evaluación del Mini acueducto del sector de Santa Mónica.....	28
4.4.	ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA SAN JOSÉ ALTO.....	29
4.4.1.	Acueducto 1. ....	31
4.4.2.	Acueducto 2 .....	32
4.5.	ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA SAN JOSÉ BAJO.....	33
4.6.	ACUEDUCTO RURAL VEREDA VALPARAÍSO ALTO .....	35
4.6.1.	Evaluación de las Estructuras Hidráulicas del sistema .....	36
4.7.	ACUEDUCTO DE LA VEREDA VALPARAÍSO BAJO.....	38
4.7.1.	Mini Acueducto.....	38
	Figura 16. Mini Acueducto de la vereda Valparaíso Bajo .....	39
4.7.2.	Acueducto central .....	39
4.7.3.	Acueducto Turín .....	41
4.7.4.	Soluciones individuales.....	42
4.8.	ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA MADROÑERO.....	42
4.8.1.	Evaluación de las estructuras hidráulicas del sistema:.....	43
4.9.	CONFORMACIÓN DE LAS JUNTAS DE ACUEDUCTOS DEL CORREGIMIENTO EL CARMEN.....	48
5.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DEL ACUEDUCTO REGIONAL. ....	49
5.1.	CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA .....	49
5.1.1.	Método geométrico .....	49
5.1.2.	Método exponencial.....	50
5.1.3.	Método aritmético .....	50
	Fuente propia .....	50
5.2.	CÁLCULO DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD Y PERÍODO DE DISEÑO .....	50
5.3.	CÁLCULO DE DOTACIÓN NETA Y DOTACIÓN BRUTA.....	51
5.4.	CALCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.....	51

6. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DEL SISTEMA .....	53
6.1. EVALUACIÓN DE LA CUENCA EL MOLINO.....	53
6.1.1. Mediciones de caudal.....	54
6.1.3. Alternativas de diseño para el sistema de distribución final. ....	56
6.1.4. Consideraciones para el diseño .....	57
6.2. EVALUACIÓN DE LA CUENCA QUEBRADA GRANDE.....	57
6.2.2. Posible ubicación de la bocatoma. ....	58
6.2.3. Mediciones de caudal.....	59
6.2.4. Posible ubicación de una cámara de quiebre, la planta de tratamiento y el tanque de distribución. ....	60
6.2.5. Alternativas de diseño para la distribución final.....	61
6.2.6. Consideraciones para el diseño .....	61
6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CUENCAS .....	61
6.3.1. Resultado del análisis de calidad de agua de Quebrada Grande. ....	62
6.3.2. Análisis de resultados de la muestra de agua .....	64
7. LISTA DE PROPIETARIOS DE LOS PREDIOS DONDE PODRÍAN EMPLAZARSE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DEL SISTEMA. ....	65
7.1. CUENCA EL MOLINO .....	65
7.2. QUEBRADA GRANDE.....	65
8. CONCLUSIONES .....	66
9. RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	69
WEB GRAFÍA.....	69

## LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Corregimiento El Carmen.....	16
Figura 2. Bocatoma principal y Tanque colector.....	18
Figura 3. Estructuras entre la bocatoma y el tanque de distribución. ....	18
Figura 4. Captación Auxiliar.....	19
Figura 5. Acueducto La Legua.....	21
Figura 6. Antiguo Acueducto de la Vereda San Clemente .....	22
Figura 7. Filtro lento de arena del acueducto antiguo.....	23
Figura 8. Acueducto “El Muyo” sector San Francisco .....	24
Figura 9. Captación Antigua de la Vereda San Clemente.....	26
Figura 10. Captación Auxiliar, caseta de cloración y tanque de distribución.....	27
Figura 11. Mini acueducto del sector de Santa Mónica .....	29
Figura 12. Acueducto 1 de la Vereda San José Alto.....	31
Figura 13. Acueducto 2 de la Vereda San José Alto.....	32
Figura 14. Acueducto rural de la vereda San José bajo .....	34
Figura 15. Acueducto rural de la vereda Valparaíso Alto.....	37
Figura 16. Mini Acueducto de la vereda Valparaíso Bajo .....	39
Figura 17. Acueducto centralde la vereda Valparaíso Bajo .....	40
Figura 18. Acueducto Turin .....	41
Figura 19. Primer acueducto Vereda Madroñero.....	44
Figura 20. Segundo acueducto .....	45
Figura 21. Estructuras hidráulicas del Tercer Acueducto .....	47
Figura 22 Mediciones de caudal y posibles ubicaciones para la captación .....	53
Figura 23. Posibles Zonas para la planta de tratamiento y el tanque de distribución .....	56
Figura 24. Posible ubicación de la captación y el desarenador.....	58
Figura 25. Lugares viables para, la planta de tratamiento y el tanque de distribución. ....	60
Figura 26. Muestreo y análisis de agua en Quebrada Grande.....	63

## LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Juntas de acueducto de las veredas del Corregimiento el Carmen .....	48
Tabla 2. Datos de Población del Corregimiento El Carmen .....	49
Tabla 3. Resumen de la proyecciones de población .....	50
Tabla 4. Resumen de datos de proyección .....	51
Tabla 5. Resumen de caudales de diseño .....	52
Tabla 6. Resumen de la Evaluación de las cuencas El Molino y Quebrada Grande.....	62
Tabla 7. Clasificación del tipo de fuente para Quebrada Grande según la calidad de agua	63
Tabla 8. Propietarios de predios cuenca El Molino .....	65
Tabla 9. Propietarios de predios cuenca Quebrada Grande .....	65

## LISTA DE ANEXOS

### A. MATERIAL RAS 2002

	Pag
A 1. Tabla A.3.1 Asignación del nivel de complejidad .....	70
A 2. Tabla B.4.2 Período de diseño según el Nivel de Complejidad del Sistema .....	70
A 3. Tabla B.2.5 Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema .....	70
A 4. Tabla B.2.6 Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución.....	71
A 5. Tabla C.2.1 Calidad de la fuente .....	72

### B. CÁLCULOS DE CAUDALES

	Pag
B 1. Mediciones de caudal cuenca El Molino.....	73
B 2. Mediciones de caudal en la Quebrada Grande .....	74

### C. ANÁLISIS DE AGUA

	Pag
C 1. Resultado del analisis de agua en quebrada grande.....	76

### D. LISTA DE PLANOS

	Pag
Plano 1. Corregimiento El Carmen .....	77
Plano 2. Acueductos visitados .....	78
Plano 3. Estudio de cuencas .....	79
Plano 4. Posible Ubicación de Estructuras hidráulicas en la cuenca el molino .....	80
Plano 5. Alternativa de Diseño para la cuenca El Molino .....	81
Plano 6. Posible Ubicación de Estructuras hidráulicas en la Quebrada Grande .....	82
Plano 7. Primera alternativa de distribución en Quebrada Grande .....	83
Plano 8. Segunda opción de distribución en Q. Grande.....	84
Plano 9. Tercera opción de distribución en Q. Grande .....	85

## INTRODUCCIÓN

Un estudio realizado en América latina a los acueductos existentes en áreas rurales, demostró que la mala operación y el escaso mantenimiento están generalizados, también que el tratamiento del agua no es eficiente, se estima que solo el 41% de las aguas entregadas a la población recibían una adecuada desinfección.<sup>1</sup> En Colombia el servicio de agua potable en zona rural es deficiente y las medidas para mejorar la calidad no van más allá de corregir las dificultades técnicas y los posibles factores de riesgo de contaminación de las fuentes de abastecimiento.<sup>2</sup>

El Corregimiento El Carmen, del municipio de san Lorenzo, departamento de Nariño, en la actualidad cuenta con un sistema de acueductos rurales, que abastecen independientemente a cada una de las 7 veredas que son Valparaíso (Alto y Bajo), San José (Alto y Bajo), San Vicente (sector Caserío y Santa Mónica), San Clemente (sector caserío y San Francisco) y Madroñero, actualmente múltiples factores como la sequía, la deforestación de las cuencas, el mal uso del agua, las prácticas agrícolas, la ganadería, la deforestación y las deficiencias en las estructuras hidráulicas de los acueductos existentes han ocasionado problemas de salud pública principalmente en los niños de la región por el aumento de enfermedades gastrointestinales y en la piel por la ingesta del líquido sin el tratamiento adecuado.

Por estas razones el mejoramiento de la calidad y la prestación del servicio de agua potable en las zonas rurales se ha convertido en una prioridad fundamental según los Lineamientos de la Política de Agua Potable para la Zona Rural de Colombia, se ha previsto que en el año 2019 cuando el País celebra su segundo centenario, las metas de cobertura para el servicio de acueducto rural y otras soluciones de abastecimiento de agua serán del 82.2%; por lo tanto el propósito de este trabajo fue el apoyo técnico a la empresa que realiza los estudios previos de conceptualización y planificación requeridos para el posterior diseño de un acueducto Regional para el Corregimiento El Carmen, para lo cual se realizó el diagnóstico de las estructuras hidráulicas en los acueductos existentes, así mismo se hicieron los estudios en dos posibles fuentes para el abastecimiento y se indicó la posible ubicación de las estructuras del sistema de distribución en su trayecto hacia la población.

---

<sup>1</sup> SOLSONA, Felipe; MÉNDEZ, Juan Pablo, Au. Institucional CEPIS; OPS; EPA; Desinfección de Agua. Lima 2002.

<sup>2</sup> Francis Guillemin et al., 1991 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004313549190139H>.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

- Apoyar técnicamente en la planificación y conceptualización del estudio de viabilidad, para el diseño y posterior construcción de un acueducto Regional para el corregimiento El Carmen y sus Veredas.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y evaluar el estado de las estructuras hidráulicas de los acueductos rurales del Corregimiento El Carmen.
2. Determinar y calcular los parámetros básicos para el diseño del Acueducto Regional.
3. Identificar posibles fuentes para el abastecimiento, realizar en ellas mediciones de caudales y establecer posibles ubicaciones para el emplazamiento de las diferentes estructuras de este sistema de abastecimiento de agua.
4. Identificar los dueños de los predios donde podrían ser ubicadas las estructuras hidráulicas del Acueducto Regional y la línea de conducción.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. EMPRESA RECEPTORA

La alcaldía de San Lorenzo contrató al Ingeniero Especialista Jairo Andrés Bravo Guerrero con registro de la Cámara de Comercio NIT: 76327991 – 5, el contratista fue la persona encargada de la ejecución del proyecto, al cual se le brindó el acompañamiento técnico mediante la modalidad de pasantía.

### 2.2. MARCO LEGAL

- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000 sección I, Título A; Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico
- Resolución N° 2320 de 2009, Por la cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-
- Resolución N° 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Ley 388 de 1997, artículo 16 por la cual la ejecución de obras relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico se debe llevar obligatoriamente a cabo con sujeción al Plan de Ordenamiento Territorial de cada localidad.
- Ley 99 del 1993, artículo 43; todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, deberá observar y contemplar el pago de las Tasas por Utilización de Aguas.

## 2.3.MARCO TEÓRICO

### 2.3.1. Estudios previos.<sup>3</sup>

La formulación y el diseño de acueductos rurales comienzan con la identificación y concepción del proyecto lo cual requiere de suficiente información básica y estudios previos como soporte fundamental del proceso. Dependiendo de las características del sistema a diseñar, de la zona, condiciones sociales y económicas de la población, fuentes y demás aspectos relevantes, dichos estudios podrán ser complementados y profundizados de acuerdo con las necesidades del proyecto.

### 2.3.2. Aspectos generales de la zona de proyecto.

Para el diseño adecuado de los sistemas de acueducto rurales es necesario conocer los aspectos generales de la zona a abastecer: el perímetro de servicio (cota de servicio), las demandas de agua presentes y futuras y la topografía detallada del sector. La información detallada se puede obtener en dependencias tales como la oficina de Planeación Municipal, la de Obras Públicas, Empresas de Servicios Públicos, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC para la cartografía de la zona, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE y la Unidad Municipal de Asistencia Técnica – UMATA.

### 2.3.3. Descripción de la infraestructura existente para el abastecimiento de agua.

Para reducir costos en la ejecución del proyecto, se debe realizar una verificación física y una evaluación del estado de funcionamiento de la infraestructura existente para el abastecimiento de agua, con el fin de determinar qué componentes pueden incorporarse en el proyecto a diseñar. En este proceso es necesario identificar las actividades que se realizan como parte de la operación del sistema, los materiales, especificaciones, trazados y diámetros de las redes existentes y de las estructuras construidas como captaciones y almacenamientos. La anterior información permitirá decidir, cuando existan acueductos, el procedimiento conveniente a seguir, ya sea elaborando un proyecto totalmente nuevo o si se amplía, modifica o recupera el sistema de acueducto existente.

### 2.3.4. Estimación de la población.

---

<sup>3</sup> Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS – Título J Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector Rural.

Se debe desarrollar un trabajo de campo en el cual se recopile la mayor información posible sobre la cantidad de habitantes, incluidos los aspectos sociales y culturales, en caso de requerirse la realización del censo, se deben tener en cuenta características como la densidad y distribución de la población para cada caso en particular. Para esto se considerará el comportamiento de la población en los últimos años y así verificar si existen poblaciones migratorias y flotantes, especialmente en zonas de cultivos intensivos que requieran mano de obra adicional en los meses de cosecha.

#### 2.3.5. Definición del nivel de complejidad del proyecto.

Una vez identificada la necesidad de servir a la población rural de una zona con un sistema de acueducto, el paso a seguir es la definición del nivel de complejidad del proyecto de acuerdo con los artículos 11 y 12 de la Resolución 1096 de 2000.

#### 2.3.6. Identificación de las fuentes.

En esta fase se requiere identificar las fuentes de agua con que cuenta la zona, y aquellas que por su localización geográfica y por su caudal, en una cota deseable para el proyecto, se deben estudiar a profundidad; en cada una de ellas se deben realizar aforos, los cuales se recomienda efectuar en épocas de verano con el fin de verificar que el caudal en los días de sequía sea suficiente para servir a la población afectada por el proyecto, no se debe captar la totalidad del agua de una fuente superficial. Siempre se debe dejar un caudal ecológico que permita la continuidad de la actividad natural aguas abajo de la captación.

#### 2.3.7. Caudales de diseño.

Los caudales de diseño deben definirse teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2320 de 2009 sobre dotaciones y periodos de diseño, se denominaran como (QMD = Caudal Máximo Diario) y (QMH = Caudal Máximo Horario), si el sistema de acueducto no contempla la construcción de tanques de compensación, la planta de potabilización debe ser diseñada para atender el caudal máximo horario QMH.

### 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo de grado en modalidad de pasantía se utilizó un tiempo de cinco (5) meses, con 8 horas diarias durante los días viernes, Sábado, Domingo y Lunes, bajo la Coordinación del Ingeniero Civil Jairo Andrés Bravo Guerrero egresado de la Universidad del Cauca quien está inscrito ante la cámara de comercio mediante el NIT 76327991 - 5 y bajo la figura de empresa pequeña, fue contratado para desarrollar la consultoría de la viabilidad de un acueducto Regional para el Corregimiento El Carmen por la administración municipal y bajo la supervisión del Secretario de planeación Jader Gaviria del municipio de San Lorenzo Nariño; en la parte académica, se contó con la supervisión y asesoría de la Ingeniera María Elena Castro docente del Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca.

Se desarrolló la siguiente metodología, para lograr el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados en este trabajo de Grado, para esta finalidad se utilizó una constante revisión y documentación bibliográfica.

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ACUEDUCTOS RURALES DEL CORREGIMIENTO EL CARMEN.

Mediante visitas técnicas a cada uno de los acueductos rurales existentes en las veredas del Corregimiento, se tomaron las medidas geométricas de las estructuras hidráulicas, así como también el tipo de material con el que fueron construidas, los diámetros de las tuberías que las comunican, también se verificó si existen fugas en los tanques o en las tuberías que complementan el sistema de distribución y se recopiló material fotográfico que contribuyó para determinar el estado actual de cada acueducto y además se indagó sobre todos los procedimientos y operaciones que se llevan a cabo para su mantenimiento.

#### 3.2. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DEL ACUEDUCTO REGIONAL.

Se determinaron los caudales de diseño; Caudal Mínimo, Caudal Máximo, Caudal Medio, Caudal Medio diario, utilizando métodos establecidos por la RAS 2000, además se tuvo en cuenta la información contenida en el POT del municipio y también datos puntuales del Corregimiento obtenidos por el Ente contratante, con los cuales se estimó la población actual (2013), la población de diseño, se determinó la capacidad económica mediante las visitas a la comunidad y de esta manera se obtuvo el periodo de diseño que debería tener este proyecto.

### 3.3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES DE ABASTECIMIENTO DEL SISTEMA.

Se utilizó el plano del Corregimiento del POT del año 2002, para determinar que fuentes podrían usarse para el suministro, también se utilizó la información de la comunidad, con lo que se pudo realizar los estudios de viabilidad en dos fuentes hídricas, donde se realizaron mediciones de caudales con un molinete sónico de alta precisión, además se establecieron posibles puntos donde podrían ubicarse las estructuras de captación, tratamiento y almacenamiento teniendo en cuenta diferencias de niveles entre ellos, estos puntos fueron referenciados mediante la utilización de un GPS, también se tomaron fotografías de estos lugares, adicionalmente en los recorridos de las cuencas se determinaron posibles riesgos y amenazas naturales y antrópicas que puedan generar inconvenientes durante la realización de las obras o la operación del acueducto regional, luego de esta evaluación se determinó cual fuente era la más viable y se procedió a realizar el análisis de calidad de agua requerido para esta fuente.

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE PROPIETARIOS DE POSIBLES PREDIOS PARA EMPLAZAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Una vez fueron seleccionados los puntos que por diferencia de niveles y que por ubicación podrían contar con áreas donde se podría construir las diferentes estructuras hidráulicas que se requerirían para el acueducto Regional, se procedió a realizar entrevistas a habitantes de estos sectores para pedir información sobre los propietarios de estos predios y de esta manera se organizó una reunión con ellos para determinar si estarían dispuestos a llegar a un posterior acuerdo que permita realizar todas las obras que fuesen hacer necesarias es sus predios.

#### 4. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE ACUEDUCTOS RURALES DEL CORREGIMIENTO DEL CARMEN, MUNICIPIO DE SAN LORENZO – NARIÑO

El corregimiento El Carmen, (Figura 1) es después de la zona urbana del municipio de San Lorenzo el segundo sector en importancia económica y también la segunda población más grande de la cabecera municipal, la economía del sector está representada principalmente por la agricultura siendo el café el principal producto, existen cultivos representativos de lulo, tomate, plátano, diferentes tipos de frutales entre otros; también la ganadería es una fuente de ingresos de algunas familias así como la cría y comercialización de otras especies menores como cerdos, gallinas, cuyes entre otros. (*Ver Anexos Plano 1*)

Figura 1. Corregimiento El Carmen.



La zona exhibe una gran riqueza hídrica representada en muchas cuencas que principalmente son escorrentías superficiales de aguas subterráneas, algunas de ellas son usadas para alimentar la red de acueductos rurales que suministra agua a los habitantes de las veredas del corregimiento, también son usadas para la agricultura en algunas labores como lavado del café en época de cosechas, riego de cultivos y para el consumo de los animales.

En la actualidad múltiples factores como la sequía, la deforestación de las cuencas, el mal uso del agua, las prácticas agrícolas, la ganadería y las deficiencias en las estructuras de los acueductos existentes han ocasionado problemas en la calidad y en el suministro del recurso, mediante este informe, se recopiló información del sistema de acueductos rurales actuales de los sectores que hacen parte del corregimiento del Carmen, con la que posteriormente se podrá llegar a generar un diagnóstico de los sistemas de abastecimiento actuales y de esta manera se formularon posibles soluciones a la problemática de suministro y mala calidad de agua que presenta la región; Las 7 veredas visitadas fueron (Alto y Bajo), San José (Alto y Bajo), San Vicente (sector Caserío y Santa Mónica), San Clemente (sector caserío y San Francisco) y Madroñero, Corregimiento del Carmen, (*Ver Anexos Plano 2*).

