

**PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE
TONA-SANTANDER**

JULIAN ANDRÉS DUEÑAS PUENTES

WALTER JOSÉ PLATA PINILLA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2011

**PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE
TONA-SANTANDER**

JULIAN ANDRÉS DUEÑAS PUENTES

WALTER JOSÉ PLATA PINILLA

PROYECTO DE GRADO

Requisito para optar al Título de ingenieros civiles

Director

MARIO GARCÍA SOLANO

Ingeniero Civil.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2011

Dedicatoria

Amí familia,

Carlos Dueñas, Lúgía Puentes,

Jhon y Camilo

Y a mí abuela querida Marina Hernández

*Por cosechar en mí semilla de amor, esfuerzo y responsabilidad que
hoy en día se convierten
en frutos de felicidad.*

A Cíndy Ferrer

Por hacer de cada momento a su lado, algo especial.

Y especialmente, dedico mí trabajo a Walter José,

Colega y Amigo.

Julián Andrés Dueñas Puentes

Dedicatoria

A Mi Abuela Eva Y mi Padre Antonio

*Por Ser ellos quienes desde el cielo me cuidan y me dan fuerzas para
seguir adelante en los momentos difíciles.*

A mi madre Gloria y mi hermano Joaquín

*Por inculcar en mí los valores que guían mi vida y me motivan a ser
mejor cada día.*

A Tatiana Murillo

*Por brindarle felicidad a mi vida y apoyarme incondicionalmente
en la obtención de este logro.*

Y Especialmente, dedico mi trabajo a Julián Andrés,

Colega y Amigo.

Walter José Plata Pinilla

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Ingeniero Mario García, director de este proyecto, quien gracias a su tiempo y disposición, fue el guía necesario para el feliz término de la tesis.

Al Ingeniero Néstor Contreras y familia quienes nos acompañaron en el desarrollo del proyecto brindándonos su amistad, apoyo y conocimientos.

Ingenieros Amparo Rodríguez, Cesar Rueda y Oscar Martínez de la Gobernación de Santander, quienes nos ayudaron y dedicaron el tiempo suficiente para orientarnos en los momentos difíciles.

A la alcaldía del municipio de Tona, en especial a Leydy Medina, directora de la oficina de servicios públicos por el apoyo a la realización del proyecto.

Y a Nuestros Familiares y Amigos quienes aportaron su granito de arena en nuestro crecimiento personal e intelectual para alcanzar este logro, especialmente a Javier, Fabio, Sergio, Jhon Freddy, Nicolás, Andrés, Luis Gabriel y Edgar Peña.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. OBJETIVOS	22
1.1 OBJETIVO GENERAL	22
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	22
2. MARCO DE REFERENCIA.....	23
2.1 MARCO HISTÓRICO	23
2.2 MARCO CONCEPTUAL	24
2.3 MARCO LEGAL	29
3. INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO	31
3.1 LOCALIZACIÓN.....	31
3.2 LÍMITES DEL MUNICIPIO	32
3.3 CLIMA Y VEGETACIÓN	32
3.4 TOPOGRAFÍA Y RELIEVE	33
3.5 HIDROLOGÍA	34
3.6 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	36
3.7 INFRAESTRUCTURA VIAL	37
3.8 ASPECTOS AMBIENTALES.....	38
4. METODOLOGÍA	39
4.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA A INVESTIGAR.	39
4.2 INFORMACIÓN CATASTRAL Y TOPOGRÁFICA.....	39
4.3 PROYECCIÓN FUTURA DEL SISTEMA.	39
4.4 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO.....	40

4.5	IDENTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEL SISTEMA.	40
4.6	INVENTARIO Y TRAZADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.	42
4.7	MODELAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.	42
4.8	PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES DEL SISTEMA.	42
4.9	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN Y CONCLUSIONES PARA ENTREGA FINAL.....	42
5.	DEMANDA Y OFERTA HÍDRICA DEL MUNICIPIO	43
5.1	NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	43
5.2	POBLACIÓN	43
5.2.1	Población Actual.....	43
5.2.2	Población Futura	44
5.3	CÁLCULO DE LA DOTACIÓN	48
5.4	DOTACIÓN BRUTA.....	49
5.5	DEMANDA DE AGUA	51
5.5.1	Caudal Medio Diario	51
5.5.2	Caudal Máximo Diario	51
5.5.3	Caudal Máximo Horario	53
5.6	OFERTA HÍDRICA.....	54
6.	DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE ACUEDUCTO	57
6.1	CONCESIÓN DE AGUAS	59
6.1.1	Diagnóstico.....	60
6.2	CAPTACIÓN	60
6.2.1	Captación Quebrada Alto Tomasa.....	61
6.2.2	Captación Quebrada Villa Cristina.....	62
6.2.3	Diagnóstico.....	63
6.3	ADUCCIÓN.....	65
6.3.1	Aducción captación quebrada Alto Tomasa.....	65

