	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado	Pág.		
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	i(173)		

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	NUMAR FERNANDO GUERRERO ARENGAS KELLY JOHANA MUÑOZ AVENDAÑO		
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	WILLINTON HERNESTO CARRASCAL MUÑOZ		
TÍTULO DE LA TESIS	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN CALIXTO, NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p style="text-align: center;">EL SIGUIENTE PROYECTO CONSISTE EN EL DIAGNOSTICO Y EVALUACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN CALIXTO, ASÍ COMO EL REDISEÑO DE LOS ELEMENTOS PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA EXISTENTE AJUSTADO A LA NORMATIVIDAD VIGENTE RAS 2010. TAMBIEN CONSISTE EN LA APLICACIÓN DE ENCUESTAS Y CAPACITACIONES PARA MEJORAR LA CULTURA Y CONCIENTIZAR A LA POBLACIÓN SOBRE EL USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS:	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN, PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN CALIXTO, NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

NUMAR FERNANDO GUERRERO ARENGAS

KELLY JOHANA MUÑOZ AVENDAÑO

Trabajo de grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

WILLINTON HERNESTO CARRASCAL MUÑOZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Octubre de 2017

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi bastón en este arduo camino y el cual me dio la serenidad y la paciencia necesaria para alcanzar este objetivo. A él doy gracias por darme la oportunidad de alcanzar cada una de las metas que me proponga.

A mi madre, Saddy y mi abuela Emilce que siempre me apoyaron en los momentos difíciles cuando más los necesitaba, pero más que todo doy gracias a mis padres por darme su amor y su compañía para formarme como un buen ser humano con valores y principios.

A mi familia dedico mi éxito, porque independientemente de todas las cosas vividas al lado de cada uno de mis familiares, siempre me sentí rodeado de grandes personas que me brindaron su afecto y comprensión en los momentos difíciles.

A mi amiga Julisa Fernanda por ser un apoyo incondicional en todo el proceso, a mi compañera de tesis Kelly por su compañía en todo este arduo camino que llevo a obtener este título.

A los profesores de la Universidad que efímeramente, impartieron todos sus conocimientos para forjarme como un gran ingeniero lleno de conocimientos con ansias de salir al mundo para dar lo mejor de sí mismo y poner en práctica todo lo aprendido.

A todas las personas que contribuyeron para alcanzar este logro en especial a Yisneidy Ballesteros la cual con su apoyo y paciencia conllevó a que este proyecto se desarrollara.

NUMAR FERNANDO GUERRERO ARENGAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi logro a Dios por ser el guía de mi vida que me ha dado fuerzas cada día para continuar en la lucha sacrificando todo cuanto fuese necesario, con el fin de poder lograr y culminar la meta más grande de mi vida, que es ser una profesional con la cual pueda servir en la sociedad.

A mis papas por su apoyo incondicional en todo momento, para lograr mi objetivo de ser una profesional, de trazar mi camino por buenos senderos.

A mis hermanos por brindarme su amor y comprensión en cada situación que vivimos.

A Yuliana Guerrero, Tatiana Bohorquez y Nataly, quienes me apoyaron incondicionalmente en este proceso, a mi compañero de tesis Numar por su compañía, paciencia, respeto en todo el arduo camino para obtener este título.

A mis amigos y familia dedico mi éxito, porque a pesar de todas las cosas vividas, siempre me sentí rodeada de amor y comprensión en los momentos difíciles.

KELLY JOHANA MUÑOZ AVENDAÑO

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios ante todas las cosas, por darnos la inspiración para creer en nosotros mismos, por darnos el valor para luchar por la cosas a pesar del miedo inminente al fracaso, no nos dejó desistir de lograr nuestros sueños y hoy nos dio la dicha de forjarnos como profesionales.

A nuestros padres damos gracias, por ser ese pilar que no nos dejó derrumbar cuando las situaciones que se apreciaban eran devastadoras y gracias a ellos tuvimos ese impulso que nos motivó a luchar con fuerzas para no rendirnos cuando no encontrábamos otro camino que renunciar a nuestras metas.

Damos gracia a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por acogernos dentro de su gran familia, para darnos un futuro un anhelo por el que luchar cada día, gracias a ella hoy podemos decir muy orgullosamente que somos profesionales.

Damos gracias a la comunidad de San Calixto por su apreciable colaboración y acompañamiento durante la ejecución de este proyecto, pues sin su ayuda nada de esto fuera una realidad ya que el apoyo brindado fue incondicional.

Damos gracias a la alcaldía municipal de San Calixto, por habernos facilitado toda la información sin ningún respaldo, dándonos su confianza en pro de hacer cosas buenas por el bien de la comunidad.

NUMAR FERNANDO GUERRERO ARENGAS

KELLY JOHANA MUÑOZ AVENDAÑO

Índice

Capítulo 1. Propuesta de optimización, para el mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de San Calixto, Norte de Santander	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.	3
1.3 Objetivos.	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.	3
1.4 Justificación.	4
1.5 Delimitaciones.	5
1.5.1 Delimitación operativa.....	5
1.5.2 Delimitación conceptual.	5
1.5.3 Delimitación geográfica.....	6
1.5.4 Delimitación temporal.	6
Capítulo 2. Marco referencial	7
2.1 Marco histórico.	7
2.1.1 Antecedentes de los acueductos a nivel internacional.	7
2.1.2 Antecedentes de los acueductos a nivel nacional.	8
2.1.3 Antecedentes de los acueductos a nivel local.	9
2.2 Marco Contextual.....	10
2.3 Marco Conceptual.....	11
2.3.1 Bocatoma.	12
2.3.2 Desarenador..	13
2.3.3 Aducción.....	13
2.3.4 Conducción.	13
2.3.5 Tanque de almacenamiento.....	13
2.3.6 Acometidas.	14
2.4 Marco teórico.....	14
2.5 Marco legal.	16
Capítulo 3. Diseño metodológico	20
3.1 Tipo de investigación.....	20

3.1.1 Metodología de Investigación Explicativa.....	20
3.2 Población.....	21
3.3 Muestra.	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.	22
3.4.1 Fuentes primarias.	23
3.4.2 Fuentes secundarias.	23
3.5 Procesamiento y análisis de la información.....	23
Capítulo 4. Presentación de resultados	24
4.1 Diagnóstico del funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander de acuerdo a la satisfacción de los usuarios, mediante el desarrollo de una encuesta como instrumento de recolección de información, para conocer la opinión de los habitantes sobre el nivel de servicio del acueducto del municipio.	24
4.2 Evaluar las condiciones actuales de los componentes del sistema de acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander, de acuerdo a lo estipulado en la norma RAS 2000, actualización 2010 decreto 1469, título B y D, con el fin de conocer el estado actual. .	36
4.2.1 Antecedentes.	36
4.2.2 Información Básica preliminar.	37
4.2.3 Trabajo de campo y oficina.....	43
4.2.4 Situación demográfica actual del municipio.....	47
4.2.5 Caudal de consumo.	52
4.2.6 Fuente hídrica de abastecimiento.....	54
4.2.7 Evaluación de la infraestructura existente del sistema de acueducto.	61
4.3 Proponer el rediseño de los componentes del sistema, con el fin de que cumplan con los requerimientos mínimos del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2010), título B y D, para garantizar el adecuado funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto N.S.....	112
4.3.2 Bocatoma.	112
4.3.3 Aducción Bocatoma-Desarenador.	123
4.3.4 Desarenador.	126
4.3.5 Red de distribución.	135
4.4 Concientizar a la población sobre el uso adecuado del agua y las fuentes hídricas mediante un folleto didáctico, convocando a líderes de la población los cuales serán multiplicadores en cada uno de los sectores de esta iniciativa.	136
Conclusiones.....	145
Recomendaciones	147

Referencias.....	149
Apéndices.....	150
Apéndice A. Topografía.....	151
Apéndice B. Información recopilada.....	152
Apéndice C. Registro fotográfico.....	153
Apéndice D. Simulación hidráulica.....	154
Apéndice E. Elementos diseñados.....	155

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Pregunta No. 1. Como califica el servicio de agua recibido.....	26
Tabla 2. Pregunta No. 2. El recibo de pago es acorde al servicio ofrecido.....	27
Tabla 3. Pregunta No. 3. Cantidad de personas que habitan por vivienda.....	28
Tabla 4. Pregunta No. 4 Calidad del agua recibida en cada vivienda.....	29
Tabla 5. Pregunta No. 5. El servicio de agua con frecuencia es inconsistente.....	30
Tabla 6. Pregunta No.6. Es oportuna la atención al presentarse un daño en su vivienda.....	31
Tabla 7. Pregunta No.7. La Implementación de micro medidores ayuda a mejorar los servicios.....	32
Tabla 8. Pregunta No. 8. Es necesario realizar un estudio para el mejoramiento del sistema de acueducto	33
Tabla 9. Resumen de la situación vial de San Calixto.....	39
Tabla 10. Parámetros de microcuencas existentes en el municipio.....	41
Tabla 11. Asignación del nivel de complejidad.....	48
Tabla 12. Método de cálculo para proyecciones según el nivel de complejidad.....	49
Tabla 13. Registros de censos según la fuente de consulta.....	50
Tabla 14. Tasa de crecimiento según los tres métodos empleados.....	50
Tabla 15. Proyecciones de población según el periodo de diseño.....	51
Tabla 16. Dotación neta máxima según el nivel de complejidad del sistema.....	52
Tabla 17. Sección transversal del cauce.....	49
Tabla 18. Parámetros y resultados.....	58
Tabla 19. Sección transversal del cauce.....	59
Tabla 20. Velocidad del cauce.....	59
Tabla 21. Clasificación de materiales en suspensión según el tamaño.....	77
Tabla 22. Especificación de elementos en línea de aducción Desarenador-PTAP.....	83
Tabla 23. Cartera de campo Aducción Desarenador-PTAP.....	85

Tabla 24. Conexiones de la aducción Desarenador-PTAP.....	88
Tabla 25. Tramos de tubería línea de aducción Desarenador-PTAP.....	89
Tabla 26. Comprobación de válvula ventosa.....	92
Tabla 27. Especificaciones de la red de distribución Acueducto San Calixto.....	101
Tabla 28. Cartera topográfica red principal de distribución.....	103
Tabla 29. Resultados de la evaluación hidráulica en puntos o conexiones.....	107
Tabla 30. Resultados de modelación en tramos de tubería de red de distribución.....	110
Tabla 31. Mejoramiento de presiones en la red de distribución.....	136

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Bocatoma. Fuente: Sistema de tratamiento de agua. 2009.....	12
Figura 2. Realización de la encuesta a satisfacción en el casco urbano de San Calixto.....	24
Figura 3. Encuesta realizada para conocer diagnóstico del Acueducto según sus beneficiarios...25	25
Figura 4. Calificación del servicio de agua.....	26
Figura 5. Pago del recibo acorde a la calidad del servicio que recibes.....	27
Figura 6. Número de personas que viven en su casa.....	28
Figura 7. Calidad del agua.....	29
Figura 8. Frecuencia en el corte del agua.....	30
Figura 9. Forma de atender los daños que ocurren en su vivienda.....	31
Figura 10. Implementar micro medidores ayuda a mejorar los servicios.....	32
Figura 11. Necesidad de realizar un estudio para el mejoramiento del sistema de acueducto del municipio.....	33
Figura 12. Ubicación geográfica del municipio de San Calixto.....	38
Figura 13. Mapas de suelos de San Calixto.....	40
Figura 14. Mapa de cuencas municipio San Calixto.....	42
Figura 15. Identificación de la zona de estudio.....	45
Figura 16. Inspección visual de bocatoma, desarenador.....	45
Figura 17. Solicitud de información a la autoridad local del municipio.....	46
Figura 18. Recolección de información solicitada.....	46
Figura 19. Verificación de medias en infraestructura existente.....	47
Figura 20. Afluente hídrico Quebrada la Maravilla.....	54
Figura 21. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos pág.2.....	55
Figura 22. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos abastecimiento pag.1.....	56
Figura 23. Representación gráfica de la sección transversal del cauce.....	59
Figura 24. Captación existente, Quebrada la Maravilla.....	62

Figura 25. Rejilla de fondo, captación Quebrada La Maravilla.....	63
Figura 26. Sección transversal de la cámara de recolección.....	66
Figura 27. Plano en planta de la bocatoma existente.....	67
Figura 28. Sección transversal de la bocatoma existente.....	67
Figura 29. Línea de aducción Bocatoma-Desarenador.....	69
Figura 30. Relaciones hidráulicas para conductos circulares.....	72
Figura 31. Plano en planta de la Línea de aducción Bocatoma-Desarenador.....	73
Figura 32. Perfil de aducción Bocatoma-Desarenador.....	73
Figura 33. Vista en planta del desarenador existente.....	74
Figura 34. Sección transversal del desarenador existente.....	74
Figura 35. Infraestructura de desarenador existente.....	75
Figura 36. Válvula purga y válvula ventosa de la aducción Desarenador-Planta.....	83
Figura 37. Plano existente de la aducción desarenador-PTAP.....	84
Figura 38. Perfil de línea de aducción desarenador-PTAP.....	86
Figura 39. Plano en planta, línea de aducción Desarenador-PTAP.....	86
Figura 40. Estructura física de la planta de tratamiento.....	93
Figura 41. Esquema de funcionamiento de la planta de tratamiento.....	94
Figura 42. Esquema grafico del tanque alto.....	95
Figura 43. Tanque alto de almacenamiento.....	98
Figura 44. Esquema del perfil del tanque bajo.....	99
Figura 45. Mapa de red de acueducto de San Calixto.....	105
Figura 46. Plano en planta de la red simulada en Epanet 2.0.....	106
Figura 47. Sección transversal de la presa y canal de aducción.....	115
Figura 48. Diseño de rejilla de captación.....	117
Figura 49. Diseño canal de aducción.....	119
Figura 50. Plano en planta de bocatoma proyectada.....	122
Figura 51. Sección transversal de la bocatoma proyectada.....	123
Figura 52. Plano sección transversal de desarenador.....	135

Figura 53. Plano en planta de desarenador diseñado.....	135
Figura 54. Folleto sobre el uso adecuado del agua.....	137
Figura 55. Folleto sobre la importancia y el uso eficiente del agua.....	138
Figura 56. Registro fotográfico de los lugares en donde se realizó la capacitación.....	140
Figura 57. Encuesta realizada a satisfacción de la capacitación recibida.....	141
Figura 58. Encuesta de capacitación realizada en el barrio Primero de Marzo.....	142
Figura 59. Encuesta de capacitación realizada en el hospital.....	143
Figura 60. Encuesta de capacitación realizada en el colegio.	144

Resumen

La presente investigación consiste en una propuesta de optimización, para el mejoramiento del sistema de acueducto del casco urbano del municipio de San Calixto, Norte de Santander, en donde el acceso al agua potable se hace sin ninguna medida o control ya que el sistema de acueducto desde su creación el cual tiene más de 50 años no ha sido optimizado, por lo cual llevar a cabo una propuesta de diseño es importante para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, pero aún más la conciencia por el aprovechamiento, el uso y ahorro eficiente de este líquido, pues debido a que no se paga por volumen de agua consumida, este recurso se es malgastado, en tal razón este trabajo de grado se desarrolló con el fin de crear conciencia ante la comunidad, por medio de encuestas y charlas en los diferentes centros de aglomeración poblacional, entre los que se destacan hospitales, centros educativos y juntas de acción comunal. De igual forma en este proyecto, se evaluó y se comprobó hidráulicamente las condiciones actuales con la que cuenta el sistema de acueducto para conocer si las condiciones son o no las necesarias para abastecer por completo a la comunidad, se inspeccionaron cada uno de los elementos que conforma el sistema como la bocatoma, línea de aducción, Desarenador, conducción, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento; por otra parte se propuso el diseño para mejorar las condiciones actuales de cada uno de los elementos.

Introducción

El agua es un preciado líquido primordial para la existencia del ser humano, pues prevalece ante todas las cosas ya que sin ella no existiera vida, y dentro de los estatutos legales que rigen nuestra nación, es un derecho que el estado debe garantizar a cada ser humano el acceso al agua como medida para vivir en condiciones dignas mínimas y aceptables. Por tal motivo cuando se forman asentamientos en distintas zonas o regiones según la ley 142 de 1994, el estado está en la obligación de garantizar una calidad de vida digna como lo es el derecho al agua, en especial su captación transporte y distribución para cada habitante de determinada región, lastimosamente las grandes inversiones para el uso del agua solo se ve en las zonas desarrolladas o en periodo de desarrollo, pero cuando son demasiado recónditas, están de cierta manera en total abandono.

Por lo general las autoridades ambientales y municipales hacen su esfuerzo tratando de gestionar proyectos y realizar estudios en donde se necesite del preciado líquido para vivir, donde generalmente las comunidades rurales son las más afectadas por la escasez de este líquido, ya que al encontrarse retiradas en muchas ocasiones obtienen el agua de cualquier manera rudimentaria sin saber que tan contaminada esta, pues según Ávila Jiménez C. (2015) afirma que “El 28% de la población rural de Colombia enfrenta una situación crítica por la falta de acueducto, por lo que miles de personas hacen maromas para poder consumir agua de pozos y ríos, y se exponen así a enfermedades”

En el sector rural es donde más se descuida elpreciado líquido por parte de las entidades estatales, es necesario la investigación y realización de proyectos para conocer los factores que demandan su uso y las condiciones en las que se llevan a cabo la elaboración de cada uno de los sistemas que componen un acueducto entre los que se destacan captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua.

Como proyecto se plantea una propuesta de optimización para un municipio perteneciente a la región del Catatumbo, el cual corresponde al Municipio de San Calixto, que por falta de recursos no ha tenido mayor investigación para su optimización, ni mucho menos para comprobar su estado actual y con el fin de hacer partícipe a la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña mediante un trabajo de extensión a la comunidad que conlleve al desarrollo social se realiza el presente estudio.

El siguiente documento se desarrolla en dos partes fundamentales, la prima en un trabajo de campo en donde se recopiló toda la información de tipo técnico e informativa mediante una serie de visitas para conocer el estado actual de la infraestructura existente y para escuchar a la población afectada y concientizar del uso de agua a la comunidad en general mediante charlas y encuestas; la segunda parte de este documento, es el trabajo de oficina en donde se procesó la información recopilada para obtener un diagnóstico del estado actual tanto de la infraestructura como también la satisfacción del servicio recibido y posteriormente proponer el respectivo diseño de los elementos que no cumplan con su función para mejorar las condiciones del servicio de acueducto en el casco urbano del municipio de San Calixto.

Capítulo 1. Propuesta de optimización, para el mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de San Calixto, Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema.

La cobertura urbana de acueducto a nivel nacional alcanza el 97%, cifra muy cercana a la totalidad de los municipios, los indicadores de calidad del servicio muestran que la continuidad promedio de suministro del servicio es de 23,8 horas por día en municipios de más de 500 mil habitantes. En 800 municipios con menos de 20 mil habitantes, el agua representa deficiencias en cuanto a su calidad y potabilidad, situación que afecta el 20% de la población Nacional (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2015).

En cuanto al servicio de agua potable se debe decir que la comunidad tiene derecho a un buen servicio de agua, tal como lo contempla la Ley 142 de 1994, por lo que no es justo que la población esté pagando a una empresa para que preste un servicio óptimo y no lo da, lo que llega no viene tratado, pero si debe estar cobrando puntualmente. Por lo que es necesario realizar una propuesta de diseño, para el mejoramiento del sistema de acueductos del municipio de San Calixto, Norte de Santander, garantizando con esto un adecuado servicio.

De otra parte en la actualidad las mayores pérdidas de agua en Colombia se presentan en los municipios con población entre 10 mil y 100 mil habitantes, principalmente por prestación directa por las administraciones municipales, donde también se encuentran los menores índices de micro medición, lo que a su vez afecta el control de pérdidas.

Para el caso del municipio de San Calixto se requiere que la población reciba un servicio de agua con eficacia (costo, cantidad, calidad y frecuencia), pero según diagnóstico del Plan de Desarrollo 2016-2019 de dicho municipio, esta población tiene desabastecimiento de agua, contaminación de fuentes hídricas y deterioro de la calidad de vida de los habitantes (Plan de Desarrollo, manzano, 2016-2019). La falta de estudios de la condición actual del acueducto han limitado el funcionamiento técnico y operativo del sistema de este municipio disminuyendo la posibilidad de ejecutar soluciones al respecto, resultando altamente afectada la comunidad del sector urbano.

Es importante resaltar que la cabecera municipal cuenta con la quebrada La Maravilla, que es la fuente abastecedora del preciado líquido, el cual es captado y conectado a las redes del casco urbano que en conjunto se construyó hace más de 50 años (Plan de Desarrollo, manzano, 2016-2019). Razón por la cual, según el RAS 2010 ya cumplió su periodo de diseño, por lo cual se necesita una evaluación del estado actual, y así realizar un mejoramiento para un adecuado servicio.

Además la deficiente operación y conservación de las estructuras que conforman este sistema ha conllevado a que la población de San Calixto no cuente con un servicio de calidad, ni con agua potable en la mayor parte del sector urbano, generando deficiencias en el funcionamiento y operatividad del sistema, el cual muestra deterioro en su estructura física, incidiendo directamente en la calidad del servicio ofrecido.

1.2 Formulación del problema.

¿Cómo se puede garantizar un servicio adecuado y un mejoramiento en el funcionamiento del sistema de acueducto del municipio de San Calixto, Norte de Santander?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general. Proponer la optimización, para el mejoramiento del sistema de acueductos del municipio de San Calixto, Norte de Santander, mediante el rediseño de los nuevos componentes del sistema con el fin de mejorar su eficiencia.

1.3.2 Objetivos específicos. Realizar un diagnóstico del funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander de acuerdo a la satisfacción de los usuarios, mediante el desarrollo de una encuesta como instrumento de recolección de información, para conocer la opinión de los habitantes sobre el nivel de servicio del acueducto del municipio.

Evaluar las condiciones actuales de los componentes del sistema de acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander, de acuerdo a lo estipulado en la RAS 2000, actualización 2010 decreto 1469, título B y D, con el fin de conocer el estado actual.

Proponer el rediseño de los componentes del sistema, con el fin de que cumplan con los requerimientos mínimos del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2010), título B y D, para garantizar el adecuado funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto N.S

Concientizar a la población sobre el uso adecuado del agua y las fuentes hídricas mediante un folleto didáctico, convocando a líderes de la población los cuales serán multiplicadores en cada uno de los sectores de esta iniciativa.

1.4 Justificación.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo 2016-2019 del municipio de San Calixto, este debe abordar elementos relacionados con la Oferta, demanda, calidad, riesgo, fortalecimiento institucional y gobernabilidad del agua como elemento de derecho de las comunidades y que parta por el análisis de los ecosistemas fundamentales para la sustentabilidad del agua como bien social vinculando a las entidades del orden nacional, departamental y municipal.

Entre algunos de los objetivos del mencionado Plan de Desarrollo está el “Mejoramiento del acueducto en mal estado y ampliación de la cobertura del servicio, Instalación de redes de conducción de agua potable desde nuevas fuentes hídricas” Para lo cual se requiere como fase previa el estudio situacional del sistema de acueducto del municipio de San Calixto, lo cual reitera la importancia del presente proyecto, que tendrá la dirección y asesoría del ingeniero Willinton Hernesto Carrascal Muñoz, cuyo fin es la evaluación del acueducto del municipio, generando así alternativas de mejoramiento del servicio, beneficiando directamente a las comunidad, así como a la misma Unidad de Servicios Públicos, que según el artículo 19 del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, indica que “En el caso de ampliaciones de un sistema, la entidad territorial, la Empresa de Servicios

Públicos ESP o cualquier otra entidad que promueva o desarrolle inversiones en el sector, debe realizar una evaluación del mismo, buscando obtener información sobre el funcionamiento general, la capacidad máxima real, la eficiencia y los criterios operacionales.

Después del análisis debe diagnosticar si es posible mejorar o no los niveles de eficiencia del sistema. Teniendo en cuenta estos factores es de carácter prioritario la realización de este proyecto para solucionar el problema de acueducto en el Municipio de San Calixto.

1.5 Delimitaciones.

1.5.1 Delimitación operativa. Además del estudio que se realizó en la visita al sistema de acueducto del municipio. La evaluación del mismo se realizó utilizando la herramienta computacional del software Epanet, AutoCAD y demás programas correspondientes que conllevan a obtener la información necesaria para el desarrollo del Proyecto, que no se encuentre anteriormente especificados.

1.5.2 Delimitación conceptual. Este proyecto tiene como finalidad ofrecer a la comunidad del Municipio de San Calixto, Norte de Santander, un mejoramiento en el servicio, frecuencia y calidad del agua potable ofrecida en el momento, elaborando una evaluación de las falencias del sistema de acueducto teniendo como base conceptos como:

Bocatoma, desarenador, Aducción, Planta de tratamiento, Red principal de distribución del municipio, población, oferta, demanda, fuente, obra de captación, línea de opción, línea de

conducción, tanques, acometidas, usuarios, población, proyección de población, mezcla rápida, entre otros.

1.5.3 Delimitación geográfica. El Proyecto se realizó en el sector urbano del municipio de San Calixto, Norte de Santander, con las siguientes coordenadas geográficas latitud: 8.4, longitud: -73.217 8° 24' 0" Norte, 73° 13' 1" Oeste. Superficie 38.700 hectáreas 387,00 km² (149,42 sq mi), Altitud San Calixto 1.864 m.

La extensión del Municipio es de 387 Km², que corresponde al 1.65% del departamento y al 5.20% de la región. La división territorial está conformada por 67 veredas, 17 corregimientos y 9 barrios. La temperatura oscila entre los 12 y 29° centígrados, con un promedio de 23°. De igual forma extensión área urbana: 2 Km².

Presenta límites. Por el Norte con los municipios de Teorama y El Tarra, por el Este con los municipios de Tibú y Sardinata, por el Sur con los municipios de Hacarí y La Playa, por el Oeste con los municipios de Ocaña y Teorama. Se encuentra a 267 km de la ciudad de San José de Cúcuta.

1.5.4 Delimitación temporal. La ejecución del Proyecto se llevó a cabo durante tres (3) meses después de aprobado el anteproyecto.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico.

2.1.1 Antecedentes de los acueductos a nivel internacional.

El primer paso en la construcción del acueducto es encontrar la ubicación de la fuente de donde se tomaría el agua. No siempre se disponía de una fuente, para asegurar agua fresca y saludable. Muchas veces era necesaria una minuciosa labor de búsqueda hasta dar con ella. Vitrubio, en su Libro VIII, indicaba la metodología que debía seguirse, basada sobre todo en la observación directa de la naturaleza: la vegetación, el terreno, su configuración y el grado de humedad.

Por otro lado se presentaba el problema de cómo realizar la captación. Para ello decidían desviar parte del curso del río, a través de un canal impermeabilizado con opus si nimum (es un material de construcción, usado ocasionalmente en la antigua Roma), y aprovechar la pendiente del terreno para conseguir la inclinación necesaria para la conducción del agua hacia una represa o lago artificial. De esta manera se mantenía una reserva de agua para el verano. Además, estas represas ayudaban a decantar el agua por sedimentación y normalizaban la distribución (Reina P., 2010).

La conducción del agua desde la represa admitía diversas soluciones. Vitrubio había estipulado tres posibles maneras: por canal cubierto de mampostería, por tubería de plomo o por tubería de cerámica. Las tuberías de cerámica ya eran conocidas en Egipto y resultaban las más económicas; para construirlas utilizaban unas láminas de unos tres metros de largo que luego enrollaban en cilindros de madera y unían soldando los bloques.

La propia palabra romana aquaeductus (conducto de agua) indica claramente que es un acueducto. No se trata de un puente que lleva agua, aunque algunas veces esté formado de puente, sino de un canal hecho por el hombre con el cual se transporta el agua. Los romanos preferían que el agua de sus acueductos fluyera cuesta abajo, a favor de la gravedad, pues así no hacía falta aplicarle presión para que corriera.

Pero si por las circunstancias que fuesen esto no era posible o viable, surgía como muchas más veces, el ingenio romano encontraba una solución. Dicha solución consistía en la construcción de los llamados sifones. Los sifones funcionan a la manera de los vasos comunicantes, y están compuestos por tres elementos: un tubo descendente, uno horizontal y uno

ascendente, el tubo descendente ha de tener mayor diámetro que los otros dos para que el agua adquiriera la presión suficiente y, una vez atravesado el tubo horizontal que evita el cambio violento de dirección, ascienda y continúe su camino. Este sistema se realizaba mediante dos tipos de tubería: con tubos de cerámica unidos con mortero, cuando había poca altura y por tanto la presión no era grande, o con tubos de plomo, cuando la presión era mayor.

El canal estaba cubierto con un arco por arriba, para proteger el agua del sol, aunque había también otro motivo para mantenerlo cubierto en la primitiva Roma: un tejado de piedra hacía más difícil al enemigo cortar el agua o envenenarla. Por esta razón los acueductos más antiguos no eran altos, y además siempre que fuera posible se hacían subterráneos

Los tejados se dividían en tres tipos principales: uno formado por una piedra plana o dintel plano, otro compuesto por dos piedras iguales apoyadas una contra otra, formando un arco apuntado, y el tercero que era el arco de medio punto. Cuando el acueducto se edificaba en un suelo corriente o de grava solía construirse en una trinchera. Por el contrario, en las zonas donde había roca cerca de la superficie, el specus (cueva) se excavaba directamente en ella, a menos que la ruta trazada exigiera una trinchera demasiado profunda, en cuyo caso era a menudo más sencillo hacer un túnel completo en piedra. Si había que cruzar un valle en línea recta, entonces se construía una muralla o un puente sobre el que se transportaba el canal. No obstante, los primeros constructores no se atrevían a llevar a cabo obras semejantes y preferían construir sus acueductos bordeando todo el valle si era preciso (Anónimo, 2010).

2.1.2 Antecedentes de los acueductos a nivel nacional. Según el diario El Tiempo. Ávila

Jiménez (2015) nos dice que:

Es tan evidente el atraso en el desarrollo en materia de acueductos rurales que la viceministra del Agua (adscrita a la cartera de Vivienda), Carolina Castillo, acepta que “el reto grande son las coberturas del campo, pues no hay un sistema integral que funcione, sino que toca mirar coberturas individuales. Nos toca ampliar esa cobertura. El rezago en las zonas rurales es muchísimo”

En 20 años se pasó de cubrir el 41 por ciento al 72,8, lo que significa que por año solo se le dio soluciones a un 1,59 por ciento de la población. Es una cifra mínima, los más de 3 millones de pobladores rurales sin acceso al agua potable equivalen al número de habitantes de una ciudad como Cali. Aparte de las falencias en la cobertura, la calidad del agua que recibe el campo colombiano no es la mejor. Un informe del Instituto Nacional de Salud (INS) reveló que solo el 15,1 por ciento (900.000 personas) utiliza agua en buenas condiciones para consumo humano, mientras que el 43,6 por ciento usó agua baja en tratamiento o protección y el 23,3 por ciento usó agua cruda, tomada directamente de las fuentes.

La viceministra agrega que hay un diagnóstico de los lugares donde no hay cobertura y que eso es un buen paso para cumplir el reto de tener agua en el campo, en zonas críticas, como La Guajira, a falta de respuestas estatales surgen iniciativas internacionales como la impulsada por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef), que quiere llevar agua a las escuelas de Manaure.

La región del Pacífico es la más rezagada en sistemas de acueducto y es la única que no alcanza a sobrepasar el 80 por ciento de cobertura en la zona urbana. Durante décadas, una de las grandes súplicas de la zona es el acueducto, para dejar de lado la única alternativa que han tenido para lavar, cocinar y bañarse: el agua lluvia. El proyecto más adelantado, para salir del atraso, es el de acueducto para Quibdó (Chocó), que se entregaría en julio de 2016, según el Ministerio de Vivienda. La cobertura urbana pasaría del 33 al 95 por ciento. Seis proyectos completan la obra; uno de ellos beneficia a 898 familias con conexiones intradomiciliarias, dotadas de inodoros, duchas y lavamanos.

2.1.3 Antecedentes de los acueductos a nivel local. El sistema de acueducto de la cabecera municipal cuenta con dos fuentes abastecedoras desde las cuales se analizan las características más relevantes de la bocatoma, aducción, desarenador, conducción, tratamiento y la red de domiciliaria:

La cabecera municipal con una población de 1238 habitantes, utiliza como fuente abastecedora la quebrada La maravilla y la quebrada sabaneta.

La bocatoma de la quebrada la Maravilla se ubica a 1.300 metros aproximadamente del casco urbano, utiliza un muro transversal en concreto ubicando la rejilla en el fondo y en el centro de este, el caudal tomado por la rejilla pasa directamente a la tubería de aducción instalada delante y en la parte inferior izquierda del muro, el nivel o lámina de agua es controlada por una sección o aliviadero en la parte izquierda de la estructura. El caudal de diseño es 33.9 lps. La bocatoma de la quebrada sabaneta se ubica a 900 metros del casco urbano, las características son similares a las de la quebrada la maravilla.

2.2 Marco Contextual.

San Calixto es uno de los 40 municipios del Departamento de Norte de Santander, y uno de los 14 municipios que conforman la Provincia de Ocaña. El Municipio está localizado en la subregión occidental del Departamento de Norte de Santander. Las coordenadas geográficas de la cabecera Municipal son: a los 08°24'22'' de latitud Norte y 73°12'41'' longitud Oeste. La extensión del Municipio es de 387 Km² que corresponde al 1.65% del departamento y al 5.20% de la región. La división territorial está conformada por 67 veredas, 17 corregimientos y 9 barrios.

Hídricamente está bordeado por el río Catatumbo, el cuál sirve de límite con los municipios de Ocaña y Teorama y tiene su desembocadura en el lago Maracaibo, Venezuela. Algunos de los principales afluentes que recorren el Municipio son: El río San Miguel, el río Tarra y las quebradas de la Maravilla, Mesallana, Hierbabuena, Cucurina, Los Trabajos, El Silencio, la Cristalina, Santa Teresa, Encantados, Santa Catalina, Puente Real, San Juan, quebrada El Zul, entre otras (Florez M., 2000).

Clima en el que prevalecen condiciones diversas de humedad, temperatura y pluviosidad, dando como resultado una variedad importante de zonas de vida; distribuidas en dos zonas particulares como la zona del Catatumbo, donde predominan condiciones de bosque húmedo y la cabecera Municipal con un régimen climático más seco y frío. La temperatura oscila entre los 12 y 29° centígrados, con un promedio de 23°.

La población se encuentra distribuida en 17 corregimientos: Mesallana, San Javier, Casas Viejas, Vista Hermosa, Quebrada Grande, Palmarito, Algarrobos, La Quina, Banderas, San Juan, Puente Real, El Caracol, Santa Catalina, Mediaguüita, Guaduales, La Cristalina, San Jerónimo, y las veredas adyacentes a la cabecera Municipal.

Prevalece una tendencia de la tierra en que la mayoría de los predios (79%), están en un rango de 5 a 20 hectáreas, que son explotados en términos generales por sus propietarios en un 55% y el 45% es explotado por administradores que laboran la tierra al partir sus ganancias con sus dueños las ganancias obtenidas.

Se destaca como un importante potencial del municipio es el contar con vastas regiones que presentan bosques poco a nada intervenidos caracterizados por el ofrecimiento de valiosos servicios ambientales como los recursos hídricos, los recursos de flora y fauna los cuales corren grave peligro en la actualidad ante el avance de la frontera agrícola y la extensión ganadera (Florez M., 2000).