#### 4.1. ACUEDUCTO DEL CASERÍO DEL CORREGIMIENTO DEL CARMEN.

Generalidades: tiene dos captaciones de agua, la mayor parte del año se utiliza solo una, en época de invierno se recurre a una auxiliar, porque la fuente de esa captación presenta menor turbidez según lo expresa el fontanero de este acueducto, además el desarenador no funciona de forma correcta, pero pese a las deficiencias con que cuenta este acueducto, hasta la fecha suministra el caudal requerido por los habitantes del Caserío, solo se ha hecho racionamiento de forma educativa se cuenta con una junta de acueducto pero no tiene renovada la concesión de aguas.

Ubicación: La bocatoma principal se encuentra a 2km al sur-este del Caserío, por la topografía la zona es de difícil acceso para animales; la bocatoma auxiliar está ubicada a 1 km al Nor-oeste del Corregimiento.

Número de usuarios: en total hay 156 usuarios aunque en los registros de la junta existente de este acueducto aparecen solo 130, además hay 3 hogares que por estar ubicados a un nivel superior del tanque de distribución, no reciben el servicio por parte de este acueducto, por lo que tienen su propio sistema ubicado aguas abajo de la bocatoma auxiliar.

Estado actual de la fuente de abastecimiento: el día de visita a este acueducto la cuenca presentaba un buen caudal, a las orillas de la cuenca se evidencia una cobertura vegetal considerable y además no se evidencian problemas de deforestación, por lo menos a 400 metros alrededor de la ubicación de la bocatoma, a simple vista no se observan problemas de contaminación de la fuente en 800 metros aguas arriba de la captación.

Mantenimiento: un fontanero es el encargado del mantenimiento de este sistema, recibe un sueldo de entre \$40.000 a \$70.000 mensuales dependiendo de las actividades que sean requeridas, la bocatoma en promedio es visitada dos veces por semana, en época de verano esta labor se realiza día de por medio, el tanque de almacenamiento es lavado cada 2 meses, el desarenador cada vez que llueve y en cada visita a la bocatoma se retiran los tapones de los orificios hechos en la tubería de conducción, que funcionan como ventosas para que sea expulsado el aire, el proceso de cloración en el tanque de almacenamiento fue suspendido hace más de un año.

##### 4.1.1. Evaluación de las estructuras hidráulicas

Bocatoma principal: tiene 25 años de funcionamiento, es una captación de tipo frontal o dique toma, la estructura no está en buen estado, los materiales con que fue construida son concreto, ladrillo y varillas de hierro. (*Fotografía A de la figura 2*)

Rejilla: sus medidas son 0,62 metros de ancho y 0,21 metros de largo, tiene 33 barrotes de hierro liso de ¼ pulgadas, las bisagras se encuentran deterioradas y no permiten abrir la rejilla para su mantenimiento además permanece cubierta con material vegetal como hojas

y ramas las cuales son retiradas solo en las visitas que realice el fontanero que por lo general se hacen según las condiciones climáticas. (Fotografía B de la figura 2)

Tanque recolector: Está en mal estado y presenta problemas de filtración a la salida de la conducción, dentro de él se observó un buen volumen, aunque se encuentra sucio por falta de mantenimiento, a la salida de la unidad tiene una válvula de cierre rápido, así como también una tubería de 4 pulgadas para el lavado. (Fotografías C y D de la figura 2)

Figura 2. Bocatoma principal y Tanque colector.



Figura 3. Estructuras entre la bocatoma y el tanque de distribución.



Conducción bocatoma desarenador: se usan 400 metros de tubería PVC de 4 pulgadas, la cual se ha perforado en algunos lugares para vaciar el aire, estos orificios funcionan como válvulas de aireación. *(Fotografía A de la Figura 3)*

Desarenador: está en mal estado y no funciona de forma correcta en época de lluvia, posiblemente por ser muy pequeño, está construido en concreto, ladrillo y varillas de hierro, de largo tiene 2,10 metros, de ancho 1,57 metros y su profundidad es de 1,62 metros, el espesor de las paredes es de 0,08 metros, el rebose de esta unidad funciona de manera correcta a la salida de la estructura. *(Fotografía B de la Figura 3)*

Conducción desarenador - tanque de distribución: se hace a través de tres tuberías, dos de 2 pulgadas y una de 1 ½ pulgada, estas tuberías tienen una longitud de 1000 metros, el material es PVC, solo una tubería posee válvula de cierre.

Caseta de cloración: no se encuentra actualmente en funcionamiento, se observaron totalmente deteriorados los elementos de esta planta por la acción corrosiva del cloro y se encuentran agotados los insumos. *(Fotografía C de la Figura 3)*

Tanque de distribución: funciona hace más de 25 años, está construido con ladrillo en tizon, concreto y varillas de hierro, es un tanque enterrado por lo que no se puede estimar el estado que se encuentra, sus medidas son 5,5 metros de largo por 6 de ancho y una profundidad de 1,80 metros, el agua dentro de la unidad alcanza una altura de 1,58 metros y se observa que su tapa metálica está en malas condiciones. *(Fotografía D de la figura 3)*

Red de Distribución: dos tuberías PVC de 2 pulgadas cada una, salen del tanque de distribución a las cuales se unen los usuarios mediante T de PVC.

Figura 4. Captación Auxiliar.



Bocatoma auxiliar: está en buenas condiciones, fue elaborada en ladrillo y concreto, funciona hace 8 años, pero por ser usada solo en situaciones especiales no se realiza un mantenimiento adecuado, se ubicada cerca de un camino que es muy transcurrido por los habitantes del sector, labriegos e incluso animales. *(Fotografía A de la figura 4)*

Rejilla: por falta de mantenimiento permanece cubierta de material orgánico cuenta con 38 barrotes de ¼ pulgadas en hierro liso, las bisagras están corroídas y no permiten abrir la reja para la limpieza del canal colector. (*Fotografía B de la figura 4*)

Conducción bocatoma auxiliar - tanque de distribución final: se hace por medio de una tuberías de 2 pulgadas de PVC de 500 metros, no hay desarenador en este sistema.

Posibles fuentes de contaminación: en la bocatoma principal, no se presentan actividades de ganadería, además los cultivos presentes están alejados del lugar y no se advierten descargas de aguas residuales en 800 metros aguas arriba de la captación principal, sin embargo, en la bocatoma auxiliar si se observan actividades de ganadería, además esta bocatoma no tiene un acceso restringido y es un paso obligado para algunos habitantes del sector.

#### 4.2. ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA DE SAN CLEMENTE

Generalidades: la vereda cuenta con tres bocatomas dos de ellas son usadas para el suministro del caserío de la vereda, la bocatoma la Legua funciona durante todo el año y en época de verano se recurre a la antigua captación que tenía la vereda; otra bocatoma se usa para abastecer el sector conocido como San Francisco (El Muyo), en esta zona hay un 100% de cobertura, existe una junta de acueducto aquí hay 142 viviendas.

Ubicación: la bocatoma que se usa en la actualidad está ubicada en el sector conocido como La Legua sobre una cuenca que tiene el mismo nombre, la bocatoma antigua está ubicada a 500 metros al Este del caserío, y en el sector conocido como el muyo se ubica el tercer sistema de abastecimiento.

Número de usuarios: 35 usuarios pertenecen al sector San Francisco, los 106 restantes adquieren el agua, del acueducto del caserío de la vereda y 1 usuario tiene su propia captación agua.

Estado actual de la cuenca: las fuentes que alimentan los acueductos, el día de la visita presentaban un bajo caudal el cual era retenido en su totalidad en la bocatoma, dejando casi sin flujo a la fuente, en verano se agudiza el problema; se observó deforestación en la captación de La Legua, pero el nacedero del sector del muyo es de las mejores fuentes que hay en la región, el agua de las cuencas es cristalina no tiene olor ni color.

Posibles fuentes de contaminación: no se observan actividades de ganadería, pero sí de agricultura, se podría contaminar el agua con gran facilidad por insumos químicos ya que la lluvias fácilmente conducirían los compuestos químicos a la fuente, no se advierten vertimientos de aguas residuales sobre las cuencas aguas arriba de las captaciones.

Mantenimiento: existe un fontanero que realiza las labores de limpieza del acueducto, las cuales por lo general se hacen una vez por semana o dependiendo del clima pueden

incrementarse, los usuarios pagan una cuota de \$12.000 anuales, pero en su gran mayoría están en mora con la junta de acueducto de esta Vereda.

#### 4.2.1. Acueducto del caserío

Bocatoma: tiene 15 años de funcionamiento, es una captación frontal, construida en concreto ladrillo y varillas de hierro, la estructura está en buen estado, pero en verano la fuente no alcanza a suministrar todo el caudal requerido por la población, este acueducto sumista agua a 111 viviendas. *(Fotografía A de la Figura 5)*

Rejilla de captación: está compuesta por 14 varillas de ½ pulgada de hierro corrugado, se acumulan con facilidad hojas y material vegetal, las bisagras permiten la apertura de la reja. *(Fotografía B de la Figura 5)*

Tanque colector: sus dimensiones de 50 cm de largo por 60cm de ancho está en buen estado, la tapa del tanque se puede quitar para labores de mantenimiento para lo cual cuenta con una tubería de lavado de 2 pulgadas. *(Fotografía C de la Figura 5)*

Conducción tanque colector - desarenador: se utiliza una tubería de PVC de 2 pulgadas de 135 metros de longitud. *(Fotografía D de la Figura 5)*

Desarenador: es una estructura enterrada de 2,5 metros de ancho por 4 metros de largo y la profundidad es de 1,8 metros las tapas metálicas están en mal estado y podrían causar un accidente si alguna persona se parara sobre ellas. *(Fotografía E de la Figura 5)*

Conducción desarenador tanque de almacenamiento: se utilizan dos tuberías de PVC de 2 pulgadas de 40 metros de largo cada una, se encuentran enterradas por lo que no fue posible fotografiarlas.

Figura 5. Acueducto La Legua.



Tanque de almacenamiento y caseta de cloración: fueron construidos en ladrillo en forma de tizón, concreto y varillas de hierro, el tanque de almacenamiento es enterrado con 5,5 metros de largo por 6 de ancho y una profundidad de 1,80 metros, el agua alcanza una altura de 1,58 metros, no se evidencian fugas en la estructura; la caseta de cloración no está en funcionamiento desde hace más de dos años. (Fotografía F de la Figura 5)

Red de distribución: del tanque de almacenamiento salen dos conducciones, una tubería PVC de  $\frac{3}{4}$  de pulgada que abastece a tres usuarios, otra tubería PVC de 2 pulgadas se dirige al Caserío a los 270 metros de recorrido llega a una cámara de quiebre de donde salen dos tuberías para la red de distribución final una de 2 pulgadas y otra de 1 pulgada.

Figura 6. Antiguo Acueducto de la Vereda San Clemente



Bocatoma Antigua (auxiliar): tiene más de 40 años de vida útil es usada solo en época de verano, está en malas condiciones, la reja de captación está mal diseñada. (Fotografías A y B de la Figura 6)

Rejilla de captación: los barrotes están ubicados de forma horizontal, además están muy separados y no cuentan con bisagras que permitan su apertura para el mantenimiento. (Fotografía B de la Figura 6)

Tanque colector: sus dimensiones de 55 cm de largo por 60cm de ancho está en muy mal estado, la tapa del tanque no se puede quitar para labores de mantenimiento y no se cuenta con una tubería de lavado. (Fotografía C de la Figura 6)

Conducción tanque colector desarenador: se utiliza una tubería deteriorada de 2 pulgadas de diámetro que se conecta directamente con el tanque de almacenamiento porque el desarenador de la estructura no está en funcionamiento.

Desarenador:. Con 40 años de funcionamiento está construido en ladrillo, cemento, arena y la tapa así como también la válvula de cierre lento son de hierro, las dimensiones de la estructura son 1,10 metros de ancho por 3,3 metros de largo por 1,64 metros de altura, tiene una tubería para el lavado de 3 pulgadas. (*Fotografía D de la Figura 6*)

Figura 7. Filtro lento de arena del acueducto antiguo.



Filtro lento de arena: existió un sistema de tratamiento por filtración lenta en arena, el cual ya está totalmente deteriorado, se removieron las capas de arena que tenía para su correcto funcionamiento, las paredes de la estructura están bastante agrietadas por lo que sería casi que imposible pensar en una reparación, la manguera de dos pulgadas que se observa en la tubería es la que se conecta con la red de distribución en épocas de verano. (*Figura 7*)

Red de distribución: se conecta al sistema de distribución del acueducto de la Legua solo en época de verano mediante una tubería de 2 pulgadas.

#### 4.2.2. Acueducto Rural sector San Francisco

Bocatoma: está en funcionamiento hace 8 años, se encuentra en malas condiciones, se ubica cerca de un camino que es muy transitado por los habitantes del sector y también animales, cuenta con tuberías de lavado que están ya en muy malas condiciones, la estructura está construida de concreto, arena y varillas de hierro, con facilidad pueden llegar a ella escorrentías de agua lluvia de los cultivos cercanos a este lugar. (*Fotografía A de la Figura 8*)

Rejilla de captación: tiene 31 barros de ½ pulgada de hierro liso, sus dimensiones son 48 cm de largo por 50 cm de ancho. Parece que esta sobre dimensionada la reja tiene las bisagras corroídas y no permiten la apertura para lavar el canal colector. (*Fotografía B de la Figura 8*)

Conducción bocatoma – desarenador: se utilizan 210 metros de una tubería de PVC de 2 pulgadas.

Figura 8. Acueducto “El Muyo” sector San Francisco



Desarenador y tanque de almacenamiento: son estructuras que se encuentran en buen estado los materiales usados en su construcción son cemento arena y varillas de hierro, no funciona bien en épocas de invierno, y este sector se vio en la necesidad de recurrir a racionamientos educativos por el desperdicio que se estaba presentando a causa de la sequía ya que la gente usaba el agua para labores de riego. (Fotografía C de la Figura 8)

Red de distribución: se utilizan 700 metros de tubería PVC de 2 pulgadas y luego se reduce a tubería PVC de 1 ½ pulgadas los últimos 500 metros restantes, las conexiones domiciliarias se realizan atravez de T de PVC.

#### 4.3. ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA SAN VICENTE

Generalidades: Actualmente es el sistema de abastecimiento que más problemas presenta, pese a que cuenta con dos captaciones de agua, es evidente que el caudal de los afluentes es muy pequeño en época de verano, el día de la visita se observó que este era captado en su totalidad por las rejillas de las bocatomas, además las estructuras tienen más de 40 años de funcionamiento, hace 10 años se construyó otra bocatoma para alimentar el sistema, por lo que debería suministrarse el caudal requerido por los usuarios de este sector, pero es por el contrario esta vereda la que presenta los problemas más graves tanto en suministro, porque es necesario realizar racionamientos diarios en época de verano, además existen problemas graves de contaminación por heces fecales ya que las bocatomas están muy cerca de alimentadores de ganado; la comunidad tiene conformada una junta de acueducto para enfrentar la problemática que están afrontando, este acueducto, no tiene renovada la concesión de aguas; un sector de la vereda Santa Mónica cuenta con un mini acueducto que alimenta a unas pocas familias.

Ubicación: La bocatoma principal se encuentra a 4kilometros aproximadamente al sur-este del caserío y la otra a 5 km del caserío de la vereda hacia la misma dirección, las dos captaciones, están ubicadas en predios donde se realizan labores de ganadería.

Número de usuarios: En total el sistema principal alimenta a 130 usuarios, divididos en dos sectores (caserío y el sector de santa Mónica) alimentados cada uno por una tubería de 2 pulgadas de PVC, de las cuales en la actualidad se abre solo una escalonadamente porque el caudal no alcanza para los dos sectores, también hay 2 hogares que por estar ubicados a un nivel superior del tanque de distribución, no reciben el servicio por parte de este acueducto, pero carecen de un sistema propio de captación, adicionalmente 4 usuarios en el sector de Santa Mónica cuentan con un mini acueducto.

Estado actual de la cuenca o fuente de abastecimiento: las cuencas que alimentan el sistema presentaban un caudal que era captado en su totalidad por las rejillas de la bocatoma, dejando completamente secas las fuentes a su paso por las captaciones, los afluentes presentan unos caudales muy bajos, además se evidencia una escasa cobertura vegetal en las fuentes.

Posibles fuentes de contaminación: donde están ubicadas las bocatomas se presentan actividades significativas de ganadería, el estiércol de las vacas se deposita muy cerca de la captación de esta manera y por acción de la gravedad o de las lluvias pueden llegar a la fuente contaminándola, los cultivos presentes en la zona están alejados del lugar y no se advierten descargas de aguas residuales aguas arriba de las captaciones.

Mantenimiento: un fontanero, es el encargado del mantenimiento de este sistema, recibe un sueldo de \$50000 mensuales dependiendo de las actividades que sean requeridas para un buen funcionamiento, la bocatoma en promedio es visitada una vez por semana, en tiempo de verano esta labor se realiza día de por medio, el tanque de almacenamiento es lavado cada 2 meses, el desarenador no está en funcionamiento actualmente y en cada visita a la bocatoma se retiran los tapones de los orificios hechos en la tubería de conducción, que funcionan para que sea expulsado el aire, el proceso de cloración en el tanque de almacenamiento se realiza pese a que los flotadores dosificadores ya fueron corroídos por el cloro, este proceso se realiza a través de goteo de solución con cloro a través de un venoclipses, que se deja gotear al tanque de distribución

#### 4.3.1. Acueducto principal.

Bocatoma: funciona hace 42 años, es una estructura hidráulica de captación frontal o dique toma, la estructura está en mal estado, los materiales con que fue construida son concreto, ladrillo y varillas de hierro, además tiene tuberías de 4 pulgadas para labores de lavado. *(Fotografía A de la Figura 9)*

Rejilla: Es de hierro, tiene 0,60 metros de ancho y 0,25 metros de largo, tiene 27 barrotes de hierro liso de ¼ de pulgada, las bisagras permiten hacer la apertura de la rejilla para realizar la limpieza del canal de recolección, fácilmente es tapada con material vegetal

como hojas y ramas las cuales son retiradas solo en las visitas que realice el fontanero. (Fotografía A de la Figura 9)

Figura 9. Captación Antigua de la Vereda San Clemente.



Tanque recolector: presenta problemas de filtración a la salida de la conducción, la estructura no está en buen estado, se observó poco volumen de agua en su interior, se encuentra sucio por falta de mantenimiento, a la salida de la unidad no cuenta con una válvula de cierre rápido, tiene también una tubería de 4 pulgadas para el lavado. (Fotografía B de la Figura 9)

Conducción bocatoma - tanque de cloración: se usan 4.5 kilómetros de tubería PVC de 2 pulgadas, se desvió el paso por el desarenador argumentando que se obtenían mejores aportes hidráulicos en el sistema, la conducción ha sido perforada en algunos lugares para vaciar el aire, estos orificios funcionan como válvulas de aireación.

Desarenador: es una estructura enterrada elaborada en concreto ladrillo y varillas de hierro, de largo tiene 2,0 metros, de ancho 1,50 metros y su profundidad es de 1,55 metros, el espesor de las paredes es de 0,07 metros, no está en funcionamiento, posiblemente este tanque se encuentre a menor nivel que otras estructuras del sistema. (Fotografía C de la Figura 9)

Figura 10. Captación Auxiliar, caseta de cloración y tanque de distribución.



Bocatoma auxiliar: es un dique toma, está elaborada en ladrillo, concreto y varillas de hierro, lleva funcionando 12 años, la estructura está en buen estado. (Fotografía A de la Figura 10)

Rejilla: Está en buen estado las bisagras funcionan correctamente dejan abrir la reja para limpiar el canal colector, tiene 33 barrotos de  $\frac{1}{2}$  de hierro corrugado, el largo de la reja es de 0,65 metros y el ancho de 0,25metros. (Fotografía B de la Figura 10)

Conducción bocatoma auxiliar - tanque de cloración: se usan 5,5 kilómetros de tubería PVC de 2 pulgadas, no pasa por el desarenador, va directo al tanque de cloración.