6.3.2	Aducción captación quebrada Alto Tomasa.....	66
6.3.3	Diagnóstico.....	67
6.4	DESARENADORES.....	67
6.4.1	Desarenador Alto Tomasa.....	68
6.4.2	Desarenador Quebrada Villa Cristina	69
6.4.3	Diagnostico.....	70
6.5	TRATAMIENTO	71
6.5.1	Análisis de la capacidad de potabilización de la planta.....	73
6.5.2	Análisis de la calidad de agua	75
6.5.3	Diagnóstico.....	75
6.6	ALMACENAMIENTO	78
6.6.1	Diagnóstico.....	78
6.7	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	79
6.7.1	Diagnóstico.....	79
6.8	MACROMEDIDORES Y MICROMEDIDORES.....	80
6.8.1	Diagnóstico.....	80
7.	EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS	82
7.1	PÉRDIDAS DE AGUA TRATADA	82
7.2	PÉRDIDAS DE AGUA CRUDA	84
8.	IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS	89
8.1	DETECCIÓN DE FUGAS.....	89
8.2	CONEXIONES FRAUDULENTAS.....	91
8.3	EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS MICROMEDICIÓN	92
8.3.1	Errores De Toma De Medición:	94
8.3.2	Estado De Los Micromedidores:.....	96
8.4	CONCLUSIÓN	98
9.	BALANCE ECONÓMICO.....	101
9.1	AGUA QUE SE PIERDE Y NO SE FACTURA	101

9.2	AGUA QUE SE TRATA INNECESARIAMENTE	102
9.2.1	Dosificación de cloro	102
9.2.2	Dosificación del sulfato de aluminio Tipo A.....	106
10.	CATASTRO DEL SISTEMA.....	111
10.1	SOFTWARE UTILIZADO	111
10.2	TEMAS CREADOS	112
10.2.1	Manzanas.....	112
10.2.2	Predios	113
10.2.3	Vías	114
10.2.4	Puntos De Interés.....	115
10.2.5	Red De Acueducto	116
11.	MODELO DE LA RED	117
11.1	SOFTWARE UTILIZADO	117
11.2	CONDICIONES DE LA SIMULACIÓN.....	117
11.3	MODELO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	118
11.4	MODELO DE LA SITUACIÓN A FUTURO	122
12.	PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN.....	125
12.1	SUSPENDER EL CAUDAL CAPTADO DE LA QUEBRADA VILLA CRISTINA.....	125
12.2	OPTIMIZAR LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN.....	126
12.3	OPTIMIZAR EL MANEJO DE LOS EXCESOS	129
12.4	CONSTRUCCIÓN DE LABORATORIO	129
12.5	MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN	130
12.6	REUBICAR LA POSICIÓN DEL MACROMEDIDOR	134
12.7	CALIBRAR LOS MICROMEDIDORES.....	135
12.8	CAPACITACIÓN DEL OPERARIO.....	135
12.9	SENSIBILIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.....	136

13. CONCLUSIONES.....	138
BIBLIOGRAFIA.....	141
ANEXOS.....	143

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Microcuencas Del Municipio De Tona.	35
Tabla 2. Asignación Del Nivel De Complejidad	43
Tabla 3. Métodos Para Calcular La Población Futura Según El Nivel De Complejidad	44
Tabla 4. Dotación Neta Por Habitante Según Nivel De Complejidad	48
Tabla 5. Dotación Neta Según Uso Escolar	49
Tabla 6. Porcentajes Máximos De Pérdidas.....	50
Tabla 7. Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , según el Nivel de Complejidad del Sistema	52
Tabla 8. Coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución	53
Tabla 9. Aforos En Las Fuentes De Abastecimiento Del Municipio	55
Tabla 10. Oferta Hídrica Del Municipio	56
Tabla 11. Tarifas Por Concepto De Acueducto	59
Tabla 12. Registros Mensuales Del Macromedidor Y Micromedidores En El Año 2010	83
Tabla 13. Porcentaje De Pérdidas De Agua Tratada.....	83
Tabla 14. Caudales Captados De La Quebrada Villa Cristina según La Época Del Año	85
Tabla 15. Volúmenes De Agua Perdidos En los Reboses De Excesos.....	86
Tabla 16. Volumen Total De Agua Cruda Utilizada Por El Municipio De Tona.....	87

Tabla 17. Porcentaje De Pérdidas De Agua Cruda	88
Tabla 18. Pérdidas Económicas Por Agua Cruda	101
Tabla 19. Costo Actual Del Tratamiento Del Cloro Al 70% (500 Gr/Día)	103
Tabla 20. Costo Del Tratamiento Propuesto Del Cloro Al 70% (2,15 Gr/ M^3)	104
Tabla 21. Costo Del Tratamiento Optimo Del Cloro Al 70% (2,15 Gr/ M^3)	105
Tabla 22. Costo De Las Alternativas De Suministro De Cloro.....	106
Tabla 23. Costo Del Tratamiento Actual Del Sulfato De Aluminio Tipo A (100 Gr/Día)	107
Tabla 24. Costo Aproximado Tratamiento Propuesto Del Sulfato De Aluminio Tipo A (20 Gr/ M^3)	108
Tabla 25. Costo Del Tratamiento Optimo Del Sulfato De Aluminio Tipo A (20 Gr/ M^3)	109
Tabla 26. Costos De Las Alternativas De Suministro Del Sulfato De Aluminio ...	110
Tabla 27. Caudal Por Usuario	119
Tabla 28. Caudal Institucional	120