2.3 Marco Conceptual.

Conceptos como bocatoma, desarenador, aducción, planta de tratamiento, red principal de distribución del municipio, población, oferta, demanda, fuente, obra de captación, línea de conducción, tanques, acometidas, usuarios, población y proyección de población, son muy importantes para la investigación ya que estos poseen especial incidencia con la investigación teniendo en cuenta que estos hacen parte del adecuado funcionamiento, eficiencia y eficacia en el servicio ofrecido para la población de San Calixto, Norte de Santander.

2.3.1 Bocatoma. Una bocatoma, o captación, es una estructura hidráulica destinada a derivar agua de un afluente hídrico ya sea un río, arroyo, desde un lago o incluso desde el mar. Para cada tipo de afluente y según las condiciones de estudio, existen diferentes tipos de bocatomas. Los componentes básicos que conforman una bocatoma típica de uso general en todo el territorio colombiano son las bocatomas de fondo, mayormente utilizadas para acueductos veredales y en zonas donde la densidad poblacional aplica para usar este tipo de bocatomas.

Las bocatomas de fondo constan de los siguientes elementos: muros de encauzamiento, vertedero o muro de presa, toma lateral o rejilla de fondo canal de derivación, cámara de derivación y vertedero de rebose.

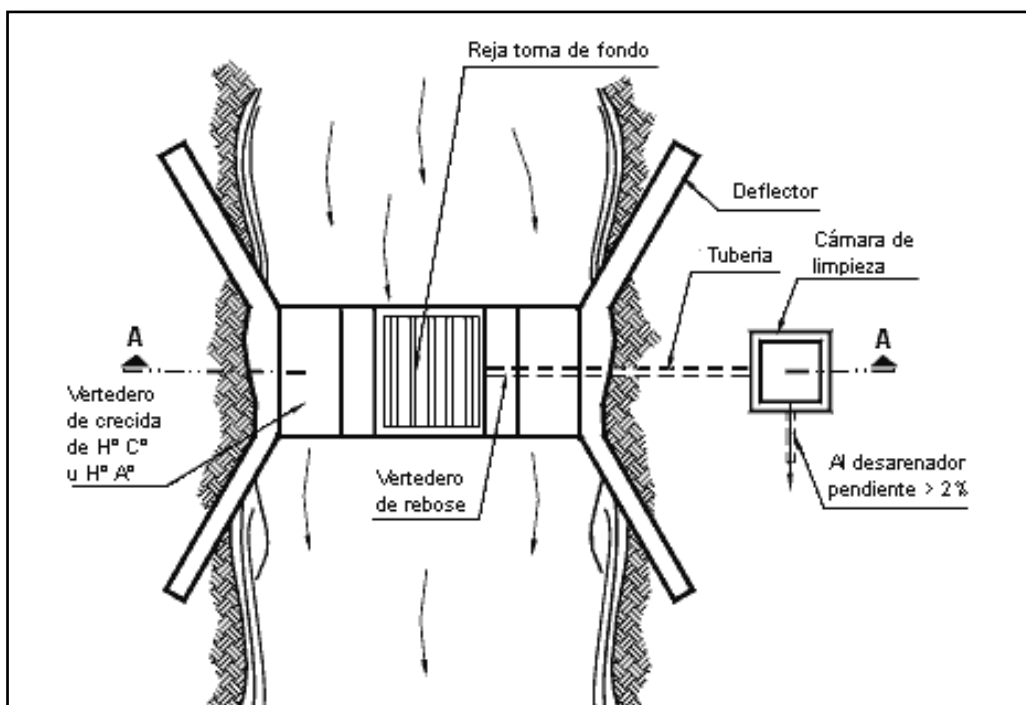


Figura 1. Bocatoma. Fuente: Documento ingeniería civil. 2009.

2.3.2 Desarenador. Es una estructura hidráulica diseñada para remover la mayor cantidad de partículas sólidas que fluyen suspendidas en el agua a fin de evitar desgaste en la tubería.

Existen varios tipos de desarenadores. Los principales son:

Desarenador longitudinal;

Desarenador de vórtice.

2.3.3 Aducción. Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión. El conducto de la aducción, puede tener distintas secciones transversales, puede ser de sección circular en material de PVC, puede ser rectangular o triangular en material de concreto. Por lo general las aducciones siempre están a una distancia no mayor de 50 metros aguas abajo de la estructura de captación, con el fin de evitar desgaste en la tubería por el rozamiento y la fricción que generan las partículas suspendidas que transporta el agua.

2.3.4 Conducción. La línea de conducción, es el conjunto de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una planta de tratamiento o un tanque de almacenamiento hasta un destino final donde será distribuida. La conducción se denomina dentro de términos técnicos al agua previamente tratada.

2.3.5 Tanque de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos o gases a presión ambiente.

Los tanques de almacenamiento también pueden ser prefabricados a pequeña escala, en material en PVC; por lo general en los sistemas de acueductos los tanques de almacenamiento son construidos en concreto reforzado o ladrillo según sus dimensiones o la cantidad de volumen de agua a contener.

2.3.6 Acometidas. Se le llama acometida al enlace de la instalación general interior del inmueble con la tubería de la red de distribución. Las acometidas se ubican desde el punto de toma en la red de distribución hasta la llave de paso general de un usuario. Las acometidas vienen impuestas por las entidades reguladoras del uso del agua, que siguen las normas establecidas por los reglamentos de construcción los cuales indican la disposición de la acometida, los accesorios y demás detalles técnicos.

2.4 Marco teórico.

El reto de mejorar los sistemas de potabilización de agua de acuerdo con el Decreto 475 de 1998 (normas técnicas de calidad del agua potable), el Decreto 1575 de 2007 (sistema para la Protección y control de la calidad del agua para consumo humano), y la resolución 2115 de 2007 (características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano) entre otras.

En este proyecto se realizó una investigación descriptiva de campo, apoyado en encuesta, a la población de San Calixto y análisis de información suministrada por comunidad. Realizadas las encuestas y el análisis de las fuentes secundarias se efectuó un análisis estadístico cuantitativo

y cualitativo para dar a conocer los factores más relevantes en el diagnóstico, se evalúa las condiciones actuales de los componentes del sistema de acueducto, propuesta el rediseño de los componentes del sistema y se concientizo a la población sobre el uso adecuado del agua y las fuentes hídricas mediante un folleto didáctico, convocando a líderes de la población los cuales serán multiplicadores en cada uno de sus sectores de esta iniciativa.

Proveer una adecuada cantidad de agua ha sido un asunto que ha inquietado desde los principios de la civilización. Aun en las antiguas ciudades, los abastecimientos locales eran con frecuencia inadecuados y los acueductos eran construidos para transportar agua desde fuentes lejanas. Tales sistemas de abastecimiento no distribuían agua a las residencias individuales si no que las llevaban hasta unos pocos lugares centrales desde donde los ciudadanos podían llevarla hasta sus hogares.

El agua bien sea sacada de la superficie o de fuentes subterráneas, deben ser transportadas a la comunidad y distribuida a los usuario. El transporte desde la fuente al punto de tratamiento puede ser proveído por acueductos, tuberías o canales abiertos, pero una vez ha sido tratada, el agua es distribuida mediante conductos cerrados presurizados (López Cualla, 2003).

Hablando específicamente de las fuentes de abastecimiento en las cuales se construyen las obras de captación del acueducto, se cuenta con diferentes clasificaciones según cada autor. Para López Cualla (2003) afirma que: “La fuente de abastecimiento puede ser superficial, como en los casos de los ríos, lagos, embalses o incluidos aguas lluvias o de aguas subterráneas superficiales o profundas”.

Para otros autores, esta clasificación se presenta de la misma forma, pero con otra terminología, por ejemplo para Lara: “Se pueden clasificar las fuentes de la siguiente manera: atmosférica, superficial, sub- superficial y subterránea.” De acuerdo con las características del proyecto, tales como disponibilidad de fuentes d agua, tamaño de población, caudal requerido y recursos económicos, se puede adoptar un sistema de captación primario o principal. Por su bajo costo, sencillez de construcción y manejo, estos sistemas son más adecuados para comunidades muy pequeñas o soluciones individuales de agua (López Cualla, 2003).

2.5 Marco legal.

La normatividad contemplada para la elaboración del diseño del sistema de acueducto se basará en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000, actualización 2010, en el anexo f) Sistemas de Aseo Urbano, tiene como propósito fijar los criterios básicos, los requisitos mínimos y las buenas prácticas de ingeniería que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la implementación y construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación, el mantenimiento, el cierre, la clausura y la postclausura y las actividades de salvamento de infraestructura de los diferentes componentes y subcomponentes del sistema de aseo urbano que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar la seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, efectividad, sostenibilidad, redundancia e integralidad dentro del nivel de complejidad determinado para cada proyecto y Normas del Gobierno de la Republica de Colombia (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2010).

Constitución Política de Colombia. Artículo 78. La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización. Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios.

El Estado garantizará la participación de las organizaciones de consumidores y usuarios en el estudio de las disposiciones que les conciernen. Para gozar de este derecho las organizaciones deben ser representativas y observar procedimientos democráticos internos (República de Colombia, Constitución Política de Colombia, 2012).

De otra parte el (Ministerio de ambiente, 2011). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Mediante Decreto No 926 del 19 de Marzo de 2010, promulgado por el Gobierno Nacional se adoptó el reglamento de diseños sismo-resistente para edificaciones; este viene a ser una actualización del reglamento adoptado en el año de 1998 y conocido como la NSR-98.

Norma Técnica Colombiana NTC 4595 – 4596. Diseño de estructuras de cimentación de acuerdo a la NSR-10. Esta norma establece los requisitos para el planeamiento y diseño físico-espacial de nuevas instalaciones deportivas y escolares, orientado a mejorar la calidad del servicio educativo en armonía con las condiciones locales, regionales y nacionales

Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Ámbito de aplicación de la ley. Esta Ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural.

Decreto No. 475 de Marzo 10 de 1998. Normas técnicas de calidad del agua potable. Este decreto contiene las normas organolépticas, físicas, químicas, y microbiológicas de la calidad del agua potable o agua segura. Se dan los valores admisibles del contenido de las diferentes características que puede contener el agua, sin que ésta llegue a tener implicaciones sobre la salud humana o en algunos casos implicaciones económicas.

También se presentan las pruebas de laboratorio mínimas que las personas que presentan el servicio público de acueducto deben aplicar al agua, y las obligaciones de quienes estén a cargo del suministro del agua potable.

Decreto No.849 de Abril 30 de 2002. Reglamento del artículo 78 de la Ley 715 de 2001. El objetivo del presente decreto reglamentario es definir los requisitos que deben cumplir los Municipios y distritos en materia de agua potable y saneamiento básico, y los procedimientos que deben seguir dichos entes y la superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD, para la expedición de la certificación que permita el cambio de la destinación de los recursos que la Ley 715 de 2001 ha estipulado inicialmente para el desarrollo y ejecución de las competencias asignadas en agua potable y saneamiento básico, así como la definición de las obras elegibles a ser financiadas con dichos recursos.

Resolución No. 1096 del 17 de noviembre de 2000. Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS. Este reglamento tiene por objetivo señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14, 19, 14.22, 14.23, y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelantan las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo a quien haga sus veces.

Resolución 330 de 2017. Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS, y se derogan las resoluciones 1096 del 2000, 0424 del 2001, 0668 del 2003, 1459 del 2005, 1447 del 2005 y 2320 del 2009.

Resolución 1947 de 2010. Por la cual se otorga una concesión de aguas Superficiales.
Artículo 1. Aprobar el programa de uso eficiente y ahorro de agua para el acueducto municipal de San Calixto, Norte de Santander.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación.

En el ámbito de la Investigación, se conoce con el nombre de investigación explicativa al proceso orientado, no sólo a describir o hacer un mero acercamiento en torno a un fenómeno o hecho específico, sino que busca establecer las causas que se encuentran detrás de éste. De otra parte la investigación explicativa se basa principalmente en establecer el por qué y el para qué de un fenómeno, a fin de ampliar el ¿Qué? de la Investigación Descriptiva y el ¿Cómo? De la Investigación Explorativa. De esta forma, lejos de definir o solamente describir, la Investigación Explicativa explica el porqué de un fenómeno descriptivo cuantitativo pues se va a cuantificar técnicamente la capacidad de los componentes del sistema o hecho determinado y cuantificativa ya que se va a utilizar el instrumento de la encuesta.

3.1.1 Metodología de Investigación Explicativa. Así mismo, los distintos científicos e investigadores han señalado que la investigación explicativa constituye un tipo de investigación cuantitativa, que busca establecer las distintas causas de un fenómeno, comportamiento o proceso, en los siguientes tipos de estudio, como por ejemplo los siguientes:

Estudios de Casos: enfocados en precisar el por qué y el cómo de un fenómeno específico.

Estudios Causales: realizados a partir de las correlaciones empíricas, de las variables.

Estudios longitudinales: investigaciones realizadas para estudiar un fenómeno a través del tiempo.

Métodos Comparativos causales

Estudios Correlacionales

Igualmente, este tipo de investigaciones pretenden lograr la comprensión o entendimiento de un fenómeno determinado, casi siempre ligado al ámbito de las Leyes de la Física, así como de los fenómenos sociales. En el mismo sentido, los investigadores también han detallado que una Investigación Explicativa busca primordialmente la confirmación o no de tesis, catalogadas de tercer grado, las cuales han sido descritos como estudios basados en el hecho de identificar y analizar las distintas variables independientes, así como sus resultados y también las variables dependientes.

Para ello, en primer lugar se recurrirá a la información bibliográfica existente al respecto, en el municipio de San Calixto, Norte de Santander, posteriormente el procesamiento de la información obtenida y por último al análisis de los datos que permiten determinar las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

3.2 Población.

Según certificado del 28 de julio de 2017, expedido por la oficina de Sisben, del municipio de San Calixto, Norte de Santander, la población objeto de estudio está conformada por 1710 los habitantes, quienes son los directamente beneficiados con la ejecución del proyecto.

3.3 Muestra.

La muestra es la parte de una población sobre la que se efectuó un estudio estadístico, y en este caso se manejara aleatoria. Para el desarrollo de la investigación se tomó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1) * d^2 + Z^2 p * q}$$

Dónde:

n = muestra

Z = indicador de confianza= 1,96

N = población = 1710

p = Probabilidad de que ocurra el evento= 0,5

q = Probabilidad de que no ocurra el evento= 0,5

d = error de población dispuesto asumir = 0,05

$$n = \frac{1710 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(1710 - 1) * 0.05^2 + 1.96^2 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{1642}{5}$$

n = 328 habitantes objeto de investigación

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.

Se realizó un estudio del funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander de acuerdo a la satisfacción de los usuarios, mediante el desarrollo de una encuesta,

para conocer la opinión de los habitantes sobre el nivel de servicio del acueducto del municipio, de igual forma una evaluación de las condiciones actuales, de acuerdo a lo estipulado en la RAS 2010, actualización 2010 decreto 1469, título B y D, con el fin de conocer el estado actual, como también se diseñaran los componentes del sistema que no cumplan con los requerimientos mínimos del reglamento técnico y estos a su vez fue socializados a la población, mejorando el uso y conservación de las fuentes hídricas, mediante capacitaciones a la comunidad.

3.4.1 Fuentes primarias. Para la recolección de datos se realizó una evaluación documental, con la cual se obtuvo información para el adecuado desarrollo del estudio dando paso a la planeación y ejecución de las acciones.

3.4.2 Fuentes secundarias. Hace referencia a las informaciones complementarias, la cual es obtenida a través la normatividad legal, económica y datos aplicables al sector donde se puede ubicar este anteproyecto, de igual forma se aplicó el instrumento de la encuestas, elaborada por medio de un cuestionario de preguntas cerradas a la población objeto de estudio.

3.5 Procesamiento y análisis de la información.

Los datos obtenidos mediante la revisión y evaluación por medio de la aplicación de la encuesta, fueron analizados y consignados en el informe final de forma cualitativa, mediante la interpretación del análisis de la información.

Capítulo 4. Presentación de resultados

4.1 Diagnóstico del funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander de acuerdo a la satisfacción de los usuarios, mediante el desarrollo de una encuesta como instrumento de recolección de información, para conocer la opinión de los habitantes sobre el nivel de servicio del acueducto del municipio.

Para realizar el diagnóstico del funcionamiento del acueducto del casco urbano del municipio de San Calixto, con relación a la satisfacción del servicio ofrecido a la comunidad, se implementó una encuesta que se muestra en la figura 3, en donde mediante diferentes preguntas de selección y de manera sencilla, se evalúa el estado del servicio que reciben en el municipio.



Figura 2. Realización de la encuesta a satisfacción en el casco urbano de San Calixto.
Fuente: Autores del proyecto.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

NIT. 800 163 130 – 0

Apéndice 1. Socialización.

Calidad de servicio de acueducto del municipio de San Calixto N.S

Marca con una (X) la respuesta.

1. Como es el servicio de agua en tu casa?
 - BUENA ____
 - MALA ____
 - REGULAR ____
2. Consideras que el pago del recibo es acorde a la calidad del servicio que recibes ?
 - SI ____
 - NO ____
3. Cuantos Persona viven en tu casa?
 - 1 ____
 - 2 ____
 - 3 ____
 - 4 o más ____ Cuantos? ____
4. Como consideras la calidad de agua que recibes dónde vives?
 - BUENA ____
 - REGULAR ____
 - MALA ____
5. Se corta el servicio de agua frecuentemente en tu casa?
 - SI ____
 - NO ____
6. Si en su vivienda ocurre un daño la atención de la entidad prestadora del servicio es?
 - RAPIDA ____
 - LENTA ____
 - NO RECIBE ATENCIÓN ____
7. Considera que la implementación de los micro medidores ayudaría al mejoramiento del servicio?
 - SI ____
 - NO ____
8. Considera oportuno un estudio para el mejoramiento del sistema de acueducto del municipio?
 - SI ____
 - NO ____

Figura 3. Encuesta realizada para conocer diagnóstico del Acueducto según sus beneficiarios. Fuente: Autores del proyecto.

Durante la realización de la encuesta, la comunidad se mostró muy servicial brindando el apoyo para ser parte del diagnóstico de satisfacción del servicio del sistema tomando como base la opinión y el criterio de las personas que reciben el servicio y por ende tienen más clara la situación actual sobre el suministro de agua en el municipio, a continuación en las siguientes tablas, se esbozan los resultados de las encuestas realizadas en todo el casco urbano del municipio de San Calixto.

Tabla 1

Pregunta No. 1. Como califica el servicio de acueducto

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
BUENA	93	28 %
REGULAR	103	32 %
MALA	132	40 %
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada para conocer estado del servicio de acueducto en sus tres conceptos, bueno malo o regular, según los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto.

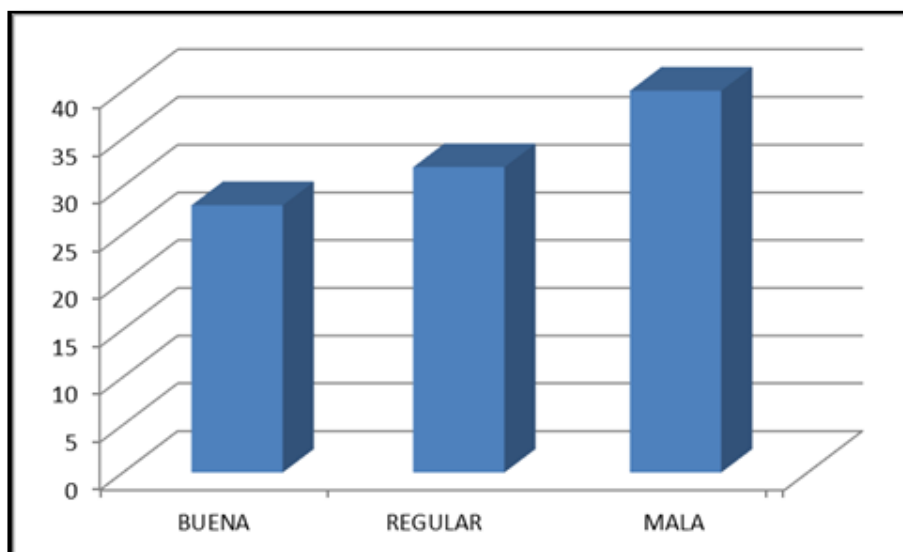


Figura 4. Calificación del servicio de agua. Fuente: Autores del proyecto.

Teniendo en cuenta la encuesta aplicada en la población de San Calixto, Norte de Santander, se concluye que el 40% de la población encuestada afirma que el servicio de acueducto es malo, es decir, el servicio no es óptimo y adecuado, ya que no cumple con la normatividad establecida en la ley 142 de 1994, de igual forma el 32% de la población afirma que es regular y el 28% de la población afirma que el servicio es bueno, este último resultado demuestra que los habitantes del municipio desconocen la calidad del servicio que le deben ofrecer.

Tabla 2

Pregunta No. 2. El recibo de pago es acorde al servicio ofrecido

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	250	76%
NO	78	24%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada sobre el pago del servicio y su calidad, a los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto.

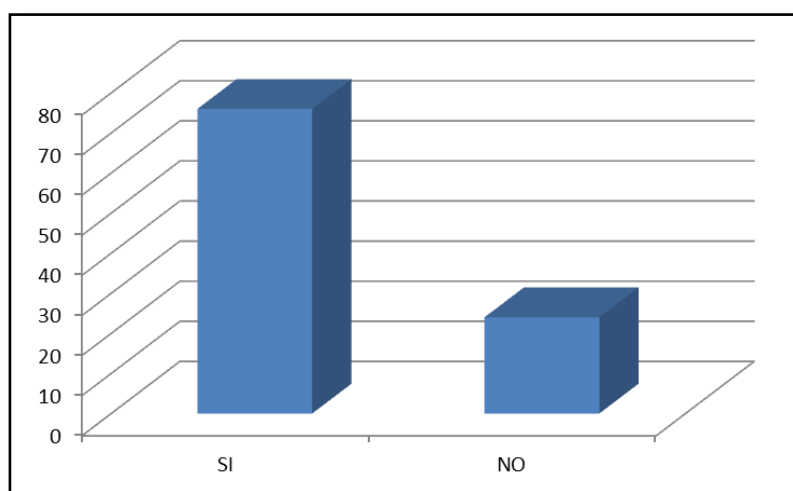


Figura 5. Pago del recibo acorde a la calidad del servicio que recibes. Fuente: Autores del proyecto.

En cuanto al pago del recibo el 76% afirma que está acorde con el servicio ofrecido, lo que evidencia que se encuentran conformes con el mismo, pues al tener una tarifa fija de 5 mil pesos pueden gastar todo el agua que deseen, pero cabe resaltar que no son conscientes que al pagar un bajo costo no pueden exigir un buen servicio siendo esto favorable para la empresa prestadora del servicio de acueducto, pues no tienen responsabilidad con los usuarios.

Tabla 3

Pregunta No. 3. Cantidad de personas que habitan por vivienda

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
UNO	6	2%
DOS	42	13%
TRES	78	24%
CUATRO	202	61%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada sobre el número de personas pertenecientes a cada núcleo familiar a los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto.

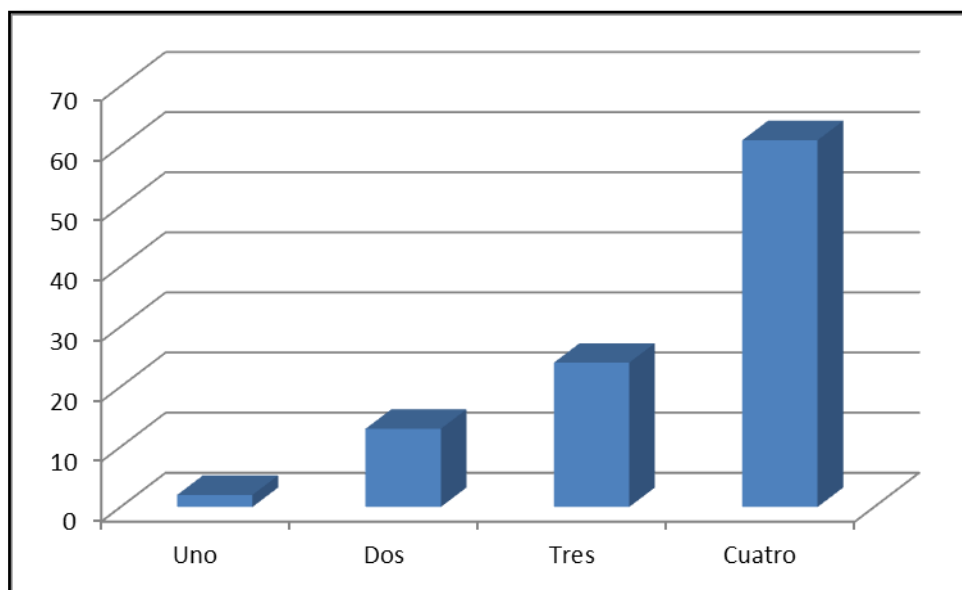


Figura 6. Número de personas que viven en su casa. Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a la investigación realizada se puede decir que las familias en el casco urbano de la población de San Calixto están conformadas con un numero de cuatro habitantes por vivienda, esto lo afirma el 61% de los encuestados, pues da a conocer que el consumo en este porcentaje es mucho mayor que el consumo de las demás viviendas en donde habitan tres, dos y hasta un habitante

Tabla 4

Pregunta No. 4 Calidad del agua recibida en cada vivienda

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
BUENA	83	25%
REGULAR	142	43%
MALA	103	32%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada sobre la calidad del agua a los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto

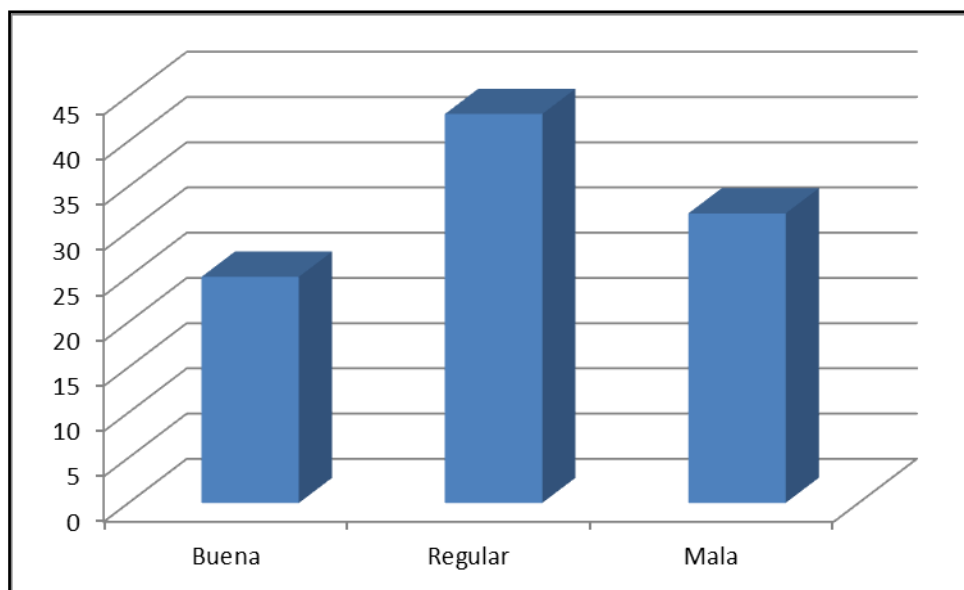


Figura 7. Calidad del agua. Fuente: Autores del proyecto.

Según los habitantes del casco urbano de la población de San Calixto, la calidad del agua distribuida es regular, esto lo afirma el 43% y un 32% de la personas encuestada reflejo que la calidad es mala, siendo esto preocupante ya que los usuarios son conscientes que el agua que consumen no es la ideal para su salud, pero ante esta situación los usuarios no muestran interés por recibir un mejor servicio puesto que les preocupa más el costo del servicio que la calidad del agua que reciben.

Tabla 5

Pregunta No. 5. El servicio de agua con frecuencia es inconsistente

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	246	75%
NO	82	25%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada sobre la frecuencia en el corte del agua a los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto.

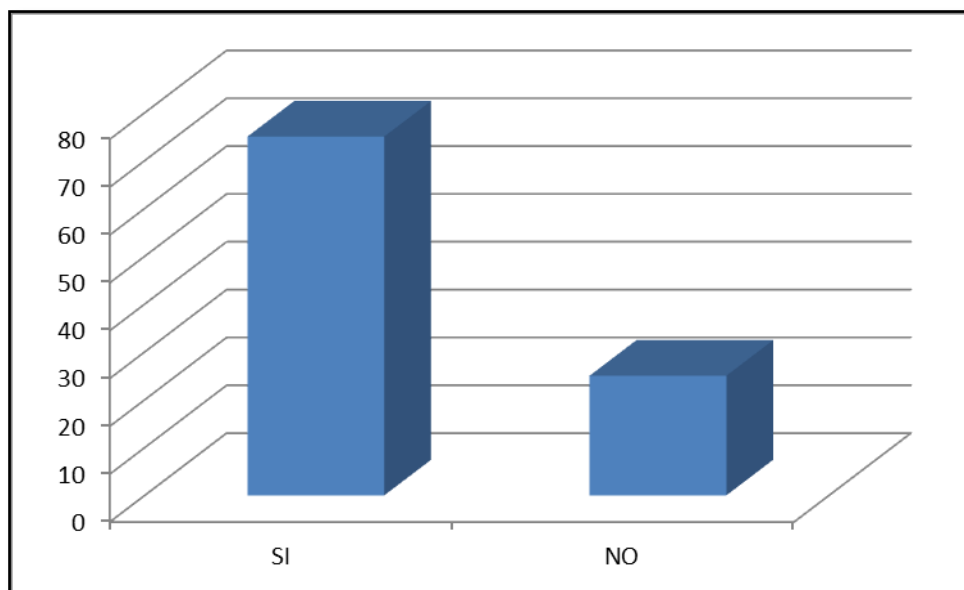


Figura 8. Frecuencia en el corte del agua. Fuente: Autores del proyecto.

Según la mayoría de los encuestados 75% afirman que dichos cortes son realizados con mucha frecuencia sin ningún previo aviso, pero los usuarios no son conscientes que estos cortes son debido al desperdicio del agua que ocasiona que los tanques se vacíen y por consecuencia a esto el fontanero se ve obligado a cerrar las válvulas del paso de agua en periodos del día y toda la noche para así restablecer la capacidad de los tanques.

Tabla 6

Pregunta No.6. Es oportuna la atención al presentarse un daño en su vivienda

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Rápida	3	1%
Lenta	85	26%
No recibe atención	240	73%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada sobre la forma de atender los daños del acueducto que ocurren en las viviendas de los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto.

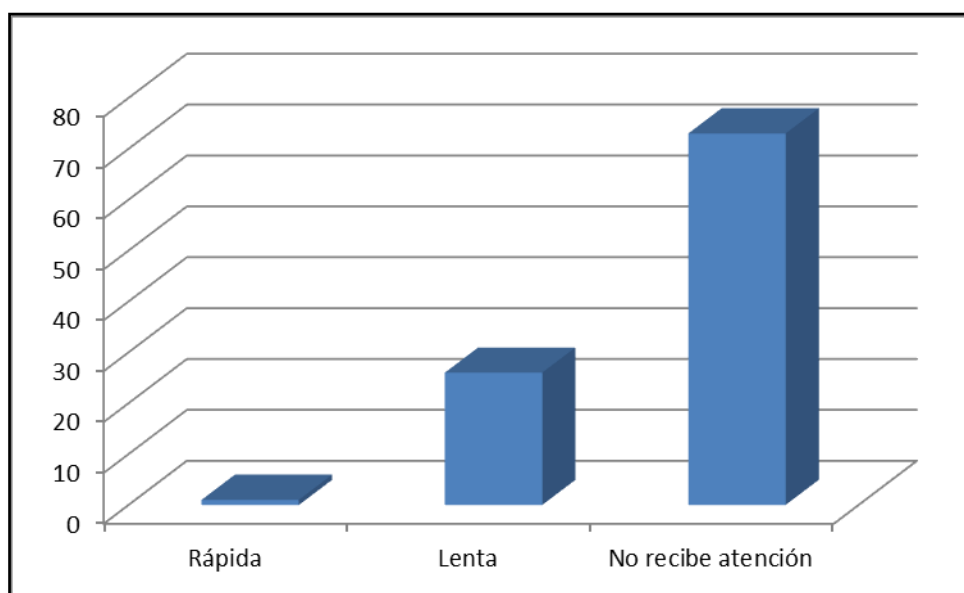


Figura 9. Forma de atender los daños que ocurren en su vivienda. Fuente: Autores del proyecto.

Los daños ocurridos en las viviendas no son atendidos por la empresa, esto lo afirma el 73% de los habitantes encuestados, lo que evidencia que el suscrito prestador de servicios deja desamparados a los usuarios al presentar un daño, porque actualmente el municipio no cuenta con los recursos necesarios debido a que los rubros del plan de saneamiento básico y recursos hídricos no llegan al municipio a causa del malos manejos administrativos, lo que ocasiona que no exista un plan de contingencia al presentarse cualquier falla en el sistema o problema en el servicio ofrecido.

Tabla 7

Pregunta No. 7. La Implementación de micro medidores ayuda a mejorar los servicios

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	283	86%
NO	45	14%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada sobre la implementación de micro medidores para mejorar el servicio de acueducto a los habitantes de San Calixto, Norte de Santander. Fuente: Autores del proyecto.

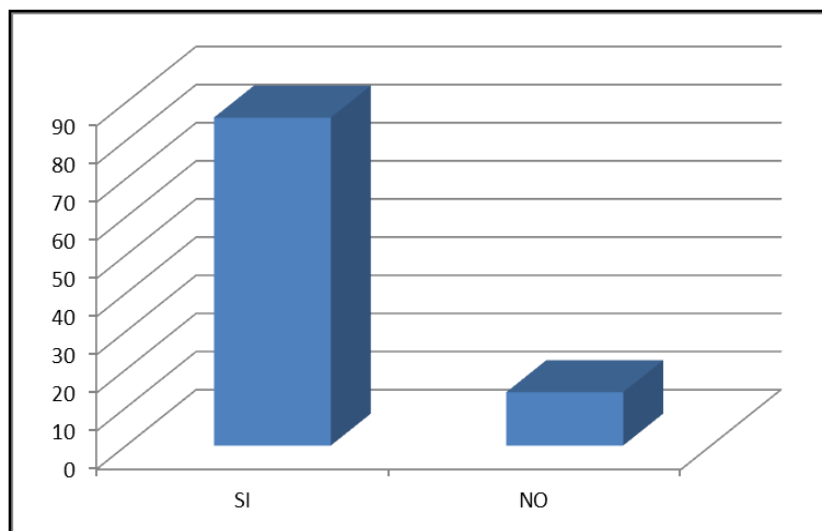


Figura 10. Implementar micro medidores ayuda a mejorar los servicios. Fuente: Autores del proyecto.

Aunque la mayoría de la población encuestada desconocía que era un micro medidor, al hacer un acompañamiento por parte de los estudiantes donde se le explico su funcionamiento, se obtiene como resultado que un 86% de los habitantes encuestados está de acuerdo en que la instalación de dichos equipos pueden ayudar a mejor en gran medida el servicio, llevando un mejor control y medición del agua y un 14% expreso que no es necesario la implementación de dichos medidores ya que se tendrá un mayor control sobre su consumo y esto conllevaría a un alza en el cobro.

Tabla 8

Pregunta No. 8. Es necesario realizar un estudio para el mejoramiento del sistema de acueducto

CONCEPTO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	301	92%
NO	27	8%
TOTAL	328	100%

Nota: La tabla muestra la encuesta aplicada a los habitantes de San Calixto sobre la necesidad de aplicar un estudio para el mejoramiento del sistema de acueducto. Fuente: Autores del proyecto.