Caseta de cloración: no se encuentra en las mejores condiciones, porque los flotadores dosificadores ya fueron corroídos por el cloro actualmente se usa un venoclipses para que atraves de un goteo se pueda realizar la cloración ya que el agua podría estar contaminada de heces fecales, es de destacar que esta caseta de cloración es la única que está en funcionamiento en todo el corregimiento. (Fotografía D de la Figura 10)

Tanque de almacenamiento: fue construido en ladrillo en forma de tizón, concreto y varillas de hierro, es un tanque enterrado con 5,6 metros de largo por 7 metros de ancho y una profundidad de 2,2 metros, el agua alcanza una altura de 0,45 metros que podría indicar que

tiene graves problemas de filtración, a esta estructura llegan dos tuberías de 2 pulgadas, puede tener una fuga considerable ya que el caudal que entra en el debería perfectamente abastecer a todos los usuarios. *(Fotografía C de la Figura 10)*

Red de distribución: finalmente salen dos conducciones de captación, una para los usuarios del caserío y otra para el sector de santa Mónica, ambas son tuberías de PVC de 2 pulgadas cada una, los usuarios se unen a la red mediante T de PVC.

#### 4.3.2. Evaluación del Mini acueducto del sector de Santa Mónica.

Bocatoma: tiene 15 años de funcionamiento está construida en ladrillo, concreto, y varillas de hierro, está ubicada directamente en el afloramiento de un nacimiento de agua, tiene desarenador pero no funciona, la entrada de la bocatoma tiene las siguientes dimensiones 2,80 de largo por 2,82 de ancho la altura son 0,92 metros, la lamina de agua en el tanque receptor es de 38 cm, se hicieron algunas renovaciones en el año 2013, se cimento el suelo del tanque receptor y se taponaron algunas fugas, a pesar de esto la estructura se ve en mal estado. *(Fotografía A de la Figura 11)*

Reja de entrada de agua: tiene una longitud de 82 cm, tiene 42 barrotes de hierro corrugado de ½ pulgada, la altura de la reja es de 87 cm. *(Fotografía B de la Figura 11)*

Reja de entrada al desarenador: tiene una longitud de 26 cm y una altura de 65 cm, posee 8 barrotes de ½ pulgadas, cuenta con una tubería de 2 pulgadas para el lavado de la estructura.

Desarenador: sus dimensiones son 3,20 metros de largo, 2,83 metros de ancho la altura es de 1,10 metros, cerca a la entrada de esta estructura esta ubicado el muro reductor de la velocidad que tiene 45 cm de altura pero fue perforado en la base para permitir el paso del agua pues en época de verano no era muy eficiente, la estructura esta en mal estado le falta mantenimiento, dentro de ella se observan insectos y mucho desperdicios vegetales, cuenta con una tubería de 2 pulgadas para realizar el lavado. *(Fotografía C de la Figura 11)*

Conducción desarenador – tanque recolector: al tanque colector se dirigen dos tuberías PVC de 1 pulgada, cabe mencionar que este tanque solo surte a un usuario que es el dueño de los predios donde se ubica este acueducto, la otra tubería PVC de 1 pulgada es la que distribuye agua a los otros tres usuarios del sistema. *(Fotografía D de la Figura 11)*

Tanque recolector: sus medidas son 1,87 metros de largo, 1,82 metros de ancho y su altura es de 1,37 metros a él llegan dos tuberías PVC de 1 pulgada y salen 2 mangueras de 1 pulgada cada una, no tiene tubería para el lavado del tanque, tiene evidentes problemas de fugas además no posee una válvula de cierre por flotador que asegure que no se pierda el agua. *(Fotografía E de la Figura 11)*

Figura 11. Mini acueducto del sector de Santa Mónica



Conducción: se realiza mediante dos mangueras de 1 pulgada, una se usa constantemente por el usuario y la otra solo para riego.

Tanque de almacenamiento: está en malas condiciones, de él solo se alimenta un usuario con una sola manguera permanece constantemente lleno. (Fotografía F de la Figura 11)

Red de distribución: es para tres usuarios, se utiliza una tubería PVC de 1 pulgada que luego se reduce a una tubería de PVC de ½ pulgada los usuarios se conectan mediante T de PVC

Ventosa: está ubicada a 80 metros de la salida de la red de distribución, es usada para retirar el aire que se acumula dentro de la tubería.

Problemas de deforestación: muy cerca de la zona de captación se observan actividades de deforestación, no se respeta la cuenca por algunos agricultores dueños de predios continuos a la bocatoma.

#### 4.4. ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA SAN JOSÉ ALTO.

Generalidades: tiene dos captaciones de agua, una muy rudimentaria alimenta a 4 usuarios, en esta captación se canalizo una escorrentía de aguas subterránea, se revistió el canal con plástico para invernadero, el flujo de agua canalizado es conducido hasta un tanque

elaborado hace 10 años por los usuarios de este acueducto rural, el segundo acueducto rural que tiene 15 años de funcionamiento, ninguno de los dos acueductos tiene renovada la concesión de agua, el segundo acueducto tiene una bocatoma de captación directa construida en el afloramiento de un nacedero de agua, no se cuenta con desarenador. En febrero del año 2012 se construyó una caseta de cloración la cual ya no funciona por falta de insumos y daños en los flotadores de distribución, este sistema abastece a 5 usuarios y a una Escuela donde hay 8 estudiantes, pese a las deficiencias con que cuentan los dos acueductos de este sector, hasta la fecha suministra el caudal requerido por los habitantes, no se ha recurrido a racionamientos, la comunidad de este lugar no tiene conformada una junta de acueducto.

Ubicación: El primer acueducto está ubicado a 200 metros de las viviendas que abastece, la bocatoma del segundo acueducto se encuentra a 900 metros de los hogares que están conectados a la red de distribución; los dos acueductos están localizados en una zona de fácil acceso para animales, en zonas de potreros usados para la ganadería, se presenta una mediana cobertura vegetal sobre las cuencas; la zona cuenta con varios nacederos pequeños que deberían protegerse.

Número de usuarios: el acueducto principal abastece a 4 viviendas y a la escuela de la vereda, otros 4 hogares tienen su propio acueducto rudimentario, argumentan que el agua de su captación es de mejor calidad que la del acueducto principal.

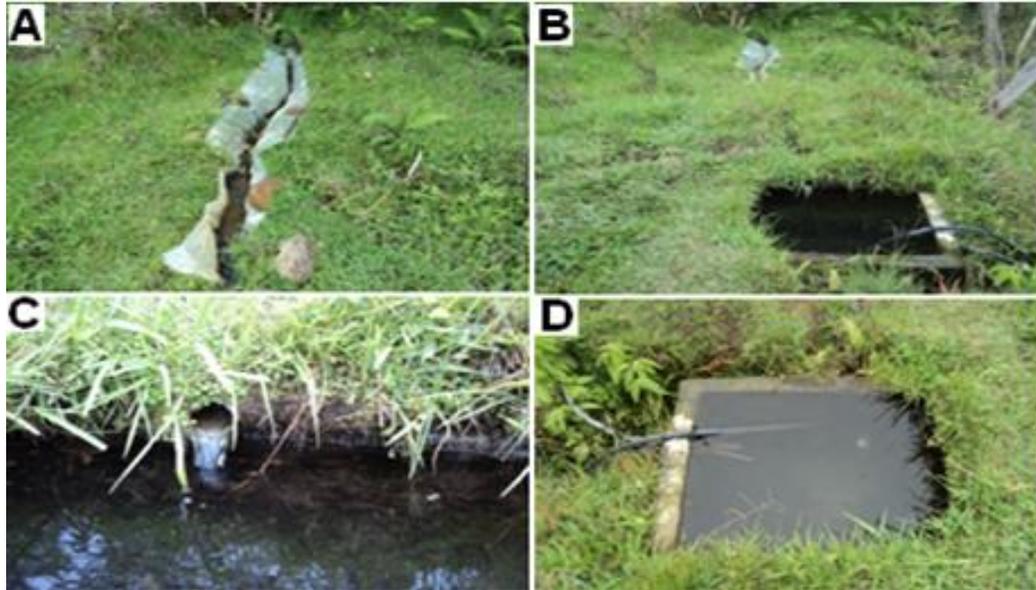
Estado actual de la cuenca: las cuencas que abastecen este acueducto, son nacederos o afloramientos de aguas subterráneas, la cuenca del acueducto que tienen la captación por canalización y recubrimiento en plástico, se encuentra a 30 metros del tanque de distribución, en el segundo acueducto la bocatoma está directamente ubicada sobre el afloramiento, el agua es cristalina pero puede ser fácilmente contaminada por heces fecales de ganado.

Mantenimiento: los dos acueductos carecen de una junta encargada del funcionamiento de los sistemas de distribución, por lo que no existe ningún tipo de mantenimiento, en febrero del año 2012 se realizó la construcción de una caseta de cloración, que en la actualidad ya no funciona, pues en este tipo de tratamiento debe haber una capacitación a la comunidad; tanto la bocatoma como la canalización del otro acueducto el día de la visita evidencian falta de mantenimiento en todas sus estructuras.

Posibles fuentes de contaminación: donde están ubicadas la dos bocatomas se observan actividades de ganadería que pueden llegar a contaminar las fuentes con heces fecales, los cultivos presentes en la zona están alejados del lugar y no se advierten descargas de aguas residuales aguas arriba de la captación principal, sin embargo algunos vertimientos de aguas residuales y otros derivados del procesamiento de fique son conducidas aguas abajo de las captaciones.

#### 4.4.1. Acueducto 1.

Figura 12. Acueducto 1 de la Vereda San José Alto.



Captación: Consta de una canalización directa en el afloramiento la cual tiene más de 12 años de elaboración, solo hace 5 años se recubrió con un material aislante de polietileno, la canalización termina en una tubería de 2 pulgadas de PVC de 10 cm de longitud, por donde pasa al tanque colector del acueducto. (Fotografía A de la Figura 12)

Orificio de descarga al tanque de almacenamiento: es una tubería de 2 pulgadas de 10 cm de longitud, el día de la visita se obtuvo un caudal de 0,270 L/s. (Fotografía C de la Figura 12)

Tanque recolector: está en mal estado, presenta problemas de filtración, pese a esto se observa un buen volumen dentro de esta unidad, se encuentra deteriorado por falta de mantenimiento, está construido en ladrillo y concreto, sus dimensiones son 1,10 metros de largo, 1 metro de ancho y 1 metro de profundidad de este tanque se distribuye directamente a través de mangueras de 1 pulgada el líquido a las 4 viviendas que son abastecidas por el sistema, la estructura no cuenta con tubería de lavado. (Fotografía B de la Figura 12)

Red de distribución: Se hace directamente del tanque colector a las viviendas, a través de 3 mangueras de 1 pulgada y 1 de ½ pulgada, ninguna presenta coladera, no son conducciones adecuadas. (Fotografía D de la Figura 12)

#### 4.4.2. Acueducto 2

Figura 13. Acueducto 2 de la Vereda San José Alto.



Bocatoma: está ubicada en un nacedero, es una estructura elaborada en concreto y ladrillo, la captación de agua se hace a través de dos orificios que son tubos de PVC de 2 pulgadas, la estructura se encuentra en regular estado, tiene una tubería de lavado de 4 pulgadas. (Fotografía A de la Figura 13)

Orificios de captación: son dos tuberías de 2 pulgadas de PVC que funcionan como vertederos circulares a flujo libre, cada orificio ingresa al sistema alrededor de 0,15 L/s. (Fotografía B de la Figura 13)

Tanque colector: las dimensiones son 1,25 metros de largo, de ancho 1,18 metros y la profundidad es de 1 metro, el nivel máximo de agua ha sido 80 cm actualmente es de 30 cm, el desagüe está ubicado a 85 cm de la base de la estructura, se evidencia falta de mantenimiento, al retirar la tapa, se observó dentro de la unidad la presencia de insectos, está construido en ladrillo y cemento, a él entran 0,3 L/s de caudal de agua, de él sale una tubería de 2 pulgadas de PVC hacia el tanque recolector, no cuenta con tuberías de lavado para el mantenimiento. (Fotografía C de la Figura 13)

Línea de conducción tanque colector - tanque de almacenamiento: se hace a través de 250 metros de tubería de 2 pulgadas, a la salida del tanque colector la tubería presenta una válvula de cierre rápido.

Tanque recolector y caseta de cloración: las dimensiones del tanque son 1,2 metros de altura, de ancho 1,31 metros y de largo 1,23 metros, debería instalársele una válvula de

flotador por el número de usuarios, en Febrero del año 2012 se construyó sobre él una caseta de cloración la cual no está en funcionamiento, no son visibles tuberías de lavado de la estructura. (*Fotografía D de la Figura 13*)

Red de distribución: se hace atravez de una tubería de 1 pulgada de 380 metros de longitud, los usuarios están conectados atravez de T de PVC a la tubería de distribución, en el inicio de esta tubería se cuenta con válvula de cierre rápido, cuando los cuatros usuarios están usando para alguna actividad se baja considerablemente la presión para los usuarios ubicados en cotas más altas.

#### 4.5. ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA SAN JOSÉ BAJO.

Generalidades: Se encuentra en funcionamiento hace 15 años, la bocatoma se ve en buen estado, el sistema tiene un buen desarenador, pero el tanque de distribución final carece de caseta de cloración, la cuenca donde es captado el suministro está en buenas condiciones, este acueducto hasta la fecha suministra el caudal requerido por los habitantes del sector, no se ha hecho racionamiento, la comunidad tiene conformada una junta de acueducto, y como dato adicional, no tienen renovada la concesión de aguas desde el 2001.

Ubicación: La bocatoma se encuentra a 1 kilómetro aproximadamente al Nor- Este de la escuela del sector, está localizada en una zona de difícil acceso para animales, por la topografía del lugar y también se presenta buena cobertura vegetal en el afluente.

Número de usuarios: Este acueducto abastece a 30 usuarios y a la escuela de la vereda, en este sector hay alrededor de 10 familias que tienen sus propias captaciones y no se han conectado aun a este acueducto.

Estado actual de la cuenca: la cuenca presentaba un caudal que sobrepasaba la reja de la bocatoma hay que tener en cuenta que la visita se realizó, al otro día de una lluvia fuerte, luego de pasar por la rejilla se observa que continua un gran volumen aguas abajo de la estructura, se ve una buena cobertura vegetal en el afluente y además no se evidencian problemas de deforestación, por lo menos a 500 metros alrededor de la ubicación de la bocatoma, no se evidencian problemas de contaminación de la fuente.

Mantenimiento: en este acueducto el presidente de la junta del acueducto también realiza la labor de fontanero, recibe un sueldo de \$20000 mensuales, los usuarios pagan \$400 al mes, la bocatoma en promedio es visitada una vez por semana, en el invierno esta labor se realiza dos o tres veces por semana, el tanque de almacenamiento es lavado cada 2 meses, el desarenador cada vez que llueve y en cada visita a la bocatoma se retiran los tapones de los orificios hechos en la tubería de conducción, que funcionan como ventosas para que sea expulsado el aire y también se retira el material vegetal que se deposita en la reja de captación, no existe caseta de cloración.

#### 4.5.1. Evaluación de Estructuras del Hidráulicas

Figura 14. Acueducto rural de la vereda San José bajo



Bocatoma: es una captación de tipo frontal, la estructura está en regular estado, los materiales con que fue construida son concreto, ladrillo y varillas de hierro, su estado actual evidencia el tiempo que lleva de servicio o un mantenimiento inadecuado, tiene 15 años de funcionamiento. *(Fotografía A de la Figura 14)*

Rejilla: es de hierro, sus medidas son 0,60 metros de ancho y 0,21 metros de largo, tiene 26 barrotes de hierro liso de ½ pulgadas, las bisagras se han fijado por acción del óxido y ya no funcionan por lo que no es posible realizar la limpieza del canal de recolección, la rejilla permanece tapada con material vegetal como hojas y ramas las cuales son retiradas solo en las visitas que realice el fontanero. *(Fotografía B de la Figura 14)*

Tanque recolector: está en regular estado, además se presentan problemas de filtración a la salida de la conducción, se puede notar un buen volumen dentro de esta unidad, aunque se encuentra sucio por falta de mantenimiento, a la salida se tiene una válvula de cierre rápido, así como también una tubería de 4 pulgadas para el lavado, la conducción se realiza por medio de una tubería en PVC de 2 pulgadas hacia el desarenador, las medidas son 2,83 metros de largo, 1,40 metros de ancho, de altura tiene 1,10 metros y el nivel de agua es de 0,9 metros los muros tienen un espesor de 0,08 metros. *(Fotografía C de la Figura 14)*

Conducción bocatoma desarenador: se hace a través de 150 metros en tubería de PVC de 2 pulgadas, la cual se la ha perforado en algunos lugares para vaciar el aire, estos orificios funcionan como válvulas de aireación.

Desarenador: esta estructura funciona de forma correcta, hasta en época de lluvia, es de un tamaño considerable, está construido en concreto, ladrillo en tizón y varillas de hierro, de largo tiene 3,55 metros, de ancho 2,30 metros y su profundidad es de 1,85 metros, el espesor de las paredes es de 0,08 metros, la cámara de quietamiento está ubicada a 1,77 metros de la entrada de la tubería a la estructura las tapas metálicas están en mal estado, a esta estructura llega una tubería de 2 pulgadas y de ella sale también una tubería de 2 pulgadas. *(Ver fotografía D de la Figura 14)*

Conducción desarenador tanque de distribución: se utiliza una tubería de 2 pulgadas de PVC, la tubería tiene una longitud de 450 metros.

Tanque de distribución: está hecho en ladrillo en forma de tizón, concreto y varillas de hierro, es un tanque enterrado con 4,05 metros de largo por 4,10 de ancho y una profundidad de 2,05 metros, el agua alcanza una altura de 1,95 metros, a esta estructura llega una tubería de 2 pulgadas y finalmente sale una tubería hacia la red de distribución de 2 pulgadas que luego se reduce a 1 ½ pulgadas para aumentar la presión. *(Ver fotografía E de la Figura 14)*

Líneas de conducción del tanque de distribución a la red de suministro: se realiza a través de una tubería de 2 pulgadas que luego se reduce a 1 ½ es de PVC; de unos 800 metros de trayecto, no hay desarenador en este sistema.

Posibles fuentes de contaminación: Donde está ubicada la bocatoma, no se observan actividades de ganadería que pudieran contaminar la fuente con heces fecales, los cultivos presentes en la zona están alejados del lugar y no se evidencian descargas de aguas residuales aguas arriba en esta captación principal, pero esta bocatoma no tiene un acceso restringido y es un paso obligado para algunos habitantes del sector.

#### 4.6. ACUEDUCTO RURAL VEREDA VALPARAÍSO ALTO

Generalidades: tiene 14 años de funcionamiento, fue diseñado por la secretaria de salud del municipio de San Lorenzo, es el sistema más alejado en el corregimiento, la zona donde se ubica tiene grandes extensiones de potreros, este sistema no cuenta con desarenador, en época de verano hay problemas de suministro y se han presentado enfermedades estomacales en los estudiantes de la escuela, atribuidas a problemas en la calidad del agua.

Ubicación: La bocatoma se encuentra a 4 kilómetros aproximadamente al sur Este de la escuela, se localiza en una zona de fácil acceso para animales por estar ubicada en predios donde se realizan labores de ganadería, la captación está a una cota considerablemente alta.

Número de usuarios: en total el acueducto abastece a 13 usuarios, existen además 2 hogares que por estar ubicados a un nivel superior del tanque de distribución, no reciben el servicio por parte de este acueducto, pero tienen un sistema propio de captación.

Estado actual de la cuenca: el efluente que alimenta el sistema es una escorrentía de un afloramiento de agua subterránea, el agua es cristalina no tiene olor ni color, se evidencian problemas de deforestación en la zona, el ganado tiene fácil acceso a la cuenca.

Posibles fuentes de contaminación: aguas arriba de la captación, se evidencia contaminación por heces fecales del ganado, no hay vertimientos de aguas residuales, se acumula mucho lodo en la captación que podría contener coliformes fecales.

Mantenimiento: no tiene fontanero, la bocatoma no es visitada con regularidad, no hay caseta de cloración, la junta de acueducto ocasionalmente programa mingas comunitarias para hacer el mantenimiento de todas las estructuras del acueducto, pero estas actividades no son realizadas de manera constante; no se ha renovado la concesión de aguas desde el año que entro en funcionamiento el sistema, se propuso pagar una cuota de \$12000 anuales por usuario, pero son muchos los usuarios en mora, las personas no muestran interés hacia el diseño de un acueducto regional que pudiese beneficiarlos.