LISTADO DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Localización Del Municipio	31
Imagen 2. Bocatoma Quebrada Alto Tomasa	61
Imagen 3. Bocatoma Quebrada Villa Cristina	62
Imagen 4. Rebose Quebrada Alto Tomasa	63
Imagen 5. Excesos Quebrada Villa Cristina	64
Imagen 6. Contaminación En EL Alcantarillado De Agua Captada	64
Imagen 7. Deficiencias En Aducción De Villa Cristina.....	67
Imagen 8. Desarenador Alto Tomasa.....	68
Imagen 9. Desarenador Villa Cristina.....	69
Imagen 10. Estructura De Entrada Al Desarenador Alto Tomasa	70
Imagen 11. Tanque De Mezcla Rápida	71
Imagen 12. Módulo De Floculación Y Sedimentación.	71
Imagen 13. Canaleta	72
Imagen 14. Bombeo	72
Imagen 15. Tubería De Excesos	72
Imagen 16. Filtración.....	72
Imagen 17. Exceso De Agua En La Medición Del Caudal	76
Imagen 18. Mala Dosificación Del Sulfato De Aluminio.....	76
Imagen 19. Pocas Pantallas Para El Tiempo De Sedimentación	77

Imagen 20.	Tanque De Almacenamiento	78
Imagen 21.	Macromedidor Planta De Tratamiento	80
Imagen 22.	Identificación De Fugas Mediante Geófono.....	90
Imagen 23.	Conexión Fraudulenta Del Parque Principal.....	91
Imagen 24.	Conexión Fraudulenta De Vivienda	92
Imagen 25.	Visualización Del Tema Manzanas.....	112
Imagen 26.	Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Manzanas	112
Imagen 27.	Visualización Del Tema Predios	113
Imagen 28.	Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Predios	114
Imagen 29.	Visualización Del Tema Vías	114
Imagen 30.	Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Vías	115
Imagen 31.	Visualización Del Tema Puntos De Interés	115
Imagen 32.	Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Puntos De Interés	115
Imagen 33.	Visualización Del Tema Puntos De Red De Distribución.....	116
Imagen 34.	Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Red De Distribución	116
Imagen 35.	Curva De Modulaci3n	119
Imagen 36.	Modelo De La Situaci3n Actual	120
Imagen 37.	Sectores Con Presiones Altas	121
Imagen 38.	Variaci3n De La Presi3n.....	122
Imagen 39.	Modelo Situaci3n Futura.....	123
Imagen 40.	V3lvula Reguladora Para Planta De Tratamiento	127

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Certificacion De Trabajo Por Parte Del Municipio De Tona.....	144
ANEXO B. Concesión De Aguas Expedida Por La Cdmb Para El Municipio De Tona-Santander	146
ANEXO C. Resultados De Analisis Fisico-Quimicos Y Microbiologicos Realizados A Las Fuentes De Agua Del Municipio	154
ANEXO D. Detalle Optimizacion De La Unidad De Floculación	165
ANEXO E. Planos.....	167

RESUMEN

TITULO:

PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TONA-SANTANDER.¹

AUTORES:

DUEÑAS PUENTES, Julián Andrés.

PLATA PINILLA, Walter José.²

PALABRAS CLAVES: Caudal De Diseño, Sistema De Acueducto, pérdidas de agua, optimización, planta de tratamiento.

El plan de ahorro y uso eficiente del agua, es un proyecto que estableció el gobierno colombiano mediante el decreto de la ley 373 de 1997 para la protección y preservación de un recurso vital, el agua. Por este motivo, en Tona un municipio de Santander cuya cabecera se encuentra ubicada a 37 Km de Bucaramanga, se llevo a cabo dicho plan con el objetivo de cumplir con los principios establecidos por la legislación nacional, y así mismo ayudar en brindar una mejor calidad de vida para los habitantes de la región.

Este documento contiene la descripción y el diagnóstico actual de la planta de tratamiento de potabilización de agua y la red de distribución, donde se evalúa el estado de cada una de las unidades de los procesos y las fallencias que presentan los mismos en su funcionamiento.

Con la información recopilada, el análisis de la situación actual y haciendo una proyección futura de 25 años se hace la evaluación técnica de la funcionalidad de los componentes del sistema de acueducto y el modelamiento de la red de distribución en el software EPANET para determinar la calidad del servicio desde la captación en la fuente hasta la entrega a los usuarios del casco urbano.

A partir de esto, se plantean soluciones técnicas administrativas y de sensibilización para mejorar la infraestructura de las unidades y se adiciona un sistema de información geográfica que se convierten en herramientas para brindar un óptimo servicio y hacer del acueducto del municipio de Tona un sistema controlado y eficiente.

¹ Trabajo De Grado

²Facultad De IngenieriaFisico-Mecanica. Escuela De Ingenieria Civil. Director: Mario Garcia Solano. Universidad Industrial De Santander.

SUMMARY

TITLE:

THE SAVINGS PLAN AND EFFICIENT USE OF WATER TOMUNICIPALITY OF TONA - SANTANDER³

AUTHORS

DUEÑAS PUENTES, Julián Andrés.

PLATA PINILLA, Walter José.⁴

PALABRAS CLAVES: Desing flow, aqueduct system, wáter losses, optimize, Treatment Plants .

The savings plan and efficient use of water, is a project that established the Colombian government by the law decree 373 of 1997 for the protection and preservation of a vital resource, water. For this reason, in Tona, a municipality of Santander whose head is located 37 km away from Bucaramanga in the eastern part of the Republic of Colombia was carried out this plan in order to comply with the principles established by national legislation and likewise, help providing a better life quality for the inhabitants of the region.