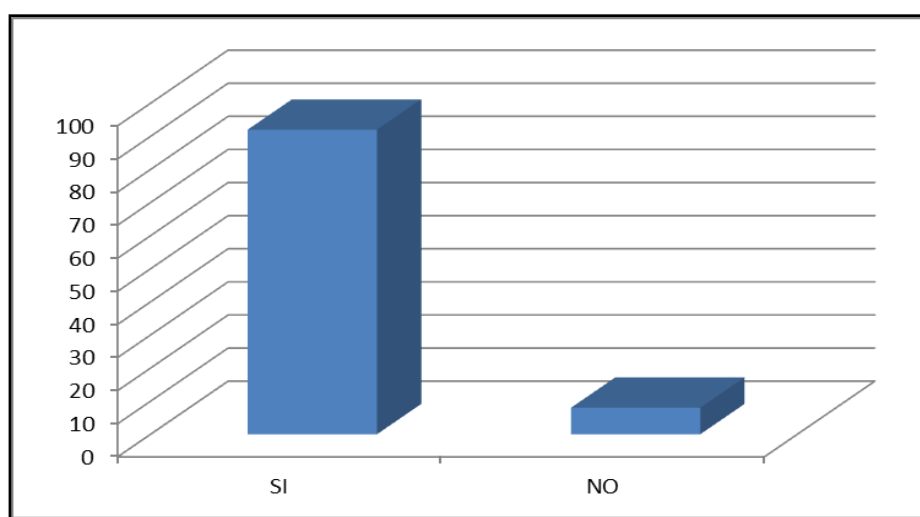


Figura 11. Necesidad de realizar un estudio para el mejoramiento del sistema de acueducto del municipio. Fuente: Autores del proyecto.

Con las preguntas formuladas mediante la encuesta que arroja los resultados anteriores, en la tabla 8, se refleja la necesidad de realizar un estudio que dé como resultado el mejoramiento de las condiciones actuales con las que cuenta el acueducto del casco urbano de San Calixto, ya que el 92% de la población encuestada está convencida de que recibir un mejor servicio conlleva a un mejoramiento total del sistema de acueducto.

Toda acción relacionada con el mejoramiento del sistema de acueducto, debe seguir el procedimiento general descrito en la normatividad colombiana, cumpliendo con las condiciones necesarias para el suministro de un adecuado servicio a la población, por lo que se debe tener en cuenta la calidad y buena prestación del mismo, como también la satisfacción de sus usuarios.

Según los resultados obtenidos de la encuesta, en las preguntas formuladas número 5 y número 6, es notorio resaltar que la empresa pública prestadora del servicio de acueducto presenta poco interés por las necesidades de sus usuarios, ya que el servicio de agua con frecuencia sufre de cortes en distintos lapsos, prestando un servicio que no es continuo las 24 horas del día, de igual forma según el 73% de la población encuestada afirma que los daños que se presentan en las viviendas no son atendidos por la empresa prestadora del servicio lo que da a entender que la empresa no cuenta con la capacidad para dar solución a la cantidad de daños que se puedan generar pues desconociendo las causas que pueda sustentar la empresa para no dar solución a los daños, se deduce que en un futuro si la cantidad de daños crece en mayor magnitud puede llegar al colapso del sistema de acueducto.

Actualmente los micro medidores instalados que existen en el sistema de acueducto del municipio de San Calixto, no sirven y según la respuesta de la encuesta a la formulación de la

pregunta número 7, el 86% de la población cree que su implementación conllevaría al mejoramiento del servicio que reciben, pues dando un concepto más técnico, al contar con micro medidores debido a la diferencia que existe entre los habitantes que ocupan cada vivienda, se podría determinar la dotación neta necesaria para cada usuario dependiendo del consumo que requiera, ya que al no existir un control existe mal gasto del agua y las presiones necesarias para satisfacer a los usuarios conectados en los puntos más altos de la red de distribución no contarían con suficiente caudal por lo que la diferencia entre el buen servicio que reciben es solo para unos cuantos, ya que la mayor parte de la comunidad presenta inconformidad por el servicio prestado.

Debido a la inexistencia de micro medidores no se puede determinar el consumo exacto por lo que según la respuesta de la encuesta en la pregunta formulada número 2, el 76% de la población encuestada se encuentra satisfecha con el precio que pagan por el servicio, ya que es una valor fijo que no cambia independientemente de la cantidad de agua que consuman, lo que repercute en el manejo inadecuado de la empresa de servicios públicos, ya que al tener un sistema de acueducto, alude a un sistema de alcantarillado o evacuación de aguas residuales a algún afluente hídrico y al no contar con un control del volumen de agua consumido, no se puede hacer uso de los parámetros legales de la tasa retributiva, que se basa en que todo aquel que contamina paga y si existieran medidores en funcionamiento también se cobraría a parte del servicio de agua potable un valor excedente por contaminación a los afluentes hídricos. Por consiguiente la empresa no maneja un buen control de lo que en realidad debe cobrar a sus usuarios ya que necesita de una considerable inversión. De igual forma incumple la norma RAS 2010 literal 7.7.9, el cual menciona el Artículo 6 de la Ley 373 de 1997 y la Ley 142 de 1994, para todos los niveles de complejidad del sistema es obligatorio colocar medidores domiciliarios.

4.2 Evaluar las condiciones actuales de los componentes del sistema de acueducto del municipio de San Calixto Norte de Santander, de acuerdo a lo estipulado en la norma RAS 2000, actualización 2010 decreto 1469, título B y D, con el fin de conocer el estado actual.

4.2.1 Antecedentes. En lo que confiere a estudios anteriores realizados sobre el mismo objeto de la presente investigación, se logró obtener por medio de la alcaldía municipal, con el apoyo incondicional del secretario de planeación, un juego de planos en físico, los cuales corresponden a un estudio llamado: Estudio y Diseños para la Optimización del Sistema de acueducto, municipio San Calixto, realizado en el año 1994 por la empresa INORSA (Instituto Norte Santandereano de Agua Potable y Saneamiento Básico), los planos facilitados, corresponden a la topografía de la línea de aducción y conducción existente como los detalles en planta y perfil de cada uno de los elementos que conforman el sistema de acueducto incluyendo una planta de tratamiento convencional. También se utilizó la información del plano en físico de la red de distribución del acueducto actual realizado en el mes de junio de año 2000, por la planeación municipal.

Dentro de los documentos que reposan en la alcaldía municipal, también se pudo obtener un documento en el cual incluye el diagnóstico técnico de la prestación del servicio y suministro de agua potable a los usuarios del casco urbano del municipio de San Calixto, este diagnóstico fue realizado en el año 2008, con el afán de prevenir y preservar el recurso hídrico, se obtuvo dentro del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV de San Calixto un documento en donde se realiza un análisis visual y descriptivo de manera técnica, sobre la situación presente del sistema de acueducto, incluyendo diámetros, metros lineales de tubería, válvulas de control,

entre otros, los cuales son utilizados para dar una mejor valoración para la evaluación realizada al sistema de acueducto actual presente en este proyecto.

4.2.2 Información Básica preliminar. La información básica preliminar, está basada en los lineamientos de la norma técnica RAS 2010 y las guías RAS-001, para conocer las condiciones actuales en las que se encuentra el municipio como las siguientes:

4.2.2.1 Localización geográfica y límites. El municipio de San Calixto tiene una extensión aproximada del casco urbano de 2 Km^2 y está situado al oeste del departamento de Norte de Santander, sus límites son: al norte con los municipios de El Tarra y Teorama, al sur con los municipios de La Playa y Ocaña, al oeste con los municipios de Teorama y Ocaña, y al este con los municipios de Hararí y Tibú. (Departamento Norte de Santander [DNS], 2000)

A nivel geográfico se localiza sobre un relieve característico de rocas sedimentadas donde se observan pendientes suaves a moderadamente empinadas con una topografía ondulante. El casco urbano del municipio cuenta con una altura sobre el nivel del mar que oscila entre las cotas 1600 y 1700 msnm. [DNS], (2000).

Su ubicación geográfica, dentro del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia para las Américas MAGNA-SIRGAS (Datum oficial de Colombia), corresponde a las coordenadas de tipo Gauss-Krueger 1420329.364 Norte (m), 1095891.606 Este (m).

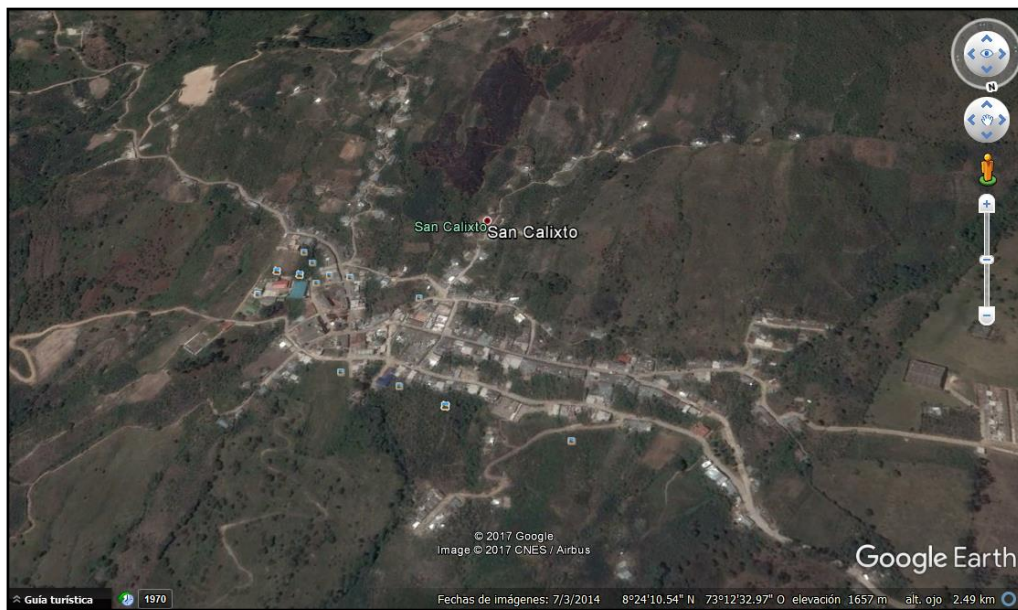


Figura 12. Ubicación geográfica del municipio de San Calixto. Fuente: Google Earth.

4.2.2.2 *Reseña histórica.* La historia de San Calixto se remonta a:

Los indígenas llamados Boquiní, habitaron el espacio comprendido en la parte oriental de Ocaña (hoy corresponde a la Playa, San Calixto y Teorama). El sometimiento de los Boquiní fue tardío, en relación con otros aborígenes del área, debido a la difícil dominación de la región por la rebeldía indígena y por la poca densidad demográfica.

El primer encomendero del que se tiene noticia, fue Luis García Romany, compartía la encomienda con Gonzalo Yáñez Caballero. Según título dado por el gobernador Capitán General de Santa Marta, don Juan Giral Vellón, en 1602. En 1645, doña Clara Romany heredó la encomienda por adjudicación que le hiciera el gobernador Vicente de Villalobos.

Los Boquiní, recobraron su autonomía al no ser renovada la encomienda y fueron concentrados como pueblo de San Andrés, aproximadamente en 1725. A finales del siglo XVII, el área fue sometida a permanentes disputas de tierras y a varias titulaciones de baldíos. El gran terrateniente del partido de Boquiní fue Buenaventura de León, quien adquirió esta tierra, en 1774.

La fundación de municipio como tal se realizó el 14 de octubre de 1845 y nuestro fundador fue el doctor Cayetano Franco Pinzón. (Alcaldía San Calixto, 2016).

4.2.2.3 Vías de comunicación. Según el plan de desarrollo municipal de San Calixto en el periodo 2012 al 2015, en uno de sus ítems, hace referencia al estado de la infraestructura vial del municipio, la cual se encuentra en pésimo estado como consecuencia de las constantes olas invernales.

La estructura de la malla vial en la cabecera municipal, cuenta con dos calles principales que lo atraviesan en su totalidad, a las anteriores calles convergen pequeñas calles con altas pendientes. En la cabecera municipal y centros poblados, del total de los metros cuadrados de las calles existentes tan solo el 70% se encuentra pavimentado, predominando el pavimento rígido. Igualmente del total de la malla terciaria y vías de comunicación hacia otros municipios solo el 29.8% se encuentra en buen estado. En la siguiente tabla se recopila la información más relevante del estado actual de las vías del municipio y su comunicación. (Plan de desarrollo municipal, 2012).

Tabla 9

Resumen de la situación vial de San Calixto

Descripción	Valoración
Distancia San Calixto Teorama	22 km
Distancia San Calixto Ocaña vía Teorama	58 km
Distancia San Calixto Ocaña vía Pie de Cuesta (corregimiento)	36 km
Número de metros cuadrados de calles en la cabecera municipal	7000 m ²
Numero de m ² de calles en la cabecera municipal pavimentados	3800 m ²
Número de m ² de calles en los centros poblados	4500m ²
Número de m ² de calles en los centros poblados pavimentados	1500 m ²
Número de kilómetros de vías terciarias	336 km
Número de kilómetros de vías terciarias en buen estado	60km
Número de Puentes Colgantes existentes en el área rural	10

Nota. La tabla muestra la descripción con su valor correspondiente de las vías más representativas de la región.

Fuente: Secretaria de planeación, Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015.

4.2.2.4 Geología y Suelos. El casco urbano de San Calixto, está asentado sobre la formación sedimentaria del cretáceo Tibú-Mercedes. Litológicamente está compuesto de potentes capas de areniscas de gran espesor, con algunas capas delgadas de material arcilloso shale, ocupando gran parte del casco urbano. (EOT, 2000).

En la zona norte y sur del casco urbano del municipio se manifiestan factores que favorecen la generación de movimientos de remoción en masa tales como: procesos erosivos y deslizamientos, debido a que presenta suelos arcillosos con tendencia a la absorción de agua. Ver figura 13.

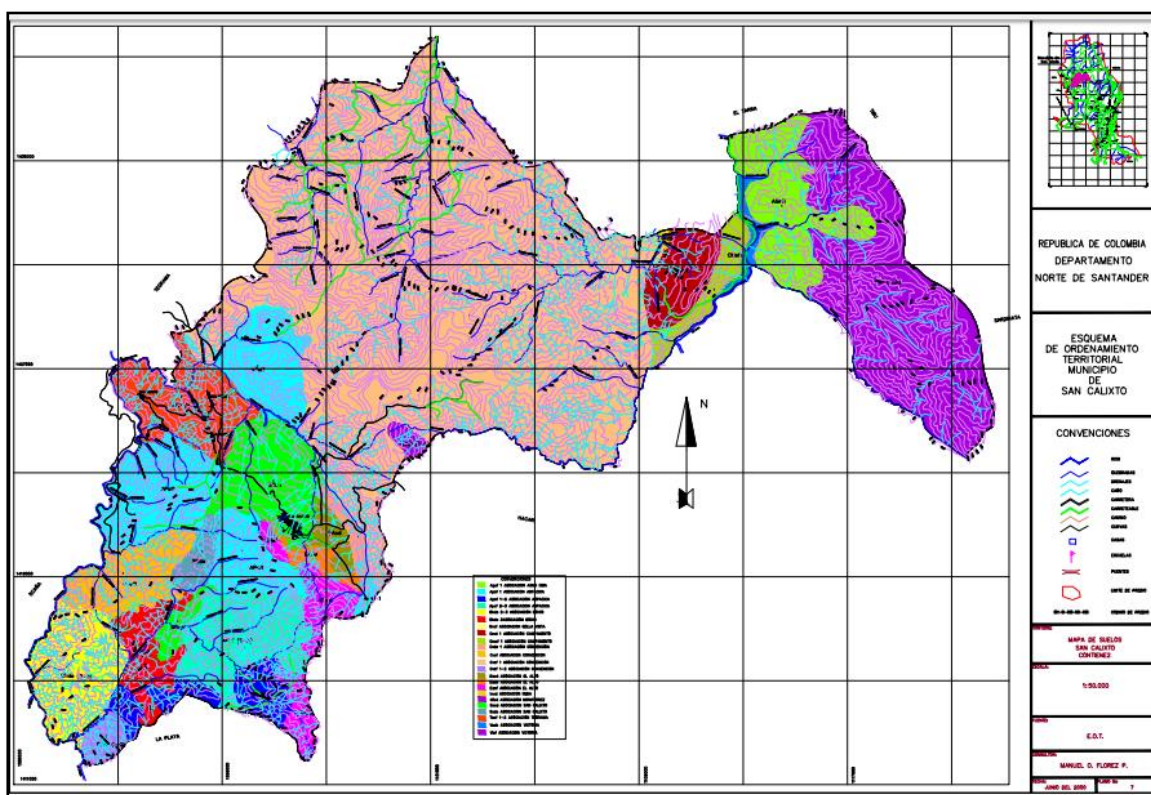


Figura 13. Mapas de suelos de San Calixto. Fuente: Sistema de Información Subregional Norte de Santander.

4.2.2.5 Hidrología. El área municipal de San Calixto, en su totalidad pertenece a la gran cuenca del río Catatumbo, a las cuencas mayores del río Catatumbo y Tarra; que a su vez se dividen en microcuencas de las cuencas río Tarra y Catatumbo. En la siguiente tabla se describen algunos parámetros morfométricos y cualitativos de las microcuencas existentes en el municipio:

Tabla 10

Parámetros de microcuencas existentes en el municipio

CUENCA	MICROCUENCAS	PRECIPITACION MEDIA (mm)	PERIMETRO (km)	AREA (HA)
TARRA	Q.AGUACLARA	2440	12	822
TARRA	Q.CRISTALINA	2550	28	3,191
Catatumbo	Q.CUCURINA	1279	17	1,311
Catatumbo	Q.CHIMINECAS	1265	10	380
Catatumbo	Q.DE LAS CASAS	1233	8	268
Catatumbo	Q.EL SILENCIO	1641	11	696
Catatumbo	Q.GRANDE	1543	35	2,215
Catatumbo	Q.GUADUAS	2282	30	1,908
Catatumbo	Q.LA MARAVILLA	1377	15	1,036
TARRA	Q.LA UNION	2187	15	1,251
CATATUMBO	Q.LOS TRABAJOS	1411	19	1,220
CATATUMBO	Q.MELINAS	1161	11	548
CATATUMBO	Q.MESALLANERA	1133	45	2,574
CATATUMBO	Q.MONJAS	1860	14	1,129
CATATUMBO	Q.NARANJOS	1340	13	785
TARRA	Q.LA CEIBA	2161	10	478
TARRA	Q.SALABRITOS	2207	13	925
TARRA	Q.SAMBITA	2343	14	938
TARRA	Q.SAN IGNACIO	2338	10	446
CATATUMBO	Q.SAN MIGUEL	2080	30	4,339
CATATUMBO	Q.SAN PABLO	2181	23	1,916
TARRA	Q.SANTA RITA	2221	10	338
TARRA	Q.SANTA CATALINA	2329	26	2,000
CATATUMBO	Q.SANTA CLARA	1218	10	550
TARRA	Q.SANTA TERESA	2504	19	1,934
CATATUMBO	Q.YERBABUENA	1275	13	827
Catatumbo	RIO CATATUMBO	1189	38	2,261
TARRA	RIO CHIQUITO	1044	11	208
TARRA	RIO SAN MIGUEL	2080	52	2,458
TARRA	RIO TARRA	2425	19	629

Nota. La tabla muestra la red hídrica predominante en la zona de estudio con algunos parámetros de descripción.

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial de San Calixto EOT. 2000.

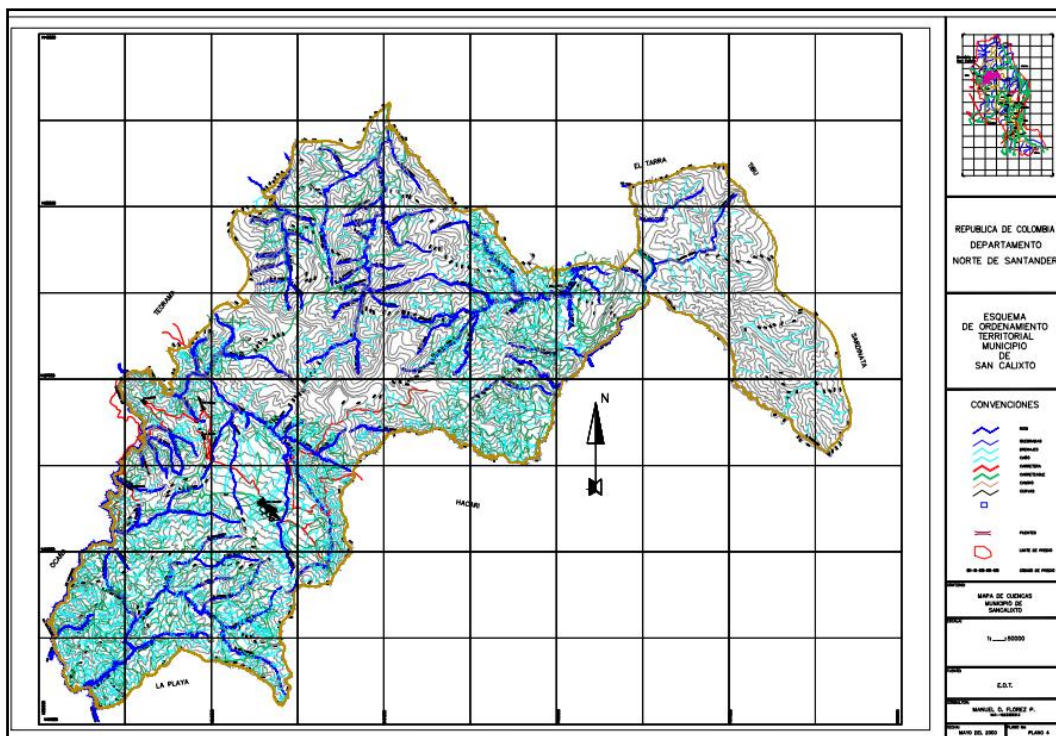


Figura 14. Mapa de cuencas municipio San Calixto. Fuente: Sistema de Información Subregional Norte de Santander.

4.2.2.6 Clima. La generación de lluvias en el 75% del territorio de Norte de Santander, obedece en general a las condiciones climáticas presentes en la hoya hidrográfica del Lago Maracaibo. El relieve es el principal factor que provoca la ascensión del aire caliente y húmedo proveniente de los valles y del Lago Maracaibo, actuando como barreras orográficas a las masas que se concentran para originar las precipitaciones. (EOT, 2000).

La precipitación media del municipio es 1,861mm, variando desde los 950mm hasta los 3,700mm, La precipitación durante un año meteorológico normal es de carácter bimodal, presentándose las máximas en abril-junio-septiembre-diciembre y las mínimas en enero-marzo-julio-agosto. (EOT, 2000).

4.2.2.7 Actividad económica. El municipio de San Calixto tiene como principal factor de desarrollo económico la producción agrícola, en el cual el cultivo permanente de mayor auge es el café. También en forma representativa, el cultivo de yuca, la caña panelera tradicional, cacao, maíz, cebolla, tomate, frijol y algunos frutales.

El municipio de San Calixto, maneja altos índices de desempleo por lo que su desarrollo permanece casi inamovible, las pocas fuentes de empleo son siempre las mismas y no se genera nuevas alternativas que originen estabilidad y sostenimiento económico a sus habitantes.

4.2.3 Trabajo de campo y oficina. La actual situación de la prestación del servicio de agua potable en San Calixto no es totalmente satisfactoria ya que las condiciones de captación y conducción no garantizan el óptimo funcionamiento que asegure el permanente flujo de agua para cada uno de los habitantes. Por lo cual en ese orden de ideas, este proyecto se enmarcó en dar un aporte sustentado con esta investigación, para mejorar las condiciones actuales con la que cuenta el acueducto del casco urbano del municipio de San Calixto, en donde se inspeccionó, se verificó y se recopiló información de tipo técnico sobre el funcionamiento actual de la infraestructura existente.

Posteriormente se realizaron mediante visitas de campo, las correspondientes inspecciones de cada uno de los elementos y obras que conforman el acueducto del casco urbano del municipio de San Calixto como: fuente de abastecimiento que en este caso corresponde a la Quebrada la Maravilla, obra de captación, línea de aducción, desarenador, línea de conducción, planta de tratamiento, tanque de reparto y red de distribución.

Continuando con el desarrollo del proyecto cabe resaltar que la línea topográfica por la cual se trazan los tramos de tubería y la ubicación de los elementos del acueducto, fue necesario la digitalización de los planos existentes, ya que solo se cuenta con un estudio del acueducto realizado en el año 1994, el cual hasta la fecha de hoy, no ha tenido ninguna intervención por lo que para el respectivo análisis de información fue necesario digitalizar los planos existentes para poder obtener una cartera de campo. Dicha cartera de campo junto con la topografía representada gráficamente, se pueden observar en el **Apéndice A**.

4.2.3.1 Evaluación del sistema existente. El proyecto se inició con el desplazamiento a la zona de influencia en donde se ubican los componentes del acueducto que hacen parte del sistema de captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua al municipio de San Calixto. La realización del trabajo en campo se dividió en las siguientes visitas:

Primer visita, marzo 17, hora 8:00 am, se realizó el reconocimiento de la zona de influencia del acueducto, en donde se identificaron cada uno de sus elementos y posteriormente se dio conocimiento de la realización del estudio al fontanero. Como es de destacar el casco urbano del municipio de San Calixto, presenta una topografía con grandes pendientes, como se puede observar en la figura 15, en donde se identifica una de las pendientes promedio predominantes en el casco urbano del municipio de San Calixto, en donde se debe garantizar el agua hacia los puntos más altos.



Figura 15. Identificación de la zona de estudio. Fuente: Autores del proyecto.

Segunda visita., realizada abril 11, hora 2:00 pm se realizó la inspección visual de la bocatoma y desarenador, como también se registraron medidas y el aforo del río. Ver figura 16.



Figura 16. Inspección visual de bocatoma, desarenador. Fuente: Autores del proyecto.

Tercer visita, mayo 9, hora 8:00am, se realizó la solicitud de recolección de información existente del sistema de acueducto en la primera autoridad local del municipio. Ver figura 17.



Figura 17. Solicitud de información a la autoridad local del municipio. Fuente: Autores del proyecto.

Cuarta visita, Julio 27, hora 8:00am, en donde se recolecto la información solicitada a la alcaldía del municipio, que incluían actas y planos existentes de 1994. Ver figura 18.



Figura 18. Recolección de información solicitada. Fuente: Autores del proyecto.

Quinta visita, Agosto 6, hora 7:00am, en donde se verifico cada una de las medidas de los elementos del sistema de acueducto, y se corroboro el deterioro que presentaba mediante la inspección visual y posteriormente su diagnóstico. Ver figura 19.

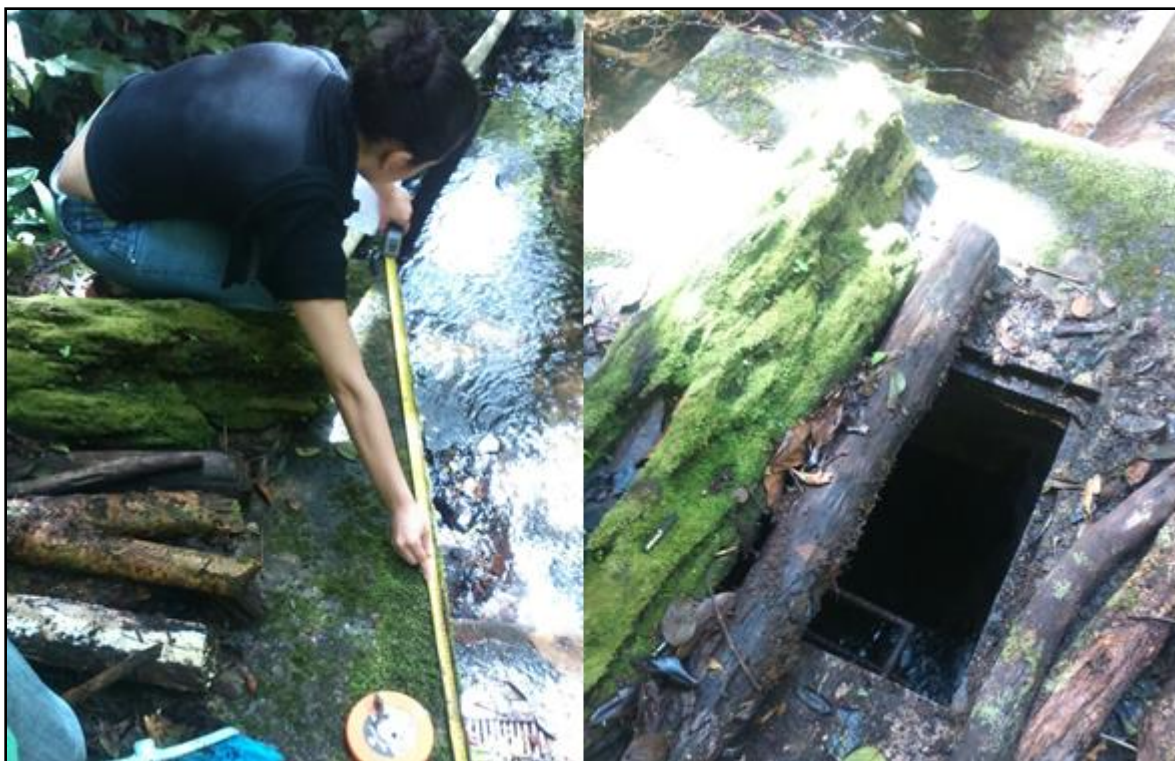


Figura 19. Verificación de medias en infraestructura existente. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.4 Situación demográfica actual del municipio. Para diagnosticar el sistema de acueducto actual y proponer el rediseño de los elementos que no están en capacidad de cumplir con su función, es importante analizar la situación demográfica, ya que la población objeto de estudio a lo largo de los años varía dependiendo de su tasa de crecimiento.

Según datos del suscrito coordinador del SISBEN y régimen subsidiado Municipio de San Calixto, Norte de Santander, ratifica que para en el mes de julio del 2017, 1710 personas viven en el casco urbano.

4.2.4.1 Proyección de población. El primer paso para realizar el diagnóstico y proponer un diseño de optimización, es proyectar la población para un determinado periodo de diseño, partiendo del año en curso de la realización de la investigación. Se debe establecer el nivel de complejidad del sistema el cual para el caso según el número de habitantes corresponde a un nivel bajo establecido en la tabla 11 Posteriormente para la proyección de población se debe realizar a un periodo de diseño de 25 años, según lo establecido por la resolución 2320 de 27 de noviembre de 2009 para un nivel de complejidad bajo.

Tabla 11

Asignación del nivel de complejidad

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

Nota. La tabla muestra el rango de habitantes para determinar el nivel de complejidad. Fuente: RAS 2010. Titulo A. Literal A.3.

Para establecer el método a utilizar en la proyección de población se utiliza la clasificación de la norma técnica RAS 2010 establecida en la tabla 12 según el nivel de complejidad, para este caso se trabajó los tres métodos más usados, el método geométrico, aritmético y exponencial, en donde con los distintos censos obtenidos se logró promediar y sacar un promedio de la rata de crecimiento ya que la variación entre el aumento y la disminución de la densidad poblacional no mantiene un orden decreciente o creciente.

Tabla 12*Método de cálculo para proyecciones según el nivel de complejidad*

Método por emplear	Nivel Bajo	Nivel Medio	Nivel Medio Alto	Nivel alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demógrafo)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método Grafico	X	X		

Nota. La tabla muestra los métodos permitidos según el nivel de complejidad del sistema para proyectar la población según el periodo de diseño. Fuente: RAS 2010. Título B. Literal B.2.4.3.4.

Método aritmético

$$P_f = P_{UC} + r (T_f - T_{UC}) \qquad r = \frac{P_{UC} - P_{Ci}}{T_{UC} - T_{Ci}}$$

Método geométrico

$$P_f = P_{UC} (1 + r)^{T_f - T_{UC}} \qquad r = \left(\frac{P_{UC}}{P_{Ci}} \right)^{\frac{1}{T_{UC} - T_{Ci}}} - 1$$

Método exponencial

$$P_f = P_{Ci} * e^{r(T_f - T_{Ci})} \qquad r = \frac{\ln P_{UC} - \ln P_{Ci}}{T_{UC} - T_{Ci}}$$

En donde:

P_f = Población Futura

P_{UC} = Población último censo

P_{Ci} = Población censo inicial

T_f = Tiempo futuro

T_{UC} = Tiempo último censo

T_{Ci} = Tiempo censo inicial

r = Tasa de crecimiento

Para utilizar los métodos de cálculo de proyección de población, es necesario contar con más de un censo poblacional, por lo cual según datos del DANE, en la tabla 13 se encuentran esbozados los tres últimos censos realizados, de igual forma por medio de la administración municipal, también fue posible utilizar un censo realizado en el año 2017 por medio de la oficina del Sisben del municipio, el cual cuenta con un certificado que se puede observar en el

Apéndice B.

Tabla 13

Registros de censos según la fuente de consulta

Año	Población total	Fuente de consulta
1985	1360	DANE
1993	1308	DANE
2005	1829	DANE
2017	1710	SISBEN

Nota. La tabla muestra los tres últimos censos realizados por el DANE y un censo actual realizado por la oficina de Sisben del municipio de San Calixto. Fuente: Autores del proyecto.

Posterior al reconocimiento de los censos, se realiza el cálculo de la tasa de crecimiento en los distintos métodos aplicados para contemplar la proyección de población. Ver tabla 14.

Tabla 14

Tasa de crecimiento según los tres métodos empleados

P_{uc}	P_{ci}	T_{uc}	T_{ci}	Crecimiento Aritmético	Crecimiento Geométrico	Crecimiento Exponencial
1308	1360	1993	1985	-6.5	-0.004861326	-0.004873181
1829	1360	2005	1985	23.45	0.014924508	0.014814233
1829	1308	2005	1993	43.41666667	0.028333136	0.027939176
Promedio				20.12222222	0.012798773	0.012626743

Nota. La tabla muestra la tasa de crecimiento dependiendo del método a utilizar. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 15*Proyecciones de población según el periodo de diseño*

Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial
2017	1710	1710	1710
2018	1849	1732	2063
2019	1869	1754	2089
2020	1889	1777	2116
2021	1909	1799	2143
2022	1930	1822	2170
2023	1950	1846	2197
2024	1970	1869	2225
2025	1990	1893	2254
2026	2010	1917	2282
2027	2030	1942	2311
2028	2050	1967	2341
2029	2070	1992	2370
2030	2091	2017	2401
2031	2111	2043	2431
2032	2131	2069	2462
2033	2151	2096	2493
2034	2171	2123	2525
2035	2191	2150	2557
2036	2211	2177	2589
2037	2231	2205	2622
2038	2252	2233	2656
2039	2272	2262	2689
2040	2292	2291	2724
2041	2312	2320	2758

Nota. La tabla muestra la proyección de población según el periodo de diseño establecido, utilizando los distintos métodos para el nivel de complejidad bajo. Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 15, la población de diseño a utilizar es la correspondiente al método aritmético, puesto que es el recomendado por el RAS 2010 literal B.2.4.3.4 y a la guía RAS-001, para poblaciones con nivel de complejidad bajo, teniendo en cuenta que en San Calixto se presenta poco desarrollo y las áreas de crecimiento poblacional son casi nulas, por lo que el método aritmético proporciona una tasa baja de crecimiento ajustándose

a las condiciones del municipio ya que existe mucha mortalidad y emigración por el orden público.