#### 4.6.1. Evaluación de las Estructuras Hidráulicas del sistema

Bocatoma: es una captación frontal, de ancho 1,98 metros y altura total 43,5 cm, el vertedero está a 37 cm de la base de la estructura, la lámina de agua antes de pasar por la rejilla de captación es 0,5 cm, la altura del agua en el tanque receptor de la bocatoma es de 42 cm, está construida de ladrillo, cemento, arena y varillas de hierro, la estructura está en buen estado, tiene una tubería de PVC de 2 pulgadas para el lavado. (*Fotografía A de la Figura 15*)

Rejilla de captación: de ancho tiene 56 cm y de largo 30 cm, posee 26 barrotes de hierro liso de ¼ de pulgada, las bisagras permiten la apertura de la reja para la limpieza del canal colector. (*Fotografía B de la Figura 15*)

Abducción: se hace a través de una tubería de 2 pulgadas de PVC, la longitud es de 250 metros hasta el desarenador.

Desarenador: tiene de ancho 1,51 metros, de largo 2,12 metros y de altura 1,24 metros, el espesor de los muros es de 7 cm, fue construido con ladrillo y concreto, la estructura está en buen estado y cuenta con una tubería PVC para el lavado de 4 pulgadas. (*Fotografía C de la Figura 15*)

Conducción desarenador – tanque de almacenamiento: se hace mediante una tubería PVC de 2 pulgadas de 250 metros de longitud.

Tanque de almacenamiento: es un tanque semienterrado sus dimensiones son 2,97 metros de ancho por 3,52 metros de largo y su altura es de 1,28 metros, el agua en su interior está a 95 cm del fondo del tanque, los bordes de las paredes tienen 8 cm, está construido en ladrillo y concreto, se ve en buen estado y además tiene una tubería de 4 pulgadas para el lavado de la estructura. (Fotografía D de la Figura 15)

Figura 15. Acueducto rural de la vereda Valparaíso Alto



Red de distribución: se usa una tubería PVC de 1 ½ pulgadas, a la salida del tanque de almacenamiento tiene una válvula de cierre rápido, a los 1050 metros de tramo de esta tubería, se derivan 2 tuberías PVC de ¾ pulgadas que finalmente llegan a dos cámara de quiebre una tiene 530 metros y la otra 510, finalmente la tubería PVC se reduce a ½ pulgada.

Cámaras de quiebre: tiene de ancho y de largo 1,34 metros su profundidad es de 1,28 metros la altura del agua es de 95 cm y permanece constante gracias a que las cámaras cuentan con válvulas de cierre por flotador, tiene una tubería de 2 pulgadas para el lavado de la cámara, la estructura está en buen estado, de él salen tuberías de ¾ pulgada que se reducen a ½ pulgada. (Fotografía E de la Figura 15)

Captaciones individuales: algunos usuarios no pueden acceder al acueducto por diferencia de nivel, y otros simplemente porque aseguran tener agua en sus propiedades y hacen sus propias captaciones. (*Fotografía F de la Figura 15*)

#### 4.7. ACUEDUCTO DE LA VEREDA VALPARAÍSO BAJO

Generalidades: la vereda cuenta con tres acueductos, uno de ellos lleva 28 años de funcionamiento lo denominan “Acueducto Central”, el otro acueducto fue construido hace 15 años es denominado “Acueducto el Turín” se elaboró para solucionar problemas de suministro, y finalmente hace 8 años se construyó un mini acueducto, las captaciones se hacen de tres afluentes diferentes o micro cuencas las cuales son el Turín, el Cajeto y el Carrizal, dos captaciones se hacen mediante dique tomas frontales y la restante lo hace a través de una manguera de 2 pulgadas sumergida dentro de una bocatoma.

Ubicación: Las captaciones quedan muy cerca de la vía que del Corregimiento del Carmen conduce al municipio de San Lorenzo, están ubicadas en zonas con buena cobertura vegetal, las laderas tienen pendientes pronunciadas.

Número de usuarios: el sistema abastece a 80 usuarios, pero también hay 10 hogares en este sector que cuentan con soluciones individuales para suministro de agua por diferentes factores principalmente topográficos y culturales.

Estado actual de la cuenca: las cuencas que alimentan el sistema presentaban un considerable caudal, además que un buen flujo que corre aguas abajo de la fuente aun en verano, la comunidad ha comprado algunos predios continuos a las captaciones que han sido reforestados, el agua de las cuencas es cristalina no tiene olor ni color.

Posibles fuentes de contaminación: donde están ubicadas las bocatomas no se observan actividades de ganadería, ni de agricultura, un vertimiento de aguas residuales que era mencionado en el POT de 2002 ya fue desviado, la zona está bien reforestada, pero por la topografía el agua podría contener una alta turbiedad en época de invierno.

Capacidad económica: se paga una cuota de \$12.000 anuales por usuario, pero los usuarios en su gran mayoría están en mora con la junta, las personas derivan su sustento de labores de agricultura y de la cría de especies menores.

##### 4.7.1. Mini Acueducto

Bocatoma: fue construida hace 8 años, es una bocatoma que capta el agua a través de una tubería de 2 pulgadas la estructura no cuenta con una tubería para el lavado y además se encuentra en mal estado, esta bocatoma abastece a 9 usuarios, está construida en ladrillo y concreto. (*Fotografía A de la Figura 16*)

Figura 16. Mini Acueducto de la vereda Valparaíso Bajo



Abducción: se hace a través de una manguera de 1 ½ pulgadas hasta el tanque de almacenamiento.

Tanque colector: tiene tanto de ancho como de largo 1,2 metros y la altura es de 50 cm, tiene tuberías para el lavado de 2 pulgadas, la estructura se ve en regular estado, de él sale una tubería de 1 ½ pulgadas hacia el tanque de almacenamiento. (Fotografía B de la Figura 16)

Conducción tanque colector - tanque de almacenamiento: se hace mediante una tubería de 1 ½ pulgadas de 4 metros de longitud.

Tanque de distribución: las dimensiones son 2 metros de largo por 1,98 metros de ancho y su altura es de 1,75 metros de él sale una tubería PVC de 1 pulgada y una manguera de ½ pulgada, la altura del agua al interior del tanque es de 1,60 metros y el espesor de los muros es de 13,5 cm, está construido en cemento, ladrillo, arena y varillas de hierro. El tanque se observa en buenas condiciones. (Fotografía C de la Figura 16)

Red de distribución: una tubería de 1 pulgada de PVC y otra manguera de ½ pulgada, los 9 usuarios se conectan mediante T de PVC a la red de distribución. (Fotografía D de la Figura 16)

#### 4.7.2. Acueducto central

Bocatoma de la cuenca el Carrizal: tiene una altura total de 95 cm, la altura para el caudal máximo es de 72 cm y la altura del vertero es de 62 cm, y el ancho entre los muros es de 1,50 metros está construida en ladrillo y concreto. Se le ha instalado una lona para que

ayude a controlar los desperdicios de material vegetal que se pueden acumular en la reja de captación, la estructura se ve muy deteriorada. (Fotografía A de la Figura 17)

Figura 17. Acueducto central de la vereda Valparaíso Bajo



Abducción: se hace a través de una tubería de 2 pulgadas que está bastante deteriorada el tramo es de 10 metros hasta el desarenador. (Fotografía B de la Figura 17)

Bocatoma de la cuenca el Cajeto: es una bocatoma de tipo frontal, está hecha en piedra y en concreto, está en mal estado, además tiene 15 años de funcionamiento, no es posible la medición de la lámina de agua por el deterioro del vertedero; esta unidad no tiene tubería para el lavado. (Fotografía C de la Figura 17)

Rejilla de captación: tiene un ancho de 60 cm y de largo 20 cm, posee 29 varillas de hierro liso de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, las bisagras para la apertura de la reja están en funcionamiento. (Fotografía DA de la Figura 17)

Desarenador: es una estructura enterrada, sus dimensiones son 1,20 metros de ancho por 3.60 metros de largo, tiene una válvula de cierre lento, las tapas de hierro están corroídas, la estructura se encuentra en regular condición. (Fotografía E de la Figura 17)

Conducción desarenador – Tanque de Almacenamiento: se utiliza una tubería PVC de 1 ½ pulgadas son usados 800 metros hasta el tanque de almacenamiento.

Tanque de almacenamiento y caseta de cloración: tiene 4,3 metros de ancho por 4,12 metros de largo, el rebosadero no es visible también puede haber filtración en el tanque y el problema es más grave ya que justo alrededor de la estructura hay gran cantidad de estiércol de ganado, además la caseta de cloración no esta en funcionamiento. (*Fotografía F de la Figura 17*)

Red de distribución: no son visibles las tuberías de la red de distribución el guía de la visita asegura que es una tubería de 1 pulgada y que los usuarios se conectan mediante T actualmente aunque también se han usado abrazaderas anteriormente.

#### 4.7.3. Acueducto Turín

Bocatoma: es una captación tipo dique toma frontal, se la ha recubierto de una lona para controlar la turbiedad y evitar la acumulación de residuos en la reja de captación, abastece a 15 viviendas, tiene 15 años de vida útil la unidad se observo en malas condiciones. (*Fotografía A de la Figura 18*)

Reja de captación: tiene 40 cm de largo por 20 cm de ancho, tiene 14 barros de hierro de ½ pulgada liso las bisagras para la limpieza del canal colector están en funcionamiento. (*Fotografía B de la Figura 18*)

Conducción: se usa una tubería PVC de 1 ½ pulgadas de 350 metros hasta el tanque de almacenamiento. (*Fotografía C de la Figura 18*)

Figura 18. Acueducto Turin



#### 4.7.4. Soluciones individuales

Algunos usuarios tienen sus propias captaciones ya que por algunos factores no pueden acceder al servicio del acueducto de la vereda. (*Fotografía D de la Figura 18*)

#### 4.8. ACUEDUCTO RURAL DE LA VEREDA MADROÑERO.

Generalidades: la vereda cuenta con 130 viviendas, este sistema tiene tres captaciones de agua, una bocatoma directa en el afloramiento de un nacedero y dos bocatomas frontales o dique tomas que están a menos de 25 metros del nacimiento de agua, una de ellas se construyó hace 1 año para alimentar de manera adicional el sistema, porque en el verano del año 2012 se presentaron problemas de suministro, el acueducto cuenta con un desarenador aunque no funciona de manera eficiente en condiciones de lluvia, pese a las deficiencias con que cuenta este acueducto, hasta la fecha suministra el caudal requerido por los habitantes del sector, y no se ha hecho racionamiento, la comunidad tiene conformada una junta de acueducto, las viviendas de los usuarios se ubican de forma dispersa, no se les renovó la concesión de aguas porque el análisis de agua que se realizó en las bocatomas presentaba coliformes fecales.

Ubicación: La bocatoma principal se encuentra a 10 km aproximadamente del casco urbano del corregimiento, están localizadas en una zona de fácil acceso para animales, por la topografía del lugar, no existe una buena cobertura vegetal y en la zona donde está el sistema se evidencian actividades de ganadería.

Número de usuarios: en 2002 se registraron 130 viviendas de las cuales 20 no contaban con el servicio de acueducto y derivan su suministro de captaciones individuales. El fontanero afirma que son 140 usuarios que están beneficiados del acueducto en la actualidad, de los cuales que 80 son abastecidos por el primer sistema y los otros 60 por el segundo; las viviendas están distribuidas en forma dispersa.

Estado actual de la cuenca: las cuencas usadas para el abastecimiento son nacimientos de aguas, el agua es cristalina no tiene olor ni color, el día de la visita a este acueducto, las tres cuencas que abastecen las bocatomas presentaban un caudal considerable, a las orillas de los afluentes se evidencian problemas de deforestación, a simple vista no se evidencia contaminación por vertimientos de aguas residuales a 400 metros aguas arriba de las bocatomas, los habitantes del sector comentan que a pesar de las lluvias los caudales de las fuentes no han aumentado de manera considerable como lo hacían en otras temporadas pasadas, debido posiblemente a la deforestación.

Mantenimiento: Es realizado por un fontanero, que es el encargado del funcionamiento de este acueducto, recibe un sueldo de \$45.000 mensuales, las tres bocatomas en promedio son visitadas una vez por semana, en tiempo de verano esta labor se incrementa de dos y a veces hasta tres veces, el mantenimiento es el lavado de las estructuras de captación y de

los tanques colectores, el tanque de almacenamiento es lavado cada 3 meses, el desarenador cada mes y también después de una lluvia fuerte, durante cada visita a la bocatoma se retiran los tapones de los orificios hechos en la tubería de conducción, que funcionan como ventosas para que sea expulsado el aire; no se hace proceso de cloración en el tanque de almacenamiento porque los dosificadores están deteriorados por el efecto del cloro y además ya no hay insumos porque fueron hurtados.

Posibles fuentes de contaminación: a pesar que las bocatomas se encuentran cercadas mediante alambrados para impedir el paso del ganado, las excretas de estos animales podrían llegar muy fácil al agua a través de las lluvias o caer directamente por las laderas, además cabe resaltar que en un análisis de calidad de agua hecho para la renovación de la concesión de agua para este acueducto, se indica la presencia de coliformes fecales por lo que fue negada; no se observaron cultivos cerca de las estructuras de captación que pudieran contaminar con insumos químicos el agua, a si mismo no se advierten descargas de aguas residuales aguas arriba de ninguna captación, sin embargo la bocatoma que fue elaborada en las renovaciones del año 2013, no tiene un acceso tan restringido como las dos que ya existían y además cabe resaltar que dos de las tres estructuras son un paso obligado para algunos habitantes y propietarios de predios en el sector.

Capacidad económica: los usuarios pagan \$12000 anuales, existen muchos usuarios en mora con la junta del acueducto que es quien recauda este dinero, los habitantes del sector basan su economía de actividades agrícolas, pecuarias como la cría de especies menores y también actividades de ganadería.

#### 4.8.1. Evaluación de las estructuras hidráulicas del sistema:

##### 4.8.1.1. Primer acueducto

Bocatoma principal: funciona hace 28 años, es un estructura hidráulica de captación directa en el afloramiento, la cual está en regular estado, los materiales con que fue construida son concreto y ladrillo, cuenta con una tubería para lavado de 6 pulgadas, esta bocatoma esta ubicada en una zona que es un paso obligado para los propietarios de los predios continuos a la captación, ha sufrido renovaciones en los muros de contención porque los primeros que tenia tenían graves problemas de filtración, estas reformas se realizaron hace mas de 5 años. *(Fotografía A de la Figura 19)*

Orificios de captación: son 5 tuberías de PVC, existen dos de 2 pulgadas con una longitud de 15 cm incluido el muro del tanque colector están ubicadas una encima de la otra, la primera esta a 15 cm del fondo la separación vertical entre ellas es de 2 cm; adicionalmente la captación cuenta con otras tres tuberías de 1 ½ pulgadas que están sobre la misma horizontal de la primer tubería de 2 pulgadas, su longitud incluyendo espesor de la pared es de 13 cm, la separación entre las tuberías horizontalmente es de 10 cm, tienen

una capa de lama, lo que evidencia que no son limpiados con frecuencia. (Fotografía B de la Figura 19)

Figura 19. Primer acueducto Vereda Madroñero



Tanque colector: sus medidas son 1,20 metros de largo, de ancho tiene 1,31 metros y su altura es de 1,2 metros, el control de nivel es una tubería de 1 ½ pulgadas, el espesor de sus paredes es el de un ladrillo en la posición de tizón, la tubería para el lavado es de 1 ½ pulgadas; el agua se conduce hasta el desarenador a través de 150 metros de tubería de 2 pulgadas de PVC. (Fotografía C de la Figura 19)

Desarenador: a esta estructura llegan una tubería de 2 pulgadas de la bocatoma más antigua y también otra de 2 pulgadas de la segunda bocatoma, esta construido en ladrillo y concreto, la tapa así como también la válvula de cierre lento con que cuenta son de hierro, las paredes exteriormente tienen una considerable capa de musgo que pudiera generar problemas de agrietamiento, los usuarios afirman que en época de lluvias el agua llega demasiado turbia. Las dimensiones de la estructura son 1,10 metros de ancho por 3,3 metros de largo y 1,64 metros de altura, tiene una tubería PVC para el lavado de 3 pulgadas, y el rebose es una tubería de 2 pulgadas de PVC. (Fotografía D de la Figura 19)

Conducción desarenador – tanque de almacenamiento: a la salida del desarenador hay una tubería de PVC de 2 pulgadas que transporta el agua hasta el tanque de almacenamiento la longitud de la tubería es de 120 metros, en la entrada al tanque de almacenamiento la conducción tiene una válvula de cierre rápido. (Fotografía E de la Figura 19)

Tanque de almacenamiento y caseta de cloración: las dimensiones del tanque son (3,95 metros de largo, 3,97 metros de ancho y 2,22 metros de alto), hace tres años tubo reparaciones por problemas de filtración; el sistema de tratamiento no está funcionando actualmente porque los dosificadores están deteriorados y por falta de insumos; hace un año se suspendió esta actividad (*Fotografía F de la Figura 19*)

Red de disitribucion: se utiliza una tubería PVC de 2 pulgadas que llega a una cámara de quiebre se utilizan 400 metros, se reduce luego a una tubería PVC de 1 ½ pulgadas de 350 metros y continua luego en una tubería PVC de 1 pulgada por 300 metros de longitud, los usuarios se conectan atravez de T de PVC en la actualidad, aunque la gran mayoría se han conectado atravez de abrazaderas, las cuales podrian generar perdidas.

#### 4.8.1.2. Segundo acueducto

Figura 20. Segundo acueducto Vereda Madroñero



Bocatoma: es un dique toma de captación frontal, tiene 28 años de funcionamiento, fue construido en ladrillo, cemento, arena y varillas de hierro, se le hicieron en noviembre del año 2011 algunas renovaciones como la cimentación del fondo comprendido entre las paredes laterales de la estructura para facilitar las actividades de lavado que se realizan atraves de una tubería de 6 pulgadas, también se corrigieron algunas fugas, la estructura está en buen estado. (*Fotografía A de la Figura 20*)

Rejilla de captación: tiene una longitud de 70 cm, posee 39 barrotes de ¼ pulgadas de hierro corrugado, el ancho de la reja es de 30 cm, se acumula con facilidad material vegetal en ella. (*Fotografía B de la Figura 20*)

Tanque colector: está en buen estado sus dimensiones son 1,10 m de largo, 0,8 m de ancho y 1 m de altura, tiene una tubería de 4 pulgadas para el lavado de la estructura, la conducción del agua hacia el tanque de recolección se hace a través de una tubería de 2 pulgadas de 6 metros de longitud. (*Fotografía C de la Figura 20*)

Tanque de recolección: fue construido en el año 2012, está hecho en ladrillo y concreto, está en buen estado, sus medidas geométricas son 1,42 metros de largo por 1,41 metros de ancho y la altura es de 1,36 metros, la tubería de lavado es de PVC de 3 pulgadas, la de rebose es una tubería de PVC de 2 ½ pulgadas. (*Fotografía D de la Figura 20*)

Conducción tanque recolector – tanque de almacenamiento: se usan 2 tuberías de PVC una de 1 pulgada y otra de 1 ½ pulgadas, la tubería para el lavado de la estructura es de 3 pulgadas en PVC, la distancia entre el tanque recolector y el de almacenamiento es de 40 metros, en la salida del tanque de recolección las tuberías poseen válvulas de cierre rápido.