This document contains the description and the current diagnosis of the treatment plant and the potable water distribution system. The state review of each process unit and the failures they show on their operation are also shown in the diagnosis.

With the information gathered, the analysis of the current situation and the 25 years future projection done, the technical evaluation of the functionality of the aqueduct components and the distribution network modeling, using EPANET software, are done in order to determine the service quality from the collection at source to the delivery process for urban users.

From this study, technical, administrative and sensitizing solutions are proposed to improve the infrastructure of the units, provide an excellent service and help in saving and the efficient use of water.

Finally, the conclusions of the results are presented and a geographic information system is added. This information system becomes a tool that would help in the process of keeping Tona's aqueduct as a controlled and efficient system.

³Degree Project.

⁴Physique-mechaniques faculty.Civil Engineering School.Director: Ing. Mario García Solano. Universidad Industrial De Santander.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos en su afán de modernizar su entorno para lograr su bienestar, no tienen en cuenta el daño que producen sus acciones sobre la naturaleza acabando día a día con importantes fuentes de recursos naturales y quizás por ignorancia está destruyendo la posibilidad a futuras generaciones de conocer y disfrutar de los privilegios de nuestro entorno actual desde el punto de vista estético y funcional.

El agua es uno de aquellos recursos que se ha visto afectado de buena manera por la acción del hombre ya que es imprescindible para el ser humano, y a pesar de su gran extensión presente en el planeta su disponibilidad es reducida, lo anterior sumado a la contaminación, el mal uso, los costos de captación, transporte y potabilización lo convierten en un recurso limitado que debe preservarse.

Teniendo en cuenta que el uso del agua está muy relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales y dada su condición limitada para acceder a él, se ha hecho necesaria la implementación del concepto de *uso eficiente del agua*, este concepto se ha definido de muchas maneras, pero tal vez el que mejor expresa su sentido es la cual enuncia que el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad.

Por esta razón, en el presente trabajo se realiza una valoración de la condición actual del uso del agua en el municipio de Tona, estimando sus pérdidas, diagnosticando los componentes actuales de su acueducto y evaluando su capacidad para atender la demanda de una población futura a 25 años, esto con el fin necesario de promover diferentes acciones que favorezcan el mejoramiento de la calidad de agua y que fomente la conservación del líquido.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar, conforme a los principios establecidos por la legislación nacional, el plan de ahorro y uso eficiente del agua para el municipio de Tona.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Evaluar las pérdidas en abastecimiento de cada una de las partes que componen el sistema de acueducto del municipio Tona Santander, desde la Bocatoma hasta la entrega al usuario.
- Proponer soluciones administrativas, técnicas y de sensibilización para minimizar las pérdidas existentes en el sistema de acueducto del municipio.
- Realizar el inventario y trazado de las redes de distribución del sistema de acueducto del municipio.
- Analizar y proponer mejoras al sistema de acueducto del municipio de Tona con una proyección futura de 25 años como según ordena la norma técnica RAS para un nivel de complejidad baja.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO HISTÓRICO

Mediante el decreto de la ley 373 de 1997 el gobierno colombiano estableció el *Programa Para El Uso Eficiente Y Ahorro Del Agua*, el cual deberá estar incorporado obligatoriamente en cualquier actividad ambiental a nivel regional y municipal por las entidades encargadas de la prestación y utilización del recurso hídrico.

La creación de esta ley se hizo necesaria dadas las condiciones de desigualdad en el acceso al servicio de agua y la degradación de la calidad del mismo, producto de la acción de agentes contaminantes que derivan en problemas de salud, por lo cual se busca crear la participación activa de la comunidad con el fin de obtener un servicio integral que cumpla con los estándares de calidad para el consumo humano.

Como complemento a la iniciativa de fomentar acciones en pro del uso eficiente y conservación del recurso hídrico, el gobierno nacional expide en diciembre de 1997 el Decreto 3102 que reglamenta el Artículo 15 de la Ley 373 de 1997 mediante el cual se obliga a los usuarios a hacer buen uso del servicio de agua potable y reemplazar aquellos equipos y sistemas que causen fugas de aguas en las instalaciones internas por equipos de bajo consumo.

De igual manera, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT apunta a fortalecer el ahorro del agua teniendo en cuenta las estrategias de producción más limpia PML, concepto que fue introducido por la oficina de industria y medio ambiente del programa de las naciones unidas para el medio ambiente (UNEP) en 1989 con el fin de implementar y mejorar la eco- eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

Por esta razón, es necesario convertir en hábitos diarios las acciones que prevengan la pérdida del agua, dichas acciones deben tener sentido social y económico en beneficio de la conservación del recurso y el mejoramiento de su servicio.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

AGUA: Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

CAPTACIÓN: Conjunto de obras proyectadas sobre fuentes hídricas con el fin de tomar agua para el abastecimiento.

CAUDAL MÁXIMO DIARIO: Corresponde al consumo máximo registrado durante veinticuatro horas a lo largo de un período de un año.

CAUDAL MÁXIMO HORARIO: Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora a lo largo de un período de un año.

CAUDAL MEDIO DIARIO: Corresponde al consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un periodo de un años.