4.2.5 Caudal de consumo. Para el cálculo de caudales se utilizaron los parámetros establecidos por la norma técnica RAS 2010 teniendo en cuenta la determinación según el nivel de complejidad. Los parámetros son:

4.2.5.1 Dotación neta. La dotación neta es la cantidad de agua a consumir establecida por litro por habitante por día, la cual se determina mediante el nivel de complejidad teniendo en cuenta que a ella también se le deben sumar otros consumos diarios como es el consumo institucional, industrial, comercial, entre otros.

Tabla 16

Dotación neta máxima según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado (L/hab*día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (L/hab*día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Nota. La tabla muestra la dotación neta máxima establecida para cada nivel de complejidad de sistema teniendo en cuenta la condición climática. Fuente RAS 2010. Título B. Literal B.2.4.1.

4.2.5.2 Dotación bruta. Para la estimación de la dotación bruta, se debe tener en cuenta la dotación neta que en nuestro caso corresponde a 90 lts/hab.*día, debido al nivel de complejidad del sistema que es bajo, también se tiene en cuenta que la altura sobre el nivel del mar en el

casco urbano de San Calixto es de 1600 m.s.n.m, por lo que se considera un clima frio o templado, ya que para ser un clima cálido la altura debe estar por debajo de 1000 m.s.n.m.

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

d_{bruta} = Dotación bruta

d_{neta} = Dotación neta = 90 (lts/hab*día)

$\%p$ = Porcentaje de perdidas = 25 % (RAS 2010)

$$d_{bruta} = \frac{90}{1 - 25\%} = 120 \text{ (Lts/hab*día)}$$

Caudal medio diario (Q_{md}):

$$Q_{md} = \frac{d_{bruta} * Poblacion\ futura}{86400}$$

$$Q_{md} = \frac{2312\ hab * 120\ lts/hab * dia}{86400} = 3.21\ lts/seg$$

Caudal Máximo Diario (Q_{MD}):

$$Q_{MD} = Q_{md} * k_1$$

k_1 = Coeficiente de consumo máximo diario según RAS 2010 literal B.2.7.2 = 1.3

$$Q_{MD} = 3.21 \frac{lts}{seg} * 1.3 = 4.17\ lts/seg$$

Caudal Máximo Horario (Q_{MH}):

$$Q_{MH} = Q_{MD} * k_2$$

k_2 = Coeficiente de consumo máximo horario según RAS 2010 literal B.27.3=1.5

$$Q_{MH} = 4.17\ lts/seg * 1.5 = 6.26\ lts/seg$$

4.2.6 Fuente hídrica de abastecimiento. El afluente hídrico abastecedor por el cual el sistema de acueducto del casco urbano del municipio de San Calixto capta agua, corresponde a la Quebrada la Maravilla. Por medio de la autoridad local competente se nos fue facilitado mediante un oficio de petición los resultados de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas realizadas el 3 de febrero del 2017, como referente a la preocupación de las entidades públicas por la salud de sus habitantes.

En la siguiente figura, se muestra el estado actual de la fuente de abastecimiento en donde se tiene un cauce con una lámina de agua permanente, pues moradores del sector y fontanero, aseguran que la lámina de agua se mantiene estable en todas las épocas del año, pero cabe resaltar que en épocas de invierno se produce una creciente con un aumento en el caudal medio de la quebrada.



Figura 20. Afluente hídrico Quebrada la Maravilla. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.6.1 Calidad del agua. Al considerar el agua como un tema de salud pública, se debe garantizar las condiciones mínimas en las que se consume por lo que determinar su calidad es sumamente importante, por tal motivo en este proyecto no se descartó el conocimiento de las condiciones actuales en la que se encuentra el agua que consumen los habitantes del casco urbano de San Calixto, pues para conocer sus parámetros fue necesario acudir a la empresa de servicios públicos existente, denominada Unidad de Servicios Públicos del Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Municipio de San Calixto, ya que mediante la entidad pública se han venido realizando distintas pruebas de agua como la que se muestra a continuación en la figura 21 y 22, en donde se pueden observar los resultados de la prueba realizada el 03 de febrero del 2017.





INSTITUTO DEPARTAMENTAL DE SALUD UNIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL ACUEDUCTO, ALcantarillado y Aseo del Municipio de San Calixto		SALUD PUBLICA		Código: CMU-02-F-02
INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUAS			Fecha de Aprobación: 2017-02-03	Version: 0
			Pagina: 2 de 2	
PRUEBAS COMPLEMENTARIAS POR MAPA DE RIESGO ANALISIS FISICOQUIMICO				
PARAMETROS BASICOS	RESULTADOS		VALOR MAXIMO ACEPTABLE SEGUN DECRETOS 1873 DE 2007 Y RESOLUCION 2119 DE 2007	
Hierro mg/Fe	--		0.3	
Conductividad umhos/cm	--		50-1000	
Fluoruros mg/ F-	--		1	
Sulfatos mg/SO4	--		250	
Dureza Total mg/ CaCO3	18		300	
Fosfatos mg/ PO4	--		0.5	
Nitritos mg/ NO2	--		0.1	
Alcalinidad f. mg/ CaCO3	0		---	
Alcalinidad t. mg/ CaCO3	37.89		200	
Cloruros mg/ Cl	0.92		250	
CONCEPTO				
PORCENTAJE IRCA:	20,12%		NIVEL DE RIESGO:	ALTO
4. OBSERVACIONES				
OBSERVATIONS				
Analista Fisicoquimico Analyst	AMA-0.13			
Analista Microbiologico Analyst	AMA-0.11			
Revisor Idar Tecnico Reviewed Technical leader	AMA-0.13			
				
			P.U. Coordinadora Laboratorio de Salud Publica University Professional Coordinator Public Health Laboratory	
FIN DEL INFORME DE RESULTADOS				

Figura 21. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos pág.2. Fuente: Alcaldía Municipal de San Calixto.


	SALUD PÚBLICA		Código: CML-02-F-02
	INFORME DE RESULTADOS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS		Fecha de Aprobación: 2017-02-03 Version: 0 Página: 1 de 2
Número Number	284		
LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA DEPARTAMENTAL DE NORTE DE SANTANDER PUBLIC HEALTH LABORATORY OF NORTE DE SANTANDER			
IDENTIFICACIÓN			
EMPRESA SOLICITANTE: COMPANY APPLYING	OFICINA SALUD AMBIENTAL CONVENCIÓN	DIRECCIÓN: ADDRESS	HRNO-IPS CONVENCIÓN
MUNICIPIO Y LOCALIDAD: LOCALITY	SAN CALIXTO		CONTACTO: CONTACT
NOMBRE EMPRESA SERVICIO PÚBLICO/FUENTE	UNIDAD DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DEL MUNICIPIO DE SAN CALIXTO.		
FECHA DE MUESTREO: SAMPLING DATE	25/04/2017	HORA MUESTREO: SAMPLING TIME	04:00 P.M.
LUGAR DE TOMA Y DIRECCIÓN:	BARRIO VILLA CARTON KDX A1-320	PUNTO DE TOMA: SAMPLING POINT	Nº 0003
FECHA DE RECEPCIÓN: RECEPTION DATE	27/04/2017	HORA DE RECEPCIÓN: RECEPTION TIME	09:45 A.M.
COAGULANTE:	NO UTILIZA	DESINFECTANTE:	HIPOCLORITO GRANULADO 70%
FECHA DE PROCESAMIENTO FISICOQUÍMICO: PROCESSING DATE	28/04/2017	TIPO DE AGUA: SAMPLE/PRODUCT	TRATADA
FECHA DE PROCESAMIENTO MICROBIOLÓGICO:	27/04/2017	FECHA DE REPORTE: REPORT DATE	10/05/2017
1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO: TEST PROCEDURE		ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	
2. CONDICIONES AMBIENTALES: ENVIRONMENTAL CONDITIONS			
	ÁREA FISICOQUÍMICA DE AGUAS	ÁREA MICROBIOLOGÍA DE AGUAS	
TEMPERATURA [°C]: TEMPERATURE	25	19	
HUMEDAD RELATIVA MEDIA [%]: RELATIVE HUMIDITY	37%	51%	
3. RESULTADOS OBTENIDOS: RESULTS OBTAINED			
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO			
PARAMETROS BÁSICOS	RESULTADOS	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE SEGÚN DECRETO 1875 DE 2007 Y RESOLUCIÓN 2115 DE 2007	
Cólor P Pt-Co	--	≤15	
Olor y Sabor	--	ACEPTABLE	
Turbidez UTN	0,72	≤2	
Cl Residual In Situ mg/l	2,4	0,3 - 2,0	
Cl Residual	--	0,3 - 2,0	
pH	7,36	6,5 - 9,0	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO			
PARAMETROS BÁSICOS	RESULTADOS	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE SEGÚN DECRETO 1875 DE 2007 Y RESOLUCIÓN 2115 DE 2007	
Coliformes Totales: UFC/100 cm3	0	0	
Escherichia coli ufo/100 cm3	0	0	
Giardia (Quistes/10L)	-----	0	
Cryptosporidium (Oocistos/10L)	-----	0	

Figura 22. Resultados de análisis físicoquímicos y microbiológicos abastecimiento pag.1.
Fuente: Alcaldía Municipal de San Calixto.

Los resultados de las muestras de agua especificadas en las figuras anteriores dan como resultado que el agua que consumen los habitantes del casco urbano del municipio San Calixto presenta un nivel de riesgo alto. Las autoridades locales en su función de preservar siempre la integridad de sus habitantes, tienen 5 puntos de tomas de muestra de agua alrededor de toda la red existente para determinar su riesgo al consumo; por lo cual las pruebas aquí descritas pertenecen a uno de esos puntos como lo indica en su descripción. Ver figura 22.

Por consiguiente los parámetros obtenidos de las muestras son los especificados por el decreto 1575 del 2007, y la resolución 2115 de 2007, en donde según las figuras 21 y 22, se obtiene solo un parámetro por fuera del rango aceptable; el valor de CL Residual in situ mg/l (cloro residual) es igual a 2.4 y el rango permisible es de mínimo 0.3 y máximo 2.0 por el cual el agua presenta un alto grado de riesgo según el IRCA (Índice de Riesgo de Calidad del Agua). Los correctivos pertinentes que la empresa prestadora realiza para mejorar la situación de la calidad del agua que consumen se presenta en el mantenimiento de la planta de tratamiento y el buen uso de los insumos como la revisión periódica del estado del agua mediante muestras.

Ya que los parámetros descritos por los resultados anteriores corresponden al agua tratada, es decir, previamente pasa por una planta de tratamiento; para hacer la comparación de estos valores con los rangos de valores establecidos por el RAS 2010, no se obtendrá una clasificación del tipo de fuente hídrica, ya que las muestras de agua no fueron tomadas directamente del cauce, por lo tanto el análisis de los resultados utilizando la siguiente tabla 18 es de carácter comparativo.

Tabla 18*Parámetros y resultados*

Parámetros	Unidades	Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Resultados
DBO 5 días					
Promedio mensual	mg/L	≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	
Máximo diario	mg/L	1 - 3	3 - 4	4 - 6	0
Coliformes totales					
Promedio mensual	(NMP/100 mL)	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	≥ 4	≥ 4	
PH promedio		6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	7.36
Turbiedad	(UNT)	< 2	2 - 40	40 - 150	0.72
Color verdadero	(UPC)	< 10	10 - 20	20 - 40	
Gusto y olor		Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo
Cloruros	(mg/L - CI)	< 50	50 - 150	150 - 200	0.92
Fluoruros	(mg/L - F)	< 1.2	< 1.2	< 1.2	-

Nota. La tabla muestra el rango de valores para tres tipos de fuente (aceptable, regular, deficiente) según la norma técnica RAS 2010. Fuente: Tabla A11.2.2.1 RAS 2010.

Los valores comparados con la tabla 5 sacados del RAS 2010, califican para una fuente aceptable, regular o deficiente, pero debido al tipo de muestra (agua tratada), se observa un PH muy alto para ser agua con un proceso de potabilización.

4.2.6.2 Aforo del cauce. La medición hidrométrica del afluente se llevó a cabo mediante un procedimiento muy artesanal cuantificando la velocidad de la corriente y el área transversal del cauce del río. Para ello se utilizó una pequeña bola plástica en donde se determinó su tiempo en transcurrir determinada distancia, como se observa en la tabla 20; para todas las medidas se utilizó la distancia de 2.5 metros. La sección transversal del cauce se representa en la figura 23, así como las mediciones hechas se aprecian en la tabla 19.

Tabla 19*Sección transversal del cauce*

Distancia (m)	Profundidad (m)
0 + 0.00	0.00
0 + 0.25	0.10
0 + 0.50	0.14
0 + 0.75	0.17
0 + 1.00	0.15
0 + 1.25	0.09
0 + 1.50	0.00
Área total :	0.1625 m²

Nota: La tabla muestra las distancias y profundidades de la sección transversal del cauce. Fuente: Autores del proyecto.

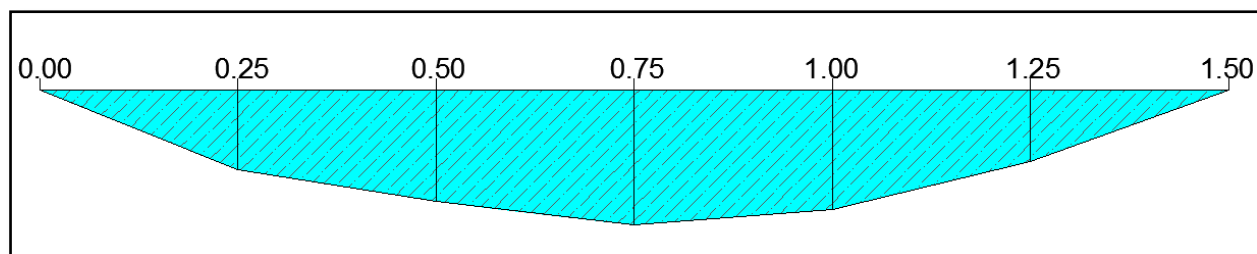


Figura 23. Representación gráfica de la sección transversal del cauce. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 20*Velocidad del cauce*

Distancia (m)	Tiempo (seg)
2.5	5.45
2.5	5.81
2.5	4.93
2.5	5.66
Tiempo promedio :	5.4625
Velocidad superficial :	0.4577 m/seg
Velocidad real (0.8Vsuperficial):	0.36616 m/seg

Nota. La tabla muestra la velocidad del cauce mediante la distancia específica de aforo y un promedio de tiempos, obteniendo una velocidad en metros/segundos. Fuente: Autores del proyecto.

$$Q = \text{Velocidad} * \text{Area}$$

$$Q = 0.36616 \text{ m/seg} * 0.1625 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.059501 \text{ m}^3/\text{seg} \approx 59.501 \text{ Lt/seg}$$

Por medio del aforo realizado, se pudo determinar que el caudal medio del río corresponde a 59.501 litros por segundo. La oferta hídrica actual según el aforo realizado está en capacidad para suplir la demanda actual y futura del sistema de acueducto, pues como se pudo constatar en el inciso **4.2.5**, el caudal máximo diario es de 4.17 lts/seg, lo cual no altera las condiciones naturales del cauce.

Con relación a la concesión de agua otorgada por la entidad territorial CORPONOR, la cual fue concedida por la resolución 009 para un periodo de 5 años contados a partir del 28 de febrero del 2013, se encuentra actualmente en vigencia. Fue concedida para permitir captar un caudal de 4.45 lts/seg, caudal que abastece la población actual y futura, incluyendo las conexiones clandestinas que actualmente existen. El caudal otorgado por concesión, no altera las condiciones del afluente hídrico dado que la oferta del cauce es mucho mayor que el caudal otorgado, pero cabe resaltar que según el artículo quinto de la misma resolución que otorga la concesión aclara que durante situaciones no previstas o en las épocas climáticas que generen una disminución notable en la disponibilidad del recurso hídrico, el concesionario del agua superficial deberá reducir la cantidad del agua extraída en aproximadamente un 50%, y dar prioridad al aprovechamiento del recurso para el consumo humano. El documento que resuelve la concesión de agua vigente, se puede observar detalladamente en el **Apéndice B**.

4.2.7 Evaluación de la infraestructura existente del sistema de acueducto.

4.2.7.1 Bocatoma. Se ubica a 1300 metros del casco urbano de San Calixto, a una altura de 1900 m.s.n.m. La estructura que capta el agua de la fuente corresponde a una captación de agua superficial de tipo Bocatoma de rejilla de fondo, típica para zonas montañosas con pequeños cursos de agua.

En la figura 24, se puede observar la descripción física de la actual bocatoma que esta compuesta por un muro en concreto y sobre la corona del muro una rejilla en varilla corrugada de media pulgada, esta rejilla cumple la función de captar el agua y dirigirlo por medio de un canal de aducción de sección rectangular hacia la cámara de recolección o mayormente conocida cámara de derivación cuando ésta viene compuesta por un vertedero de excesos para devolver el caudal sobrante a la rio y posteriormente la cámara de recolección que conecta la tubería de aducción hasta el desarenador. Por medio de la visita técnica, se pudo constatar que la cámara de recolección de la bocatoma que abastece el sistema de acueducto del casco urbano de San Calixto no tiene vertedero de excesos y como se puede apreciar en la figura 19, no cuenta con una tapa de protección pero se encuentra cubierta con unos trozos de madera rolliza que ayudan a evitar que no ocurran taponamientos en la entrada de la tubería de aducción por factores externos (ramas, hojas secas). La carencia de un vertedero de excesos justifica el hecho que la tapa pudo ser arrasada por el afluente, ya que en épocas de invierno la lámina de agua del cauce puede aumentar a una cota mucho mayor que la altura máxima de la cámara de recolección, lo que pone en riesgo la integridad total de toda la estructura ya que una fuerte creciente puede llegar a arrasar con todo.

La bocatoma además cuenta con un muro de encauzamiento y un dissipador de energía al pie del muro, en donde se evidencia en la figura 24, que debido al deterioro por su antigüedad, se encuentra socavado y tiene una proporción muy pequeña para disipar la energía del agua en comparación con el muro. Dado que la estructura ya cumplió su periodo de diseño cabe resaltar que debido a su largo funcionamiento a través de los años el concreto presenta un desgaste producto de la abrasión que causa el material de arrastre que transporta el cauce.



Figura 24. Captación existente, Quebrada la Maravilla. Fuente: Autores del proyecto.

La rejilla de fondo, como se observa en la figura 25, se encuentra obstruida por ramas, maleza de los árboles, que son arrastradas por el cauce y se detienen en este punto, produciendo taponamiento, lo que obliga al fontanero a realizar periódicamente un respectivo mantenimiento para evitar que el casco urbano San Calixto se quede sin agua.



Figura 25. Rejilla de fondo, captación Quebrada La Maravilla. Fuente: Autores del proyecto.

Evaluación hidráulica de la Bocatoma existente:

Datos obtenidos en campo:

Rejilla:

Largo: 1.0 mts

Separación entre barras: 0.5 cm

Ancho: 0.40 mts

Diámetro de barras = $\text{Ø}1/2'' = 0.0127$ mts

Canal de aducción:

Altura de lámina aguas arriba: 0.02 m

Altura de lámina aguas abajo: 0.04m

Pendiente: 5%

Espesor de muro = 0.30 m

Caudal de entrada a la rejilla: La capacidad de la rejilla de fondo de la bocatoma, corresponde al caudal que pasa a través de la rejilla.

$$Q = K \times A_{\text{neta}} \times V$$

$$A_{\text{neta}} = \frac{a}{a+b} * \text{Ancho} * \text{Largo} \text{ (m}^2\text{)}$$

K : Factor de reducción = 0.9

a : Separación entre barras

b : Diámetro de barras

V : Velocidad de paso a través de los orificios

Para considerar la velocidad de paso a través de los orificios de la rejilla se utiliza la velocidad máxima establecida por el RAS 2010, Título B 4.5.4., en donde afirma que debe ser inferior a 0.15 m/s, para reducir a un mínimo el arrastre de materiales flotantes

$$A_{\text{neta}} = \frac{0.005}{0.005 + 0.0127} * 0.40 * 1.0 = 0.1129943503\text{m}^2$$

$$Q = 0.9 \times 0.1129943503 \times 0.15$$

$$Q = 0.01525 \text{ m}^3/\text{seg} = 15.25 \text{ Lt}/\text{seg}.$$

Según la evaluación hidráulica la rejilla, está en capacidad de captar un caudal de 15.25 lts/seg, pero debido al conocimiento de las dimensiones del canal de aducción, se calcula el caudal de entrada al canal de aducción mediante las siguientes formulas

$$\text{Nivel Aguas Arriba } (h_0) = 0.20$$

$$\text{Nivel Aguas Abajo } (h_e) = 0.25$$

$$h_e = \left[\frac{Q^2}{g * B^2} \right]^{1/3}$$

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

B = Ancho de rejilla

Q = Caudal

De la fórmula para el nivel aguas abajo, se despeja el caudal resultando la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{h_e^3 * g * B^2}$$

$$Q = \sqrt{0.04^3 * 9.81 * 0.4^2}$$

$$Q = 0.01002 \text{ m}^3/\text{s}$$

Al comparar el caudal de entrada en la rejilla y el caudal en el canal de aducción se obtiene una gran diferencia lo que da a entender que el canal de aducción se encuentra sobredimensionado, pero para evaluar si las dimensiones de la cámara de recolección son las apropiadas, se utiliza el caudal obtenido del canal de aducción para comprobar su tamaño calculando la velocidad del canal y posteriormente el alcance del chorro.

$$V_{canal} = \frac{Q}{B * h_e} = \frac{0.01002}{0.4 * 0.04} = 0.62 \text{ m/s}$$

$$V_{canal} = (g * h_e)^{1/2} = (9.81 * 0.04)^{1/2} = 0.62 \text{ m/s}$$

Alcance de chorro para determinar la distancia mínima de la cámara de recolección:

$$X_s = 0.36 * V^{2/3} + 0.60 * h_e^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * (0.62)^{2/3} + 0.60 * (0.04)^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 \text{ mts}$$

La cámara de recolección, según la evaluación hidráulica realizada, si está en capacidad de soportar el caudal que recibe de la rejilla, ya que supera las dimensiones mínimas necesarias; pero con relación al caudal que capta la rejilla en conclusión es mucho mayor que el caudal otorgado por concesión y cabe resaltar que no afecta la oferta hídrica teniendo en cuenta que el caudal de la fuente es mucho mayor que el caudal captado por la rejilla por lo que la bocatoma está en capacidad de suplir la demanda actual y futura pero presenta un alto riesgo en la estructura al no estar protegida contra grandes crecientes ya que no cuenta con un vertedero de excesos. El esquema de la bocatoma existente se representa en las figuras 26, 27 y 28.

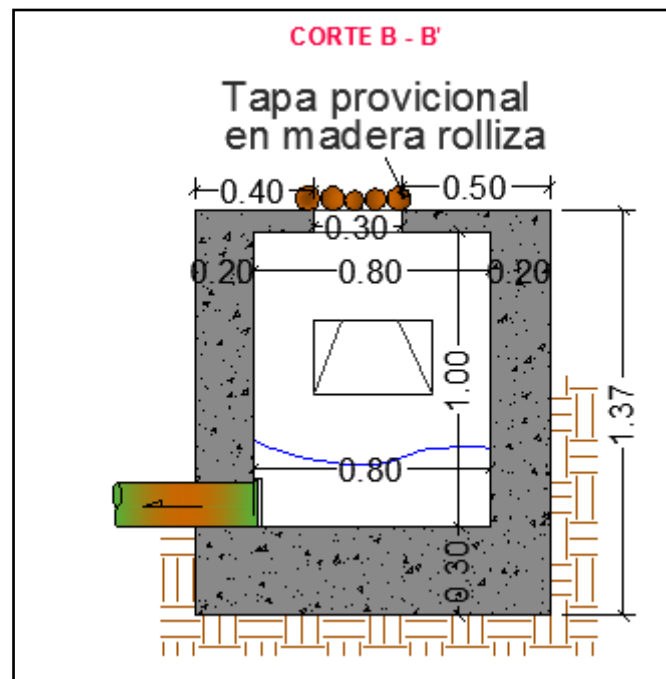


Figura 26. Sección transversal de la cámara de recolección. Fuente: Autores del proyecto.

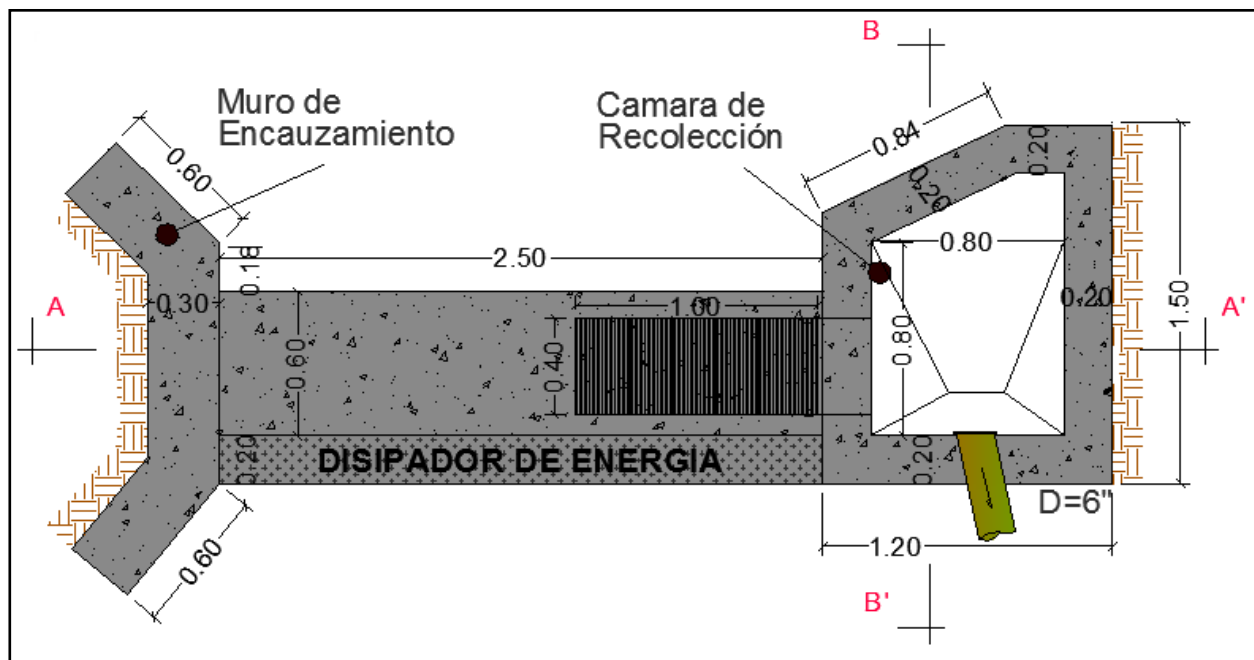


Figura 27. Plano en planta de la bocatoma existente. Fuente: Autores del proyecto.

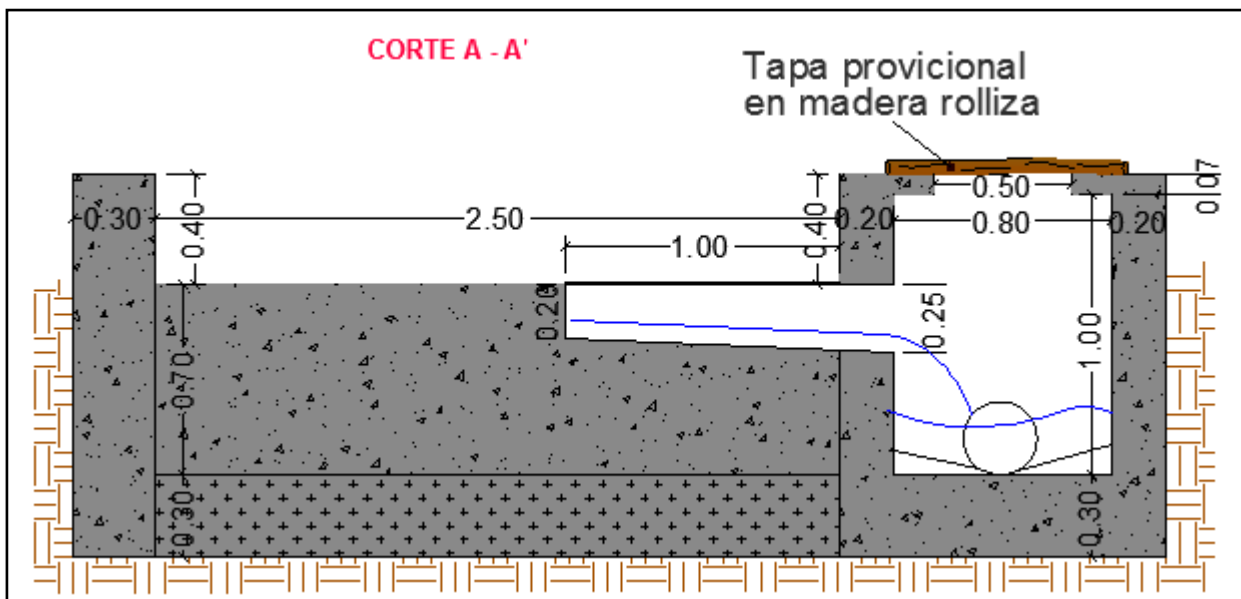


Figura 28. Sección transversal de la bocatoma existente. Fuente: Autores del proyecto.

En conclusión con la evaluación hidráulica realizada a la bocatoma se concluye que no es necesario rediseñar, debido a que se cumple lo siguiente:

$$Q_{Poblacion\ Futura} < Q_{diseño}$$

$$8.34 \text{ lt/seg} < 10.02 \text{ lt/seg}$$

Con relación a la concesión de aguas otorgada que actualmente corresponde a 4.5 litros, la bocatoma capta más agua de lo que legalmente está adjudicado al municipio por consiguiente se cumple lo siguiente:

$$Q_{Otorgado} < Q_{diseño}$$

$$4.5 \text{ lt/seg} < 10.02 \text{ lt/seg}$$

4.2.7.2 Aducción Bocatoma-Desarenador. La aducción bocatoma-desarenador tiene una longitud de 50 metros, que va desde la bocatoma hasta el desarenador, con un diámetro de 6 pulgadas en material P.V.C.; como se puede observar en la figura 29, la línea de aducción no se encuentra bajo el nivel del terreno ya que se ve expuesta a la intemperie sin ninguna clase de recubrimiento o protección.

Evaluación hidráulica del conducto

Cota clave salida de captación = 1861.000 mts

Cota clave llegada al desarenador = 1859.254 mts

Longitud = 50 mts

Diámetro = 160.04 mm



Figura 29. Línea de aducción Bocatoma-Desarenador. Fuente: Autores del proyecto.

Para determinar la evaluación hidráulica de la aducción, se aplica la fórmula de Manning, para conducto a flujo libre. El caudal a utilizar corresponde al caudal máximo diario proyectado para una demanda futura que es de 8.34 lts/seg

Condiciones de flujo a tubo lleno:

$$Q = 0.312 * \left(\frac{D^{8/3} * S^{1/2}}{n} \right)$$

D = Diámetro interno real de 6" = 160.04 mm.

S = Pendiente de la tubería.

$$S = \frac{1861 - 1859.254}{50.00} = 0.03492$$

n = Coeficiente de rugosidad de Manning = 0.009 (PVC)

$$Q = 0.312 * \left(\frac{(0.16004)^{8/3} * (0.03492)^{1/2}}{0.009} \right)$$

$$Q = 0.04891 \text{ m}^3/\text{s} = 48.91 \text{ Lt/s}$$

$$V_{LL} = \frac{Q_{LL}}{A_{LL}} = \frac{0.04891}{\frac{\pi}{4}(0.16004)^2} = 2.431367997 \text{ m/s} = 2.4 \text{ m/s}$$

A_{LL} = Área de la sección transversal de la tubería

$$\frac{Q}{Q_{LL}} = \frac{0.00834}{0.04891} = 0.17$$

El valor de la relación obtenida $\frac{Q}{Q_{LL}}$ permite garantizar que la tubería se llenará hasta un 50% de su diámetro. Para conductos circulares, se obtienen las relaciones de la figura 30, en donde se determina la velocidad real, el diámetro interno real, y el radio hidráulico.

$$V/V_{LL} = 0.624; \quad V_{\text{real}} = V_{LL} \times 0.624 = 2.431367997 \text{ m/s} \times 0.624$$

$$V_{\text{real}} = 1.517 \text{ m/s}$$

La velocidad real de la aducción, utilizando el caudal proyectado para una demanda futura, si cumple con la velocidad mínima establecida de 0.50 m/s según lo establecido por el RAS 2010, numeral B.6.4.4.10.

$$d/D = 0.315; \quad d = D \times 0.315 = 0.16004 \times 0.315$$

$$d = 0.0504126 \text{ m}$$

$$H/D = 0.229; \quad H = D \times 0.229 = 0.16004 \times 0.229$$

$$H = 0.03664916 \text{ m}$$

$$R/R_0 = 0.716; \quad R = R_0 \times 0.716 = \frac{0.16004}{4} \times 0.716$$

$$R = 0.02864716 \text{ m}$$

$$\tau = \gamma * R * S = 9.81 \times 0.02864716 \times 0.03492$$

$$\tau = 9.81 \text{ N/m}^2$$

$$\tau > 1.2 \text{ N/m}^2 \quad (\text{Criterio RAS 2010})$$

El esfuerzo cortante o fuerza tracción (τ), al ser mayor que 1.2 N/m^2 , garantiza que la tubería tenga un mayor arrastre de partículas, según el RAS 2010, numeral B.6.4.3.8.

La evaluación de la aducción bocatoma-desarenador da como resultado que se encuentra en buenas condiciones para suplir una demanda futura, puesto que cumple con todos los parámetros establecidos para un buen funcionamiento hidráulico, por lo que de la aducción solo se concluye que carece de un recubrimiento de protección. El trazado de la tubería es óptimo para cumplir a cabalidad el transporte del agua al desarenador. En las figuras 31 y 32, se puede observar el plano en planta y perfil de la aducción actual.