Ventosas: están ubicadas a 20 metros del tanque de recolección. (*Fotografía E de la Figura 20*)

Tanque de almacenamiento y caseta de cloración: las dimensiones del tanque son 2,60 metros de largo por 2,58 metros de ancho y la altura es de 3 metros, podría presentar problemas de filtración, es una estructura construida en ladrillo y concreto, tiene el mismo tiempo de servicio que el de la bocatoma; no se realiza el tratamiento del agua desde hace más de dos años porque los instrumentos de dosificación están deteriorados por la acción corrosiva del cloro, los insumos también se agotaron, debe hacerse un mantenimiento riguroso para volver a poner en funcionamiento esta unidad para realizar el proceso de tratamiento de agua. (*Fotografía F de la Figura 20*)

Red de distribución: se realiza a través de una tubería PVC de 2 pulgadas que va a una cámara de quiebre ubicada a 700 metros, desde allí se derivan otros 750 metros de tubería PVC de 1 ½ pulgadas que llegan a otra cámara de quiebre, de aquí continúan otros 350 metros de tubería de 1 ½ pulgadas, durante el trayecto de la red de distribución se van alimentando algunos usuarios y desde las tuberías que salen de las cámaras a otros y los demás en el tramo final de la tubería.

#### 4.8.1.3. Tercer Acueducto

Bocatoma: fue construida junto con todo el sistema en el segundo periodo del año 2011, para solucionar problemas de suministro en épocas de verano, es un dique toma de captación frontal, está construida a 10 metros del afloramiento, se construyó en ladrillo y

concreto, está en buen estado, tiene una tubería de 4 pulgadas para el lavado. (*Fotografía A de la Figura 21*)

Figura 21. Estructuras hidráulicas del Tercer Acueducto



Rejilla de captación: tiene 32 cm de largo y 25 cm de ancho, cuenta con 12 barrotes de hierro corrugado de  $\frac{1}{2}$  pulgada, no está bien diseñada porque no cuenta con bisagras para realizar la limpieza del canal recolector. (*Fotografía B de la Figura 21*)

Tanque colector: la longitud del ancho y del largo son de 0,7 metros y la altura es de 0,63 metros, la estructura está en buen estado, tiene una tubería de 2 pulgadas para el lavado, para la conducción hasta el tanque colector se usa una tubería de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas de 5 metros de longitud. (*Fotografía C de la Figura 21*)

Tanque recolector: sus dimensiones son 1 metro de largo y de ancho, su altura es 90 cm, a él entra una tubería PVC de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas y sale una tubería de PVC de 1 pulgada la cual tiene una válvula de mariposa, este tanque está sin terminar le falta una de sus tapas de concreto como se observa en la foto; tiene una tubería de lavado de 2 pulgadas. (*Fotografía D de la Figura 21*)

Conducción: se utiliza una tubería PVC de 1 pulgada que es adicionada a la tubería de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas que sale del tanque de almacenamiento del segundo acueducto evaluado en este informe, estas dos tuberías mediante un injerto hecho por la comunidad compensan el bajo caudal que está suministrando el acueducto en mención, finalmente continúa una tubería PVC de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas que va hacia la primera cámara de quiebre del sistema, la conducción cuenta con una válvula de mariposa al inicio de la conducción, este acueducto no tiene desarenador y la red de distribución es la misma del acueducto 2.

#### 4.9. CONFORMACIÓN DE LAS JUNTAS DE ACUEDUCTOS DEL CORREGIMIENTO EL CARMEN

Tabla 1. Juntas de acueducto de las veredas del Corregimiento el Carmen

Vereda	Presidente	Tesorero	Secretario	Fontanero
Caserío El Carmen	Luis Maurilio Solarte	Teresa Cifuentes	_____	Tomas Cifuentes
San Clemente	Marco Celso Ordoñez	_____	_____	Mario Paguatian
San Vicente	José María viveros	María Isabel Viveros	María Isabel Viveros	Henry Ordoñez
San José Bajo	Luis Viveros	Constantino Tulcam	_____	Luis Viveros
Valparaíso bajo	Alejandro Córdoba	Ulises Gómez	Nectario Fernández	José Isidro Cerón
Valparaíso Alto	_____	_____	_____	_____
Madroñero	Segundo Meneses	Francy Gaviria	Vladimir Meneses	Hernán Obando

## 5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DEL ACUEDUCTO REGIONAL.

### 5.1. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

Se planteó hacer una encuesta a la comunidad para determinar la población actual del Corregimiento El Carmen, para realizar cálculos de los parámetros básicos para el diseño del Acueducto Regional, pero tras corroborar que tras este proyecto se podrían presentar intereses políticos y roces entre algunos integrantes de la comunidad, se decidió utilizar los datos contenidos en el POT del municipio de San Lorenzo, así mismo datos de las proyecciones de población elaboradas por el Ingeniero Especialista Jairo Andrés Bravo contratista del proyecto, con esta información y las fórmulas de la Guía Ras 2000 título II sección B2; los métodos usados fueron el geométrico, exponencial y aritmético, se usara el método geométrico para realizar la proyección completa desde el año 2013, 2028, 2033, 2038 y 2043, de los demás métodos se consignaran las fórmulas usadas, y se calculara la población para 2013; al final los datos de la proyección de todos los métodos se consignaran en la tabla 3.

Tabla 2. Datos de Población del Corregimiento El Carmen

AÑO	POBLACIÓN	OBSERVACIÓN
1973 Tci	3107 Pci	Datos censo inicial
2003 Tuc	3841 Puc	Datos último censo

Tasa de crecimiento = 0,74%

Fuente del contratista

La Capacidad económica se asumirá Baja, por que el Corregimiento El Carmen está ubicado en zona Rural y por las condiciones observadas en las visitas de campo.

#### 5.1.1. Método geométrico

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

$$P_{f2013} = 3841 \text{ hab} * (1 + 0.0074)^{(2013 - 2003)} = 4135 \text{ hab}$$

$$P_{f2028} = 3841 \text{ hab} * (1 + 0.0074)^{(2028 - 2003)} = 4619 \text{ hab}$$

$$P_{f2033} = 3841 \text{ hab} * (1 + 0.0074)^{(2033 - 2003)} = 4792 \text{ hab}$$

$$P_{f2038} = 3841 \text{ hab} * (1 + 0.0074)^{(2038 - 2003)} = 4972 \text{ hab}$$

$$P_{f2043} = 3841 \text{ hab} * (1 + 0.0074)^{(2043 - 2003)} = 5159 \text{ hab}$$

### 5.1.2. Método exponencial

$$k = \frac{L_n(P_{uc}) - L_n(P_{ci})}{T_{cp} - T_{ca}}$$

$$k = \frac{L_n(3841) - L_n(3107)}{2003 - 1973} = 0,00707$$

$$P_f = P_{ci} e^{k(T_f - T_{ci})}$$

$$P_{f2013} = 3107 * e^{0,00707(2013 - 1973)} = 4125 \text{ hab}$$

### 5.1.3. Método aritmético

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

$$P_{f2013} = 3841 \text{ hab} + \left( \frac{3841 \text{ hab} - 3107 \text{ hab}}{2003 - 1973} \right) * (2013 - 2003) = 4086 \text{ hab}$$

Tabla 3. Resumen de la proyecciones de población

AÑO	Método Geométrico	Método Exponencial	Método Aritmético	Promedio Habitantes
2013	4135	4125	4086	4116
2028	4619	4584	4453	4552
2033	4792	4749	4576	4706
2038	4972	4920	4698	4863
2043	5159	5097	4820	5026

Fuente propia

## 5.2. CÁLCULO DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD Y PERÍODO DE DISEÑO

Para la asignación del nivel de complejidad, se utilizo la Ras (*ver Anexos A1*) con lo que se obtuvo un nivel de complejidad Medio, posteriormente se procedió a calcular el Período de diseño según el nivel de complejidad del sistema (*ver Anexos A2*) con lo que se determino

un periodo de diseño de 20 años, pero teniendo en cuenta que entre la segunda fase del proyecto que el Diseño del sistema y la posterior construcción podrían tardarse por lo menos de 3 a 4 años se determino que el periodo de diseño será de 25 años además justificándolo con lo contenido en la resolución 2320 de 2009 que lo establece como el valor máximo, con la información obtenida se determino que el año horizonte seria 2038.

Tabla 4. Resumen de datos de proyección

POBLACIÓN AÑO 2013	POBLACIÓN AÑO 2038	CAPACIDAD ECONÓMICA	NIVEL COMPLEJIDAD	PERIODO DE DISEÑO	AÑO HORIZONTE
4116 Hab	4863 Hab	BAJA	MEDIO	25 Años	2038

Fuente propia

### 5.3. CÁLCULO DE DOTACIÓN NETA Y DOTACIÓN BRUTA

Usando la NORMA 2320 de 2009 donde se disponen los valores de dotación neta se establece que un Proyecto con unas características como las mencionadas anteriormente debe tener una dotación neta de 120 L/Habxdía y se asumirán pérdidas del 25% que son las máximas permitidas, el coeficiente de consumo máximo diario  $K_1$  según el nivel de complejidad del sistema es de 1,3 (*Ver Anexos A3*) igualmente el coeficiente de consumo máximo horario  $K_2$  es de 1,6 (*Ver Anexos A4*), con estos valores se procedió a realizar los cálculos pertinentes.

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación Neta}}{1 - \text{Pérdidas}}$$

$$\text{Dotacion neta} = 120 \text{ L/hab. dia}$$

$$\text{Dotacion bruta} = \frac{120}{1 - 0.25} = 160 \text{ L/hab. dia}$$

### 5.4. CALCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO

$$K_1 = 1.3$$

$$K_2 = 1.6$$

$$Q_{\text{medio}} = \frac{DB * \text{poblacion futura}}{86400} = \frac{160 \times 4863}{86400} = 9,006 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{m\u00e1x diario}} = K1 * Q_{\text{medio}} = 1.3 \times 9,006 = 11,71 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{m\u00e1x horario}} = K2 * Q_{\text{m\u00e1x diario}} = 1.6 \times 11,71 = 18,74 \text{ L/s}$$

Tabla 5. Resumen de caudales de dise\u00f1o

A\u00f1o	Promedio poblaci\u00f3n (Hab)	Dotaci\u00f3n bruta (L/hab-d\u00eda)	Caudal medio (L/s)	Caudal m\u00e1ximo diario (L/s)	Caudal m\u00e1ximo horario (L/s)
2038	4863	160	9,006	11,71	18,74

Fuente propia

## 6. EVALUACIÓN DE LAS POSIBLES FUENTES PARA EL ABASTECIMIENTO DEL SISTEMA

### 6.1. EVALUACIÓN DE LA CUENCA EL MOLINO

Figura 22 Mediciones de caudal y posibles ubicaciones para la captación



Generalidades: La cuenca El molino, es el resultado de la unión de pequeños afluentes que nacen en la Vereda La Cabaña, esta zona es un lugar con gran riqueza hídrica, en el sector conocido como el cerro del oso se unen 4 fuentes en un trayecto de unos 700 metros, las dos cuencas que se unen después de los puntos seleccionados para la posible construcción de la bocatoma pueden presentar problemas de turbiedad porque por el alto grado de deforestación que presentan hay constantes deslizamientos de tierra, esta cuenca además alimenta al acueducto del Corregimiento de Santa Cecilia, la captación de este acueducto está ubicada en la vereda la Cabaña y no sería afectada la población si se construyera una bocatoma en algunos de los tres puntos que se encontraron como viables para dicho propósito.

Es muy importante mencionar que podría generarse algún tipo de conflicto social con la población del municipio de Taminango ya que el acueducto de la población tiene su captación aguas abajo de la zona estudiada para la instalación de la bocatoma, aunque los estudios de caudal realizados a la cuenca confirman que de ninguna manera podría verse afectado su suministro y pese a que desde el lugar de la medición del caudal para la posible instalación de la bocatoma hasta la captación Taminango se contaron 16 micro cuencas que

desembocan en la cuenca El Molino, También en la zona existen actividades de ganadería que pueden contaminar con heces fecales el agua de la cuenca, por lo que lo más oportuno podría ser la adquisición de los predios por parte de la administración municipal y convertir la zona de la cabaña en una parque natural lo que disminuiría la creciente deforestación que viene presentando la cuenca.

#### 6.1.1. Mediciones de caudal.

En la época de verano que se presentó en el segundo semestre del año 2012 en el Corregimiento El Carmen, se realizó una medición de caudal en dos puntos de la cuenca, se asume que ese caudal es posiblemente el mínimo diario presentado por esa cuenca en mucho tiempo, ya que no se presentaron lluvias en siete meses en la zona y las temperaturas fueron muy altas; para las mediciones se utilizó un molinete sónico de alta precisión, (*Fotografía A de la Figura 22*), se realizaron las mediciones aguas arriba de la bocatoma del acueducto del municipio de Taminango (*Fotografía B de la Figura 22*), así como también en una posible ubicación para la bocatoma del acueducto Regional objetivo de este estudio (*Fotografía D de la Figura 22*), la cual se ubicaría a 2280 msm, 100 metros por encima del punto donde se podría construir un tanque de distribución en la vereda Valparaíso Alto a la altitud de 2180 msm, (*Ver Anexos Plano 3*), los resultados de las mediciones fueron 90,05 L/s aguas arriba de la captación del municipio de Taminango y de 22.82 L/s en el punto seleccionado para la posible ubicación de la bocatoma que requeriría el proyecto. (*Ver Anexos B1*)

#### 6.1.2. Posible ubicación de las estructuras hidráulicas

Se determinaron algunos lugares donde el diseñador podría construir la infraestructura del sistema, mediante visitas a la zona de estudio (*Ver Anexos Plano 4*) también observando el plano del lugar de estudio, además se utilizó un GPS de precisión y mapas virtuales para ubicar sobre el plano del Corregimiento los puntos mencionados, así mismo se utilizó información de los habitantes del sector para determinar las personas que son dueñas de los predios donde se ubicarían posiblemente las estructuras hidráulicas y por donde cruzaría una posible línea de conducción del acueducto hasta el tanque de distribución.

##### 6.1.2.1. Posibles puntos donde podría ubicarse la bocatoma.

Fueron determinados recorriendo la fuente, utilizando un altímetro y un GPS que ayudaron a determinar la altitud y la ubicación requerida para el sistema, que está entre el rango de 2200 y 2300 msm, teniendo en cuenta que los dos puntos con mejor viabilidad para la

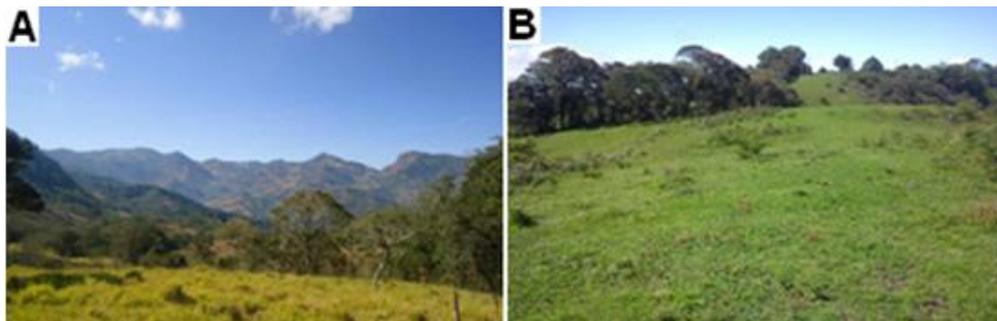
posible instalación de la planta de tratamiento y el tanque de distribución tienen una altitud de 2180 y 2160 msm, para poder garantizar una cobertura de suministro a toda la población del Corregimiento El Carmen; las convenciones que se usaron para indicar los puntos fueron (B1,B2,B3).

- Características del Punto B1: posee una Altitud de 2280 msm, una Latitud de  $1^{\circ}32,44'$  N y una Longitud de  $77^{\circ}11,506'$ O, es el lugar donde se puede acceder con más facilidad en el evento de transportar materiales de construcción a la zona, presenta la suficiente altitud para el diseño de la captación del acueducto, se puede construir fácilmente un desarenador cerca de la bocatoma. A unos pocos metros aguas arriba se unen dos efluentes, precisamente los que no presentan deslizamiento de tierra por deforestación, en el lugar hay el suficiente caudal para el desarrollo del proyecto y la topografía del sector facilitarían la construcción, pero hay que considerar que el lugar está ubicado en la propiedad de un habitante del municipio de Taminango quien manifestó oponerse a la ejecución de obras en sus predios. (*Fotografía A de la Figura 22*)
- Características del Punto B2: tiene una Altitud de 2230 msm una Latitud:  $1^{\circ}32,860'$  N y una Longitud de  $77^{\circ}11,687'$ O, es el mejor sitio de los tres en donde se observo que podría ser viable la instalación de la captación que requiere el sistema que se incluyen en este estudio a la cuenca el Molino, aún cuanta con la suficiente altitud para que el suministro de agua llegue a la cota del tanque de distribución, con facilidad se puede construir un tanque desarenador cerca del lugar de la posible captación, además los taludes de las orillas no son muy pronunciados y la formación rocosa facilitaría la cimentación. (*Fotografía D de la Figura 22*)
- Características del Punto B3: la Altitud es de 2245 msm, la Latitud de  $1^{\circ}32.78'$  N y la Longitud de  $77^{\circ}11.61'$  O, la topografía rocosa podría facilitar la cimentación, pero los taludes de las orillas son muy altos y podrían presentarse deslizamientos de tierra, además no se puede construir con mucha facilidad un tanque desarenador a menos que sea enterrado. (*Fotografía E de la Figura 22*)

#### 6.1.2.2. Posible ubicación de la planta de tratamiento y el tanque de distribución

Se seleccionaron lugares que tuvieran fácil acceso para las labores de mantenimiento de las estructuras y además pensando en la facilidad de transporte de materiales de construcción en caso que estos sitios cumplieran con los requerimientos del proyecto, además deberían contar con áreas lo suficientemente grandes para pensar en emplazar en ellas la planta de tratamiento y el tanque de distribución, y lo más importante estos lugares deberían contar con la altitud suficiente para poder distribuir el suministro a cada hogar del corregimiento; los puntos se referencian en el plano con las convenciones (PT1 y PT2).

Figura 23. Posibles Zonas para la planta de tratamiento y el tanque de distribución



- Características del punto PT1: esta ubicado en la vereda Valparaíso Alto tiene una Altitud de 2160 msm, una Latitud de  $1^{\circ} 34.49'$  N y una Longitud de  $77^{\circ} 12.07'$  O, cuenta con una gran área en su totalidad plana o con pendiente muy pequeña, en este lugar es posible la ubicación de un sistema de tratamiento y tanque de distribución que pueda brindar la cobertura que requiere el proyecto, es un lugar al que se puede acceder con gran facilidad lo que contribuirá al transporte de insumos y operarios para la construcción y mantenimiento. (Fotografía A de la Figura 23)
- Características del punto PT2: se ubica en la vereda Valparaíso Alto, tiene una Altitud de 2180 msm, una Latitud de  $1^{\circ} 34.51'$  N y Longitud de  $77^{\circ} 12.17'$  O, tiene una extensa área en su totalidad plana o de muy poca pendiente se facilita la ubicación de un sistema de tratamiento y tanque de distribución, este punto se ubica estratégicamente en la topografía del Corregimiento por lo que puede brindar la total cobertura que requiere el proyecto además es un lugar de fácil acceso lo que contribuirá al transporte de materiales y obreros para su construcción y mantenimiento. (Fotografía B de la Figura 23)

### 6.1.3. Alternativas de diseño para el sistema de distribución final.

Se sugieren las siguientes alternativas de las cuales el diseñador escogerá la más acorde a la exigencia del proyecto y del presupuesto que pueda tener la ejecución de la obra. (Ver Anexos Plano 5)

- Bocatoma - desarenador- planta de tratamiento por floculación química o por filtración lenta en arena - tanque de 2 cámaras para la distribución y cloración- 3 tanques de almacenamiento para alimentación por sectores funcionarían además como cámaras de quiebre- nueva red de distribución.

- Bocatoma - desarenador- planta de tratamiento por floculación química o por filtración lenta en arena - tanque de 2 cámaras para la distribución y cloración- tanques de almacenamiento para cada vereda – utilizar las actuales redes de distribución.
- Bocatoma - desarenador- planta de tratamiento por floculación química o por filtración lenta en arena - tanque de 2 cámaras para la distribución y cloración- 3 tanques de almacenamiento para alimentación por sectores funcionarían además como cámaras de quiebre- actual red de distribución.