COAGULACIÓN: Aglutinación de partículas tanto coloidales como suspendidas en el agua producto de la desestabilización química por adición de coagulantes.

CONSUMO: Cantidad de metros cúbicos de agua recibida por un usuario en un período determinado y registrada mediante un medidor en correcto funcionamiento o a través de un estimativo del promedio de los registros de los últimos 6 meses.

CONSERVACIÓN DEL AGUA: En la literatura se encuentra el término conservación del agua, que la USEPA (1998) define como: cualquier reducción benéfica en las pérdidas de agua, generación de residuos o uso. Es un concepto más limitado porque se centra en la reducción de pérdidas y el uso, y no tanto en el uso eficiente de agua. Además, el término puede generar algunas confusiones, ya que puede ser interpretado como la manera de conservar o preservar agua para el futuro, por ejemplo, en una represa.

DESARENADOR: Estructura hidráulica destinada para la remoción de partículas de cierto tamaño que pasan por la captación de una fuente y se sedimentan mediante un proceso mecánico.

DESINFECCIÓN: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

DOTACIÓN: Cantidad de agua asignada para el consumo de una población o un persona en un tiempo de terminado, se expresa en termino de litros por habitante por día o unidades equivalentes.

FILTRACIÓN: Proceso mediante el cual, a través de un medio poroso, se separan partículas y microorganismos suspendidos en el agua que no han sido retenidos en los procesos iniciales de potabilización de agua.

FLOCULACIÓN: Proceso mediante el cual se aglutinan partículas coloidales presentes en el agua debido a una agitación lenta de la suspensión coagulada.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

FUGA: Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques o fallas en las uniones entre las tuberías y accesorios.

MACROMEDICIÓN: Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que esta siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Conjunto de actividad que se llevan acabo en un equipo, instrumento o estructura, con el proposito de que opere a su maxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas.

MICROMEDICIÓN: Sistema de medición de volumen de agua destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado periodo de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

PRINCIPIOS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA:

1. La eficiencia en el uso del agua incluye cualquier medida que reduzca la cantidad por unidad, que se utilice en una actividad dada, y que sea consistente con el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua.
2. El uso del agua en la mayoría de las actividades socioeconómicas puede variar ampliamente, dependiendo ello de la interacción de muchos factores.

3. La cantidad de atención prestada a la eficiencia del uso del agua es directamente proporcional a los precios cobrados por el servicio.
4. El alza de precios conduce a un aumento en la atención de las características del uso del agua y, a largo plazo, a un uso más eficiente.
5. Cuando los precios del agua reflejan todos los costos sociales del desarrollo de suministros, se crean incentivos para la utilización eficiente y racional del recurso, reflejando su valor en la producción o en sus varios otros usos.
6. Las actitudes, los gustos y las preferencias del pueblo originan consideraciones de importancia para alcanzar un incremento en la eficiencia del uso del agua.
7. La eficiencia en el uso del agua es en parte una respuesta a los derechos de propiedad que prevalecen en la sociedad. Mientras más propiedad privada exista, más se utilizan las prácticas de la eficiencia del agua.
8. Cuando los recursos son evaluados correctamente en proporción a su contribución y su productividad, existe el incentivo, a través de las fuerzas de la oferta y demanda, para utilizar esos recursos eficientemente a través de la introducción de cambios tecnológicos.
9. La calidad y cantidad del agua están estrechamente entrelazadas, de tal forma que las acciones dirigidas hacia el incremento de la eficiencia del uso del agua pueden tener un impacto sobre su calidad, y viceversa.
10. Los pasos tomados para el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua deben ser formalmente evaluados comparándolos con los múltiples criterios existentes.

RAS: reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico

SISTEMA DE ACUEDUCTO: Conjunto de obras, equipos y materiales empleados por la entidad para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO: Conjunto de obras, equipos y materiales empleados por la entidad para la recolección, transporte, tratamiento y evacuación de los residuos líquidos desde la fuente productora hasta el sitio de disposición final.

USO EFICIENTE DEL AGUA: Este término contiene tres aspectos importantes: el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, a través de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez, (el agua dulce es un recurso escaso, finito y limitado) que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socio-económicos y de género. El uso eficiente del agua implica, entonces, cambiar la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda de recursos, “predecir y abastecer” hacia una gestión estratégica e integral de la demanda de agua, que implica modificar las prácticas y los comportamientos de los diferentes sectores de usuarios del agua, para maximizar el uso de la infraestructura existente, de tal manera que se puedan aplazar las grandes inversiones en el sector y se pueda aumentar la cobertura hacia sectores necesitados y vulnerables, de cara a las metas de desarrollo del milenio, (Millennium Development Goals, MDG).

2.3 MARCO LEGAL

Para la elaboración del plan de ahorro y uso eficiente del agua se debe tener en cuenta las consideraciones legales establecidas en las siguientes leyes y decretos los cuales soportan su estructura:

DECRETO LEY 2811 / 1974: por el cual se dicta el *Código De Los Recursos Naturales Renovables Y Protección Al Medio Ambiente*.

DECRETO 1594 DE JUNIO 26 DE 1984: Usos del Agua y Residuos Líquidos.

LEY 99 DICIEMBRE DE 1993: Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental SINA.

LEY 373 DE 1997: Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

DECRETO 3102 DE 1997: Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.