De la aducción se puede concluir que no requiere de un rediseño para ser optimizada dado que cumple con:

$$Q_{\text{Tubo lleno}} > Q_{\text{Población futura}}$$

$$48.91 \text{ lt/seg} > 4.17 \text{ lt/seg}$$

Relaciones hidráulicas para conductos circulares (n_s/n variable)											
Q/Q_s	Rel.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	V/V_s	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	d/D	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	R/R_s	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
	H/D	0,000	0,041	0,067	0,086	0,102	0,116	0,128	0,140	0,151	0,161
0,1	V/V_s	0,540	0,553	0,570	0,580	0,590	0,600	0,613	0,624	0,634	0,645
	d/D	0,248	0,258	0,270	0,280	0,289	0,298	0,308	0,315	0,323	0,334
	R/R_s	0,586	0,606	0,630	0,650	0,668	0,686	0,704	0,716	0,729	0,748
	H/D	0,170	0,179	0,188	0,197	0,205	0,213	0,221	0,229	0,236	0,244
0,2	V/V_s	0,656	0,664	0,672	0,680	0,687	0,695	0,700	0,706	0,713	0,720
	d/D	0,346	0,353	0,362	0,370	0,379	0,386	0,393	0,400	0,409	0,417
	R/R_s	0,766	0,780	0,795	0,809	0,824	0,836	0,848	0,860	0,874	0,886
	H/D	0,251	0,258	0,266	0,273	0,280	0,287	0,294	0,300	0,307	0,314
0,3	V/V_s	0,729	0,732	0,740	0,750	0,755	0,760	0,768	0,776	0,781	0,787
	d/D	0,424	0,431	0,439	0,447	0,452	0,460	0,468	0,476	0,482	0,488
	R/R_s	0,896	0,907	0,919	0,931	0,938	0,950	0,962	0,974	0,983	0,992
	H/D	0,321	0,328	0,334	0,341	0,348	0,354	0,361	0,368	0,374	0,381
0,4	V/V_s	0,796	0,802	0,806	0,810	0,816	0,822	0,830	0,834	0,840	0,845
	d/D	0,498	0,504	0,510	0,516	0,523	0,530	0,536	0,542	0,550	0,557
	R/R_s	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,043	1,050	1,056	1,065	1,073
	H/D	0,388	0,395	0,402	0,408	0,415	0,422	0,429	0,436	0,443	0,450
0,5	V/V_s	0,850	0,855	0,860	0,865	0,870	0,875	0,880	0,885	0,890	0,895
	d/D	0,563	0,570	0,576	0,582	0,588	0,594	0,601	0,608	0,615	0,620
	R/R_s	1,079	1,087	1,094	1,100	1,107	1,113	1,121	1,125	1,129	1,132
	H/D	0,458	0,465	0,472	0,479	0,487	0,494	0,502	0,510	0,518	0,526
0,6	V/V_s	0,900	0,903	0,908	0,913	0,918	0,922	0,927	0,931	0,936	0,941
	d/D	0,626	0,632	0,639	0,645	0,651	0,658	0,666	0,672	0,678	0,686
	R/R_s	0,136	1,139	1,143	1,147	1,151	1,155	1,160	1,163	1,167	1,172
	H/D	0,534	0,542	0,550	0,558	0,568	0,576	0,585	0,595	0,604	0,614
0,7	V/V_s	0,945	0,951	0,955	0,958	0,961	0,965	0,969	0,972	0,975	0,980
	d/D	0,692	0,699	0,705	0,710	0,719	0,724	0,732	0,738	0,743	0,750
	R/R_s	1,175	1,179	1,182	1,184	1,188	1,190	1,193	1,195	1,197	1,200
	H/D	0,623	0,633	0,644	0,654	0,665	0,677	0,688	0,700	0,713	0,725
0,8	V/V_s	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997	1,001	1,005	1,007	1,011	1,015
	d/D	0,756	0,763	0,770	0,778	0,785	0,791	0,798	0,804	0,813	0,820
	R/R_s	1,202	1,205	1,208	1,211	1,214	1,216	1,219	1,219	1,215	1,214
	H/D	0,739	0,753	0,767	0,783	0,798	0,815	0,833	0,852	0,871	0,892
0,9	V/V_s	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,038	1,039	1,040
	d/D	0,826	0,835	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,884	0,892	0,900
	R/R_s	1,212	1,210	1,207	1,204	1,202	1,200	1,197	1,195	1,192	1,190
	H/D	0,915	0,940	0,966	0,995	1,027	1,063	1,103	1,149	1,202	1,265
1,0	V/V_s	1,041	1,042	1,042							
	d/D	0,914	0,920	0,931							
	R/R_s	1,172	1,164	1,150							
	H/D	1,344	1,445	1,584							

siendo: Q = caudal de diseño Q_s = caudal a tubo lleno
 V = velocidad de diseño V_s = velocidad a tubo lleno
 d = lámina de agua D = diámetro de la tubería
 R = radio hidráulico al caudal de diseño
 R_s = radio hidráulico a tubo lleno
 H = profundidad hidráulica
 n = número de Manning a caudal de diseño
 n_s = número de Manning a tubo lleno

Figura 30. Relaciones hidráulicas para conductos circulares. Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla.

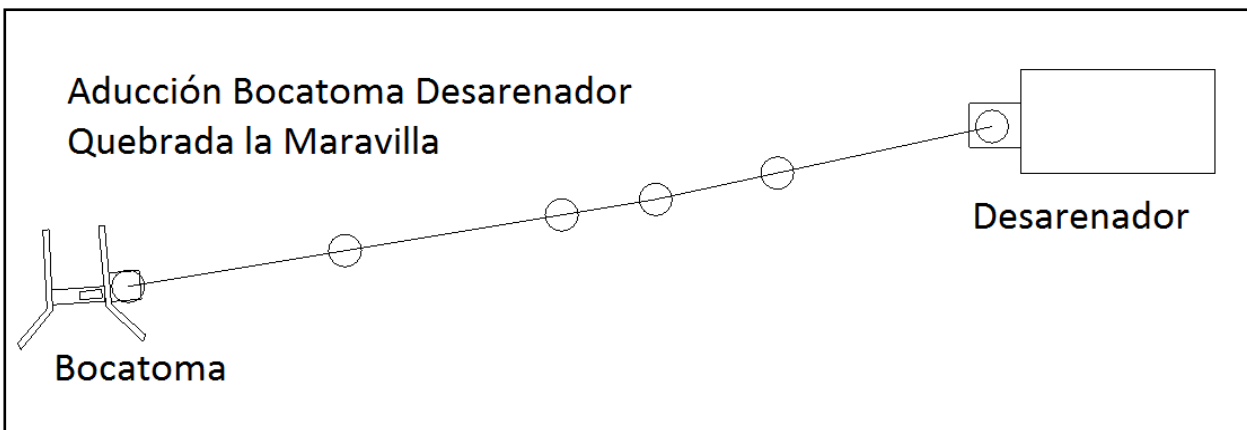


Figura 31. Plano en planta de la Línea de aducción Bocatoma-Desarenador. Fuente: Autores del proyecto.

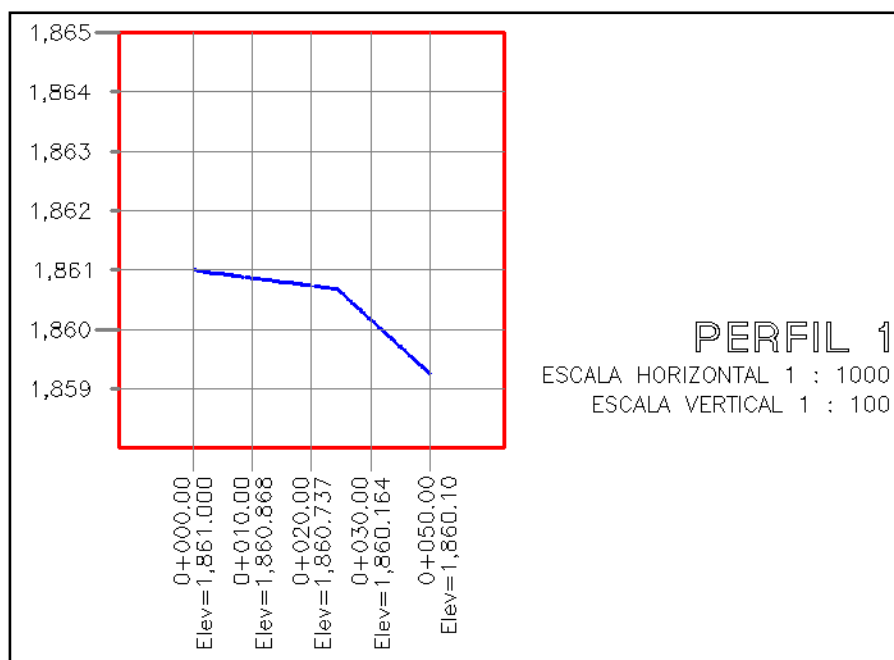


Figura 32. Perfil de aducción Bocatoma-Desarenador. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.7.3 Desarenador. El desarenador está construido en concreto reforzado sobre la margen izquierda aguas abajo de la quebrada La Maravilla ubicada a 50 metros contados desde el punto de captación, es de tipo convencional, estructuralmente se encuentra en buen estado. El

desarenador consta de cámara de entrada, cámara de salida, dos pantallas deflectoras, zona de sedimentación y válvula de lavado.

En las figuras 33 y 34 se pueden observar los componentes del desarenador, y se constató que el desarenador no cuenta con un vertedero de excesos y no funciona con vertederos para pasar de la cámara de quietamiento a la zona de sedimentación y posteriormente de la zona de sedimentación a la cámara de salida.

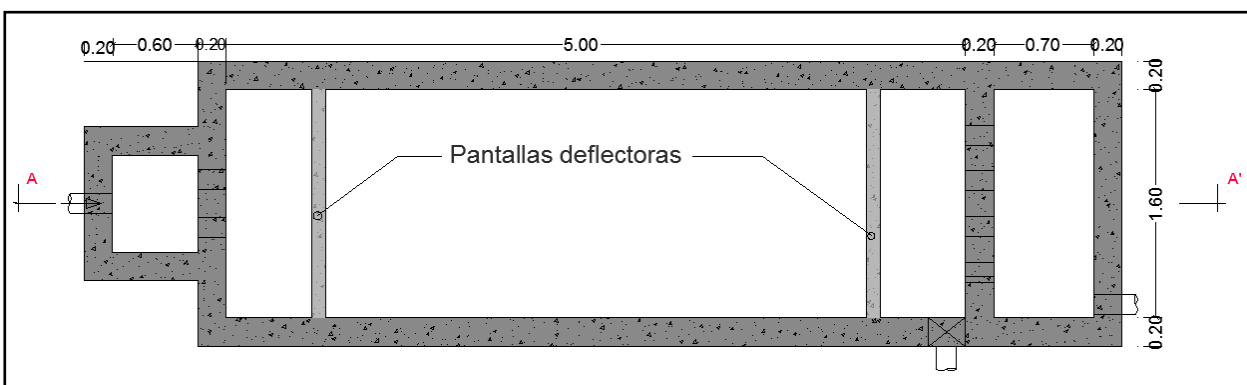


Figura 33. Vista en planta del desarenador existente. Fuente: Autores del proyecto.

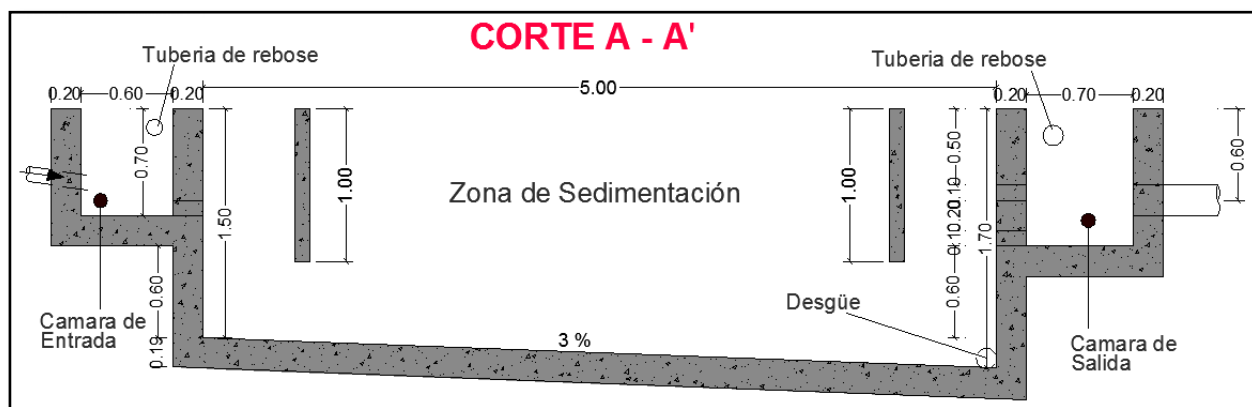


Figura 34. Sección transversal del desarenador existente. Fuente: Autores del proyecto.

Actualmente el desarenador se encuentra en buenas condiciones y su sistema de funcionamiento obedece a la utilización de orificios sumergidos para la cámara de entrada o quietamiento y la cámara de salida. No cuenta con una cubierta protectora y su único método para evacuar el agua de rebose es por medio de un orificio ubicado en la parte superior de la cámara de entrada y en la cámara de salida, como se aprecia en la figura 35.



Figura 35. Infraestructura de desarenador existente. Fuente: Autores del proyecto.

Dimensiones actuales

Dimensiones cámara de quietamiento	= 60 * 60 * 70 cm
Dimensionamiento cámara de salida	= 200 * 70 * 70 cm
Dimensionamiento zona de sedimentación	= 160 * 500 * 150 cm
Espesor de concreto en estructura del desarenador	= 20 cm
Espesor de concreto en pantallas deflectoras	= 10 cm

Evaluación hidráulica del desarenador. A continuación se analizan los parámetros para comprobar la capacidad del desarenador aplicando los criterios de diseño según la norma RAS 2010 y según parámetros recomendados por autores editoriales.

Velocidad de sedimentación

Según fórmula de Stokes:

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

V_s = Velocidad de sedimentación de las partículas en cm/seg

g = Aceleración de la gravedad = 981 cm/seg²

P_s = Peso específico de la partícula a remover, arena = 2.65 gr/cm³

P = Peso específico del agua = 1 gr/cm³

μ = Viscosidad del agua a la temperatura en que se encuentra

Según la CLIMATE-DATA.ORG, para el mes de octubre del 2017, la temperatura promedio de San Calixto es de 18.6 °C. Según F. Corcho (2005), nos dice que la viscosidad del agua a cualquier temperatura se puede calcular con base en la viscosidad del agua a la temperatura de 10 °C mediante la expresión:

$$\mu_{T^{\circ}C} = \mu_{10^{\circ}C} \frac{33.3}{T^{\circ}C + 23.3}$$

$$\mu_{10^{\circ}C} = 0.0131 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

La viscosidad del agua para San Calixto es de:

$$\mu_{18.6^{\circ}C} = 0.0131 * \frac{33.3}{18.6^{\circ}C + 23.3}$$

$$\mu_{18.6^{\circ}C} = 0.01041 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

d = Diámetro de la partícula a remover

Según el RAS 2010, Literal B.4.6.3, para el diseño de un desarenador, se debe asegurar que todas las partículas sedimentables con diámetros superiores o iguales que 0.15 mm sean removidas por el desarenador. Para el caso de las condiciones del material sedimentable de San Calixto, se utilizó como referencia la siguiente tabla:

Tabla 21

Clasificación de materiales en suspensión según el tamaño

Material	Diámetro de partícula
Gravilla gruesa :	2 mm o más
Gravilla fina :	2 mm - 1 mm
Arena gruesa :	1 mm - 0.5 mm
Arena media :	0.5 mm - 0.25 mm
Arena fina :	0.25 mm - 0.1 mm
Arena muy fina :	0.1 mm - 0.05 mm
Limo :	0.05 mm - 0.01 mm
Limo fino :	0.01 mm - 0.005 mm
Arcilla :	0.01 mm - 0.001 mm
Arcilla fina :	0.001 mm - 0.0001 mm
Arcilla Coloidal :	menor de 0.0001 mm

Nota. La tabla muestra los diámetros típicos de partículas para los distintos materiales. Fuente: Acueductos: teoría y diseño. Freddy Corcho. 2005.

Teniendo en cuenta la inspección visual de la quebrada la maravilla se pudo constatar que no presentaba gravas gruesas por lo cual para la evaluación del desarenador existente se utiliza el diámetro de 0.05 mm correspondiente a arenas muy finas.

$$V_s = \frac{(2.65-1.0) * (0.005)^2 * 981}{18 (0.01041)}$$

$$V_s = 0.2159 \text{ cm/seg} = 2.159 \text{ mm/seg}$$

La ecuación de Stokes, utilizada para determinar la velocidad de sedimentación, según lineamientos del RAS 2010, Literal B.4.6.3, es válida siempre y cuando el número de Reynolds de la partícula sea inferior o igual a 1. Por lo tanto el número de Reynolds está dado por:

$$Re = \frac{v_s * d}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.2159 * 0.005}{0.01041}$$

$$Re = 0.103698367 < 1.0 \text{ flujo laminar}$$

Período de retención hidráulico

$$T = H / V_s$$

T = Tiempo que demora la partícula en tocar fondo (seg.)

H = Profundidad útil del desarenador = 1.5 m

V_s = Velocidad de sedimentación = 2.159 mm/seg

$$T = 1500 \text{ mm} / 2.159 \text{ mm/seg} = 694.766 \text{ seg.}$$

Debido al desconocimiento de los parámetros de diseño del desarenador actual con relación entre el período de retención (θ) y el tiempo que demora la partícula en tocar fondo (T), se evalúa asumiendo las peores condiciones, esperando una remoción del 75 % de las partículas con deflectores deficientes. El periodo de retención corresponde a:

$$\Theta / T = 3.00$$

$$\Theta = 3.00 \times T$$

$$\Theta = 3.00 \times 694.766 \text{ seg}$$

$$\Theta = 2084.298 \text{ seg} = 34.74 \text{ min} = 0.58 \text{ hr.}$$

$\Theta \geq 20 \text{ min}$, el periodo de retención cumple según lo establecido en el RAS 2010, Literal

B.4.6.4

Capacidad hidráulica del desarenador

$$Q = C / \Theta$$

$$Q = \text{Caudal de diseño (m}^3\text{/seg)}$$

$$C = \text{Capacidad del desarenador} = 5 \times 1.6 \times 1.5 = 12 \text{ m}^3$$

$$\Theta = \text{Período de retención} = 2084.298 \text{ seg} = 34.74 \text{ min}$$

$$Q = 12 / 2084.298 = 0.005757 \text{ m}^3\text{/seg} = 5.757 \text{ lts/seg}$$

La capacidad hidráulica del desarenador corresponde a 5.757 litros por segundo.

Carga hidráulica superficial

$$q = Q / A_s$$

$$q = \text{Carga hidráulica superficial comprendida entre } 15 - 80 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{/día)}$$

$$Q = \text{Capacidad hidráulica del desarenador (m}^3\text{/seg)}$$

$$A_s = \text{Área superficial del tanque (m}^2\text{)}$$

$$q = (5.757 \text{ lts/seg} / 1000) \times 86400 / (5 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}) = 62.1756 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{/día)}$$

$15 < q < 80 \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{/día)}$ Criterio recomendado (López Cualla, P.156, 1995),

Según los parámetros evaluados hidráulicamente la capacidad del desarenador es 5.757 Lts/seg; con relación a la demanda futura proyectada correspondiente a 4.17 lts/ seg, se estima que el desarenador está en condiciones de operar con el caudal necesario para una demanda futura

Asumiendo una carga hidráulica superficial máxima establecida a criterio por López Cualla, se calcula la máxima capacidad hidráulica sin dejar de cumplir el criterio de carga hidráulica superficial, con el fin de conocer con cuánto caudal puede llegar a funcionar el desarenador.

$$q = Q / A_s$$

$q < 80$ Máxima carga hidráulica superficial. Criterio recomendado (López Cualla,)

$$80 = Q / 5 \times 1.6$$

$$Q = 80 \times (5 \times 1.6) / 86400$$

$$Q = 0.00741 \text{ m}^3/\text{seg} = 7.41 \text{ Lts}/\text{seg} \gg \text{Máximo Caudal desarenado.}$$

Velocidad horizontal

$$V_h = V_o \times L / H$$

V_h = Velocidad horizontal en cm /seg

V_o = Carga hidráulica superficial = $62.1756 / 86400 = 0.00072$ m/seg

L = Largo útil del desarenador = 5 m

H = Profundidad efectiva del desarenador = 1.5 m

$$V_h = \frac{(0.00072 \text{ m}/\text{seg} * 100) * 5 \text{ m}}{1.5 \text{ m}} = 0.24 \text{ cm}/\text{seg}$$

Velocidad horizontal máxima

$$V_{h\text{máx}} = 20 \times V_s$$

$V_{h\text{máx}}$ = Velocidad horizontal máxima en cm/seg

V_s = Velocidad de sedimentación de las partículas en cm/seg

$$V_{h\text{máx}} = 20 \times 0.2159 \text{ cm/seg} = 4.318 \text{ cm/seg}$$

$V_h < V_{h\text{máx}}$ Ok. Criterio recomendado (López Cualla, 2003).

Velocidad de resuspensión máxima

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * k * g * (P_s - P) * d}{f}}$$

V_r = Velocidad de resuspensión máxima en cm/seg

k = Parámetro de sedimentación de arenas = 0.04

f = Parámetro de sedimentación por acción de la gravedad = 0.03

g = Aceleración de la gravedad = 981 cm/seg^2

P_s = Peso específico de la partícula a remover, arena = 2.65 gr/cm^3

P = Peso específico del agua = 1 gr/cm^3

d = Diámetro de la partícula a remover = 0.005 cm

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * 0.04 * 981 * (2.65 - 1.00) * 0.005}{0.03}} = 9.2913 \text{ cm /seg}$$

$V_h < V_r$ Ok. Criterio recomendado (López Cualla, 2003).

La velocidad horizontal efectivamente es menor que la velocidad de arrastre de las partículas, lo que garantiza la resuspensión del sedimento.

En conclusión según los resultados de la evaluación hidráulica se corroboró que el desarenador actualmente tiene la capacidad para funcionar con la demanda futura dado que se cumple:

$$Q_{Desarenado} > Q_{Población\ futura}$$

$$5.757 \text{ lt/seg} > 4.17 \text{ lt/seg}$$

4.2.7.4 Conducción desarenador – planta de tratamiento. La línea de conducción desarenador-planta de tratamiento cuenta con una longitud de 920.70 mts en tubería PVC, con diámetro de 4 pulgadas. Iniciando el recorrido desde el desarenador hasta la planta de tratamiento.

La línea de aducción Desarenador-Planta de tratamiento, cuenta con dos válvulas purga, dos válvulas ventosas de tipo acción simple, como se puede observar en la figura 36, cada válvula tiene su respectiva caja de protección en ladrillo y concreto, pero cabe resaltar que no cuenta con las respectivas tapas de seguridad. Para las válvulas purga, el diámetro de la tubería de desagüe es de 4 pulgadas y debido a las condiciones actuales de la línea de conducción desarenador - PTAP, las válvulas purga, son abiertas por el fontanero periódicamente todos los días.



Figura 36. Válvula purga y válvula ventosa de la aducción Desarenador-Planta. Fuente: Autores del proyecto.

En la siguiente tabla, se encuentra especificado, los elementos que componen la línea de aducción desarenador-PTAP, como lo son pasos elevados, válvulas purga y válvulas ventosa.

Tabla 22

Especificación de elementos en línea de aducción Desarenador-PTAP

N°	Ubicación	Estado
Paso elevado		
1	0+243.31 L= 25	En buen estado
2	0+440,00 L=30	En buen estado
3	0+660,00 L=24	En buen estado
Válvula purga		
1	0+287.02	En buen estado
2	0+690	En buen estado
Válvula ventosa		
1	0+341,08	En buen estado
2	0+450	En buen estado

Nota. La tabla muestra la ubicación de los elementos de la aducción Desarenador-PTAP según el aviso, iniciando desde el desarenador, con su respectivo estado actual. Fuente: Autores del proyecto.

Para realizar la evaluación hidráulica de la línea de conducción existente Desarenador-PTAP, fue necesario conocer las condiciones topográficas de la línea de tubería trazada para transportar el caudal hasta la planta de tratamiento, por lo cual por medio de la autoridad municipal, se pudo utilizar la información topográfica de los planos en físico de la aducción existente realizado en el año 1994, en donde para extraer la información, fue necesario de su respectiva. Ver figura 37.

La información aquí presente es lo que más se aproxima a la exactitud del trazado de la tubería ya que los planos digitalizados corresponden a planos de diseño, pues para obtener una mejor precisión se deben utilizar los planos record. Asumiendo que el acueducto no vario sus condiciones iniciales de construcción, se utilizó la información para comprobar si está funcionando en óptimas condiciones, la información se redujo a la tabla 23, que da como resultado la cartera de campo.

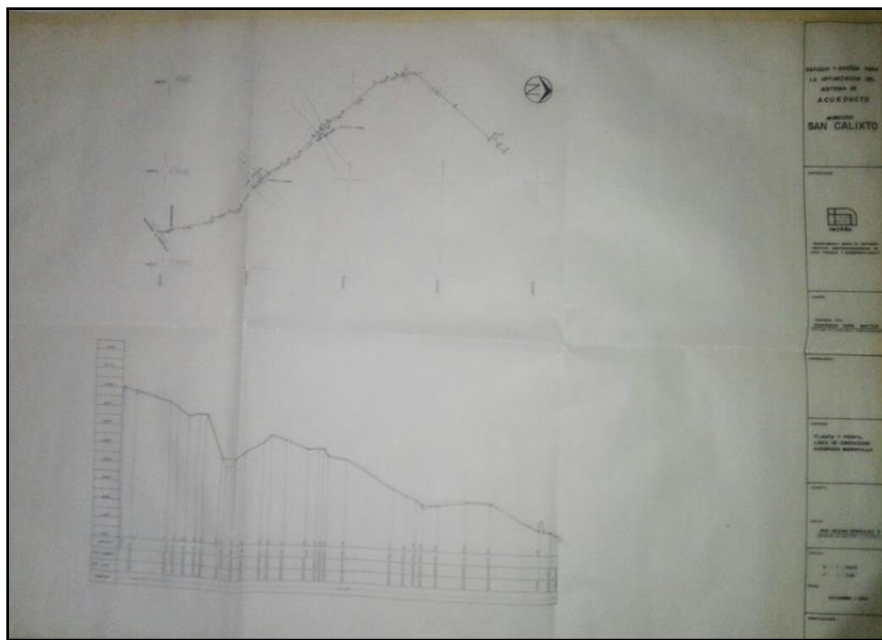


Figura 37. Plano existente de la aducción desarenador-PTAP. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 23*Cartera de campo Aducción Desarenador-PTAP*

PUNTO	NORTE	ESTE	RASANTE m	CLAVE m	DESCRIPCION
2	19814	5878	1860.68	1860.1	Desarenador
3	19887	5894	1853.88	1853.48	_---
4	19902	5907	1850.52	1850.1	_---
5	19941	5920	1846.28	1845.8	_---
6	19965	5922	1847.81	1847.4	_---
7	19974	5933	1847.24	1846.8	_---
8	20001	5969	1825.15	1824.75	_---
9	20016	5990	1824.75	1824.45	paso elevado y válvula
10	20030	6007	1828.75	1828.35	_---
11	20057	6024	1833.43	1833	_---
12	20072	6034	1837.5	1837.1	_---
13	20095	6054	1835.22	1834.8	_---
14	20121	6088	1830.53	1830.1	_---
15	20137	6106	1829.91	1831.16	Paso elevado y válvula
16	20146	6109	1830.42	1829.91	_---
17	20150	6122	1826.95	1826.5	_---
18	20182	6143	1825.7	1825.3	_---
19	20247	6211	1812.01	1811.6	_---
20	20274	6222	1807.7	1807.3	_---
21	20295	6227.8	1805.95	1805.5	_---
22	20307	6231.8	1801.33	1803.22	punto elevado
23	20338	6231	1803.42	1803.12	_---
24	20382	6193	1805.4	1805.2	_---
25	20420	6160	1805.33	1805.1	_---
26	20499	6093	1792	1791.8	_---
27	20508	6104	1791.9	1791.8	tanquilla
28	20516	6077	1792.14	1791.84	
29	20530	6066	1789.8	1789.4	PTAP

Nota. La tabla muestra las coordenadas de cada uno de los puntos que conforman la línea de aducción con su respectiva elevación y descripción. Fuente: Autores del proyecto.

En las siguientes figuras se puede observar el plano en planta y perfil de la línea de conducción desarenador-PTAP, utilizando el software Civilcad, aplicación de AutoCAD.

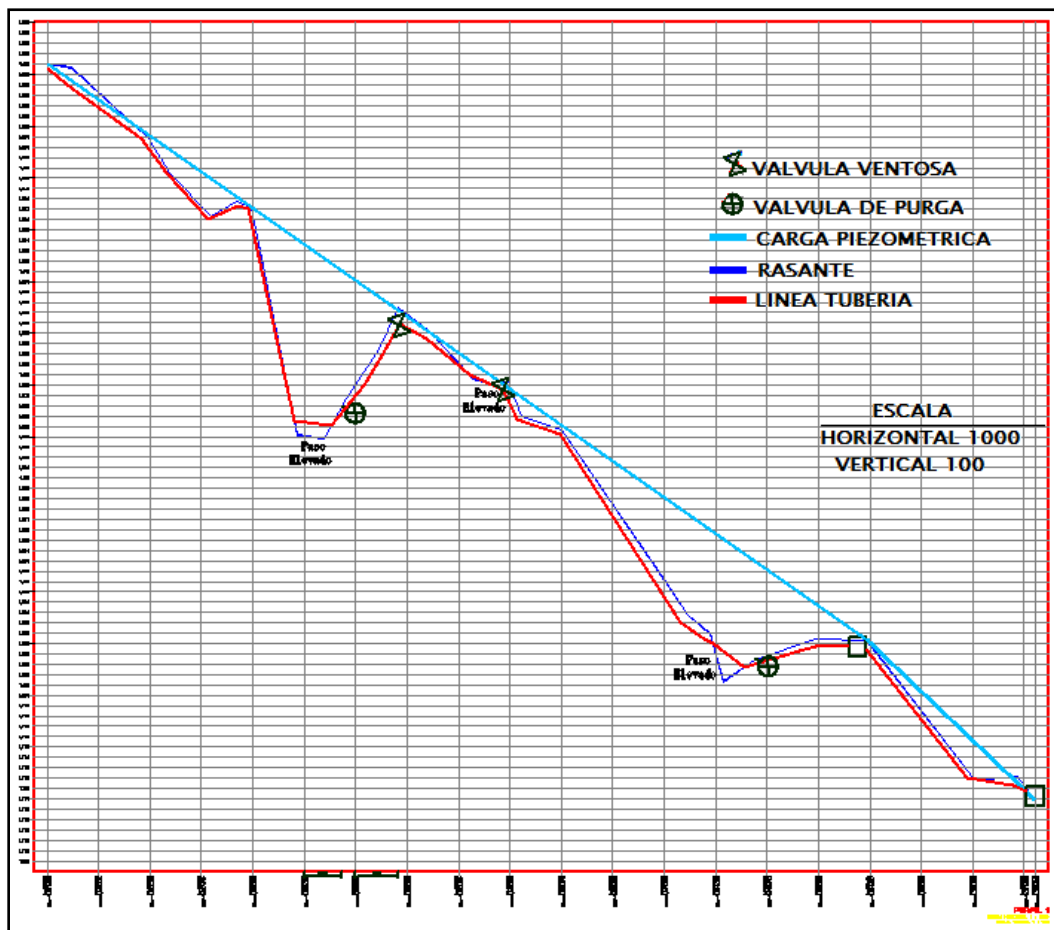


Figura 38. Perfil de línea de aducción desarenador-PTAP. Fuente: Autores del proyecto.

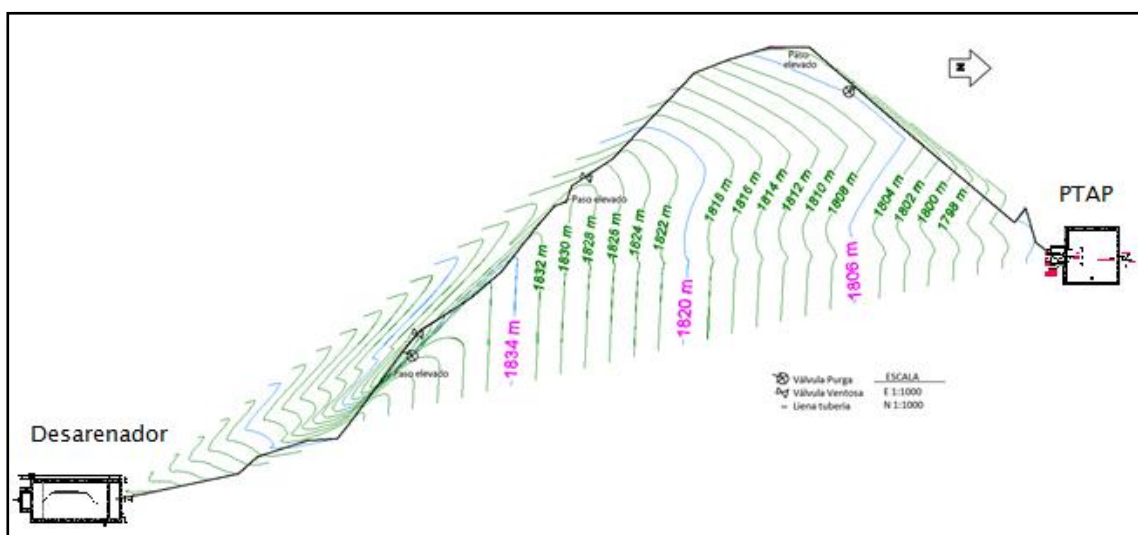


Figura 39. Plano en planta, línea de aducción Desarenador-PTAP. Fuente: Autores del proyecto.

Como se aprecia en la figura 38 y la figura 39, se puede observar el perfil de la línea de conducción Desarenado-PTAP, en donde los puntos que corresponden a la ubicación de las ventosas son los puntos críticos de la línea de conducción, como la ubicación de las válvulas purga corresponden a los puntos bajos del trazado de la tubería.

Evaluación Hidráulica Línea de conducción Desarenador-PTAP.

Condiciones hidráulicas.

Cota salida desarenador = 1859.114 m

Cota entrada a la PTAP = 1791.8 m

Diámetro tubería 4" = 0.1143 m

Para realizar la evaluación hidráulica del sistema de aducción desarenador – PTAP, se utilizó el software Epanet 2.0, utilizando como demanda, el caudal máximo diario proyectado para la población futura, con el fin de comprobar si el trazado de la línea actual está en capacidad de abastecer a la población actual y proyectada según el periodo de diseño.

La ecuación empleada por el software para la evaluación hidráulica corresponde a la ecuación de Hazen Williams, para conductos a presión. La modelación hidráulica realizada en el software Epanet 2.0, se puede observar en el **Apéndice D**. Los datos de entrada necesarios para la evaluación son:

Demanda = 4.17 lts/seg (QMD, proyectado según el periodo de diseño)

Coefficiente de rugosidad PVC = 140 (recomendado por el fabricante del software Epanet)

Cartera topográfica previamente establecida en la tabla 23

Los resultados de la modelación se aprecian en la tabla 24 y la tabla 25, de igual forma el informe generado por el software se anexa en el **Apéndice D**, en un archivo de formato txt.

Tabla 24

Conexiones de la aducción Desarenador-PTAP

Conexión	Cota m	Altura m	Presión m
Desarenador	1859.154	1859.15	0
Conexión n2	1853.48	1859.05	5.57
Conexión n3	1850.1	1859.02	8.92
Conexión n4	1845.8	1858.95	13.15
Conexión n5	1847.4	1858.91	11.51
Conexión n6	1846.8	1858.88	12.08
Conexión n7	1824.75	1858.81	34.06
Conexión n8	1824.45	1858.76	34.31
Conexión n9	1828.35	1858.72	30.37
Conexión n10	1833	1858.67	25.67
Conexión n11	1837.1	1858.64	21.54
Conexión n12	1834.8	1858.59	23.79
Conexión n13	1830.1	1858.51	28.41
Conexión n14	1831.16	1858.47	27.31
Conexión n15	1829.91	1858.45	28.54
Conexión n16	1826.5	1858.43	31.93
Conexión n17	1825.3	1858.37	33.07
Conexión n18	1811.6	1858.2	46.6
Conexión n19	1807.3	1858.15	50.85
Conexión n20	1805.5	1858.12	52.62
Conexión n21	1803.22	1858.1	54.88
Conexión n22	1803.12	1858.04	54.92
Conexión n23	1805.2	1857.94	52.74
Conexión n24	1805.1	1857.86	52.76
Tanquilla	1805.1	1805.1	0
Conexión n25	1791.8	1804.92	13.12
PTAP	1791.8	1804.9	13.1

Nota. La tabla muestra la cota, altura y presión de cada punto o conexión. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 25*Tramos de tubería línea de aducción Desarenador-PTAP*

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Factor de Fricción	Celeridad de onda	Golpe de ariete	Presion transciente (m.c.a)
Tubería p2	59.06	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	16.58
Tubería p3	19.85	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	19.93
Tubería p4	41.11	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	24.16
Tubería p5	24.08	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	22.52
Tubería p6	14.21	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	23.09
Tubería p7	45	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	45.07
Tubería p8	25.81	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	45.32
Tubería p9	22.02	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	41.38
Tubería p10	31.91	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	36.68
Tubería p11	18.03	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	32.55
Tubería p12	30.48	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	34.80
Tubería p13	42.8	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	39.42
Tubería p14	24.08	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	38.32
Tubería p15	9.487	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	39.55
Tubería p16	13.6	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	42.94
Tubería p17	38.28	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	44.08
Tubería p18	94.07	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	57.61
Tubería p19	29.15	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	61.86
Tubería p20	21.79	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	63.63
Tubería p21	12.65	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	65.89
Tubería p22	31.01	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	65.93
Tubería p23	58.14	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	63.75
Tubería p24	50.33	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	63.77
Tubería p25	103.6	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	24.13
Tubería p26	14.21	114.3	140	4.17	0.41	0.023	263.413	11.009	24.11

Nota. La tabla muestra los resultados de la modelación de los tramos de tubería, incluyendo la celeridad de onda y el golpe de ariete que fueron previamente calculados. Fuente: Autores del proyecto.