#### 6.1.4. Consideraciones para el diseño

Entre los puntos B1, B2 y B3 el lugar seleccionado en la Vereda Valparaíso Alto donde podría instalarse el tanque de distribución hay una distancia lineal de 3 Km, el caudal estimado para la población debe ser de alrededor de 9 a 10 L/s, el caudal que actualmente capta el acueducto de Taminango es de 20 a 25 L/s, no hay rutas de acceso que faciliten el transporte de materiales para construir la bocatoma y Se ha presentado inconformidad por la población del municipio de Taminango al desarrollo del proyecto utilizando esta cuenca.

## 6.2. EVALUACIÓN DE LA CUENCA QUEBRADA GRANDE

Generalidades: por el conflicto social que puede generar la instalación de la captación en la cuenca El Molino, se dispuso encontrar otra posible fuente de captación para evitar este inconveniente y en los recorridos por la zonas de estudio se encontró con una fuente conocida como Quebrada Grande que cuanta con el caudal suficiente para abastecer al acueducto Regional, también la altitud optima y una ubicación estratégica, además de fácil acceso. La cuenca nace en el la vereda el Recodo, las micro cuencas que forman este quebrada descienden del Cerro El Oso del lado opuesto que las escorrentías que surten la cuenca El Molino esta zona está en alto estado de deforestación por la presencia de cultivos de fíque y por la ganadería, a pesar de esto el agua aflora de los pastos y aportan caudales que forman esta cuenca; hay 12 afluentes desde el nacimiento hasta donde se determinó el primer posible punto donde podría instalarse la captación.

### 6.2.1. Posible ubicación de las estructuras hidráulicas

Al igual que en la cuenca El molino Se determinaron los posibles lugares donde se podría construir la infraestructura del sistema de abastecimiento visitando la zona de estudio de

Quebrada Grande, también observando el plano del lugar de estudio además se utilizo un GPS de precisión y mapas virtuales para ubicar sobre el plano de estudio del Corregimiento los puntos mencionados, así mismo se utilizo información de los habitantes del sector para determinar las personas que son dueñas de los predios donde se ubicarían posiblemente las estructuras hidráulicas y por donde cruzaría una posible línea de conducción del acueducto hasta el tanque de distribución. (Ver Anexo Plano 6)

#### 6.2.2. Posible ubicación de la bocatoma.

Figura 24. Posible ubicación de la captación y el desarenador



Luego de recorrer la fuente, se utilizo un GPS para indicar si la altitud era acorde con la requerida para el funcionamiento del sistema, para garantizar que este funcione por gravedad y logre brindar una cobertura de suministro a toda la población del Corregimiento El Carmen y sus veredas; las convenciones que se usaran para indicar estos puntos en el plano fueron (B1, B2, B3)

- Características del punto B1: esta ubicado en la Vereda El Recodo, con una Altitud de 2370 msn, una Latitud de  $1^{\circ}32,812' N$  y una Longitud de  $77^{\circ}10,674' O$ , a este lugar se puede acceder con mucha facilidad pues está ubicado sobre la vía alterna que comunica el Corregimiento El Carmen con el municipio de San Lorenzo, es más factible el transporte de materiales de construcción que en los puntos que para esta misma finalidad se dispuso en la cuenca El Molino, en esta zona se presenta la suficiente altitud para la posible instalación de la captación, se presenta el inconveniente que no se podría construir fácilmente un desarenador cerca de la

bocatoma debería hacerse removimiento de tierra lo que incrementaría el costo, a unos pocos metros aguas arriba se unen dos efluentes, en el lugar hay el suficiente caudal para el desarrollo del proyecto y la topografía del sector facilitarían la construcción de la bocatoma. (*Fotografía A de la Figura 24*)

- Características del punto B2: esta ubicado en la Vereda El Recodo, tiene una Altitud de 2330 msm, una Latitud de  $1^{\circ}32,924'$  N y de Longitud  $77^{\circ}10,928'$ O, es el mejor sitio de los tres en donde se realizó la medición de caudal además se observó que podría ser viable la instalación de la captación que requiere el sistema que se incluyen en este estudio a la cuenca Quebrada Grande, tiene la suficiente altitud para que el suministro de agua llegue a la cota del tanque de distribución, con facilidad se puede construir un tanque desarenador cerca del lugar de captación, además los taludes de las orillas no son muy pronunciados y la formación rocosa facilitaría la cimentación. (*Fotografías B y D de la Figura 24*)
- Características del punto B3: está ubicado a solo 2 metros del punto B2 tiene por Altitud 2330 msm, Latitud  $1^{\circ}32,934'$  N y Longitud  $77^{\circ}10,927'$ O, por lo que también podría ser viable establecer allí la captación que requiere el Acueducto Regional, cuenta con la suficiente altitud para que el suministro de agua llegue a la cota de la planta de tratamiento y al tanque de distribución, se puede construir con facilidad un tanque desarenador cerca del lugar de captación, además los taludes de las orillas no son pronunciados y la formación rocosa facilitaría la cimentación de la estructura de captación. (*Fotografías C y D de la Figura 24*)

### 6.2.3. Mediciones de caudal.

En Quebrada Grande se realizaron tres mediciones en los puntos donde podría realizarse el posible emplazamiento de la captación (Puntos B1 – B2 – B3) del Acueducto Regional objetivo de este estudio, para determinar de manera más precisa la medida del caudal de la fuente, se utilizó en mismo molinete sónico de alta precisión empleado en las mediciones realizadas en la cuenca El Molino, los caudales obtenidos fueron B1= 36,62 L/s – B2= 38,12 L/s y B3= 37,93 L/s. (*Ver Anexos B2*)

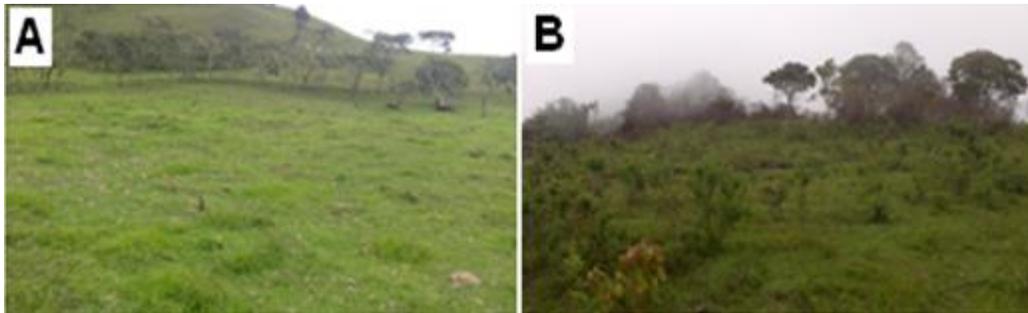
- Análisis de resultados

Los valores obtenidos en las mediciones indican que el caudal de la cuenca Quebrada Grande puede abastecer a toda la población del Corregimiento El Carmen sin ningún inconveniente, en promedio el caudal de la fuente es de 37,56 L/s y el requerido por la población en el año 2038 de 9,05 L/s .

#### 6.2.4. Posible ubicación de una cámara de quiebre, la planta de tratamiento y el tanque de distribución.

Se seleccionaron los lugares que tuvieran mas facilidad para el transporte de materiales de construcción en caso que estos sitios cumplieran con los requerimientos del proyecto, además deberían contar con áreas lo suficientemente grandes para pensar en construir en ellas la planta de tratamiento y el tanque de distribución, además los lugares deberían contar con la altitud suficiente para poder distribuir el suministro a cada hogar del corregimiento; los puntos se referencian el plano con las convenciones (PT1 y PT2).

Figura 25. Lugares viables para, la planta de tratamiento y el tanque de distribución.



- Características de PT1: esta ubicado en la Vereda El Recodo, con una Altitud de 2225 msm, una Latitud de 1°33,702' N y de Longitud 77°10,928' O, cuenta con el área suficiente para la instalación de una Planta de tratamiento y el tanque de distribución que requiere el sistema, queda continuo a la vía auxiliar que comunica el Corregimiento y San Lorenzo, podría usarse este lugar también con la finalidad de instalar una cámara de quiebre ya que la diferencia de nivel que existiría entre el punto PT2 y la captación sería bastante grande lo que podría generar problemas de presión en las tuberías de conducción. (Fotografía A de la Figura 254)
- Punto PT2 Características: se ubica en la Vereda Madroñero Alto, tiene una Altitud de 2180msm, una Latitud de 1°34,380' N y una Longitud de 77°10,880' O, cuanta con una gran área en su totalidad plana o con pendiente muy pequeña es posible la ubicación de un sistema de tratamiento y tanque de distribución que pueda brindar la cobertura que requiere el proyecto, es un lugar al que se puede acceder con gran facilidad lo que contribuirá al transporte de insumos y operarios para su mantenimiento, lo más importante de este punto es lo estratégico que tiene para la conexión con las redes de distribución existentes, o también si se hiciera atravez de una nueva, es el sitio más recomendado para la instalación de estas estructuras. (Fotografía B de la Figura 25)

#### 6.2.5. Alternativas de diseño para la distribución final.

Podrían ser tenidas en cuenta las siguientes alternativas para el diseño de acuerdo a la exigencia que requiere el proyecto y del presupuesto que pueda tener la ejecución de la obra; se vincularan en el plano estas alternativas.

- Bocatoma - desarenador- planta de tratamiento por floculación química o por filtración lenta en arena - tanque de 2 cámaras para la distribución y cloración- 3 tanques de almacenamiento para alimentación por sectores funcionarían además como cámaras de quiebre- nueva red de distribución. (*Ver Anexo Plano 7*)
- Bocatoma - desarenador- planta de tratamiento por floculación química o por filtración lenta en arena - tanque de 2 cámaras para la distribución y cloración- tanques de almacenamiento para cada vereda – utilizar las actuales redes de distribución. (*Ver Anexo Plano 8*)
- Bocatoma - desarenador- planta de tratamiento por floculación química o por filtración lenta en arena - tanque de 2 cámaras para la distribución y cloración- 3 tanques de almacenamiento para alimentación por sectores funcionarían además como cámaras de quiebre- actual red de distribución. (*Ver Anexo Plano 9*)

#### 6.2.6. Consideraciones para el diseño

Desde los puntos B1, B2 y B3 hasta el punto PT1 donde podría instalarse el tanque de distribución o una cámara de quiebre hay una distancia lineal de 1,2 Km, y hasta el punto PT2 2,1 Km. El caudal estimado para la población debe ser 9 a 10 L/s, La conducción entre las estructuras del Acueducto podría hacerse con más facilidad que en la cuenca El Molino ya que podría usarse la vía que es propiedad del municipio. Hay rutas de acceso que faciliten el transporte de materiales para construir la bocatoma y las diferentes estructuras requeridas para este sistema; además se evitaría el conflicto social con la población del municipio de Taminango si se utiliza la cuenca El Molino para la captación.

### 6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CUENCAS

Luego de recorrer las zonas de las dos fuentes que se evaluaron, de realizar los estudios de caudales pertinentes, al analizar muy bien el plano del Corregimiento El Carmen, luego de considerar el conflicto social que la instalación de un acueducto en la Cuenca El Molino con la población del municipio de Taminango que podría ocasionarse, así como los enormes costos que implicaría transportar los materiales hasta el lugar donde se podría construir la bocatoma para el Acueducto Regional usando El Molino, se determino que la

cuenca Quebrada Grande es la opción más viable para ser usada en la ejecución del proyecto, porque con facilidad sería posible el transporte de materiales, además la vía alterna entre el Corregimiento El Carmen y el Municipio de San Lorenzo, puede ser usada para el emplazamiento de las tuberías de conducción, además que los caudales obtenidos, son acordes con los requerimientos del proyecto; por lo tanto se sugiere al diseñador que tenga en cuenta la información recolectada, además por ser la alternativa de captación más factible se procedió a realizar el estudio de calidad de Agua sobre esta fuente, para determinar si es posible usarla para abastecer a esta población.

Tabla 6. Resumen de la Evaluación de las cuencas El Molino y Quebrada Grande

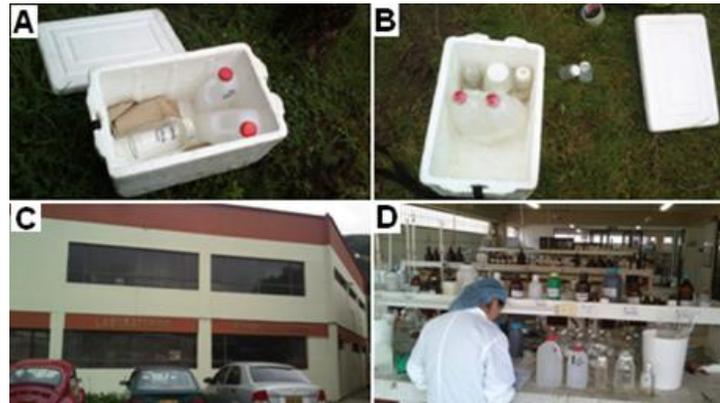
CUENCA	CAUDAL L/s EN LA CAPTACIÓN	RUTAS DE ACCESO	PROBLEMÁTICA SOCIAL	OBSERVACIONES
El Molino	23	No es fácil transportar materiales.	Inconformismo de los habitantes de Taminango	Es viable desarrollar el proyecto pero sería muy complicado, sortear el aspecto social que generaría la instalación de una bocatoma aguas arriba de la captación de otra población.
Quebrada Grande	37	Hay facilidad para transportar materiales y maquinaria si fuese necesaria.	Ninguna	La mayor parte de la conducción podría hacerse Por la vía del municipio, los lugares donde se ubicarían el tanque de distribución estaría sobre una zona estratégica que podría suministrar agua a todo El Corregimiento

Fuente propia.

### 6.3.1. Resultado del análisis de calidad de agua de Quebrada Grande.

Se realizó un análisis de calidad de Agua de una muestra de la Quebrada Grande tomada en la Vereda el Recodo en el punto B2 (ubicación de la posible bocatoma), la muestra fue tomada el día 12 de febrero del año 2013 (*Fotografías A y B de la Figura 26*), durante los días previos a la toma de la muestra se presentaron fuertes lluvias en la zona, el día de la toma de la muestra las condiciones no eran las satisfactorias por lo que se habían presentado lluvias pese a este inconveniente, se decidió tomarla entendiendo que este análisis debe realizarse de manera más rigurosa en la segunda fase de este proyecto.

Figura 26. Muestreo y análisis de agua en Quebrada Grande



Una vez tomada la muestra esta fue transportada hasta la ciudad de de Pasto para su análisis fisicoquímico y microbiológico en el laboratorio de análisis Químico y Aguas de la Universidad de Nariño Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, *GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SOLIDO SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO*, según Resolución No 42 de 25 de enero de 2011, (*Fotografías C y D de la Figura 26*); los resultados (*Ver Anexos C1*) fueron comparados con los que estipula la Ras 2000 (*Ver Anexos A5*), con esta información se realizo un cuadro donde se determinó el tipo de fuente según la Ras parámetro a parámetro.

Tabla 7. Clasificación del tipo de fuente para Quebrada Grande según la calidad de agua

PARÁMETRO	VALOR EN LA MUESTRA	VALOR PARA FUENTE ACEPTABLE - RAS	TIPO DE FUENTE - RAS
DBO 5 mg/L	Por debajo del límite de detención.	$\leq 1.5$	Fuente aceptable
DQO mg/L	Por debajo del límite de detención.	—	Fuente aceptable
Oxígeno Disuelto mg/L	6,0	$\geq 4,0$	Fuente aceptable
pH	6,79.	6.0 - 8.5	Fuente aceptable
Turbiedad NTU	7,5	$\leq 2$	Fuente regular
Color Verdadero UPC	16,9	$\leq 10$	Fuente regular
Cloruros mg/L	Por debajo del límite de detención.	$\leq 50$	Fuente aceptable
Nitritos mg/L	Por debajo del límite de detención.	0,1	Fuente aceptable
Nitratos mg/L	0,10	10	Fuente aceptable
Coliformes Totales	9600	0 – 50	Fuente muy deficiente

NMP/100 mL			
------------	--	--	--

### 6.3.2. Análisis de resultados de la muestra de agua

Considerando que la muestra de agua fue tomada en época de invierno, se puede observar que la fuente es Aceptable para muchos de los parámetros (DBO 5, DQO, Oxígeno Disuelto, pH, Cloruros, Nitritos y Nitratos), para los parámetros (Turbiedad y Color verdadero) los valores obtenidos califican a la Quebrada Grande como Regular, pero el parámetro de coliformes totales tiene un valor muy elevado, lo que califica a la fuente como muy Deficiente; pero a la vez este análisis se ajusta a lo observado en los recorridos de la zona, el agua al proceder de nacimientos de aguas, tiene una buena calidad la cual en su recorrido es contaminada al tener contacto directo con actividades antrópicas como la ganadería.

La Norma Ras sugiere que para un tipo de agua con estas condiciones es necesario hacer un proceso de estabilización, posteriormente se debería realizar un tratamiento de coagulación y sedimentación, seguida de una filtración en arena, finalmente debe hacerse la desinfección del agua con cloro. Cabe resaltar que este es un estudio previo el cual debe hacerse más profundamente en la etapa de diseño, se recomienda al diseñador tomar mas muestras de agua de la fuente en diferentes épocas del año, así como también se sugiere a la Administración municipal del Municipio de San Lorenzo la compra de algunos predios cercanos al lugar donde podría instalarse la captación y aislar la zona para evitar el contacto con las heces fecales del ganado y realizar un muestro bajo estas condiciones, teniendo en cuenta que los demás parámetros tiene niveles aceptables para que el tratamiento del agua no sea muy costoso, si se logra disminuir el parámetro de coliformes fecales podría desarrollarse un sistema de potabilización mas sencillo por ejemplo una estabilización seguida de una filtración lenta en arena y finalmente la desinfección con cloro.

Por las condiciones observadas en los sistemas de tratamiento de los acueductos Veredales, que por falta de asesoramiento técnico a los fontaneros, no están actualmente en funcionamiento, además de inutilizados por la acción corrosiva de los insumos que destruyen muy rápidamente los dispensadores de cloro, se sugiere al diseñador tratar de diseñar un sistema de tratamiento FIME el cual es muy efectivo para la eliminación de coliformes, además teniendo en cuenta que el valor de la turbiedad esta en el rango de regular, pero como se menciono la muestra fue tomada en época de invierno, lo que garantizaría que el sistema podría comportarse muy bien para este tipo de agua si se controla este parámetro; asimismo el sistema FIME tiene la ventaja de que el mantenimiento requerido para su buen funcionamiento es mas acorde con las características culturales de los futuros operarios.

7. LISTA DE PROPIETARIOS DE LOS PREDIOS DONDE PODRÍAN EMPLAZARSE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DEL SISTEMA.

7.1. CUENCA EL MOLINO

Tabla 8. Propietarios de predios cuenca El Molino

UNIDAD HIDRÁULICA REQUERIDA	PROPIETARIO(S)
Bocatoma y desarenador	Rodrigo Jurado
Línea de conducción desarenador – tanque de distribución	Rodrigo Jurado – Macario Gómez – Elia Narváez
Tanque de distribución final y planta de tratamiento	Nora Gaviria.