DECRETO 475 DE 1998: Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.

DECRETO NÚMERO 3100 DE 2003: Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

DECRETO NÚMERO 155 DE 2004: Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones

DECRETO 1575 DE 2007: Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 DE 2007: Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

3. INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO

3.1 LOCALIZACIÓN

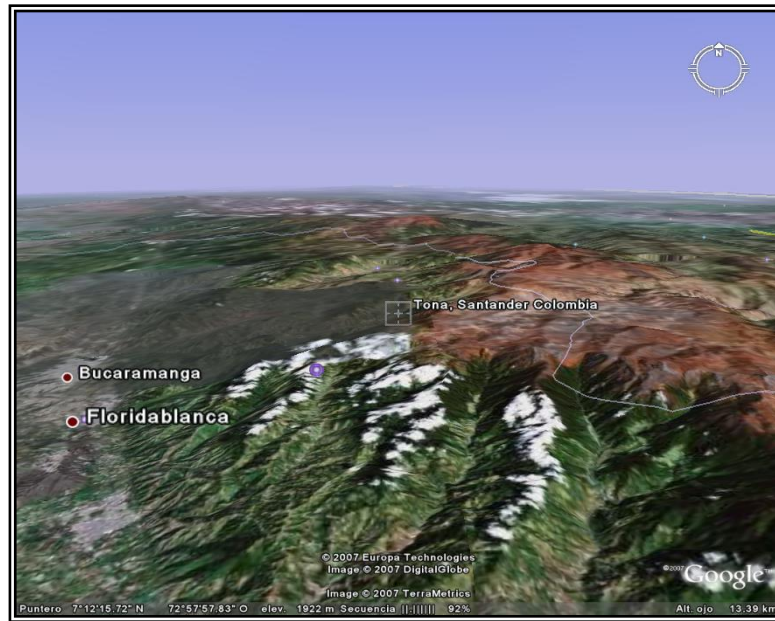


Imagen 1.Localización Del Municipio

El municipio de Tona está ubicado en la República de Colombia, en el Departamento de Santander a los 7° - 15' de latitud norte y a 73° - 03' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. La cabecera municipal está ubicada a 37 Km. de Bucaramanga, con una temperatura promedio de 18 grados centígrados y se extiende sobre un plano inclinado a una altura de 1909 metros sobre el nivel del mar, su mayor altura alcanza los 3700 metros y la mínima 1100 metros. Tona cuenta con una superficie de 339.37 Kms² y tiene precipitaciones que oscilan entre los 760 y 1020 mm por año, con épocas de veranos cortos a principios y mediados del año.

Geográficamente el Municipio de Tona se encuentra localizado en el Nororiente de la cuenca superior del río Lebrija, en la provincia de Soto, Departamento de

Santander, sobre el cordón magistral de la cordillera Oriental. Corresponde esta región a la parte alta de la cordillera oriental que va marcando su eje y sirve al mismo tiempo de límite por el oriente a Santander y Boyacá, esta parte está constituida con piso del cretáceo mezclado con rocas ígneas y rocas metamórficas.

3.2 LÍMITES DEL MUNICIPIO

El municipio de Tona Limita al norte con los municipios de Charta y Vetas, al sur con Santa Bárbara, Piedecuesta y Floridablanca, al occidente con Bucaramanga, al oriente con el Departamento de Norte de Santander, pertenece a la provincia de Soto, tiene una extensión de 339.37 Kms², posee temperaturas medias entre los 6 y los 22 °C y precipitaciones anuales entre 760 y 1.020 mm, predominan los climas fríos a muy fríos, ubicado en las zonas de vida bosque húmedo premontano, bosque húmedo montano bajo y páramo subandino.

Según el último censo de población y vivienda realizado en 2005, la población del Municipio de TONA fue de 6.651 habitantes que se distribuye en 19 veredas y el casco urbano, este último con una población de 532 habitantes ubicados en 181 viviendas.

3.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

La gran mayoría del área donde se asienta el municipio de Tona corresponde al clima y vegetación que se presenta en Bosques húmedos pre montano (1.200 a 2.000 msnm), bosques húmedos montano bajo (1000 a 2000 msnm) y en paramos subandino (1900 a 2700 msnm).

En el área del municipio la recopilación de información para el clima se realiza en las estaciones pluviométricas del El Gramal y La Mariana manejadas por la CDMB, además de la estación meteorológica de Berlín a cargo del IDEAM.

La estación pluviométrica del Gramal presenta dos temporadas de lluvias entre Abril - Mayo y Octubre - Noviembre con un promedio para este corto periodo 773.05 mm, bajo posiblemente por los pocos registros.

En el caso de la Mariana presenta también un comportamiento Bimodal con un periodo de lluvias entre Abril – Junio y un segundo periodo entre Septiembre – Octubre con un promedio anual de 1317 mm anuales para el periodo correspondiente 1988-1996.

Para la estación de Berlín se muestra un comportamiento Bimodal con dos temporadas de lluvia en los meses de abril - mayo y septiembre - octubre, y ubicándose en promedio los meses de enero 12.1 mm y diciembre 21,7 mm como los más secos; Berlín es considerado como un páramo seco con 720.55 mm anuales para el periodo 1979 – 1999 (Figura 6).