Con relación a los resultados de la modelación hidráulica, en la tabla 25 se puede observar que la velocidad del flujo se mantiene constante debido a que no varía el diámetro de la tubería como también se tiene una sola demanda en la conexión final pero siguiendo los lineamientos de

la norma técnica RAS 2000, nos dice que el valor mínimo establecido para la velocidad en tuberías de conducciones debe ser de 0.6 m/s, lo cual según la evaluación hidráulica la velocidad no supera el valor mínimo establecido.

Con respecto a las presiones obtenidas de la modelación hidráulica según la norma RAS 2010, la conexión n2 y la conexión n3 no cumplen con el parámetro de la presión mínima para conducciones que corresponde a 10 m.c.a. La presión máxima presente en la tubería y la cual no debe exceder la presión máxima del fabricante de la tubería, según la norma RAS 2010 debe ser el mayor valor obtenido entre la presión máxima estática y la presión transiente, de igual forma para conducciones y redes de distribución, la presión máxima permisible por la norma no debe ser mayor de 60 m.c.a. En nuestro caso para la evaluación hidráulica se utilizó el caudal máximo diario proyectado para el periodo de diseño, en el cual todas las presiones no sobrepasaron la presión máxima de 60 m.c.a, es decir la conducción se encuentra en condiciones de transportar una demanda futura por lo que no requiere de un rediseño.

La presión transiente como se observa en la tabla 25, es la sobrepresión que se genera por el golpe de ariete, que a su vez se calcula conociendo la celeridad de onda que es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería.

El valor de la celeridad de onda se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción. La celeridad de onda se calcula utilizando la expresión propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua. La expresión es la siguiente:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

En donde:

a = Celeridad de onda

D = Diámetro interior de la tubería

e = Espesor de la tubería

K = Coeficiente en función del módulo de elasticidad (ϵ)

$$K = \frac{10^{10}}{\epsilon}$$

En donde el módulo de elasticidad del PVC, corresponde a: $3 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$

$$K = 33.3$$

Luego de obtenida la celeridad de onda, para hallar el golpe de ariete, se determina mediante el producto de la velocidad en cada tramo con el valor de la celeridad de onda, dividido por la aceleración de la gravedad, es decir:

$$\text{Golpe de ariete} = \frac{a * v}{g}$$

Por ultimo para determinar la presión transiente se calcula sumando el valor del golpe de ariete para cada tramo de tubería con la presión inicial obtenida de la modelación hidráulica, en donde la presión máxima hallada corresponde a 65.93 m.c.a.

Para comprobar si la ubicación actual de las ventosas son las indicadas para remover hidráulicamente el aire que se pueda generar en la tubería, es necesario verificar que la velocidad crítica en esos tramos de tubería es mayor que la velocidad de la tubería adquirida de la

modelación como se observa en la tabla 25, para lo cual se debe utilizar la siguiente expresión de velocidad crítica propuesta por Mendiluce:

$$Vc = Y * \sqrt{g * D}$$

$$Y = (3 * \sqrt{\text{sen}\theta} - 2.1 * \text{sen}\theta)$$

Vc = Velocidad crítica

θ = Angulo del tramo descendente aguas abajo

g = Aceleración de la gravedad

D = Diámetro de la tubería

Según los datos obtenidos de la tabla 26, se pudo constatar que justamente en las abscisas donde se encuentran ubicadas las ventosas, la velocidad crítica es mucho mayor que la velocidad del flujo, lo que significa que en estos puntos no se está realizando la remoción hidráulica de aire, para lo cual la implementación de las ventosas cumple la función de liberar ese aire atrapado en la tubería evitando que el aire acumulado en estos puntos provoque una reducción del área del flujo del agua.

Tabla 26

Comprobación de válvula ventosa

Nº	Válvula ventosa	Longitud	θ	Vc
1	0+341,08	30.48	4.327614052	5.119492093
2	0+450	38.28	4.738414796	5.399132198

Nota. La tabla muestra el cálculo de la velocidad crítica para los tramos de tubería en donde se encuentran ubicadas las ventosas existentes, que actualmente operan en el sistema. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.7.5 Planta de tratamiento (PTAP). La planta de tratamiento es de tipo convencional y fue construida en el año 1993. Cuenta con un cerramiento de seguridad en buen estado, las tanquillas de floculación y filtros, están en el segundo nivel de la estructura, los tanques dosificadores son tanques prefabricados en PVC, con capacidad de 250 C.C. Según la última revisión técnica realizada por la autoridad ambiental CORPONOR, el caudal de diseño es de 9 lts/seg, aunque cabe resaltar que el caudal para el cual tiene concesión es de 4.5 lts/seg; el sistema de filtración se realiza a través de unos lechos con determinadas especificaciones granulométricas (grava fina, arena) y antracita. Para el almacenamiento de los insumos químicos existe una caseta previamente construida. Se puede observar en las figuras 40 y la figura 41.



Figura 40. Estructura física de la planta de tratamiento. Fuente: Autores del proyecto.

Según el funcionamiento de la planta de tratamiento, el caudal que llega de la conducción pasa directamente a la segunda planta la cual por el medio de un canal es transportada a las tanquillas floculadoras, luego pasa por los filtros, realizando el proceso correspondiente para

luego terminar en un tanque de almacenaje y posteriormente transportar el caudal a los tanques de almacenamiento.

La planta de tratamiento actualmente no presenta mucho interés por parte de la empresa prestadora del servicio de agua potable, ya que los mantenimientos rutinarios que se deben realizar no se llevan a cabo consecuentemente por no contar con el personal idóneo para dicho mantenimiento, de igual forma las pruebas de calidad del agua tratada no se realizan con frecuencia por lo que las condiciones en que se consume el agua en el casco urbano de San Calixto no son las mejores.

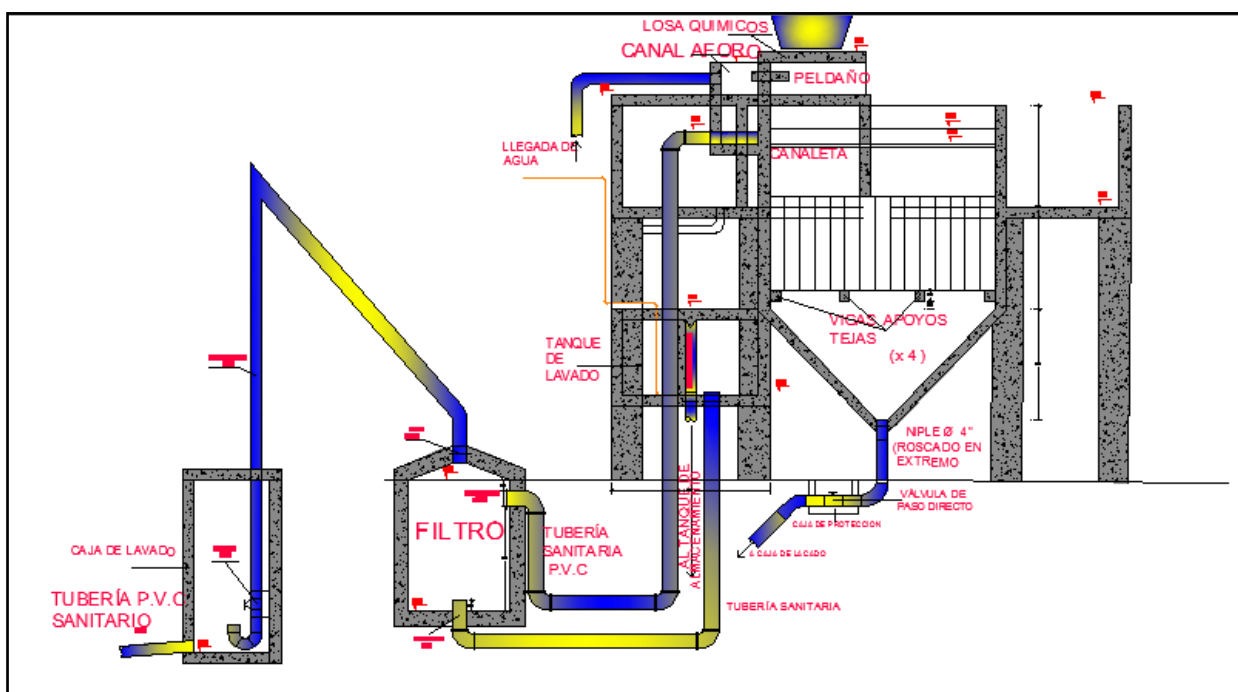


Figura 41. Esquema de funcionamiento de la planta de tratamiento. Fuente: Autores del proyecto.

4.2.7.5 Almacenamiento. El sistema de acueducto del casco urbano de San Calixto, cuenta con dos tanques de almacenamiento. El primero ubicado a 10 metros de la planta de tratamiento conectado con una tubería de 4 pulgadas a la planta de tratamiento, con capacidad de 76 metros cúbicos, denominado tanque alto, el cual abastece a los barrios ubicados en la parte alta de casco urbano abasteciendo un área poblacional de 700 metros cuadrados. Consta de una caja de salida, proporcional a las dimensiones del tanque, como se observa en la figura 42. Las dimensiones internas reales del tanque alto son:

Ancho: 5.5 m

Largo: 5.5 m

Profundidad: 2.5 m

Volumen: 76 m³

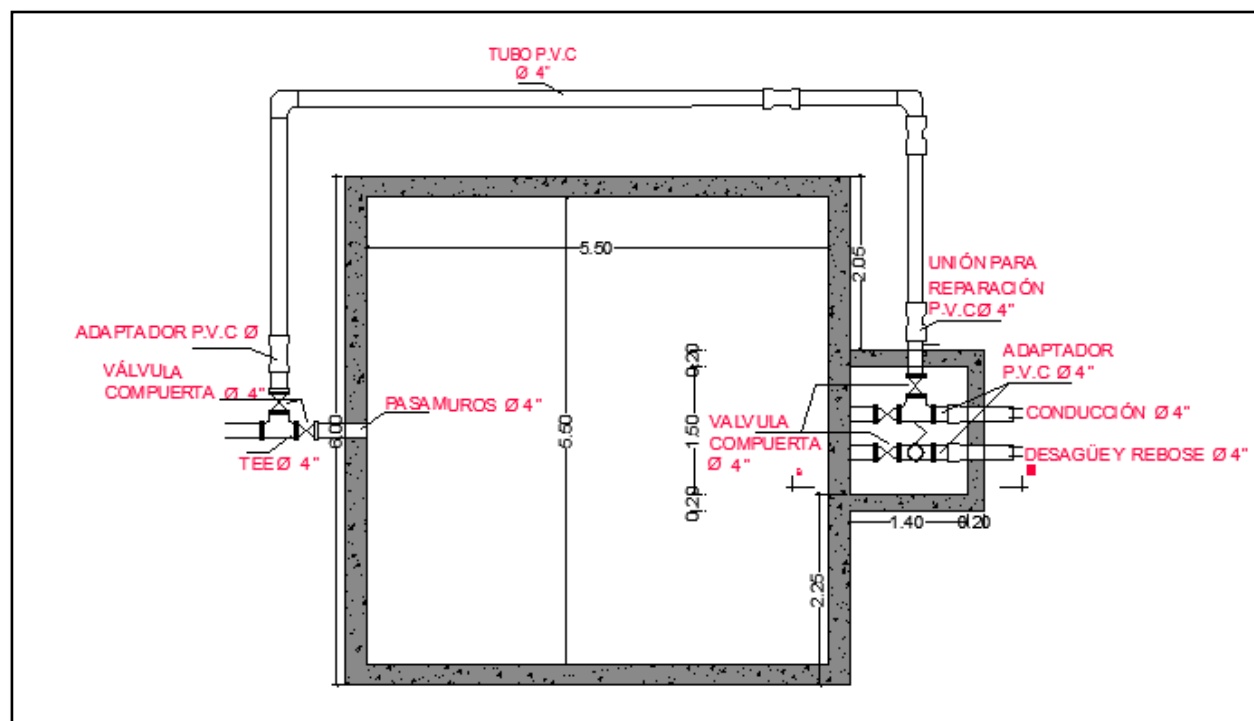


Figura 42. Esquema gráfico del tanque alto. Fuente: Autores del proyecto.

Para la valoración hidráulica del tanque alto de almacenamiento, debido al desconocimiento de la curva de variación de demanda para calcular el volumen necesario del tanque y como no existe dato alguno para generar la mencionada curva, se calcula el volumen para esa área determinada que abastece el tanque alto utilizando el caudal máximo horario proyectado para satisfacer una demanda futura, como también utilizando la población de diseño y la dotación neta por habitante más el porcentaje de pérdidas es decir la dotación bruta.

Volumen del tanque utilizando el caudal máximo horario (QMH):

$$\text{Área total} = 2.2 \text{ km}^2$$

$$\text{Área que abastece el tanque alto} = 0.7 \text{ km}^2$$

Para conocer el caudal máximo horario necesario para conocer solo lo que abastece el tanque alto por medio del área total se calcula un caudal máximo horario específico en función del área.

$$QMH_{\text{especifico}} = \frac{QMH_{\text{Diseño}}}{\text{Área total}}$$

$$QMH_{\text{Diseño}} = 6.26 \text{ lts/seg} \text{ (Caudal proyectado para el año de horizonte)}$$

$$QMH_{\text{especifico}} = \frac{6.26 \text{ lts/seg}}{2.2 \text{ km}^2} = 2.84 \text{ lts/seg/km}^2$$

Luego el caudal máximo horario para el tanque alto corresponde a:

$$QMH_{\text{Tanque Alto}} = 2.84 \text{ lts/seg/km}^2 * 0.7 \text{ km}^2 = 1.99 \text{ lt/seg}$$

$$QMH_{\text{Tanque Alto}} = 1.99 \text{ lt/seg} = 171.94 \text{ m}^3/\text{dia}$$

El volumen total necesario para abastecer la zona que cubre el tanque alto durante un día de servicio corresponde a:

$$V = 171.94 \text{ m}^3/\text{dia} * 1\text{dia} = 171.94 \text{ m}^3$$

Considerando el criterio de la norma RAS 2000 Título B.9.4.4, para niveles de complejidad bajo, cuando no existen datos que describan las curvas de variación del consumo el volumen a almacenar debe ser de 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, por lo que el volumen a almacenar el tanque alto corresponde a 57.312 m^3 .

Calculando el volumen a almacenar mediante la dotación bruta por habitante, se utiliza una población específica en función del área total y la población proyectada:

$$P_{Especifica} = \frac{P_F}{Area\ total}$$

$$P_F = 1892 \text{ habitantes (Calculada en la proyección de población inciso 4.2.4)}$$

$$P_{Especifica} = \frac{1892 \text{ hab.}}{2.2 \text{ km}^2} = 1051 \text{ hab./km}^2$$

Luego la población futura a ser abastecida por el tanque alto corresponde a:

$$P_F = 1051 \text{ hab./km}^2 * 0.7 \text{ km}^2 = 736 \text{ hab.}$$

Considerando la dotación bruta de 120 lts/hab*día, para el nivel de complejidad bajo, el volumen a almacenar por el tanque alto para un día de máximo consumo será de:

$$V = 120 \text{ lts}/\text{hab.* dia} * 736 \text{ hab.* 1 dia} = 88.32 \text{ m}^3$$

En conclusión según los cálculos realizados, el tanque alto de almacenamiento si cuenta con las proporciones necesarias para abastecer su zona de influencia.



Figura 43. Tanque alto de almacenamiento. Fuente: Autores del proyecto.

El segundo tanque ubicado a 200 metros de la planta de tratamiento, conectado a la misma por medio de una tubería en material PVC de 4 pulgadas de diámetro, cuenta con una capacidad de 350 metros cúbicos y se denomina tanque bajo, ya que abastece a la red principal que surte de agua al resto de usuarios que tienen una acometida con una altura piezométrica por debajo de la altura del tanque bajo de almacenamiento. El tanque bajo se encuentra enterrado como se observa en la figura 44 y su válvula de cierre antes de llegar al tanque se encuentra en la salida de la tubería PTAP-Tanque bajo.

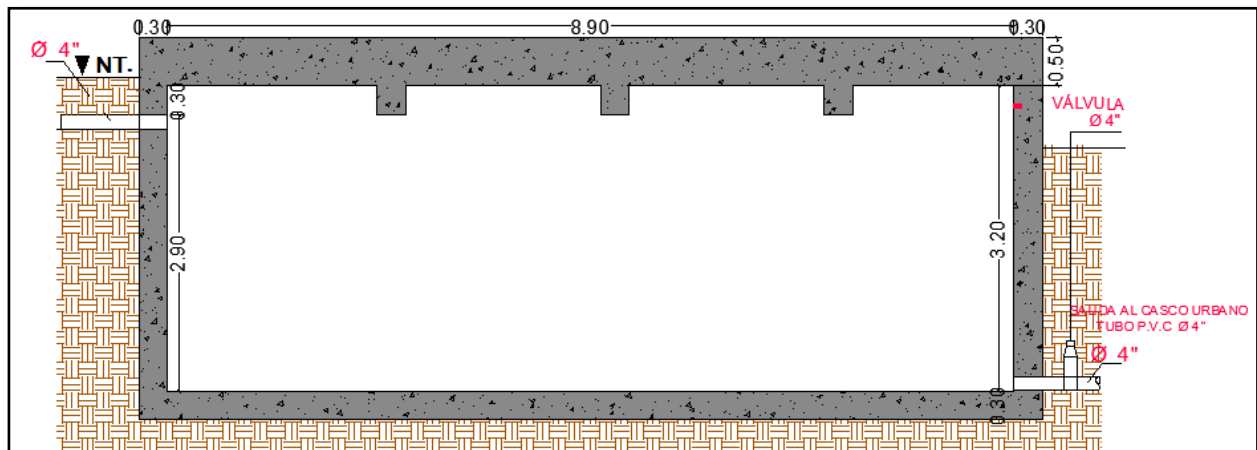


Figura 44. Esquema del perfil del tanque bajo. Fuente: Autores del proyecto.

Sus dimensiones internas reales son:

Largo: 8.9

Ancho: 8.9

Alto: 3.20

Volumen: 253 m³

Para comprobar si sus dimensiones cumplen con la población y el caudal máximo horario proyectado, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

Área que abastece el tanque bajo = 1.5 km^2

$$QMHE_{\text{Especifico}} = 2.84 \text{ lts/seg/km}^2$$

$$P_{\text{Especifico}} = 1051 \text{ hab./km}^2$$

Calculando el volumen a almacenar para el tanque bajo, utilizando el caudal máximo diario se tiene que:

$$QMHTanque\ bajo = 2.84 \text{ lts/seg/km}^2 * 1.5 \text{ km}^2 = 4.26 \text{ lts/seg}$$

$$QMHTanque\ bajo = 4.26 \text{ lts/seg} = 368.064 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$V = 368.064 \text{ m}^3/\text{dia} * 1\text{dia} * \frac{1}{3} = 122.688 \text{ m}^3$$

El volumen a almacenar utilizando la tercera parte del volumen total calculado del caudal máximo horario corresponde a 122.688 m^3 .

Calculando el volumen a almacenar mediante la dotación bruta se calcula la población futura a ser abastecida por el tanque bajo de la siguiente manera:

$$P_F = 1051 \text{ hab./km}^2 * 1.5 \text{ km}^2 = 1577 \text{ hab.}$$

Considerando la dotación bruta de $120 \text{ lts/hab} \cdot \text{día}$, para el nivel de complejidad bajo, el volumen a almacenar por el tanque bajo para un día de máximo consumo será de:

$$V = 120 \text{ lts/hab} \cdot \text{dia} * 1577 \text{ hab} \cdot 1 \text{ dia} = 189.24 \text{ m}^3$$

Con los datos anteriores se puede concluir que los tanques de almacenamiento si están en capacidad de suplir la demanda de agua para una proyección futura, aunque cabe resaltar que por medio del cálculo utilizando el caudal máximo horario, si no se trabajara con la tercera parte del volumen total se podría decir que no cumple pero por recomendación de la norma si se tratase de

un diseño inicial cumplen con la función de almacenar el caudal necesario para abastecer a la población proyectada. La ubicación de los tanques dentro de la red de distribución se puede apreciar en la figura 45.

4.2.7.6 Red de distribución. La red de distribución está compuesta por dos redes primarias existentes que salen desde los tanques de almacenamiento. Del tanque alto sale una tubería con diámetro de 4 pulgadas y abastece una demanda de con una extensión aproximada de 0.7km^2 . Del tanque bajo, también sale una tubería de 4 pulgadas y abastece al resto de la población con una extensión aproximada de 1.5 km^2 , en donde a partir de la red principal, también cuenta con mallas de reparto. Ambos conductos a presión funciona a gravedad totalmente. Según datos del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, el estado actual de la tubería es bueno, lo mismo con su funcionamiento, ya que las redes de distribución fueron optimizadas en el año 1997 (EOT, 2000). La totalidad del casco urbano tiene redes de distribución en tubería PVC a presión, con diámetros de 4, 3 y 2 pulgadas. En la siguiente tabla se encuentra especificado el material la longitud y el diámetro de la tubería existente de la red de distribución y reparto para el casco urbano de San Calixto.

Tabla 27

Especificaciones de la red de distribución Acueducto San Calixto

MATERIAL DE RED DE DISTRIBUCION (PVC)	LONGITUD	DIAMETRO
TUBERIA DE P.V.C.	1.101.9	4"
TUBERIA DE P.V.C.	1.751.95	3"
TUBERIA DE P.V.C.	1.802.85	2"

Nota. La tabla muestra la longitud en metros lineales según el diámetro correspondiente de la red de distribución con su respectivo material. Fuente: Unidad de Servicios Públicos.

Según datos obtenidos del último informe técnico realizado por la entidad territorial CORPONOR, como requisito para el otorgamiento de la concesión de agua se pudo definir que en su totalidad el número de usuarios que beneficia el acueducto corresponde a 368 usuarios, de las cuales 260 viviendas cuentan con conexiones domiciliarias de forma legal.

La red de distribución cuenta con 169 micro medidores, los cuales actualmente no están en funcionamiento, por lo que determinar la dotación neta por volumen de agua consumido para realizar la evaluación hidráulica correspondiente no se puede realizar utilizando valores reales. También cuenta con 20 válvulas de control a lo largo de toda la red principal de 4 pulgadas. Dichas válvulas de control sirven para no malgastar el preciado líquido cuando ocurren daños en el sistema y el desperdicio de agua es inminente.

Es importante tener en cuenta que en el casco urbano del municipio de san Calixto no existe medición por consumo de agua para cada vivienda, por lo que en consecuencia a ello se puede producir un mal gasto del preciado líquido ya que la tarifa para todos sus usuarios es la misma y no cambia, independientemente de la cantidad de agua que consuman.

En la siguiente tabla se esboza la topografía detallada de cada uno de los puntos que conforman la red principal de distribución, para posteriormente realizar su análisis hidráulico empleando el software libre Epanet 2.0, teniendo en cuenta que el caudal al caudal máximo horario proyectado según el periodo de diseño. Debido a la extensión de la topografía, la totalidad de los puntos topográficos utilizados en la modelación se aprecia en el **Apéndice A**.

Tabla 28*Cartera topográfica red principal de distribución*

PUNTO	NORTE	ESTE	Batea m	CLAVE m
65	20454	6011	1775.5	1775.3857
66	20502	5936	1754.15	1754.0357
67	20473	5850	1726.6	1726.4857
68	20549	5830	1713.86	1713.7457
1	20745	5736	1686.92	1686.8057
2	20769	5721	1688.8	1688.6857
3	20805	5698	1689.57	1689.4557
4	20831	5659	1688.01	1687.8957
5	20863	5654.8	1686.36	1686.2457
6	20897	5638	1680.89	1680.7757
7	20921	5604	1679.49	1679.3757
8	20935	5572	1672.25	1672.1357
9	20951	5520	1663.72	1663.6057
10	20957	5484	1660.1	1659.9857
11	20981	5489	1656.67	1656.5557
12	21005	5502	1657.19	1657.0757
13	21049	5490	1663.85	1663.7357
14	21086	5487	1662.37	1662.2557
15	21105	5482	1662.9	1662.7857
16	21154	5470	1661.49	1661.3757
17	21203	5456	1661.96	1661.8457
18	21242	5447	1660.19	1660.0757
19	21286	5440	1656.68	1656.5657
20	21348	5432	1656.15	1656.0357
21	21353	5425	1656	1655.8857
22	21387	5412	1656.02	1655.9057
23	21434	5380	1652.57	1652.4557
24	21447	5359.4	1650.63	1650.5157
25	21459.6	5323	1649	1648.8857
26	21461	5305	1647.47	1647.3557
27	21464	5262	1645.86	1645.7457
28	21474	5239	1644.57	1644.4557
29	21487	5227	1645.78	1645.6657
30	21539	5196	1639.37	1639.2557
31	21557	5184	1638.57	1638.4557
32	21586.6	5152	1636.62	1636.5057
33	21656	5112	1631.4	1631.2857

Tabla 28 Continuación

PUNTO	NORTE	ESTE	Batea m	CLAVE m
34	21689	5089	1630.31	1630.1957
35	21697.4	5074	1629.79	1629.6757
36	21695	5044	1629.06	1628.9457
37	21697	4994	1626.18	1626.0657
38	21696	4962	1623.17	1623.0557
39	21692	4934	1621.23	1621.1157
40	21713	4918	1618.5	1618.3857
41	21735	4910	1616.63	1616.5157
42	21723	4881	1612.13	1612.0157

Nota. La tabla muestra la cartera topográfica de la red principal de distribución. Fuente: Autores del proyecto.

Como se observa en la figura 45, obtenida del Sistema de Información Subregional de Norte de Santander y modificada por autores del proyecto, se representa en rojo la red principal de distribución del sistema de acueducto que parte del tanque bajo hasta el final del casco urbano como también la red del tanque alto; en amarillo se representa la red secundaria que se conecta a la red principal anteriormente mencionada.

La elaboración del plano para poder evaluarlo hidráulicamente se realizó mediante el software AutoCAD 2014, utilizando la herramienta Civilcad, para ubicar espacialmente cada uno de los puntos como coordenadas planas y posteriormente poder utilizar la información en el software de modelación utilizado que en este caso fue Epanet 2.0.

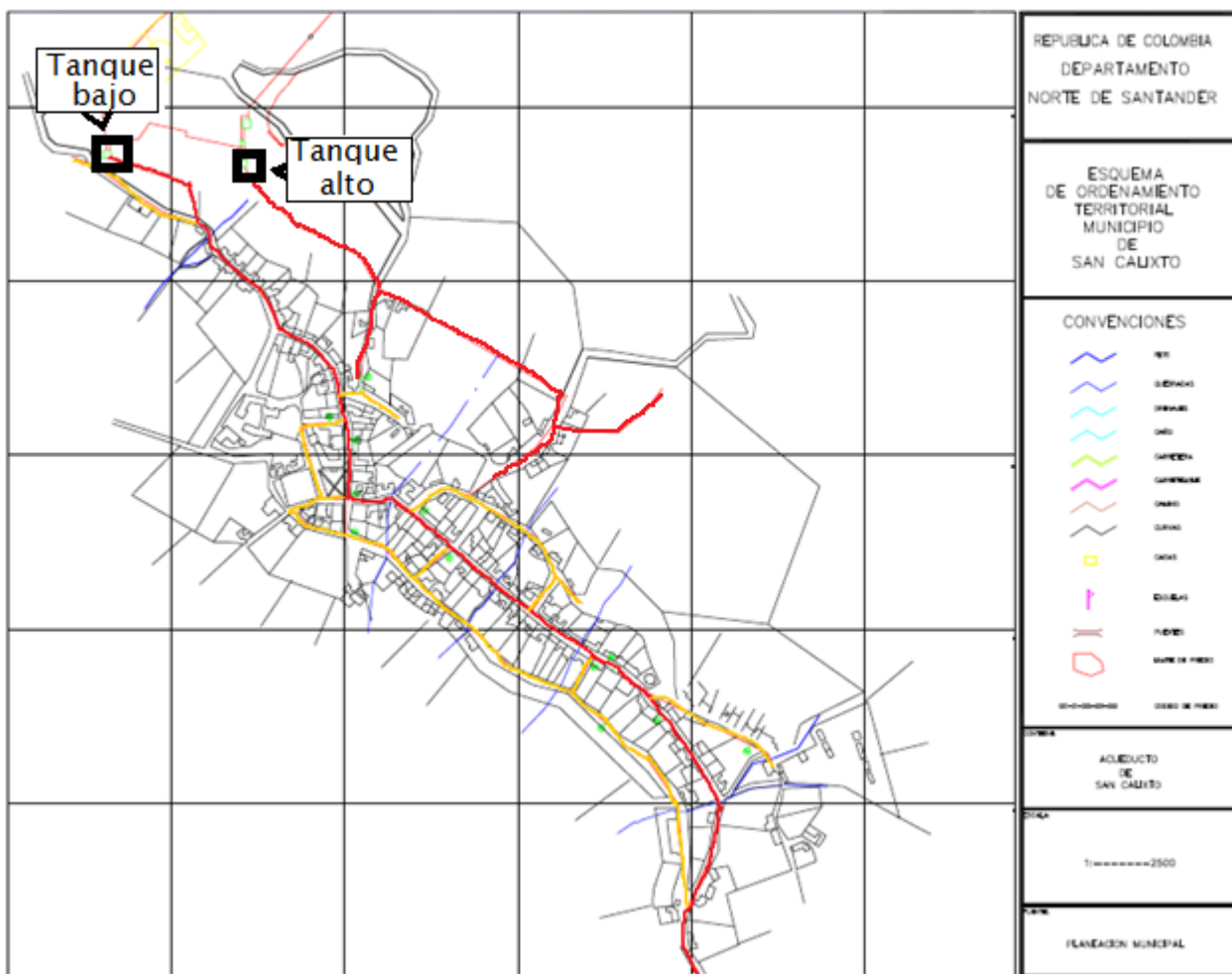


Figura 45. Mapa de red de acueducto de San Calixto. Fuente: Sistema de Información Subregional Norte de Santander.

Evaluación hidráulica de la red de distribución

Para evaluar las condiciones hidráulicas de la red de distribución según la norma técnica RAS 2010, para un nivel de complejidad bajo, se debe calcular utilizando el caudal máximo horario proyectado para el periodo de diseño, establecido para el área de influencia de cada tanque.

Para la evaluación hidráulica de la red de distribución se utilizó el caudal máximo horario distribuidos para cada tanque en donde 1.99 lts/ seg, corresponde al tanque alto y 4.26 lts/seg corresponde al tanque bajo. El diámetro de la tubería a utilizar corresponde a cuatro pulgadas para toda la red. El método utilizado en la modelación del software aplica las ecuaciones de Hazen William, utilizando una rugosidad de 140, recomendada por el software para tuberías PVC. En la siguiente figura se encuentra el plano en planta de modelación en Epanet 2.0 y en la tabla 29 y tabla 30 los resultados hidráulicos de la modelación.