Fuente propia

7.2. QUEBRADA GRANDE

Tabla 9. Propietarios de predios cuenca Quebrada Grande

UNIDAD HIDRÁULICA REQUERIDA	PROPIETARIO(S)
Bocatoma y desarenador	Luz Aura Andrade
Línea de conducción desarenador – tanque de distribución	Municipio de San Lorenzo
Tanque de distribución final y planta de tratamiento	_____

Fuente propia

## CONCLUSIONES

- Los acueductos evaluados fueron los de las Veredas San Clemente, San Vicente, San José Alto y Bajo, Valparaíso Alto y Bajo, Madroñero y el Caserío del Corregimiento; la problemática mas grave se observo en la Vereda San Vicente, tiene mas de 42 años de funcionamiento, y errores de diseño, además presenta problemas de filtración en el tanque de distribución, también las fuentes de abastecimiento tienen graves problemas de deforestación, igualmente presenta racionamientos en épocas de verano. Pese a la grave problemática observada en este acueducto cabe resaltar que es el único sistema que tiene en funcionamiento el sistema para la desinfección del agua.
- Todos los acueductos rurales del Corregimiento presentan problemas de turbiedad en época de invierno y el mantenimiento de las estructuras hidráulicas es muy deficiente. También casi en su totalidad los usuarios están en mora con las juntas de acueductos existentes en el Corregimiento. Además se observo que todos los acueductos visitados tienen problemas de contaminación por heces fecales de ganado, algunos como el de la Vereda San Clemente sector San Francisco podrían ser contaminados por insumos químicos usados en labores de agricultura por tener ubicada la captación cerca de zonas de cultivos; finalmente ninguno de los acueductos rurales tiene la concesión de agua vigente y lo mas preocupante ninguno es apto para la prestación del suministro de agua según la normatividad Colombiana vigente.
- El periodo de diseño del acueducto regional del Corregimiento debe ser de 25 años, la población promedio del año 2038 será de 4810 habitantes, la dotación bruta asumiendo perdidas del 25% debe ser 160 L/habada, el caudal medio de 9.06 L/s, el caudal máximo diario 11.78 L/s y el caudal máximo horario 18,15 L/s.
- Las fuentes evaluadas fueron El molino y Quebrada Grande, las mediciones de caudales indican que las dos podrían abastecer al acueducto Regional, pero al analizar otros factores como el transporte de materiales donde se construiría la captación y otras estructuras, así como el aspecto social, la facilidad para trazar una línea de conducción y para futuras labores de mantenimiento; se llego a la conclusión que quebrada Grande es la alternativa mas viable para ser la fuente de abastecimiento del nuevo sistema de distribución de agua, además las pruebas de laboratorio muestran que es una fuente aceptable para todos los parámetros excepto para el de coliformes totales que la califica como una fuente muy deficiente pero este valor puede ser llevado a niveles muy bajos o hasta cero si se disponen acciones como las mencionadas anteriormente en el análisis del resultado de la muestra.

- Los propietarios de los predios donde podrían construirse las estructuras para el acueducto regional, en las zonas de las dos cuencas evaluadas no tendrían ningún inconveniente para vender sus predios a la administración municipal para la futura construcción de las unidades requeridas para el sistema; la zona de la quebrada Grande facilitaría el emplazamiento de las tuberías de conducción entre estructuras porque podría usarse la vía la cual pertenece al municipio de San Lorenzo.
- Es factible la construcción de un acueducto regional para el Corregimiento El Carmen, se cuenta con una fuente que puede abastecer el sistema en los próximos 25 años que sería el periodo de diseño de este proyecto, también la evaluación de los acueductos existentes indican que es necesario la renovación de todos los sistemas existentes pues no son acordes con la normatividad Colombiana.

## RECOMENDACIONES

- La evaluación a los sistemas de abastecimiento de agua actuales con que cuentan las veredas del Corregimiento, indican que deben hacerse de inmediato labores de mitigación para mejorar las condiciones de la prestación del servicio de agua, se sugiere aislar los acueductos existentes para evitar la contaminación por heces fecales de animales, así mismo colocar mallas sobre las captaciones para reducir el taponamiento de las rejillas por material vegetal, también deben de inmediato ser reparadas las casetas de cloración para la desinfección del agua; la administración municipal debe apersonarse del mejoramiento de los acueductos existentes porque la construcción de un nuevo sistema podría demorarse de 3 a 4 años, es conveniente también realizar campañas de reforestación, en las cuencas de los acueductos existentes en el Corregimiento.
- Puesto que la evaluación de las fuentes indicó que la quebrada Grande es la alternativa mas viable para desarrollar el proyecto es necesario la adquisición de los predios indicados y de la zona de la captación para contrarrestar el problema de deforestación que se presenta y la contaminación por heces fecales de ganado, cabe mencionar que la administración municipal debería buscar ayuda Estatal para declara a las Veredas la Cabaña y la Rejoya como una zona protegida pues en ellas se observa con mucha facilidad escorrentías de aguas subterráneas las cuales forman las cuencas estudiadas y muestran que es una zona muy rica en recursos hídricos los cuales deberían protegerse y porque no pensar en una futura venta del recurso a poblaciones como El Remolino y El Tablón quienes tienen interés de utilizar la cuenca El Molino para abastecerse, la única manera de cumplir este objetivo sería declarar la zona como una zona protegida y realizar las acciones pertinentes.
- Se recomienda a la administración municipal de San Lorenzo desarrollar un proyecto de familias guardabosques sobre las Veredas La Cabaña y La Rejoya, pues sus habitantes argumentan que no tienen otra manera de subsistencia que cortar los árboles existentes en la zona para venderlos como madera de esta manera un árbol de unos 80 años de edad termina valorándose en 20.000 pesos en el municipio, ellos saben la problemática que se está ocasionando pero no tienen otra manera de obtener ingresos, la vereda La Cabaña contrasta entre una zona rica en recursos hídricos fauna y flora pero además es la zona con mayor problemas de deforestación de lo observado en campo, los habitantes del sector solicitaron de forma directa la inclusión de un proyecto que ayude a mitigar esta problemática además solicitan la presencia de la administración del municipio en esa zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Defensoría del Pueblo Colombiano. Derecho Humano al agua. Bogotá D.C. 2005. Pág. 21.
- GONZALES H. Arturo, MARTIN D. Alejandra, FIGUEROA Rosario. Tecnologías de Tratamiento y Desinfección de Agua para uso y consumo humano. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- ORELLANA. Jorge, Conducción de las Aguas. Unidad temática N° 7: Ingeniería Sanitaria- UTN – FRRO, 2005.
- PÉREZ CASTILLO, Harol. acciones desinfectantes en la potabilización del agua en pequeñas comunidades. Universidad de Sucre, Sincelejo 2008.
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, sección I, Título A, aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE DE 2000.
- SOLSONA, Felipe; MÉNDEZ, Juan Pablo, Au. Institucional CEPIS; OPS; EPA; Desinfección de Agua. Lima 2002.

## WEB GRAFÍA

- Francis Guillemin et al., 1991  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004313549190139H>.
- Universidad Nacional de Colombia. Red Nacional de Conservación de Suelos. El Recurso Agua, La Potabilización.  
<http://www.redaguas.unalmed.edu.co/default.php?link=recursos&sub=agua&item=potabilizacion>.

## ANEXOS

### A. TABLAS DE LA RAS 2002

A 1. Tabla A.3.1 Asignación del nivel de complejidad

<b>Nivel de complejidad Población en la zona</b>	<b>Población en la zona urbana (1) (habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los usuarios(2)</b>
Bajo	< 2500 Baja	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

A 2. Tabla B.4.2 Período de diseño según el Nivel de Complejidad del Sistema

<b>Nivel de Complejidad del Sistema</b>	<b>Período de diseño</b>
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio Alto	Alto 25 años
Alto	Alto 30 años

A 3. Tabla B.2.5 Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema

<b>Nivel de Complejidad del Sistema</b>	<b>Coeficiente de consumo máximo diario - k1</b>
Bajo	<b>1.30</b>
Medio	<b>1.30</b>
Medio Alto	<b>1.20</b>
Alto	<b>1.20</b>

A 4. Tabla B.2.6 Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución.

<b>Nivel de Complejidad del Sistema</b>	<b>Red menor de distribución</b>	<b>Red secundaria</b>	<b>Red matriz</b>
Bajo	<b>1.60</b>	--	--
Medio	<b>1.60</b>	<b>1.50</b>	--
Medio Alto	<b>1.50</b>	<b>1.45</b>	<b>1.40</b>
Alto	<b>1.50</b>	<b>1.45</b>	<b>1.40</b>

A 5. Tabla C.2.1 Calidad de la fuente

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC 3630	Standard Method ASTM	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
<b>DBO 5 días</b>						
Promedio mensual mg/L			<1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
Máximo diario mg/L			1-3	3-4	4-6	>6
<b>Coliformes totales</b> (NMP/100 mL)						
Promedio mensual		D-3870	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	> 5000
<b>Oxígeno disuelto</b> mg/L	4705	D-888	≥4	≥4	≥ 4	<4
<b>PH promedio</b>	3651	D 1293	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
<b>Turbiedad</b> (UNT)	4707	D 1889	<2	2 - 40	40 - 150	≥150
<b>Color verdadero</b> (UPC)			< 10	10 -20	20 - 40	≥ 40
<b>Gusto y olor</b>		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
<b>Cloruros</b> (mg/L - Cl)		D 512	< 50	50 - 150	150 - 200	300
<b>Fluoruros</b> (mg/L - F)		D 1179	< 1.2	< 1.2	< 1.2	> 1.7
<b>GRADO DE TRATAMIENTO</b>						
					Sí, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO		SI
- Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
					(3) =	
- Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración lenta o Filtración Directa + 1	Pretratamiento + +(coagulación +sedimentación + filtración Rápida) o (Filtración lenta Diversas Etapas) + (1)	(4) = (3) + Tratamientos Específico  + (1)

En ausencia de Normas Técnicas Colombianas, los métodos de análisis, deben hacerse de acuerdo con los métodos estándar: Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (APHA, AWWA y WPCF, 1995).

Los criterios que se debe tener en cuenta para establecer la confiabilidad de un método de análisis pueden ser:

1. El método debe ser capaz de llegar a los límites de detección requeridos.
2. El método debe ser capaz de suministrar resultados con errores aleatorios y sistemáticos adecuadamente pequeños

*La elección de un método analítico, en general, debe quedar en libertad para cada laboratorio de aguas, teniendo como única restricción la de que el método seleccionado debe cumplir con las exigencias de exactitud, precisión y límite de detección requeridos. Para el presente propósito, se debe dar especial énfasis a las técnicas de recolección y manipulación de muestras de agua cruda ya sea de fuentes superficial o subterránea, considerándolas como parte del método de análisis.*

*Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el análisis de parámetros como por ejemplo sustancias flotantes, gusto y olor, dependen del método usado. Para el caso específico de **gusto y olor** es de extrema importancia que todos los laboratorios usen el método ASTM D 1292 o, si esto no es posible, debe demostrarse desde el principio que el método utilizado es capaz de dar resultados comparables a los obtenidos con éste*

## B. CÁLCULOS DE CAUDALES

### B 1. Mediciones de caudal cuenca El Molino.

Tabla 1. Resultados de la medición de caudal aguas arriba de la bocatoma del acueducto de Taminango

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0,34	0,100	0,100	0,34	0,017	0,69	0,100	0,067	0,001
2	0,68	0,100	0,100	0,34	0,034	0,68	0,090	0,095	0,003
3	1,02	0,160	0,130	0,34	0,044	0,69	0,600	0,345	0,015
4	1,36	0,170	0,165	0,34	0,056	0,68	0,100	0,350	0,020
5	1,70	0,170	0,170	0,34	0,058	0,68	0,240	0,170	0,010
6	2,04	0,160	0,165	0,34	0,056	0,68	0,500	0,370	0,021
7	2,38	0,150	0,155	0,34	0,053	0,68	0,090	0,295	0,016
8	2,72	0,130	0,140	0,34	0,048	0,68	0,030	0,060	0,003
9	3,06	0,100	0,115	0,34	0,039	0,68	0,040	0,035	0,001
10	3,40	0,000		0,34	0,017	0,69		0,027	0,000
					0,42	6,84	Q (m <sup>3</sup> /s)		0,090
							Q (L/s)		90,05

Tabla 2. Resultados de la medición de caudal donde podría construirse una captación

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0,15	0,150	0,150	0,15	0,011	0,35	0,040	0,027	0,000
2	0,29	0,160	0,155	0,15	0,022	0,29	0,100	0,070	0,002
3	0,44	0,170	0,165	0,15	0,024	0,29	0,260	0,180	0,004
4	0,58	0,150	0,160	0,15	0,023	0,29	0,220	0,240	0,006
5	0,73	0,120	0,135	0,15	0,020	0,29	0,290	0,255	0,005
6	0,87	0,155	0,138	0,15	0,020	0,29	0,070	0,180	0,004
7	1,02	0,090	0,123	0,15	0,018	0,30	0,070	0,070	0,001
8	1,16	0,090	0,090	0,15	0,013	0,29	0,060	0,065	0,001
9	1,31	0,060	0,075	0,15	0,011	0,29	0,010	0,035	0,000
10	1,46	0,000		0,16	0,005	0,32		0,007	0,000
					0,17	3,02	Q (m <sup>3</sup> /s)		0,023
							Q (L/s)		22,82

## B 2. Mediciones de caudal en la Quebrada Grande

Tabla 3. Resultados de la medición de caudal en el punto B1 de quebrada grande

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0,18	0,100	0,100	0,18	0,009	0,39	0,020	0,013	0,000
2	0,37	0,160	0,130	0,19	0,024	0,38	0,120	0,070	0,002
3	0,55	0,160	0,160	0,18	0,029	0,37	0,250	0,185	0,005
4	0,73	0,120	0,140	0,18	0,025	0,36	0,270	0,260	0,007
5	0,92	0,150	0,135	0,19	0,026	0,38	0,280	0,275	0,007
6	1,09	0,140	0,145	0,17	0,025	0,34	0,310	0,295	0,007
7	1,28	0,110	0,125	0,19	0,024	0,38	0,190	0,250	0,006
8	1,46	0,080	0,095	0,18	0,017	0,36	0,050	0,120	0,002
9	1,64	0,050	0,065	0,18	0,012	0,36	0,020	0,035	0,000
10	1,83	0,000		0,19	0,005	0,39		0,013	0,000
					0,20	3,72	Q (m <sup>3</sup> /s)		0,037
							Q (L/s)		36,62

Tabla 4. Resultados de la medición de caudal en el punto B2 de quebrada grande

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0,22	0,090	0,090	0,22	0,010	0,46	0,030	0,020	0,000
2	0,45	0,180	0,135	0,23	0,031	0,48	0,120	0,075	0,002
3	0,67	0,170	0,175	0,22	0,039	0,44	0,200	0,160	0,006
4	0,90	0,210	0,190	0,23	0,044	0,46	0,180	0,190	0,008
5	1,13	0,260	0,235	0,23	0,054	0,47	0,140	0,160	0,009
6	1,35	0,170	0,215	0,22	0,047	0,46	0,180	0,160	0,008
7	1,57	0,130	0,150	0,22	0,033	0,44	0,050	0,115	0,004
8	1,80	0,120	0,125	0,23	0,029	0,46	0,010	0,030	0,001
9	2,03	0,070	0,095	0,23	0,022	0,47	0,010	0,010	0,000
10	2,25	0,000		0,22	0,008	0,45	0,000	0,005	0,000
					0,32	4,58	Q (m <sup>3</sup> /s)		0,038
							Q (L/s)		38,12

Tabla 5. Resultados de la medición de caudal en el punto B3 de quebrada grande

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Prof. Media (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Velocidad Puntual (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0,29	0,130	0,130	0,29	0,019	0,61	0,010	0,007	0,000
2	0,57	0,140	0,135	0,28	0,038	0,56	0,020	0,015	0,001
3	0,86	0,220	0,180	0,29	0,052	0,59	0,030	0,025	0,001
4	1,15	0,420	0,320	0,29	0,093	0,64	0,140	0,085	0,008
5	1,44	0,420	0,420	0,29	0,122	0,58	0,120	0,130	0,016
6	1,73	0,340	0,380	0,29	0,110	0,59	0,020	0,070	0,008
7	2,01	0,390	0,365	0,28	0,102	0,56	0,020	0,020	0,002
8	2,30	0,180	0,285	0,29	0,083	0,65	0,020	0,020	0,002
9	2,59	0,140	0,160	0,29	0,046	0,58	0,010	0,015	0,001
10	2,88	0,000		0,29	0,020	0,61	0,000	0,005	0,000
					0,69	5,98	Q (m <sup>3</sup> /s)		0,038
							Q (lps)		37,93