La temperatura guarda un comportamiento estable durante el año, con un promedio anual 8,7° C para el periodo 1979 – 1999 manifestándose como los más fríos en el promedio los meses enero 8.4° C; julio 8,2° C y la mayor temperatura en mayo 9,1° C.

3.4 TOPOGRAFÍA Y RELIEVE

El municipio de Tona forma parte de las tierras de montaña de la vertiente occidental de la cordillera oriental, el 42% de su superficie corresponde a un relieve bajo y ondulado con pendientes moderadas (6 al 30%), un 37% del área corresponde a terrenos quebrados con pendientes entre los 31 y 70% y el 21% del

área son terrenos muy escarpados con pendientes superiores al 71%. Los suelos en su mayoría presentan un alto grado de deterioro por procesos erosivos, de textura franco-arenosa, moderadamente profundos y buen drenaje.

3.5 HIDROLOGÍA

En el Municipio de Tona se encuentran seis microcuencas que forman parte de la cuenca del río Tona, y poseen un importante potencial hídrico, debido a la producción generada por el bosque de niebla y demás formaciones vegetales presentes en la zona, dichas microcuencas se muestran en la **Tabla 1**

Tabla 1. Microcuencas Del Municipio De Tona.

Microcuenca	Vereda	Afluente	Area (Ha)	Caudal (Lt/Seg)
Tona Alta	Alizal Tembladal	La Chorrera	4.547	591
		Los Arcos		
		Río Sucio		
		Solasquilla		
		Capilla		
		El Palmar		
Tona Medio	Palmar Pitones Pirgua Chiscapá	Bernabé	3.247	775
		Lúcura		
		Pirgua		
		Guayabal		
		Marcela		
		San Cayetano		
		Chiscapá		
Tona Bajo	Babilonia Caragua Montechiquito Palmas	Chorrerón	1.726	671
		Hoyo Frío		
		La Honda		
		Monserate		
		El Volante		
Golondrinas	Guarumales	Golondrinas	5.006	1587
		La Mesa		
		Montecristo		
		Guarumales		
		La Plazuela		
Armania	El Quemado Vegas Armania	Nueva York	2.905	589
		Cara Blanca		
		Calichana		
		Morrochiquito		
		El Salto		
Rio Jordan	Juan Rodríguez Clara Saladito Ucata Cuestaboba	Cuestaboba Lúcura Arenales El Salado Parra	16.200	700

Fuente: CDMB. Programa Agropecuario Municipal de Tona. 1993. EOT1, Gradex2.

3.6 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

La economía del municipio descansa fundamentalmente en el área rural con el desarrollo agropecuario, por lo cual el casco urbano no presenta mayores actividades económicas, las principales actividades productivas son la ganadería y la agricultura, aunque estas no presentan ventajas comparativas para participar en el mercado, los niveles de producción son de subsistencia con algunos excedentes para el mercado regional.

Se considera que la principal potencialidad del municipio está en contar con los diferentes pisos térmicos que le permiten una producción diversificada en cultivos agrícolas (Cebolla junca, maíz, café, apio, frijol) y pecuarios (ganadería, avicultura). La industria láctea constituye un producto con reconocimiento regional y departamental. Sin embargo todos estos productos han tenido una baja en los últimos años en el precio de sustentación del mercado, hecho que se ve reflejado en ingresos de la población siendo un desestimulo para la ampliación de la frontera agrícola y la inversión privada.

El turismo se considera como la gran actividad por desarrollar ya que el municipio cuenta con extraordinarios sitios de interés para este renglón de la economía. Otra potencialidad es la tenencia de la tierra en minifundios es una gran oportunidad para el desarrollo de pequeñas granjas integrales que garantizan la seguridad alimentaria de las familias y la sostenibilidad económica y ambiental.

La actividad minera se ha desarrollado específicamente en la extracción de mármol y calizas. La extracción de mármol se realiza en la vía que comunica al corregimiento de Berlín con la cabecera del municipio de Vetás. La explotación de calizas se realiza al costado de la vía entre Bucaramanga y Berlín en cercanías del peaje.

3.7 INFRAESTRUCTURA VIAL

El Municipio de Tona posee una vía carreteable que comunica a la cabecera con el Km 18 de la vía Bucaramanga - Cúcuta tiene una longitud de 19 kilómetros; un ramal carreteable en regular estado que comunica a las Veredas Vegas, El Quemado, Arnania en una longitud aproximada de 15 kilómetros; otro ramal carreteable comunica a Tona con El Gramal (7 kilómetros) y se extiende hasta el Corregimiento de Berlín en una longitud de 15 kilómetros, esta vía se encuentra en pésimas condiciones. Las otras Veredas en su mayoría se comunican con la cabecera municipal a través del carreteable del kilómetro 18 – Cabecera municipal. Internamente las Veredas poseen algunos senderos o trochas en regular estado.

La comunicación con las Veredas situadas en el Corregimiento de Berlín se realiza por carretera pavimentada desde Bucaramanga vía a Cúcuta en una longitud aproximada de 56 kilómetros.

Además posee unas vías carreteables en proceso de reacondicionamiento que comunica al Corregimiento La Corcova pasando por las Veredas Caragua Alto hasta el sitio conocido como Hoyo Frío sobre la vía Tona - Km 18, con una longitud aproximada de 12 kilómetros y otra vía que va desde Golondrinas hasta la Vereda Guarumales con una longitud aproximada de 6 kilómetros.