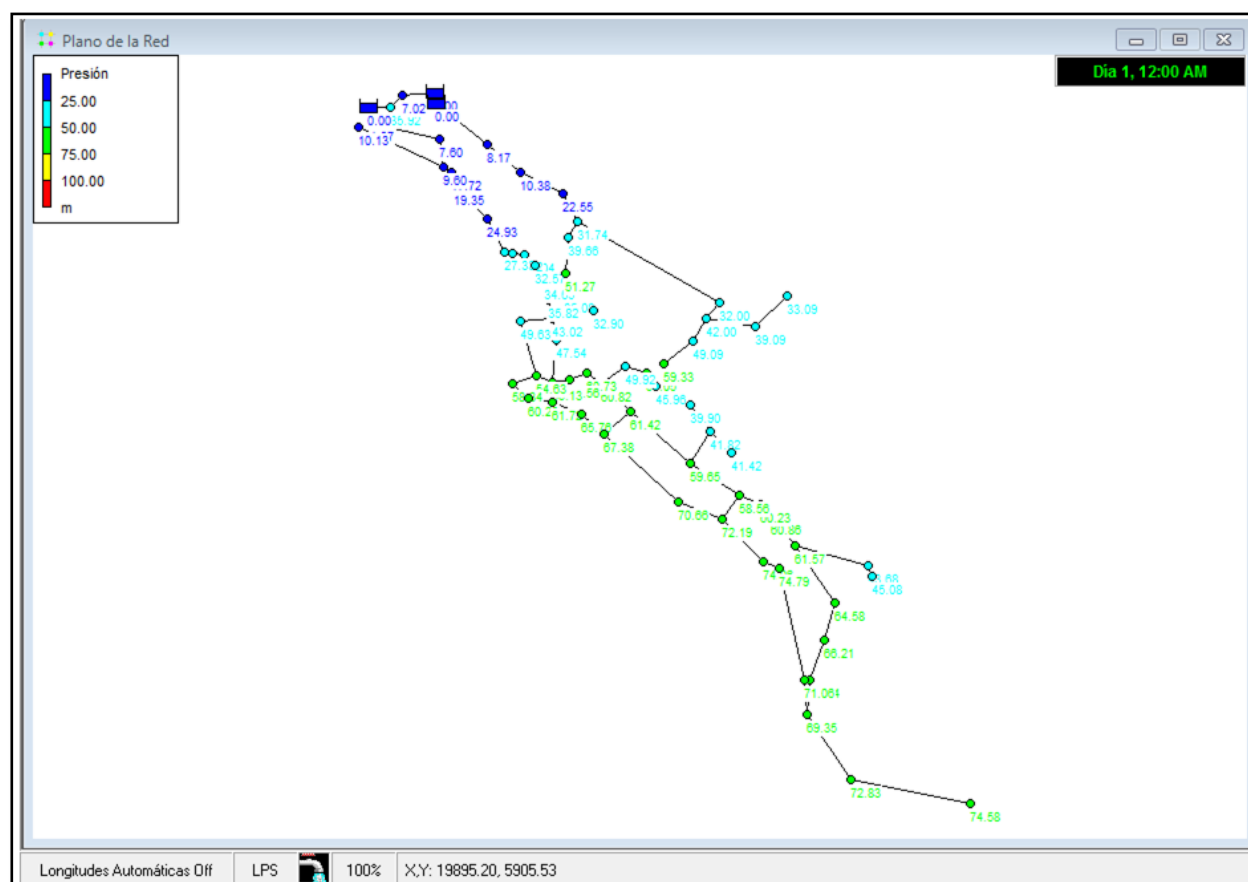


Figura 46. Plano en planta de la red simulada en Epanet 2.0. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 29*Resultados de la evaluación hidráulica en puntos o conexiones*

Conexión	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n2	1715.86	4.26	1780.07	64.21
Conexión n3	1744.19	0	1780.11	35.92
Conexión n4	1773.12	0	1780.14	7.02
Conexión n5	1779	1.99	1780.2	1.2
Conexión n7	1765.8	0	1778.97	13.17
Conexión n8	1764.57	0	1778.95	14.38
Conexión n9	1756.38	0	1778.93	22.55
Conexión n10	1747.17	0	1778.91	31.74
Conexión n11	1745.77	0.5	1778.86	33.09
Conexión n12	1739.78	0	1778.87	39.09
Conexión n13	1736.89	0	1778.89	42
Conexión n14	1746.1	0	1778.89	32.79
Conexión n15	1729.8	0	1778.89	49.09
Conexión n16	1665.17	0	1715.22	50.05
Conexión n17	1669.26	0	1715.22	45.96
Conexión n18	1675.32	0	1715.22	39.9
Conexión n19	1673.4	0.2	1715.22	41.82
Conexión n20	1665.3	0.25	1715.22	49.92
Conexión n22	1654.4	0	1715.22	60.82
Conexión n23	1654.5	0	1715.23	60.73
Conexión n24	1656.67	0	1715.23	58.56
Conexión n25	1660.1	0	1715.23	55.13
Conexión n26	1667.72	0	1715.26	47.54
Conexión n27	1672.25	0	1715.27	43.02
Conexión n28	1739.25	0	1778.91	39.66
Conexión n29	1680.22	0.1	1715.3	35.08
Conexión n30	1682.4	0.06	1715.3	32.9
Conexión n31	1660.61	0.5	1715.24	54.63
Conexión n32	1665.62	0.2	1715.25	49.63
Conexión n33	1656.89	0.2	1715.23	58.34
Conexión n34	1655.03	0.2	1715.23	60.2
Conexión n35	1653.51	0.2	1715.23	61.72
Conexión n36	1649.46	0.2	1715.22	65.76
Conexión n37	1647.84	0.25	1715.22	67.38
Conexión n38	1644.55	0.3	1715.21	70.66

Tabla 29 Continuación

Conexión	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n39	1643.02	0	1715.21	72.19
Conexión n40	1641.15	0.1	1715.21	74.06
Conexión n41	1640.42	0	1715.21	74.79
Conexión n42	1640.62	0.25	1715.2	74.58
Conexión n43	1642.37	0.2	1715.2	72.83
Conexión n44	1645.86	0	1715.21	69.35
Conexión n45	1647.47	0	1715.21	67.74
Conexión n46	1649	0.25	1715.21	66.21
Conexión n47	1650.63	0	1715.21	64.58
Conexión n48	1653.64	0	1715.21	61.57
Conexión n49	1671.53	0.1	1715.21	43.68
Conexión n50	1670.13	0.1	1715.21	45.08
Conexión n51	1644.15	0	1715.21	71.06
Conexión n52	1654.35	0	1715.21	60.86
Conexión n53	1654.98	0.2	1715.21	60.23
Conexión n54	1656.65	0	1715.21	58.56
Conexión n55	1655.57	0	1715.22	59.65
Conexión n56	1673.8	0.1	1715.22	41.42
Conexión n57	1653.8	0.2	1715.22	61.42
Conexión n58	1679.48	0	1715.3	35.82
Conexión n59	1686.35	0	1715.39	29.04
Conexión n60	1687.7	0	1715.42	27.72
Conexión n61	1688.11	0	1715.44	27.33
Conexión n62	1690.57	0	1715.5	24.93
Conexión n63	1696.24	0	1715.59	19.35
Conexión n64	1697.8957	0	1715.62	17.72
Conexión n65	1706.04	0	1715.64	9.6
Conexión n66	1708.09	0	1715.69	7.6
Conexión n67	1713.86	0	1715.83	1.97
Conexión n68	1705.505	0.1	1715.64	10.13
Conexión n69	1680.69	0	1715.34	34.65
Conexión n70	1682.8	0	1715.37	32.57
Conexión 2	1727.63	0.99	1778.9	51.27
Conexión 5	1719.55	0.5	1778.88	59.33

Nota. La tabla muestra los resultados de la modelación en conexiones de la red principal. Fuente: Autores del proyecto.

Según la tabla 29, las presiones de las conexiones son buenas para suministrar el caudal a las mallas y posteriormente a las acometidas domiciliarias, pero cabe resaltar que en los resultados de la modelación en algunos puntos o conexiones se presentan presiones que superan la máxima presión permitida por la norma RAS 2010, la cual nos dice que para las redes de distribución las presiones máximas no deben ser mayores de 60 metros columna de agua.

Con relación a la tabla 30 se puede apreciar que se obtienen velocidades verdaderamente bajas que no cumplen con las velocidades mínimas establecidas en la norma, ya que el caudal a transportar es pequeño con relación al diámetro de la tubería. Teniendo en cuenta que el caudal utilizado para la modelación hidráulica corresponde al caudal máximo horario proyectado para un periodo de diseño de 25 años, da como resultado que la red de distribución si cuenta con la capacidad de transportar el caudal pero se requiere de un rediseño para ajustar aquellos tramos en donde las velocidades son muy bajas y en donde se presentan altas presiones que no cumplen con la máxima permisible.

En toda la modelación tanto del tanque alto como del tanque bajo cabe resaltar que no se presentaron presiones negativas, lo que da a entender que todos los puntos que conforman la red de distribución se encuentran por debajo de la línea piezométrica y por ende también por debajo de la línea de energía. Los perfiles longitudinales con la respectiva línea piezométrica se encuentran anexados en el **Apéndice D**, en este apéndice también se encuentra el informe generado por el software Epanet 2.0 como interpretación a los resultados obtenidos.

Tabla 30*Resultados de modelación en tramos de tubería de red de distribución*

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Factor de Fricción	Celeridad de onda	Golpe ariete	Presion transciente
Tubería p2	21	114	140	-4.26	0.42	0.023	263.747	11.292	75.502
Tubería p3	17.32	114	140	-4.26	0.42	0.023	263.747	11.292	47.212
Tubería p4	35.17	114	140	4.26	0.42	0.023	263.747	11.292	18.312
Tubería p5	10	114	140	1.99	0.19	0.026	263.747	5.108	6.308
Tubería p6	71.41	114	140	1.99	0.19	0.026	263.747	5.108	18.278
Tubería p7	45.94	114	140	1.99	0.19	0.026	263.747	5.108	19.488
Tubería p8	50.87	114	140	1.99	0.19	0.026	263.747	5.108	27.658
Tubería p9	33.66	114	140	1.99	0.19	0.026	263.747	5.108	36.848
Tubería p12	48.28	76.2	140	0.5	0.11	0.03	319.891	3.587	36.677
Tubería p13	53.22	76.2	140	0.5	0.11	0.03	319.891	3.587	42.677
Tubería p14	22.41	114	140	1	0.1	0.028	263.747	2.689	44.689
Tubería p15	28.22	114	140	0.5	0.05	0.034	263.747	1.344	34.134
Tubería p16	61.65	114	140	0.5	0.05	0.032	263.747	1.344	50.434
Tubería p17	17.5	114	140	0.49	0.05	0.033	263.747	1.344	51.394
Tubería p18	41.49	114	140	0.49	0.05	0.032	263.747	1.344	47.304
Tubería p19	36.42	114	140	0.49	0.05	0.032	263.747	1.344	41.244
Tubería p20	24.06	114	140	-0.49	0.05	0.036	263.747	1.344	43.164
Tubería p21	31.55	114	140	0.74	0.07	0.028	263.747	1.882	51.802
Tubería p22	16.51	114	140	-1.39	0.14	0.028	263.747	3.764	64.584
Tubería p23	21.07	114	140	1.39	0.14	0.027	263.747	3.764	64.494
Tubería p24	18.27	114	140	-1.39	0.14	0.027	263.747	3.764	62.324
Tubería p25	52.76	114	140	-2.11	0.21	0.026	263.747	5.646	60.776
Tubería p26	16.6	114	140	-2.11	0.21	0.026	263.747	5.646	53.186
Tubería p31	177.1	114	140	1	0.1	0.029	263.747	2.689	45.709
Tubería p32	19.57	114	140	0.99	0.1	0.029	263.747	2.689	42.349
Tubería p33	61.47	114	140	0.99	0.1	0.029	263.747	2.689	37.769
Tubería p34	36.03	76.2	140	0.06	0.01	0.036	319.891	0.326	33.226
Tubería p35	18.85	114	140	-0.4	0.04	0.035	263.747	1.075	55.705
Tubería p36	60.34	114	140	-1.69	0.17	0.027	263.747	4.571	54.201
Tubería p38	27.67	114	140	0.79	0.08	0.03	263.747	2.151	60.491
Tubería p39	23.54	114	140	0.59	0.06	0.03	263.747	1.613	61.813
Tubería p40	26.77	114	140	0.39	0.04	0.034	263.747	1.075	62.795
Tubería p41	22.75	114	140	-1.12	0.11	0.028	263.747	2.957	68.717
Tubería p42	33.8	114	140	1.31	0.13	0.028	263.747	3.495	70.875

Tabla 30 Continuación

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Factor de Fricción	Celeridad de onda	Golpe ariete	Presion transciente
Tubería p43	32.27	114	140	1.11	0.11	0.028	263.747	2.957	73.617
Tubería p44	109	114	140	0.73	0.07	0.031	263.747	1.882	74.072
Tubería p45	51.02	114	140	0.43	0.04	0.033	263.747	1.075	75.135
Tubería p46	63.12	114	140	0.48	0.05	0.031	263.747	1.344	76.134
Tubería p47	18.85	114	140	0.38	0.04	0.026	263.747	1.075	75.655
Tubería p54	132.1	114	140	-0.25	0.02	0.038	263.747	0.538	73.368
Tubería p55	84.45	114	140	-0.45	0.04	0.03	263.747	1.075	70.425
Tubería p56	36.92	114	140	-0.07	0.01	0.184	263.747	0.269	68.009
Tubería p57	46.5	114	140	-0.07	0.01	0	263.747	0.269	66.479
Tubería p58	41.6	114	140	-0.32	0.03	0.032	263.747	0.807	65.387
Tubería p59	74.27	114	140	-0.32	0.03	0.036	263.747	0.807	62.377
Tubería p60	81.5	114	140	0.2	0.02	0.043	263.747	0.538	44.218
Tubería p61	12.74	114	140	0.1	0.01	0	263.747	0.269	45.349
Tubería p62	123.6	114	140	0.38	0.04	0.033	263.747	1.075	72.135
Tubería p63	36.92	114	140	0.38	0.04	0.039	263.747	1.075	61.935
Tubería p64	41	114	140	-0.52	0.05	0.031	263.747	1.344	61.574
Tubería p65	17.32	114	140	-0.52	0.05	0.029	263.747	1.344	59.904
Tubería p66	25.06	114	140	-0.72	0.07	0.032	263.747	1.882	61.532
Tubería p67	31.55	114	140	0.05	0	0.452	263.747	0.000	41.420
Tubería p68	63.1	114	140	-0.77	0.08	0.03	263.747	2.151	63.571
Tubería p69	39.33	114	140	-0.19	0.02	0.025	263.747	0.538	36.358
Tubería p70	32.17	114	140	0.1	0.01	0	263.747	0.269	29.309
Tubería p71	85.61	114	140	-0.58	0.06	0.031	263.747	1.613	29.333
Tubería p72	43.33	114	140	-0.66	0.06	0.03	263.747	1.613	28.943
Tubería p73	37.21	114	140	-0.13	0.01	0.058	263.747	0.269	25.199
Tubería p74	35.17	114	140	-1.89	0.19	0.026	263.747	5.108	24.458
Tubería p75	19.95	114	140	-4	0.39	0.023	263.747	10.485	28.205
Tubería p76	18.85	76.2	140	0.16	0.04	0.038	319.891	1.304	10.904
Tubería p77	19.57	114	140	-4.16	0.41	0.023	263.747	11.023	18.623
Tubería p78	8.923	114	140	-4.16	0.41	0.023	263.747	11.023	12.993
Tubería p79	39.13	114	140	-4.16	0.41	0.023	263.747	11.023	21.153
Tubería p80	50.75	114	140	-4.16	0.41	0.023	263.747	11.023	45.673
Tubería p81	15.85	114	140	-4.16	0.41	0.023	263.747	11.023	43.593
Tubería p82	10.2	114	140	-4.16	0.41	0.023	263.747	11.023	62.293
Tubería p83	30.21	114	140	-4.26	0.42	0.023	263.747	11.292	70.622

Nota. La tabla muestra el resultado de la modelación de los tramos de tubería, incluyendo el cálculo de la celeridad de onda, golpe de ariete y presión transciente. Fuente: Autores del proyecto.

4.3 Proponer el rediseño de los componentes del sistema, con el fin de que cumplan con los requerimientos mínimos del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2010), título B y D, para garantizar el adecuado funcionamiento del acueducto del municipio de San Calixto N.S

4.3.2 Bocatoma. Debido a las condiciones actuales con relación a la bocatoma existente, se presenta el siguiente diseño para una bocatoma de tipo rejilla de fondo, con las nuevas condiciones de caudal proyectado anteriormente.

Parámetros de diseño

Nivel de complejidad del sistema = Bajo

Periodo de diseño = 25 años (QMD)

Qfuente (Lt/seg) = 27.34 LPS (Caudal medio del rio)

Qmax (Lt/seg) = 100 LPS (Estimado)

Ancho captación (m)= 2.5 (Existente)

QMD (Lt/seg) = 4.17

Qdis (Lt/seg) = 2QMD= 8.34 lts/seg

Con relación a la bocatoma existente se puede determinar que si cuenta con la capacidad para abastecer a la población del casco urbano del municipio de San Calixto, por los próximos 25 años, ya que el caudal de diseño corresponde a 10.02 lts, mucho mayor que el caudal otorgado por concesión y también mayor al caudal calculado para una nueva estructura de captación, de

igual forma debido a que la rejilla fue modificada en los últimos años, se presenta el diseño de los elementos que conforman la bocatoma para dar mejoras a la bocatoma actual existente.

Presa

Ancho de la Presa: debe depender del ancho total de la estructura de captación (RAS 2010).

Se asume un ancho: L_p : 1.2 m Por lo tanto, la lámina de agua en las condiciones de diseño es:

$$H = \left[\frac{Q_{Dis}}{1.84 * L_p} \right]^{\frac{2}{3}} (m)$$

$$H = \left[\frac{0.00834}{1.84 * 2.5} \right]^{\frac{2}{3}} (m)$$

$$H = 0.015(m)$$

Dónde:

Q_{Dis} = caudal de diseño ; L_p = ancho de la presa

La corrección de la longitud del vertimiento por las dos contracciones laterales del vertedero es:

$$L_p' = L_p - 0.2 * H (m)$$

$$L_p' = 2.5 - 0.2 * 0.015(m)$$

$$L_p' = 2.497 (m)$$

Velocidad del río sobre la presa: La velocidad del agua al pasar sobre la rejilla debe cumplir con lo establecido por la norma RAS 2010. $0.3 \text{ m/s} < V_r < 3.0 \text{ m/s}$.

$$V = \frac{Q_{Dis}}{L_p * H} \text{ (m/seg)}$$

$$V = \frac{0.00834}{2.497 * 0.015} \text{ (m/seg)}$$

$$V = 0.2227 \text{ (m/seg)}$$

Realmente no cumple pero se asume el valor mínimo de la velocidad ($V = 0.3$) para diseñar el canal de aducción.

Rejilla y Canal de Aducción

El canal de aducción recoge el agua a través de la rejilla y la transporta a la cámara de derivación. Se utilizara una pendiente del 3%, con el fin de dar una velocidad mínima adecuada al flujo para evitar la sedimentación en el canal de aducción. La longitud de la rejilla y el canal de aducción debe ser menor que la longitud de la presa.

Ancho de cámara de aducción y rejilla (B):

$$X_s = 0.36 * V_r^{2/3} + 0.6 * H^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * 0.30^{2/3} + 0.6 * 0.015^{4/7}$$

$$X_s = 0.22m$$

$$X_i = 0.18 * V_r^{4/7} + 0.74 * H^{3/4}$$

$$X_i = 0.18 * 0.30^{4/7} + 0.74 * 0.015^{3/4}$$

$$X_i = 0.12 m$$

Dónde:

X_s = Alcance del chorro de agua sobre el filo superior del canal (m).

X_i = Alcance del chorro de agua sobre el filo inferior del canal (m).

V_r = Velocidad del río (m/seg).

H = Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

Debido al alcance del chorro anteriormente calculado, para definir el ancho de la cámara de aducción y rejilla se toma el valor mayor obtenido de los dos, por lo tanto el ancho de es:

$$B = X_s + 0.10$$

$$B = 0.22 + 0.10$$

$$B = 0.32 \text{ mts} = 0.40 \text{ mts}$$

Con relación al ancho del canal de aducción y la rejilla, se opta por utilizar un ancho de 40 cm, para dar mayor facilidad en su mantenimiento, como se observa en la figura 44.

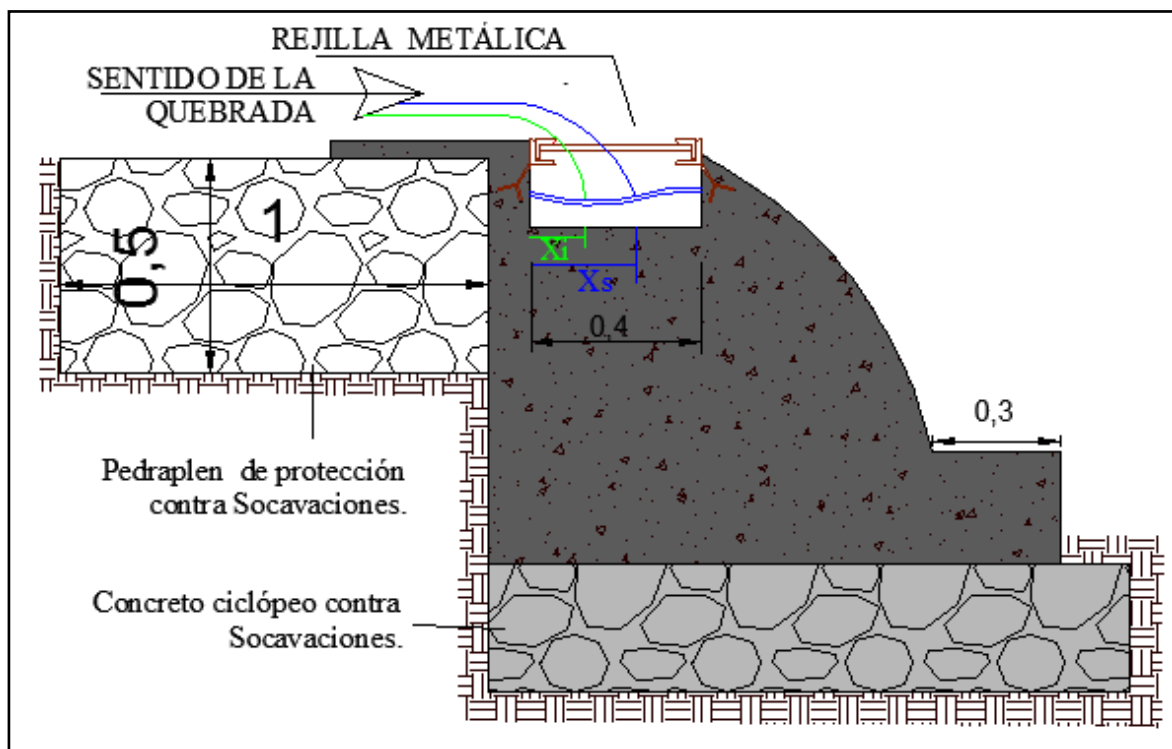


Figura 47. Sección transversal de la presa y canal de aducción. Fuente: Autores del proyecto.

La separación entre barrotes, para el caso de estructuras de captación en ríos con gravas gruesas, debe ser entre 75 mm y 150 mm. Para ríos caracterizados por el transporte de gravas finas, la separación entre barrotes debe ser entre 20 mm y 40 mm (RAS 2010, título B.4.4.5.3)

$$\Phi \text{ barras: } b = \frac{1}{2} = 0.0127 \text{ m} \quad \text{N}^\circ \text{ barras} = N$$

$$\text{Espacio entre barras}(a) = 0.02 \text{ m} \quad \text{N}^\circ \text{ espacios} = N + 1$$

$$\text{Ancho de rejilla} = 0.40 \text{ m}$$

El largo de la rejilla se calcula adoptando un ancho de rejilla de 0.40 m.

$$A_{neta} = \frac{Q_{Diseño}}{0.9 * V}$$

V = Velocidad. La velocidad efectiva del flujo a través de la rejilla debe ser inferior a 0.15 m/s, con el fin de evitar el arrastre de materiales flotantes (RAS 2010), por lo tanto:

$$A_{neta} = \frac{0.00834}{0.9 * 0.15} = 0.062 \text{ m}^2$$

$$L_r = \frac{A_{neta} * (a + b)}{a * B} = (m)$$

$$L_r = \frac{0.062 * (0.02 + 0.0127)}{0.02 * 0.4} = 0.25(m)$$

Debido al tamaño mínimo de la longitud de la rejilla para facilidad en su mantenimiento se asume de 1 m, por lo tanto recalculando su área neta será de:

$$A_{neta} = \frac{a}{a + b} * B * L \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_{neta} = \frac{0.02}{0.02 + 0.0127} * 0.4 * 1.0 = 0.245 \text{ (m}^2\text{)}$$

El número de orificios (N), se calcula a partir del área neta y ancho de la rejilla.

$$N = \frac{A_n}{a * B}$$

$$N = \frac{0.245}{0.02 * 0.40} = 30.6 \text{ Orificios}$$

Condiciones de la rejilla.

$$A_{neta} = a * B * N \text{ (m)}$$

$$A_{neta} = 0.02 * 0.4 * 31 = 0.248 \text{ (m)}$$

$$L_r = \frac{A_{neta} * (a + b)}{a * B} \text{ (m)}$$

$$L_r = \frac{0.248 * (0.02 + 0.0127)}{0.02 * 0.4} = 1.014 \text{ (m)}$$

$$V_b = \frac{Q}{0.9 * A_{neta}} = \frac{0.00834}{0.9 * 0.248} = 0.037 \frac{\text{m}}{\text{seg}} < 0.15 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \quad \text{CUMPLE (RAS 2010)}$$

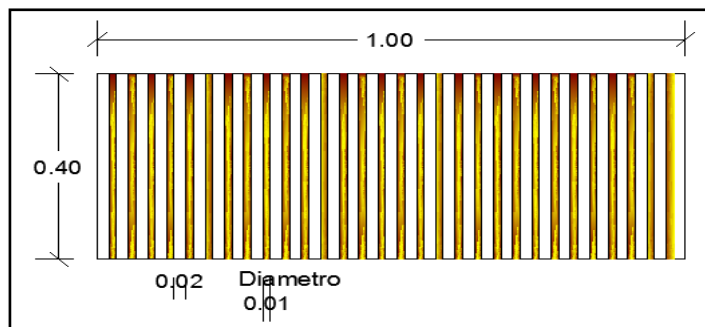


Figura 48. Diseño de rejilla de captación. Fuente: Autores del proyecto.

Niveles de agua en el canal de aducción:

Nivel Aguas Abajo: La altura de la lámina de agua a la entrada tiene que ser igual a la profundidad crítica de la misma, para que el paso a la cámara de recolección se haga en descarga libre.

$$h_e = h_c = \left[\frac{Q_{Dis}^2}{g * B^2} \right]^{\frac{1}{3}} \text{ (m)}$$

$$h_e = h_c = \left[\frac{0.00834^2}{9.81 * 0.40^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.035(m)$$

Dónde:

Q_{Dis} = Caudal de diseño (m).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).

B = Ancho del canal en aducción (m).

La velocidad del agua al final del canal será: $0.3 \text{ m/s} < V_e < 6 \text{ m/s}$ (RAS 2010)

$$V_e = \frac{Q_{Dis}}{B * h_e} \text{ (m/seg)}$$

$$V_e = \frac{0.00834}{0.40 * 0.035} = 0.59(m/seg) \quad OK$$

Nivel Aguas Arriba:

Considerando que todo el volumen de agua es captado al inicio del canal, el nivel de la lámina aguas arriba es obtenido por medio del análisis de cantidad de movimiento en el canal.

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

Para que la entrega a la cámara de recolección se haga en descarga libre, se debe cumplir que:

$$h_e = h_c$$

$$h_c = \left[\frac{Q^2}{g * B^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

h_o = profundidad aguas arriba (m)

h_c = profundidad critica (m).

h_e = profundidad aguas abajo (m).

i = pendiente del fondo del canal.

g = Aceleración de la gravedad ($9.81 m/s^2$).

L_c = Longitud del canal, longitud de la rejilla más espesor del muro (m).

Se asume una pendiente del canal de 3%.

$$L_c = L_r + \text{espesor del muro} = 1.0 + 0,30 \text{ m} = 1.3\text{m}$$

$$h_o = \left[2 * 0.035^2 + \left(0.035 - \frac{0.03 * 1.3}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * 0.03 * 1.3$$

$$h_o = 0.028\text{m}$$

$$H_o = h_o + BL = 0.028 + 0.15$$

$$H_o = 0.18\text{m}$$

$$H_e = h_e + (h_o - h_e) + i * L_c + BL = 0.035 + (0.028 - 0.035) + 0.03 * 1.3 + 0.15$$

$$H_e = 0.22 \text{ m}$$

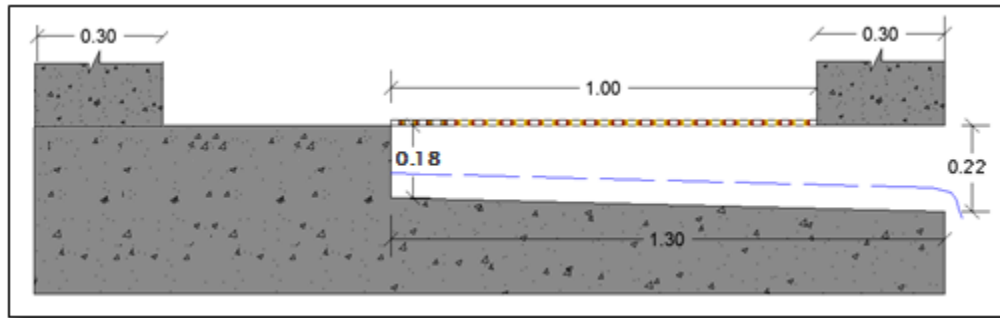


Figura 49. Diseño canal de aducción. Fuente: Autores del proyecto.

Cámara de recolección

Las dimensiones mínimas de la cámara de recolección pueden determinarse con base a las ecuaciones del alcance de chorro del agua, reemplazando los términos por los de la condición de

entrada a la cámara.

$$X_s = 0.36 * V_e^{2/3} + 0.6 * h_e^{4/7}$$

$$X_s = 0.36 * 0.59^{2/3} + 0.6 * 0.035^{4/7}$$

$$X_s = 0.34m$$

$$X_i = 0.18 * V_e^{4/7} + 0.74 * h_e^{3/4}$$

$$X_i = 0.18 * 0.59^{4/7} + 0.74 * 0.035^{3/4}$$

$$X_i = 0.19 m$$

$$B = X_s + BL = 0.34 + 0.30 = 0.64 m$$

$$B = 0.64m$$

Por facilitar el acceso para el mantenimiento, se adopta una cámara de 0.70 m (en el sentido de B cámara por 1.0 m de lado de largo. El borde libre de la cámara es de 30 cm.

Diseño vertedero de excesos

Conociendo el caudal promedio del río, se calcula la lámina de agua en estas condiciones.

$$Q_{prom} = Q_{prom\ rio} - Q_D = 27.34 - 8.34$$

$$Q_{prom} = 19 \text{ lts/seg}$$

$$H = \left[\frac{Q_{prom}}{1.84 * L_p} \right]^{2/3} (m)$$

$$H = \left[\frac{0.019}{1.84 * 2.5} \right]^{2/3} = 0.026(m)$$

$$H = 0.026 (m)$$

La capacidad máxima de captación de la rejilla, se puede aproximar al caudal a través de un orificio, a partir de la ecuación:

$$Q_{\text{captado}} = C_d * A_{\text{neta}} * \sqrt{2 * g * H}$$

$$Q_{\text{captado}} = \text{Caudal a través de la rejilla (m}^3/\text{seg)}.$$

$$C_d = \text{Coeficiente de descarga} = 0.3.$$

$$A_{\text{neta}} = \text{Área neta de la rejilla (m}^2\text{)}.$$

$$H = \text{Altura lámina de agua sobre la rejilla (m)}.$$

$$Q_{\text{captado}} = 0.30 * 0.248 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.026}$$

$$Q_{\text{captado}} = 0.0531 \text{ (m}^3/\text{seg)}$$

$$Q_{\text{excesos}} = Q_{\text{captado}} - Q_d \text{ (m}^3/\text{seg)}$$

$$Q_{\text{excesos}} = 0.0531 - 0.00834$$

$$Q_{\text{excesos}} = 0.0448 \text{ (m}^3/\text{seg)}$$

Las condiciones en el vertedero de excesos serán:

$$H_{\text{excesos}} = \left[\frac{Q}{1.84 * B_{\text{camara}}} \right]^{\frac{2}{3}} = \left[\frac{0.0448}{1.84 * 0.7} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{\text{excesos}} = 0.11 \text{ m}$$

$$V_{\text{excesos}} = \frac{Q_{\text{exc.}}}{H_{\text{exc.}} * B_{\text{camara}}} = \frac{0.0448}{0.11 * 0.7}$$

$$V_{\text{excesos}} = 0.58 \text{ m/s}$$

Para calcular la posición del muro de la cámara de salida se aplican las ecuaciones de alcance de chorro, utilizando los valores de exceso:

$$x_s = 0.36 * V_{\text{exc.}}^{\frac{2}{3}} + 0.60 * H_{\text{exc.}}^{\frac{4}{7}}$$

$$x_s = 0.36 * 0.58^{\frac{2}{3}} + 0.60 * 0.11^{\frac{4}{7}}$$

$$x_s = 0.42 \text{ m}$$

Se adiciona un espacio libre de 25 cm, para evitar averías de la estructura.

$$\text{Ancho} = x_s + BL = 0.42 + 0.25$$

$$\text{Ancho} = 0.67 \approx 0.70 \text{ m}$$

El vertedero de excesos estará colocado a 0.75 m de la pared de la cámara de recolección. En las figuras 47 y la figura 48, se muestra gráficamente el diseño de la bocatoma en planta y en perfil, pero cabe resaltar que para una mejor observación de sus detalles se pueden observar en un archivo de formato DWG, el cual se encuentra en el **Apéndice E**, del presente proyecto.

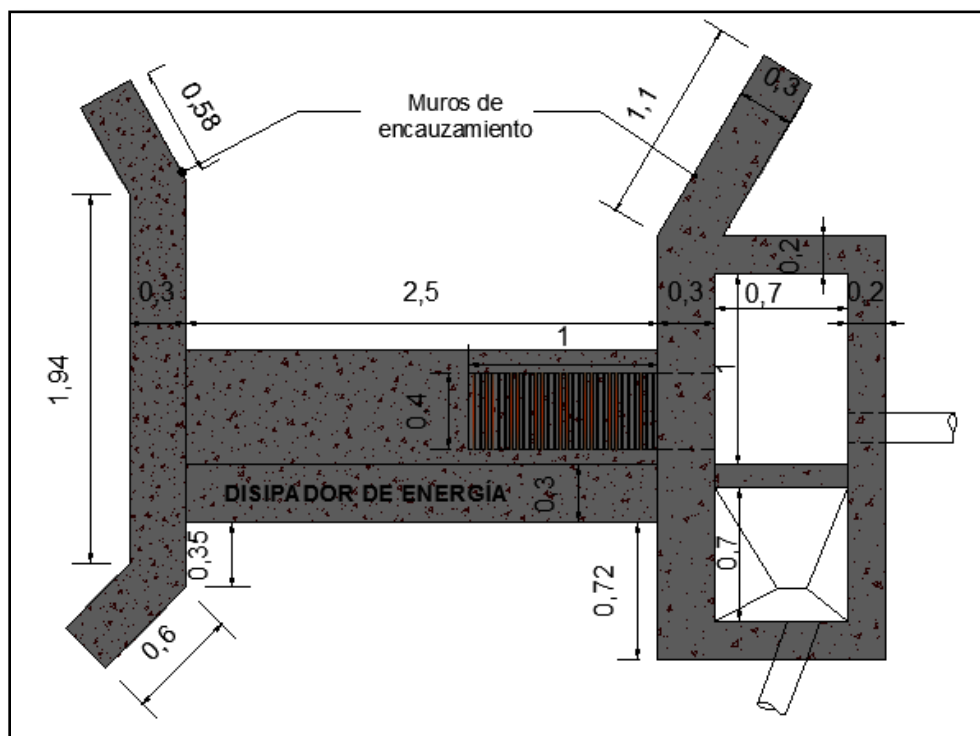


Figura 50. Plano en planta de bocatoma proyectada. Fuente: Autores del proyecto.

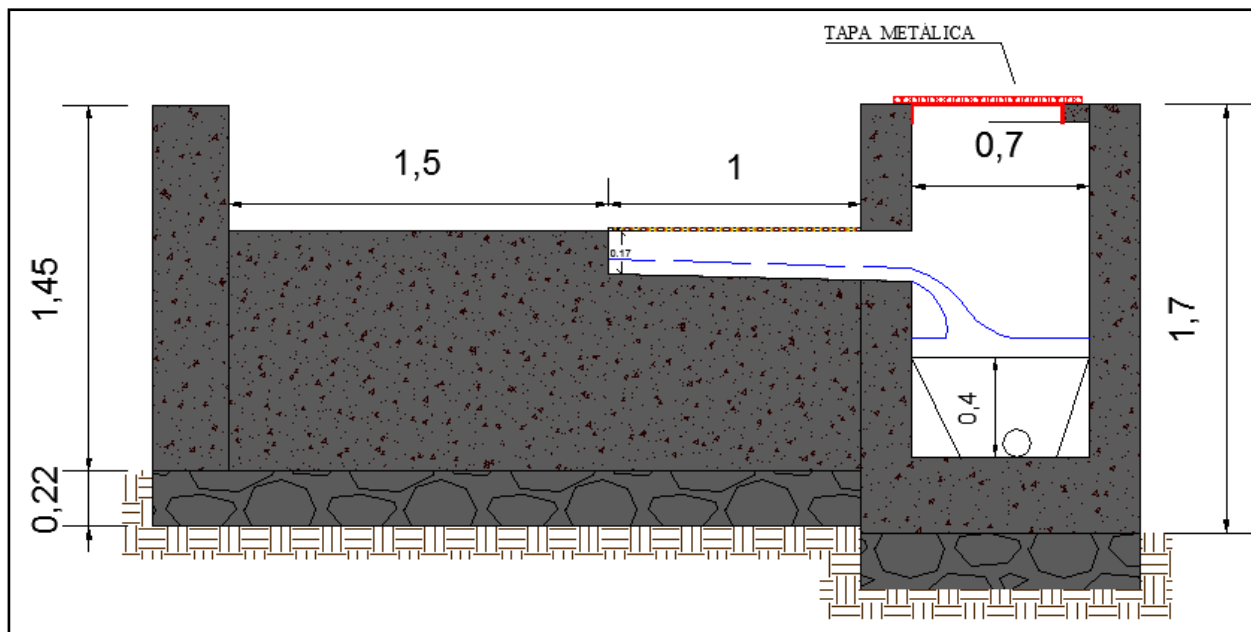


Figura 51. Sección transversal de la bocatoma proyectada. Fuente: Autores del proyecto.