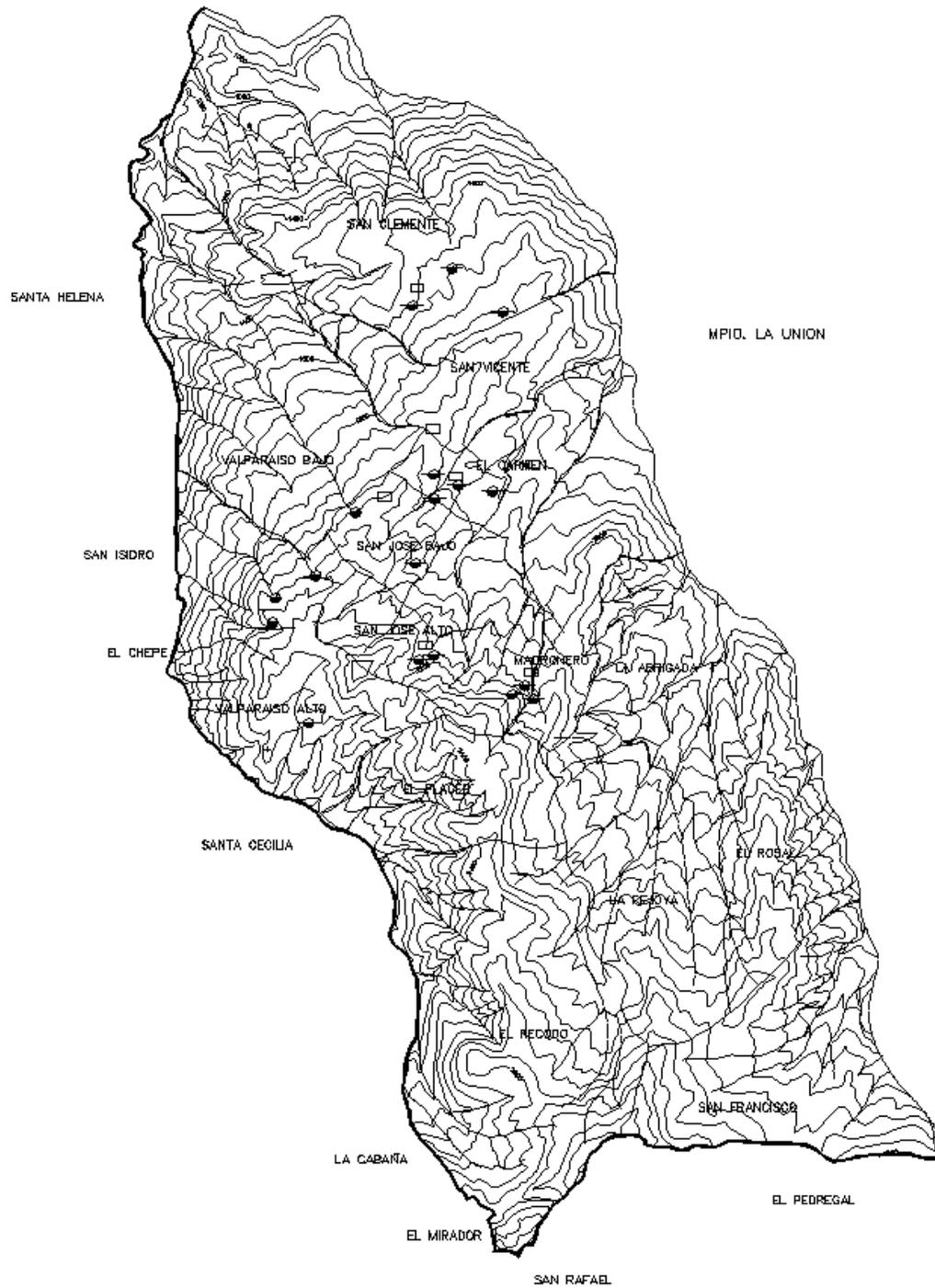
## C. ANALISIS DE AGUA

### C 1. Resultado del analisis de calidad de agua en quebrada grande

	<b>SECCION DE LABORATORIOS</b> <b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Código:</b> LBE-PRS-FR-26 <b>Página:</b> 1 <b>Versión:</b> 02 Viegente a patir de : 2010-09-01		
FECHA EMISION RESULTADOS:	<b>2013-02-27</b>	<b>REPORTE No:</b> <b>LAQ-R-35-13</b>		
AREA:	<b>LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS</b>			
DATOS USUARIO				
Solicitante: JAIRO BRAVO Dirección: PASTO Teléfono: 3146169359 nit: 76.327.991 e-mail: <a href="mailto:jairoandresbravoguerrero@yahoo.es">jairoandresbravoguerrero@yahoo.es</a>	DATOS MUESTRAS Tipo de Muestra: <b>AGUA CRUDA</b> Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: SAN LORENZO Responsable del Muestreo: EXTERNO: LUIS ANDRES RUIZ Fecha de Muestreo: 2013-02-12 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2013-02-12 <span style="float: right;">9.00 €</span>			
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS	<b>2013-02-12-2013-02-20</b>			
<b>Código Muestra</b> <b>LAQ-0088-13</b>	<b>Descripción</b> QUEBRADA GRANDE VEREDA EL RECODO CORREGIMIENTO EL CARMEN MUNICIPIO			
FECHA DE EJECUCION DEL ENSAYO	12/02/2013 <span style="float: right;">0</span>			
PARAMETRO	METODO	TECNICA		
		UNIDAD DE MEDIDA		
		LIMITES DE DETECCION		
		CODIGO MUESTRA		
		LAQ-0088-13		
PH	ESTANDARMETODOS EDICIONNo214500-H	ELECTROMETRICA	pH -	<b>6,79</b>
COLOR APARENTE AR	ESTANDARMETODOS EDICIONNo212120-C	COLORIMETRICA	UPC 8	<b>16,9</b>
TURBIEDAD	ESTANDARMETODOS EDICIONNo212130-B	NEFELOMETRICA	NTU -	<b>7,50</b>
SOLIDOS SUSPENDIDOS	ESTANDARMETODOS EDICIONNo212540-D	GRAVIMETRICA	mg/L 10	<b>&lt;LD</b>
ALCALINIDAD TOTAL	ESTANDARMETODOS EDICIONNo212320-B	TITULOMETRICA	mg CaCO3/ L -	<b>16,0</b>
DUREZA TOTAL	ESTANDARMETODOS EDICIONNo212340-C	TITULOMETRICA	mg CaCO3/ L -	<b>12,0</b>
DUREZA CALCIO	ESTANDARMETODOS EDICIONNo213500-Ca-D	TITULOMETRICA	mg CaCO3/ L -	<b>8,00</b>
DUREZA MAGNESIO	ESTANDARMETODOS EDICIONNo213500-Mg-E	TITULOMETRICA	mg CaCO3/ L -	<b>4,00</b>
CLORUROS	ESTANDARMETODOS EDICIONNo214500Cl-B	TITULOMETRICA	mg Cl/ L -	<b>&lt;LD</b>
NITRITOS	ESTANDARMETODOS EDICIONNo214500NO2-B	COLORIMETRICA	mg N-NO2/ L 0,008	<b>&lt;LD</b>
NITRATOS	ESTANDARMETODOS EDICIONNo214500NO3-B	COLORIMETRICA	mg N-NO3/ L 0,2	<b>0,10</b>
SULFATOS	ESTANDARMETODOS EDICIONNo214500SO4-E	TURBIDIMETRICA	mg SO4/ L 5	<b>&lt;LD</b>
OXIGENO DISUELTO	ESTANDARMETODOS EDICIONNo214500-O-C	AZIDA-TITULOMETRICO	mg O2/ L *	<b>6,00</b>
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	ESTANDARMETODOS EDICIONNo215210-B ASTM D888-05	LUMINISCENCIA	mg O2/ L 2	<b>&lt;LD</b>
<b>DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO AR</b>	<b>ESTANDAR METODOS EDICION No215220-D</b>	<b>COLORIM. REF. CERRADO</b>	<b>mg O2/L 80</b>	<b>&lt;LD</b>
GRASAS Y ACEITES	ESTANDARMETODOS EDICIONNo215520-A	GRAVIMETRICA	mg/L 5	<b>12,8</b>
COLIFORMES TOTALES	ESTANDARMETODOS EDICIONNo219222-B	FILT. XMEMBRANA	UFC/100ml -	<b>9500</b>
ECHERICHIA COLI	ESTANDARMETODOS EDICIONNo219222-D	FILT. XMEMBRANA	UFC/100ml -	<b>6800</b>
<b>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 42 de 25 de enero de 2011."</b>				
<b>OBSERVACIONES</b>				
VALORES POR DEBAJO DEL LIMITE DE DETECCION			<LD	
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			NINGUNA	

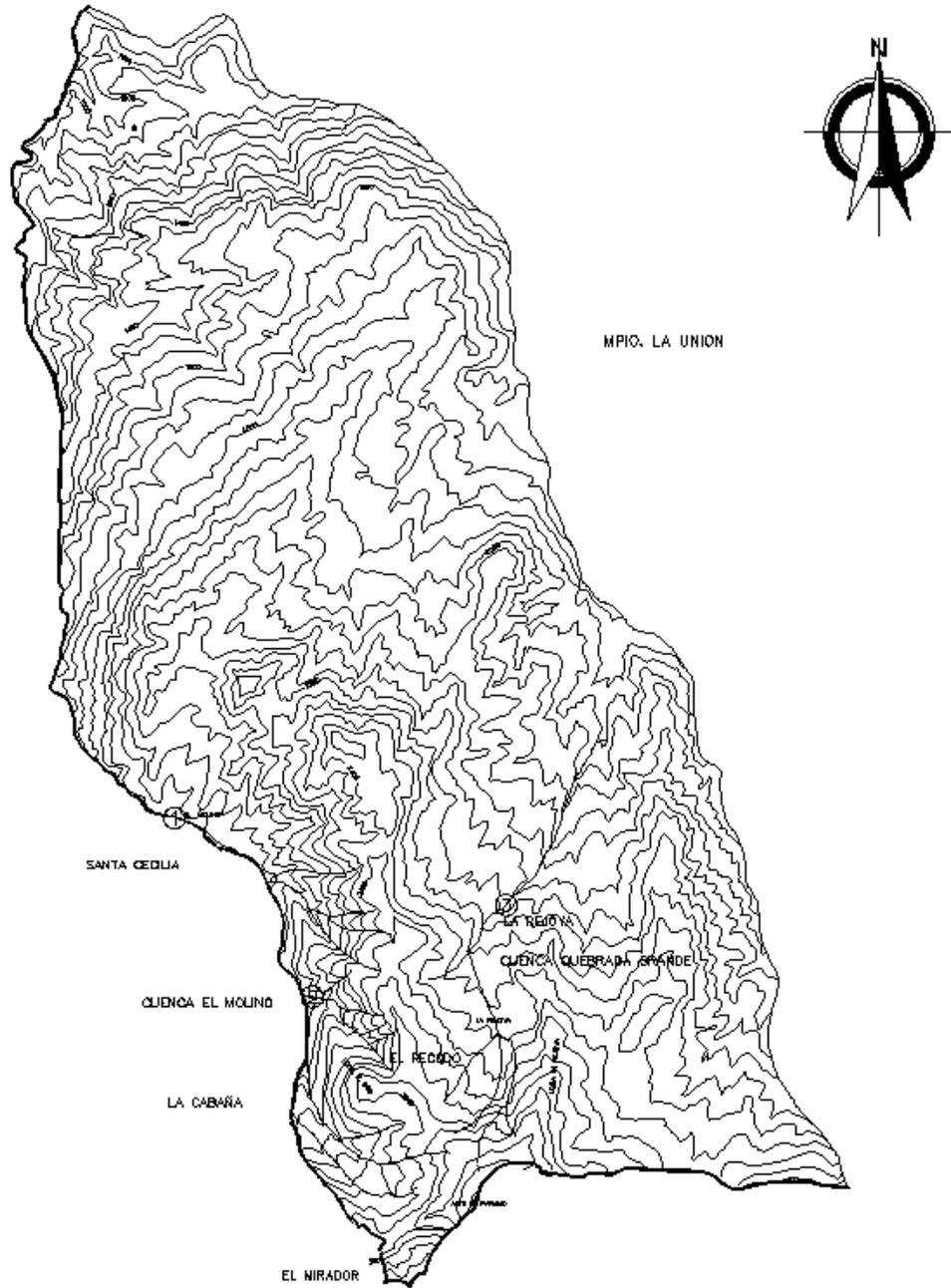


## Plano 2. Acueductos visitados



CORREGIMIENTO EL CARMEN MUNICIPIO DE SAN LORENZO

### Plano 3. Estudio de cuencas



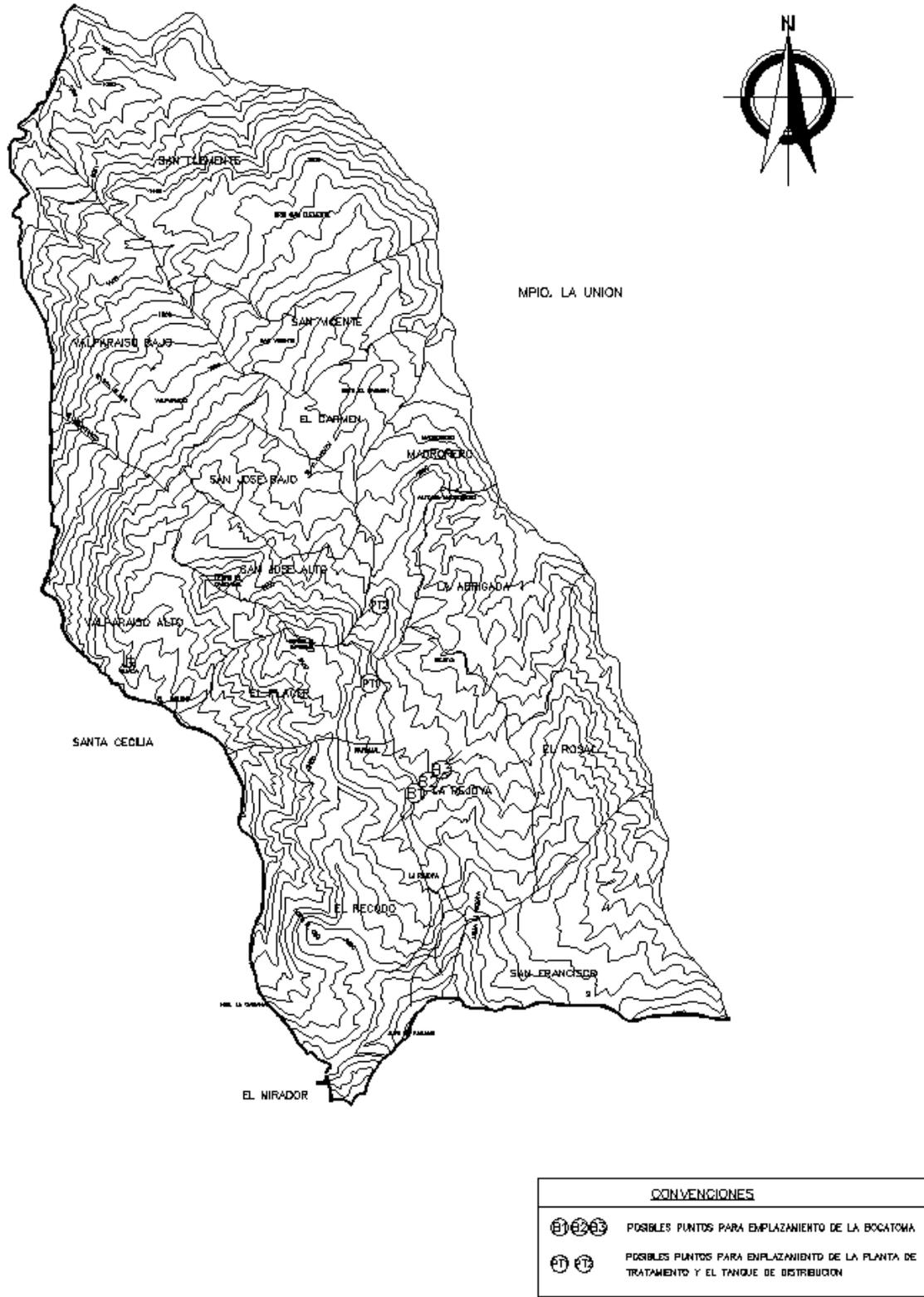
PUNTOS DONDE SE REALIZARON LAS MEDICIONES DE CAUDAL EN LA CUENCA EL MOLINO	
①	MEDIDA DE CAUDAL ANTES DE LA BARRERA DE TAMBIANO
②	MEDICIÓN DEBIDO PUEBLO LIMPIARE UNA SECCION PARA DE AJUSTARLOS PUEBLO A.
③	MEDICIÓN DEBIDO PUEBLO LIMPIARE UNA SECCION PARA EL AJUSTO PUEBLO A.

Plano 4. Posible Ubicación de Estructuras hidráulicas en la cuenca el molino

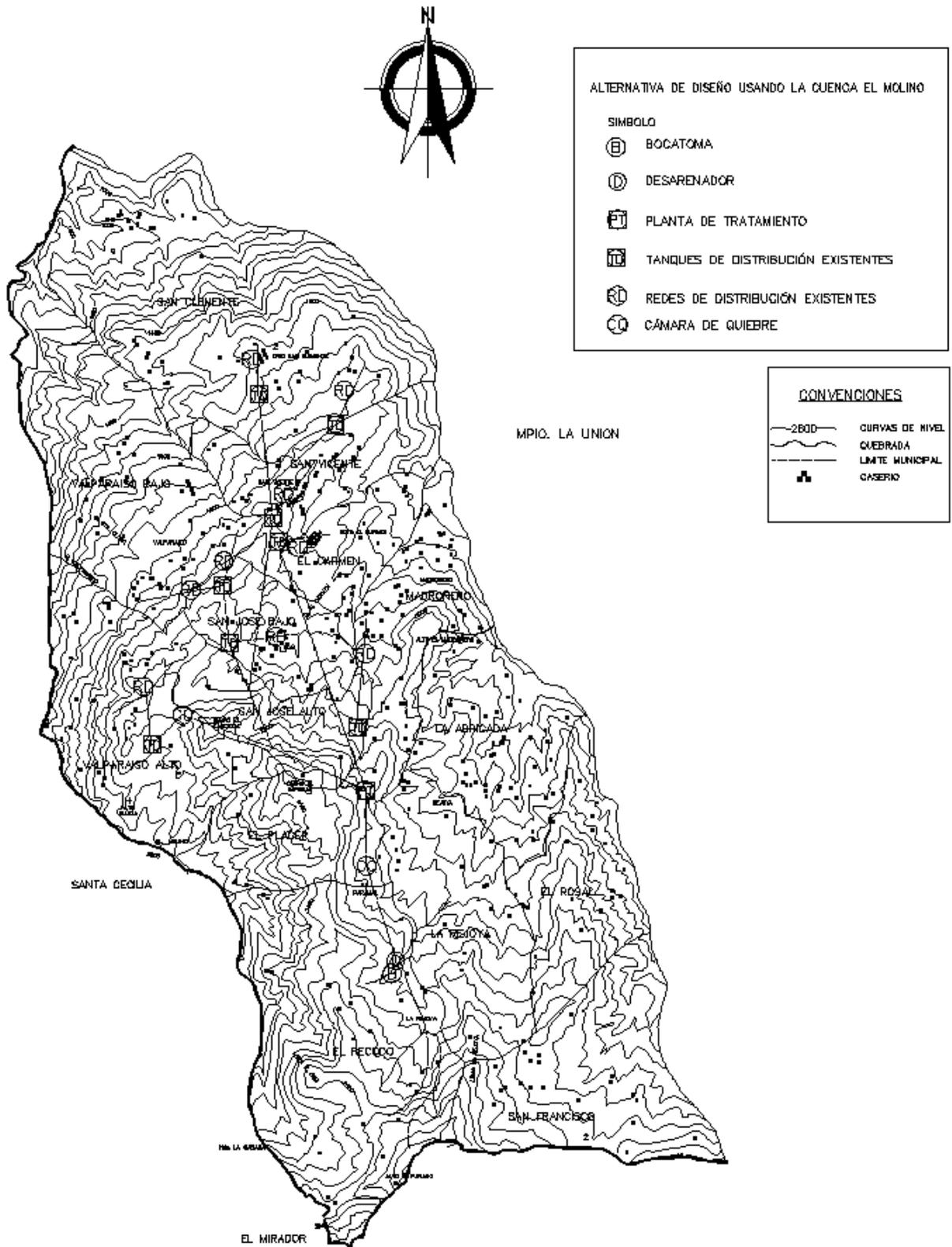




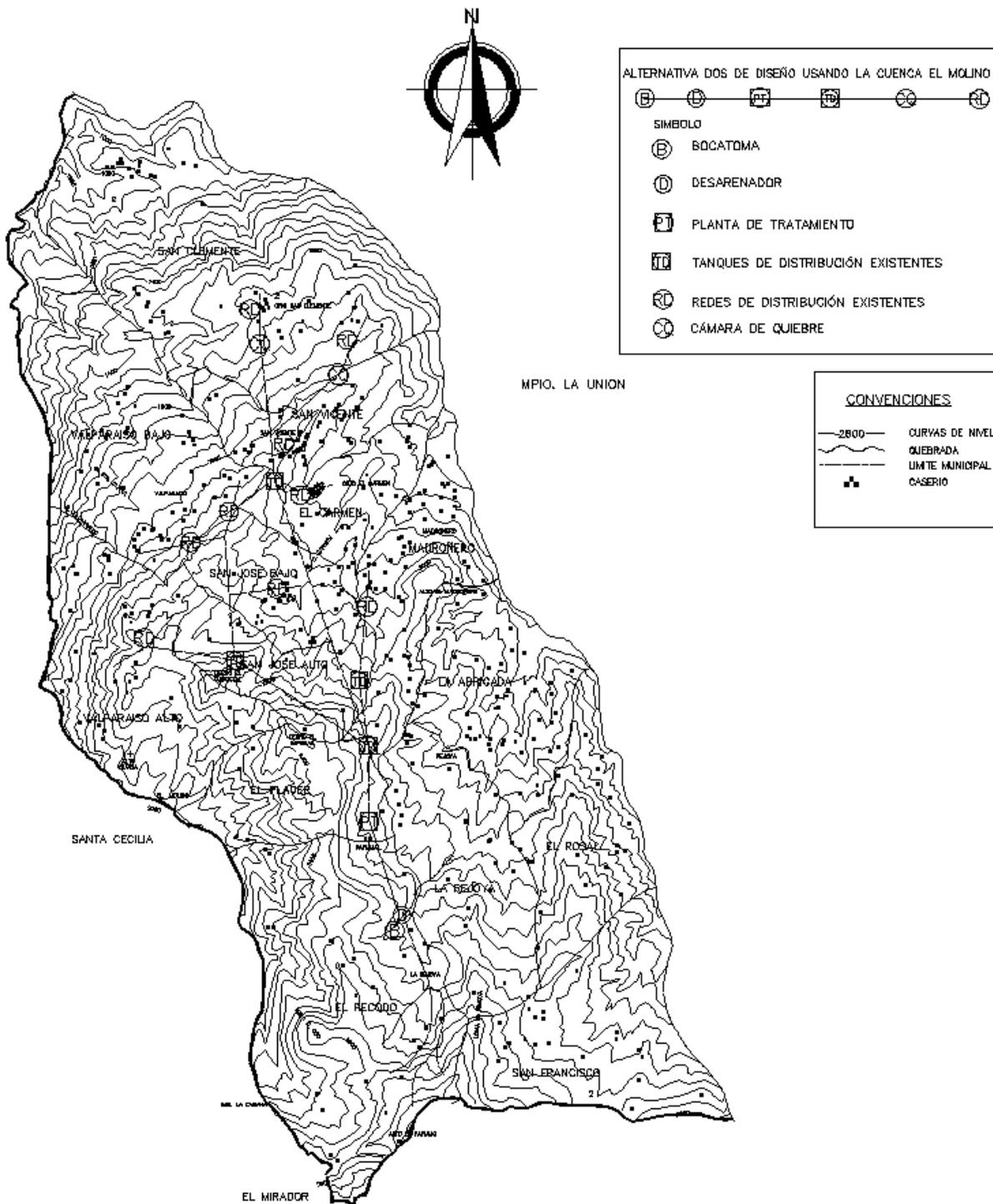
Plano 6. Posible Ubicación de Estructuras hidráulicas en la Quebrada Grande



Plano 7. Primera alternativa de distribución en Quebrada Grande



Plano 8. Segunda opción de distribución en Q. Grande



Plano 9. Tercera opción de distribución en Q. Grande