4.3.3 Aducción Bocatoma-Desarenador. Aunque la aducción bocatoma-desarenador que actualmente existe se encuentra en buenas condiciones, se realiza el diseño para comprobar que el diámetro que arroja el cálculo con relación al diámetro existente. El caudal con el cual se dispone a diseñar el diámetro de la tubería corresponde al caudal máximo diario proyectado para la población futura.

Aplicando la ecuación de Manning, se tiene:

$$Q = \frac{\left(\frac{\pi * D^2}{4}\right) * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} = 0.312 * \left(\frac{D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}\right)$$

En donde:

$$S = \frac{1861 - 1859.254}{50.00} = 0.03492$$

n = Coeficiente de rugosidad de Manning = 0.009 (PVC)

Despejando el diámetro de la tubería, se tiene:

$$D = 1.548 * \left(\frac{n * Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 1.548 * \left(\frac{0.009 * 0.00417}{0.03492^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0.063 \text{ mts}$$

Según el RAS 2010, el diámetro mínimo para tuberías de aducción a flujo libre es de 4", pero este diámetro es mucho mayor que el diámetro obtenido, por lo tanto se adopta el diámetro mínimo para aducciones. Recalculando el caudal a tubo lleno utilizando el diámetro adoptado se tiene:

$$Q_o = 0.312 \frac{D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} = 0.312 \frac{0.1016^{\frac{8}{3}} * 0.03492^{\frac{1}{2}}}{0.009}$$

$$Q_o = 0.0146 \frac{m^3}{seg}$$

Teniendo en cuenta que el agua que fluye a través de la tubería de aducción se calcula la velocidad a tubo lleno.

$$V_{LL} = \frac{Q_{LL}}{A_{LL}} = \frac{0.0146}{\frac{\pi(0.1016)^2}{4}} = 1.8 \text{ m/s}$$

A_{LL} = Área de la sección transversal de la tubería

$$\frac{Q}{Q_{LL}} = \frac{0.00417}{0.0146} = 0.28$$

El valor de la relación obtenida $\frac{Q}{Q_{LL}}$ permite garantizar que la tubería se llenará hasta un 50% de su diámetro.

$$V/V_{LL} = 0.713; \quad V_{\text{real}} = V_{LL} \times 0.713 = 1.8 \text{ m/s} \times 0.713$$

$$V_{\text{real}} = 1.28 \text{ m/s}$$

La velocidad real de la aducción, utilizando el caudal proyectado para una demanda futura, si cumple con la velocidad mínima establecida de 0.50 m/s según lo establecido por el RAS 2010, numeral B.6.4.4.10.

$$d/D = 0.409; \quad d = D \times 0.409 = 0.1016 \times 0.409$$

$$d = 0.0415 \text{ m}$$

$$H/D = 0.307; \quad H = D \times 0.307 = 0.1016 \times 0.307$$

$$H = 0.0312 \text{ m}$$

$$R/R_0 = 0.874; \quad R = R_0 \times 0.874 = \frac{0.1016}{4} \times 0.874$$

$$R = 0.0221996 \text{ m}$$

$$\tau = \gamma * R * S = 9.81 \times 0.0221996 \times 0.03492$$

$$\tau = 7.6 \text{ N/m}^2$$

$$\tau > 1.2 \text{ N/m}^2 \quad (\text{Criterio RAS 2010})$$

La tubería de 4 pulgadas cumple para un nuevo diseño pero considerando la actual existente que se encuentra en buen estado, no es viable sobre estimar costos con una nueva aducción para disminuir el diámetro.

4.3.4 Desarenador. Aunque el desarenador actual cumple con la capacidad para atender una demanda futura, debido al no contar con un vertedero de excesos se propone la siguiente optimización.

Condiciones de la tubería de entrada

$$Q_d = \text{QMD (proyectado)} = 0.00417 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$D = 4'' (0.1016 \text{ m}) \quad Q_o = 0.0146 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Condiciones de diseño del desarenador

Periodo de diseño = 25 años

Remoción de partículas de diámetro (d) = 0.05 mm

Porcentaje de remoción = 80 %.

Temperatura del agua = 18.6 °C.

Viscosidad cinemática = $\mu_{18.6^\circ\text{C}} = 0.01041 \text{ cm}^2/\text{seg}$

Relación longitud: ancho = 4:1

Calculo de los parámetros de sedimentación.

Velocidad de sedimentación. Según fórmula de Stokes:

$$V_s = \frac{g}{18} * \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2$$

En donde:

V_s = velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s).

g = Aceleración de la gravedad (981 cm/s²).

ρ_s = Peso específico de la partícula, arena = 2.65 gr

ρ = Peso específico del fluido, agua = 1.00gr/cm³).

μ = Viscosidad cinemática del fluido (cm²/s), $\mu_{20^\circ\text{C}} = 0.01041 \text{ cm}^2/\text{seg}$.

d = Diámetro de las partículas a remover 0.005cm

$$V_s = \frac{981}{18} * \frac{(2.65 - 1)}{0.01041} 0.005^2$$

$$V_s = 0.2159 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} = 2.159 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Período de retención. Tiempo que tarda la partícula en llegar al fondo.

$$T = \frac{H}{V_s}$$

En donde:

T = Tiempo que demora la partícula en tocar fondo (seg).

H = Profundidad útil del desarenador = 150 cm.

V_s = Velocidad de sedimentación = 0.2159 cm/seg.

$$T = \frac{150}{0.2159} = 694.766 \text{ seg}$$

Según el libro sobre abastecimiento de Aguas Flinn – Weston y Bogert, la relación entre el período de retención (θ) y el tiempo que demora la partícula en tocar fondo (t), en condiciones de depósitos con deflectores deficientes y esperando una remoción del 75% de las partículas es:

$$\frac{\theta}{T} = 3$$

$$\rightarrow \theta = 3 * T = 3 * 694.766$$

$$\theta = 2084.298 \text{ seg} = 0.58 \text{ hr} \quad 0.5 \text{ hr} < 0.58 \text{ hr} < 4 \text{ hr} \quad \text{Cumple (Literal B.4.6.4 RAS)}$$

Chequeo de otras condiciones.

Volumen del tanque:

$$V = \theta * Q_{diseño}$$

$$V = 2084.298 * 0.00417 = 8.6915 \text{ m}^3$$

Área superficial del tanque:

$$A_s = \frac{V}{H}$$

$$A_s = \frac{8.6915}{1.5} = 5.79 \text{ m}^2$$

Dimensiones del tanque, según el RAS, como mínimo debe ser de: (L: B = 4:1):

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}} = \sqrt{\frac{5.79}{4}} = 1.2m$$

$$B = 1.2m .$$

$$L = 4 * B = 4 * (1.2) = 4.8m$$

Carga hidráulica superficial para el tanque (q):

$$q = \frac{Q_d}{A_s}$$

En donde:

q = Carga hidráulica superficial

Q = Capacidad hidráulica del desarenador (m³/seg)

As = Área superficial del tanque (m²)

$$q = \frac{0.00417 * 86400 \text{seg}}{5.79 \text{ m}^2} = 62.226 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{dia}}$$

Velocidad vertical:

$$V_o = \frac{Q_d}{A_s} = \frac{0.00417 \text{ m}^3/\text{seg}}{5.79 \text{ m}^2}$$

$$V_o = 0.00072 \text{ m/seg} = 0.072 \text{ cm/seg}$$

$$d_o = \sqrt{\frac{V_o * 18 * \mu}{g * (\rho'_s - \rho)}} = \sqrt{\frac{0.072 * 18 * 0.01041}{981 * (2.65 - 1)}}$$

$$d_o = 0.0029 \text{ cm} = 0.029 \text{ mm} \leq 0.03 \text{ mm}$$

Relación de tiempos es igual a relación de velocidades:

$$\frac{\theta}{T} = \frac{V_s}{V_o} = \frac{0.2159}{0.072} = 2.99 = 3$$

Se removerán partículas hasta un diámetro igual a 0.03mm. Al tener en cuenta las condiciones reales; El diámetro máximo posible de ser removido se aumenta a 0.005 mm.

Velocidad horizontal: Debe ser menor que la velocidad de arrastre de las partículas, con el propósito de evitar la resuspensión del sedimento. (RAS 2010)

$$V_h = \frac{V_o * L}{H} * 100$$

En donde:

V_h = Velocidad horizontal en cm /seg.

V_o = Carga hidráulica superficial = = 0.00072 m/seg.

L = Largo útil del desarenador = 4.8 m.

H = Profundidad efectiva del desarenador = 1.5 m.

$$V_h = \frac{0.00072 \text{ m/seg} * 4.8}{1.5} * 100 = 0.2304 \text{ cm/seg}$$

Velocidad horizontal máxima:

$$V_{h_{max}} = 20 * V_s$$

En donde:

$V_{h_{max}}$ = Velocidad horizontal máxima en cm/seg.

V_s = Velocidad de sedimentación de las partículas en cm/seg.

$$V_{h_{max}} = 20 * 0.2159 \text{ cm/seg} = 4.318 \text{ cm/seg}$$

$$V_{h_{max}} > V_h$$

$$4.318 \text{ cm/seg} > 0.2112 \text{ cm/seg}$$

Cumple con el parámetro de velocidad horizontal establecida por el reglamento.(RAS2010)

Velocidad de resuspensión máxima:

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * K}{f} * g * (\rho_s - \rho) * d}$$

En donde:

V_r = Velocidad de resuspensión máxima en cm/seg.

K = Parámetro de sedimentación de arenas = 0.04.

f = Parámetro de sedimentación por acción de la gravedad = 0.03

g = Aceleración de la gravedad = 981 cm/seg²

ρ_s = Peso específico de la partícula a remover, arena = 2.65 gr/cm³.

ρ = Peso específico del agua = 1 gr/cm³.

d = Diámetro de la partícula a remover = 0.005 cm.

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * 0.04}{0.03} * 981 * (2.65 - 1) * 0.005}$$

$$V_r = 9.29 \text{ cm/seg}$$

Condiciones de operación de los módulos:

Operación inicial en el año 2017

Caudal de operación:

$$QMD = 4.17 \frac{\text{lbs}}{\text{seg}} = 0.00417 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{8.6915 \text{ m}^3}{0.00417 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

$$\theta = 0.58 \text{ hrs} \quad 0.5 \text{ hr} < 0.58 \text{ hr} < 4 \text{ hr} \quad \text{Cumple (Ras 2010)}$$

θ = Tiempo que tarda una partícula en entrar y salir del tanque.

V = Volumen del tanque.

Q = Caudal máximo diario

$$q = \frac{Q_d}{A_s} = \frac{0.00417 \text{ m}^3/\text{seg} * 86400 \text{ seg}}{5.79} = \frac{62.226 \text{ m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

Cálculo de los elementos del desarenador

Vertedero de salida:

$$H_v = \left(\frac{Q}{1.84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

En donde:

H_v = Altura lámina de agua sobre el vertedero en m.

Q = Caudal máximo diario en m³/seg.

B = Ancho útil del desarenador en m.

$$H_v = \left(\frac{0.00417}{1.84 * 1.2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = 0.015m$$

Velocidad sobre la cresta del vertedero:

$$V_v = \frac{Q}{B * H_v}$$

$$V_v = \frac{0.00417}{1.2 * 0.015}$$

$$V_v = 0.23 \text{ m/seg}$$

Ecuación del alcance horizontal:

$$X_s = 0.36 * (V_v)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (H_v)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 * (0.23)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (0.015)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.19m$$

$$L_v = 0.19 + 0.10 \text{ m}$$

$$L_v = 0.29m \quad \text{Se adopta } L_v = 0.30 \text{ m}$$

Pantalla de salida:

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

$$\text{Distancia al vertedero de salida} = 15 * H_v = 15 * 0.01419 = 0.2128 \text{ m}$$

Pantalla de entrada:

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

Distancia a la cámara de aquietamiento = $L/4 = 4.4/4 = 1.1$ m

Almacenamiento de lodos:

Relación longitud: profundidad de lodos = 10

Profundidad máxima = $L/10 = 4.4/10 = 0.44$ m

Profundidad máxima adoptada = 0.25 m

Profundidad mínima adoptada = 0.20 m

Distancia punto de salida a la cámara de aquietamiento = $L/3 = 4.4/3 = 1.47$ m

Distancia punto de salida al vertedero salida = $2L/3 = 2 * 4.4/3 = 2.93$ m

Pendiente transversal = $(0.25 - 0.20) / 1 = 5\%$

Pendiente longitudinal (en $L/3$) = $(0.25 - 0.20) / (4.4/3) = 3.4 \%$

Pendiente longitudinal (en $2L/3$) = $(0.25 - 0.20) / (2*4.4/3) = 1.7\%$

Cámara de aquietamiento:

Profundidad = $H/3 = 1.5/3 = 0.5$ m

Ancho = $B/3 = 1.1/3 = 0.37$ m = 0.40

Largo (adoptado) = 0.50 m

Vertedero de entrada al volumen útil del desarenador:

Para el vertedero de entrada, se diseña utilizando el caudal máximo diario proyectado para el periodo de diseño, utilizando como longitud útil de vertedero el mismo ancho de la cámara de aquietamiento. Se utiliza como longitud de vertedero el mismo ancho de la cámara de aquietamiento.

Calculando la altura de la lámina de vertedero tenemos:

$$H_{\text{vertedero de entrada}} = \left[\frac{QMD}{1.84 * L_e} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{\text{vertedero de entrada}} = \left[\frac{0.00417}{1.84 * 0.4} \right]^{\frac{2}{3}} = 0.032 \text{ m}$$

Rebose de la cámara de quietamiento:

El rebose de cámara de quietamiento se diseña como vertedero utilizado la fórmula de

Francis

$$Q_{\text{excesos}} = Q_o - Q = 0.0146 - 0.00417 = 0.01043 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$H_e = \left[\frac{Q_{\text{excesos}}}{1.84 * L_e} \right]^{\frac{2}{3}} = \left[\frac{0.01043}{1.84 * 0.50} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_e = 0.05 \text{ m}$$

$$V_e = \frac{Q_{\text{excesos}}}{H_e * L_e} = \frac{0.01043}{0.05 * 0.50}$$

$$V_e = 0.42 \text{ m/seg}$$

$$X_s = 0.36 * (V_e)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (H_e)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 * (0.42)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (0.05)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.31 \text{ m}$$

$$L_e = X_s + 0.10 = 0.31 + 0.10 = 0.41 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$$

$$L_e = \frac{B - \text{ancho}}{2} = \frac{1.2 - 0.40}{2} = 0.4 \text{ m}$$

Se adopta el mayor valor de $L_e = 0.45 \text{ m}$

A continuación en las siguientes figuras se observa el desarenador diseñado.

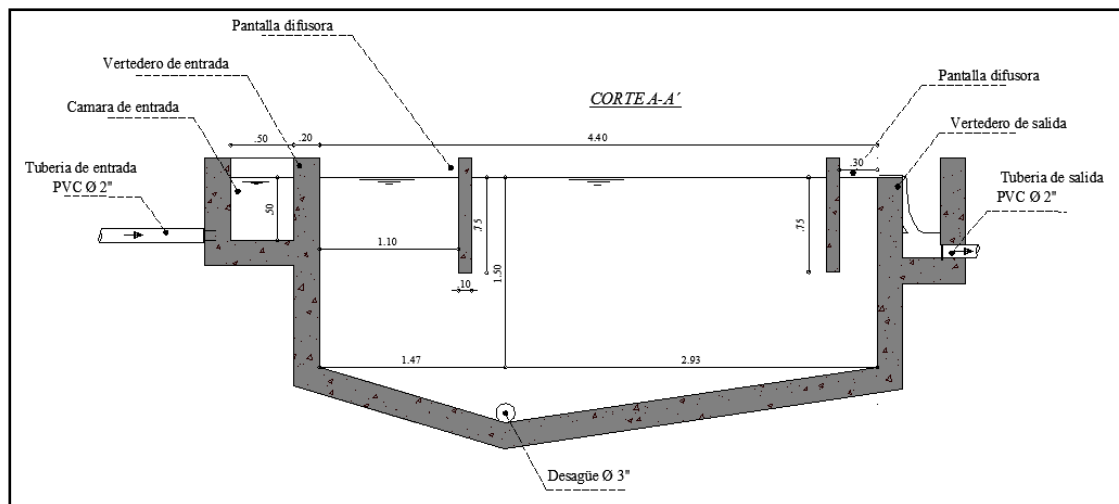


Figura 52. Plano sección transversal de desarenador. Fuente: Autores del proyecto.

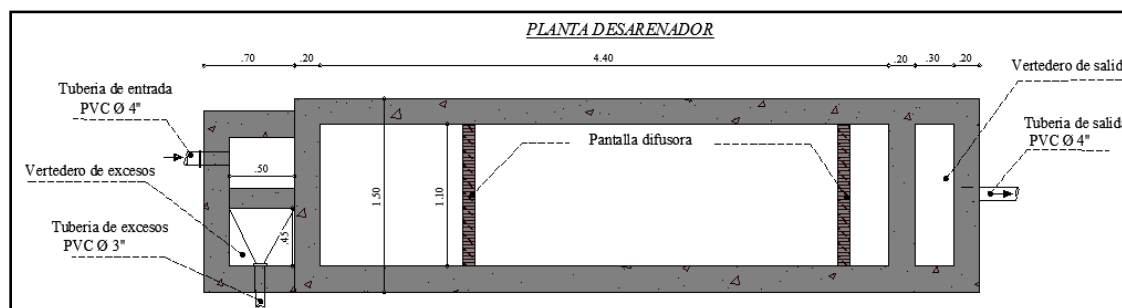


Figura 53. Plano en planta de desarenador diseñado. Fuente: Autores del proyecto.

4.3.5 Red de distribución. Debido a las altas presiones que se encontraron en los resultados de la modelación hidráulica realizada a la red de distribución empleando el software Epanet 2.0, se presentaron altas presiones que aunque cumplen con los criterios establecidos por la norma 2010, se encuentran muy cercanos a los límites definidos, por lo tanto para hacer un mejoramiento en esas conexiones se plantearon dos posibles soluciones para su optimización; la implementación de nuevos diámetros en la tubería y aumentar o disminuir las cotas de dicha tubería.

4.4 Concientizar a la población sobre el uso adecuado del agua y las fuentes hídricas mediante un folleto didáctico, convocando a líderes de la población los cuales serán multiplicadores en cada uno de los sectores de esta iniciativa.

Para concientizar a la población sobre el uso y ahorro eficiente del agua, se realizaron capacitaciones en donde se repartió un folleto de cómo se debe dar el buen manejo del uso del agua. Ver figura 54 y 55.



Figura 54. Folleto sobre el uso adecuado del agua. Fuente: Autores del proyecto.

Las capacitaciones se impartieron según la ley 373 de 1997, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en donde dice que las entidades encargadas de la prestación de servicios

públicos deben adoptar un programa para el uso y ahorro eficiente del agua, pero dado a la mala administración estas capacitaciones nunca se han realizado, es por esto que este objetivo se realizó con el fin de generar cultura en la comunidad sobre el adecuado uso y cuidado del recurso hídrico, ya que esta es la primera consecuencia para el desabastecimiento que se presenta en el municipio.

Debido a las condiciones de orden público en la zona, aglomerar un gran número de personas para poder impartir una charla solo fue posible en la junta de acción comunal del barrio primero de marzo, en el centro hospitalario y en el colegio público del municipio.

USO EFICIENTE DEL AGUA
Los servicios públicos domiciliarios, como el acueducto, el alcantarillado, el gas, el teléfono, el aseo y la energía, nos ayudan a mejorar la calidad de vida en la localidad, pues gracias a ellos podemos realizar de una mejor manera las actividades diarias.

¿Qué es el agua?
Es un elemento básico para la vida. A veces se cree que nunca se va a acabar. Sin embargo, el agua está disminuyendo en la naturaleza. Es un bien económico y social.

¿Por qué es importante el agua?
El agua es muy importante para la vida de las personas, animales y plantas. Sin agua no habría vida. Para la salud. La falta de agua produce deshidratación y muerte. Las comunidades se forman donde hay fuentes de agua.

En la mayoría de las regiones, el problema no es la falta de agua dulce, sino la mala distribución del recurso. La mayor parte del agua dulce se utiliza para la agricultura con ineficientes sistemas de riego. A nivel mundial se está dando un incremento sostenido en la demanda de

Las pérdidas de agua en un sistema de acueducto obedecen principalmente a cuatro causas:

- ✓ Escapes de agua en los tanques de almacenamiento y tuberías o por grietas y fisuras en los sistemas de distribución
- ✓ Pérdidas causadas por la imprecisión o mal funcionamiento de los equipos de medición: macromedidores y micromedidores
- ✓ Pérdidas causadas por la utilización de agua en el lavado de filtros y tanques del sistema de acueducto y alcantarillado, o en el consumo de poblaciones como bomberos y usuarios clandestinos
- ✓ Usuarios con conexiones clandestinas, con medidor dañado o sin medidor.

CUIDEMOS EL AGUA
El cambio climático lo percibimos cada vez con mayor intensidad, sus efectos los sentimos en nuestra vida cotidiana. Uno de ellos está relacionado con el agua en la naturaleza. Antes se disponía de agua en abundancia para el trabajo agrícola, para el consumo humano, para los animales y para otras actividades.

Por esta razón, todos tenemos el deber de cuidar el agua, con la finalidad de poder contar con este recurso para nuestro consumo

Agua

97.50%
1.875% a 3.00%
0.025%

■ Agua salada ■ Agua dulce (superficial) ■ Agua dulce (profunda) ■ Agua dulce (subterránea)

La superficie de agua sobre el planeta supera abundantemente a la continental y más del 70% corresponde a mares y océanos, pero esta abundancia es relativa. El 97,5% del total existente en el planeta es agua salada, mientras que solo el 2,5% restante es agua dulce.

Si toda el agua del planeta se colocase en un balde, sólo una pequeña cucharita de té sería la cantidad de agua potable.

100%
sólo el 0.025% es potable

GREENPEACE

Figura 55. Folleto sobre la importancia y el uso eficiente del agua. Fuente: Autores del proyecto.

Dentro de las conferencias que se impartieron sobre el uso y ahorro eficiente del agua, también se aplicó una encuesta en donde se buscó despertar el interés de la comunidad por hacer un buen uso del preciado líquido.


La encuesta realizada enmarco tres puntos esenciales; el primero es dar a conocer por medio de los expositores si para la comunidad fue de su agrado recibir este tipo de charlas; el segundo punto tiene como objetivo conocer si la comunidad entendió o no el tema expuesto en la capacitación y su debida importancia e influencia en el diario vivir; y por último el tercer punto evaluado con la encuesta en la capacitación, intenta cuestionar a los ciudadanos si el servicio que tienen es bueno o no y si la situación que se vive con el preciado líquido es precaria en comparación con otras zonas a nivel regional, local y mundial.

En la figura 56, se puede apreciar los lugares que se frecuentaron para la realización de la capacitación, pues debido al orden público que se vive en el municipio no se pudo llevar a cabo con todos los presidentes de junta de acción comunal ni mucho menos en espacios públicos abiertos a la comunidad por lo que los lugares escogidos fueron en los que más población abarcaba en su momento como lo fue con la junta de acción comunal del barrio primero de marzo, el centro de salud y la institución educativa del municipio.

La encuesta arroja los resultados en una escala de 0 a 5, donde cero es estar totalmente en desacuerdo y a medida que aumenta el valor hasta llegar a cinco es estar totalmente de acuerdo, como se muestran en las siguientes figuras.



Figura 56. Registro fotográfico de los lugares en donde se realizó la capacitación. Fuente: Autores del proyecto.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
NIT. 800 163 130 – 0

ENCUESTA DE SATISFACCION SOBRE LA CAPACITACION DE USO EFICIENTE DEL AGUA Y RECURSOS HIDRICOS

El siguiente cuestionario pretende conocer cuál es tu opinión acerca del desarrollo de la capacitación en la que has participado, con el objetivo de identificar elementos de mejora.

Para responder, favor utilizar las alternativas de calificación que se estipulan a continuación, colocando una (X) sobre la calificación seleccionada (siendo 0 la de menor puntuación y 5 la de mayor)

1.SOBRE LOS EXPOSITORES							
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5	
1. Conocimiento y dominio del tema							
2. Habilidad para comunicar y transmitir ideas							
3.habilidad para responder preguntas							
4. Habilidad para orientar al grupo hacia el objetivo de la capacitación							
5.Puntualidad							
6. Presentación personal							
7. Respeto de las ideas de los participantes							

2.SOBRE LA CAPACITACIÓN							
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5	
1. Contenido temático teniendo en cuenta su utilidad							
2. Utilidad de la capacitación							
3.habilidad para responder preguntas							
4. Logro de los objetivos propuestos							
5.La metodología utilizada en el curso permite identificar mejoras respecto al tema tratado							

3.PREGUNTAS DE LA CAPACITACION							
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5	
1. Fue su interés el tema tratado el tema explicado							
2. Le genero alguna preocupación las estadísticas de agua consumible en el mundo							
3.Permitiría la instalación de micro medidores							
4. Tenía conocimientos previos del uso eficiente del agua							

Figura 57. Encuesta realizada a satisfacción de la capacitación recibida. Fuente: Autores del proyecto.


Respuestas del barrio 1 marzo

1.SOBRE LOS EXPOSITORES						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Conocimiento y dominio del tema					5	10
2. Habilidad para comunicar y transmitir ideas					4	11
3.habilidad para responder preguntas						15
4. Habilidad para orientar al grupo hacia el objetivo de la capacitación						15
5.Puntualidad						15
6. Presentación personal						15
7. Respeto de las ideas de los participantes						15

2.SOBRE LA CAPACITACIÓN						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Contenido temático teniendo en cuenta su utilidad						15
2. Utilidad de la capacitación						15
3.habilidad para responder preguntas						15
4. Logro de los objetivos propuestos					2	13
5.La metodología utilizada en el curso permite identificar mejoras respecto al tema tratado					1	14

3.PREGUNTAS DE LA CAPACITACION						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Fue su interés el tema tratado el tema explicado				1	4	10
2. Le genero alguna preocupación las estadísticas de agua consumible en el mundo					1	14
3.Permitiría la instalación de micro medidores				3	1	11
4. Tenía conocimientos previos del uso eficiente del agua			4	2	3	6

Figura 58. Encuesta de capacitación realizada en el barrio Primero de Marzo. Fuente: Autores del proyecto.



Respuestas del hospital son 17

1.SOBRE LOS EXPOSITORES						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Conocimiento y dominio del tema					3	14
2. Habilidad para comunicar y transmitir ideas						17
3.habilidad para responder preguntas						17
4. Habilidad para orientar al grupo hacia el objetivo de la capacitación					2	15
5.Puntualidad						17
6. Presentación personal						17
7. Respeto de las ideas de los participantes						17

2.SOBRE LA CAPACITACIÓN						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Contenido temático teniendo en cuenta su utilidad				1	2	14
2. Utilidad de la capacitación					3	14
3.habilidad para responder preguntas						17
4. Logro de los objetivos propuestos				1	1	15
5.La metodología utilizada en el curso permite identificar mejoras respecto al tema tratado				2	2	13

3.PREGUNTAS DE LA CAPACITACION						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Fue su interés el tema tratado el tema explicado				2	1	19
2. Le genero alguna preocupación las estadísticas de agua consumible en el mundo						17
3.Permitiria la instalación de micro medidores			5	3	1	8
4. Tenía conocimientos previos del uso eficiente del agua					9	8

Figura 59. Encuesta de capacitación realizada en el hospital. Fuente: Autores del proyecto.



Respuesta en el colegio .19 personas

1.SOBRE LOS EXPOSITORES						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Conocimiento y dominio del tema						19
2. Habilidad para comunicar y transmitir ideas						19
3.habilidad para responder preguntas						19
4. Habilidad para orientar al grupo hacia el objetivo de la capacitación						19
5.Puntualidad						19
6. Presentación personal						19
7. Respeto de las ideas de los participantes						19

2.SOBRE LA CAPACITACIÓN						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Contenido temático teniendo en cuenta su utilidad					2	17
2. Utilidad de la capacitación						19
3.habilidad para responder preguntas						19
4. Logro de los objetivos propuestos						19
5.La metodología utilizada en el curso permite identificar mejoras respecto al tema tratado						19

3.PREGUNTAS DE LA CAPACITACION						
ITEM A EVALUAR	0	1	2	3	4	5
1. Fue su interés el tema tratado el tema explicado					2	17
2. Le genero alguna preocupación las estadísticas de agua consumible en el mundo				1	5	13
3.Permitiria la instalación de micro medidores			2	4	2	11
4. Tenía conocimientos previos del uso eficiente del agua					5	14

Figura 60. Encuesta de capacitación realizada en el colegio. Fuente: Autores del proyecto.

Con respecto a los expositores la encuesta arroja como resultado que es importante para la región fomentar este tipo capacitaciones ya que fue aceptada de la mejor forma por la comunidad, pues se sintieron muy agradecidos al recibir conocimientos impartidos que no estaban esperando.

Sobre la temática manejada en la capacitación, la mayoría de las personas encuestadas, afirmaron que la capacitación fue de mucha utilidad, ya que fue de fácil comprensión y entendimiento para todos los ciudadanos presentes, pues cabe resaltar que parte de la región corresponde a la zona rural y querer dar a expresar ideas que sean claras y entendibles debe ser de manera fácil y sencilla para que la población menos estudiada comprenda lo que se quiere compartir.

Con el último punto tocado en la encuesta se trató de generar incertidumbre sobre la importancia del agua en nuestra sociedad, en el mundo entero y la cantidad de agua consumible de la totalidad que existe, se logró generar conciencia de la importancia que representa cuidar este valioso recurso hídrico que no es infinito.

Conclusiones

La encuesta realizada sobre el estado actual del sistema de acueducto del casco urbano de San Calixto, dio como resultado que en la comunidad se ha generado inconformidad ya que no se garantiza la prestación del servicio durante las 24 horas del día. Con relación a la calidad del agua no se encuentra en buenas condiciones debido a que no cuenta con un adecuado proceso de tratamiento.

La infraestructura en su totalidad se encuentra en buen estado y cumple su función, pero la bocatoma es la única estructura que requiere de una restauración urgente ya que corre el riesgo de ser arrasada por el río al no contar con buenos muros de encauzamiento y un buen vertedero de excesos. A pesar de que las condiciones hidráulicas evaluadas son aceptables, cabe resaltar que los valores evaluados en su gran mayoría cumplieron debido a que se descartó el innumerable número de pérdidas generado por las conexiones clandestinas que se conectan inescrupulosamente a la conducción y a los tanques de almacenamiento.

Con el nuevo diseño de bocatoma calculado, se asegura que la rejilla de fondo no sufra taponamientos por la aglomeración de sedimentos sólidos que transporta el cauce, mejorando así las condiciones en el método empleado para captar el agua. Con relación al desarenador, con el nuevo diseño se cambia totalmente la manera como ingresa el agua en cada uno de sus componentes dado que anteriormente trabajaba con orificios y en el nuevo diseño todo trabaja

con vertederos, además que se implementó el vertedero de excesos que no existe en el desarenador actual.

Mediante la capacitación y las encuestas realizadas se logró dar a conocer a la comunidad la importancia que requiere el manejo del agua, haciendo un buen uso y ahorro eficiente de la misma, en donde la población capacitada se mostró comprometida a no malgastarla inoficiosamente.

Según la información recopilada en el estudio realizado es notorio que la empresa de servicios públicos no está cumpliendo su función a cabalidad ya que durante más de 23 años no realizan un estudio y mejoramiento del acueducto, tampoco regulan el tratamiento pues pese a los niveles de riesgo alto que se presentan en todas las pruebas, no efectúan ninguna medida de control para mejorar las condiciones que se presentan.

El sistema de acueducto presenta una falencia en el consumo de agua debido a que se presentan muchas conexiones ilegales que son utilizadas para riego y otros, en donde la empresa prestadora de servicio no toma cartas en el asunto por miedo a represalias en consecuencia al orden público que se vive en la región.

Recomendaciones

Para la bocatoma existente, con el fin de minimizar costos y reutilizar la estructura existente para su optimización, se recomienda realizar solo las modificaciones de la rejilla previamente establecidas por diseño, de igual forma para la preservación del dique se recomienda un recubrimiento en concreto con aditivos en sika para una mejor adherencia al concreto viejo como protección para el muro y el dissipador de energía al pie del muro.

Para el desarenador que se encuentra en buenas condiciones se recomienda una cubierta para que no se vea afectada por factores externos, que puedan generar taponamiento en la tubería por contaminación de vegetación, animales en general la flora y fauna que caracteriza al medio ambiente en donde se encuentra ubicado el desarenador.

Para la línea de aducción Bocatoma-Desarenador, es necesario implementar un recubrimiento de protección ya que la tubería no se encuentra bajo el nivel de terreno y puede ser un riesgo llegar a presentar una falla por deterioro de la misma tubería, por consiguiente se recomienda un recubrimiento en concreto pobre.

Se recomienda a la entidad prestadora de servicios públicos la implementación de micro medidores para que exista un mayor control del uso del agua y también se pueda regular una tarifa para cada usuario, disminuyendo así el desperdicio de agua.

A pesar de las dificultades que presenta el municipio de San Calixto en materia de orden público, se recomienda para la comunidad en general seguir impartiendo capacitaciones sobre el buen uso y ahorro eficiente del agua, para que la comunidad conozca la importancia de cuidar el preciado líquido.

Se recomienda a la entidad prestadora de servicios públicos del municipio de San Calixto Norte de Santander, desarrollar un estudio el cual vaya enfocado a establecer las condiciones actuales en las que se encuentra las redes de acueducto del mismo y de esta forma determinar un estimativo en cuanto al tiempo en que estas pueden brindar un servicio óptimo a la comunidad en lo referente a la distribución del agua potable.

Referencias

- Ávila Jiménez, C. (23 de marzo de 2015). ¿Cómo es el avance en la cobertura de acueducto en Colombia?. *El Tiempo*. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15445939>
- Reina P. (2010). Los Acueductos Romanos. *AMERITALIA*. Recuperado de <http://www.ameritalia.id.usb.ve/>
- Anónimo. (2010). Acueductos (Roma). *Mundohistoria.org*. Recuperado de http://www.mundohistoria.org/temas_foro/historia-la-ciencia-tecnologia/acueductos-roma.
- Florez, M. (2000). Esquema de ordenamiento territorial del municipio de San Calixto, Norte de Santander. San Jose de Cúcuta.
- Departamento Norte de Santander, Cúcuta. (2000) *EOT. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Calixto Norte de Santander*. 42-470.
- Beltran, A. L., & Abril Galindo, J. (2011). Análisis de Demanda y la Red de Distribución de Agua en el Municipio. Bogotá.
- Carrascal Muñoz, Willinton Hernesto & Lemus Sánchez, Jimena Paola. Programa de ahorro y uso eficiente del agua en el Municipio de San Calixto, Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta. 2007
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015). *Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado*. Recuperado de <http://www.superservicios.gov.co/content/download/11224/91303>
- Alcaldía San Calixto. (2016). *Servir con humildad hace la diferencia*. Recuperado de http://sancalixto-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtml#historia

Apéndices

Apéndice A. Topografía.

Ver archivo adjunto.

Apéndice B. Información recopilada.

Ver archivo adjunto.

Apéndice C. Registro fotográfico.

Ver archivo adjunto.

Apéndice D. Simulación hidráulica.

Ver archivo adjunto.

Apéndice E. Elementos diseñados.

Ver archivo adjunto.