El mantenimiento de las vías lo hace actualmente el municipio. Tienen maquinaria para este trabajo pero se encuentra en mal estado.

En la cabecera municipal todas las vías urbanas se encuentran pavimentadas en concreto, el sentido es doble con una sección entre 5 y 7 mts; cuentan con iluminación pública y anden.

3.8 ASPECTOS AMBIENTALES

La inexistencia de un adecuado manejo de las aguas servidas en el casco urbano del municipio genera un alto grado de contaminación debido a que son depositas sobre el Río Tona, al igual sucede con corregimientos de Berlín sobre Río Jordán y Pescadero, el Barrio Villa Verde sobre la Quebrada Golondrinas y La Corcova donde se depositan sobre el suelo directamente las aguas servidas provenientes de cada predio; esto hace necesario la implementación de una adecuada red de servicios y establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales que permita otorgar el manejo adecuado.

En cuanto al manejo de los residuos sólidos los usuarios no poseen una educación ambiental que les permita ser conscientes del manejo de ellos, los procesos de selección en casa, y las consecuencias de adquisición de gran número de empaques, bolsas plásticas y otros residuos de difícil manejo.

La aplicación de productos organoclorados y organofosforados en las labores agrícolas de cultivo de la cebolla sin la utilización de una franja de protección para los cauces de las diferentes quebradas del corregimiento de Berlín, está afectando la calidad de este recurso, como fue determinado para el cauce del Río Jordán y Quebrada Piedras blancas.

4. METODOLOGÍA

La metodología fue definida según los ítems enunciados en el cronograma y se llevo a cabo siguiendo los pasos dados a continuación

4.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE EL TEMA A INVESTIGAR.

Se buscó la información de estudios y publicaciones similares de diferentes fuentes y se organizaron los archivos recolectados.

4.2 INFORMACIÓN CATASTRAL Y TOPOGRÁFICA.

Se realizó la recopilación de la información topográfica y catastral existente del sector, con la ayuda de la administración municipal de Tona.

4.3 PROYECCIÓN FUTURA DEL SISTEMA.

Haciendo el análisis y proyección a futuro del sistema se calculó la demanda de agua de la población según el procedimiento indicado en la norma RAS 2000 y sus respectivos cambios realizados en el año 2008, lo cual se realizó mediante los siguientes pasos

- Estimación la Población futura a la cual el sistema deberá abastecer dentro de los próximos 25 años.
- Asignación de la dotación neta y cálculo de la dotación bruta del sistema.

- Cálculo de la demanda de agua futura en términos de caudales medio diario, máximo diario y máximo horario.

4.4 DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO.

Se realizó un análisis del sistema actual de acueducto y la planta de tratamiento, al igual que se realizó una evaluación teórica de su capacidad en funcionamiento. Este proceso se llevó a cabo siguiendo los pasos dados a continuación.

- Visita a todas las partes que componen el acueducto para revisar el estado de su infraestructura y verificar su funcionamiento.
- Diagnóstico de la capacidad de tratamiento de los componentes del sistema de potabilización.
- Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad tanto del agua captada como de la tratada por la planta de acueducto en diferentes puntos del municipio.

4.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DEL SISTEMA.

Se hicieron varias inspecciones del sistema de acueducto desde el lugar de captación hasta la entrega final a los usuarios, evaluando los caudales en las entradas y salidas de agua para encontrar las posibles fallas de abastecimiento.

Este proceso se llevo a cabo mediante los siguientes pasos:

- Aforo en la Bocatoma de la fuente de agua ALTO TOMASA del acueducto del municipio mediante el método volumétrico, pues es el método más

acertado debido a que la captación de la fuente es total. No se usaron los métodos de partícula flotante, ni se utilizó un ADV (Acoustic Doppler velocimeter), ya que la fuente es una pequeña caída sin las características adecuadas para estos métodos de aforo.

- Aforo en la Bocatoma de la fuente de agua VILLA CRISTINA del municipio mediante el método volumétrico. Este método de aforo se escogió debido a que la fuente también es una caída de agua igual que la descrita anteriormente.
- Se evaluó en la conducción desde la salida de la bocatoma hasta la entrada al desarenador que no existen pérdidas apreciables para el sistema.
- Evaluación de los caudales desviados por rebose durante el recorrido de las aguas por los diferentes sistemas de tratamiento en la planta de acueducto.
- Evaluación del caudal de entrada al sistema de almacenamiento de agua tratada por la planta del acueducto.
- Identificación de los puntos donde existan fugas en la red de distribución utilizando un geófono DF Junior.
- Recorrido de la red de acueducto para identificar posibles conexiones fraudulentas.
- Realización de un balance entre el valor mensual de agua tratada por la planta del acueducto y la cantidad facturada por la administración del municipio durante el mismo periodo de tiempo.

4.6 INVENTARIO Y TRAZADO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.

Mediante un recorrido por la red de distribución del sistema de acueducto y ayudados por el señor Javier Arias fontanero del municipio, se realizó un inventario de las características de la tubería identificando longitudes, diámetros, tipo y estado de la misma.

4.7 MODELAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Mediante la utilización del software EPANET se realizó el montaje y modelación de la información recolectada con el fin de hacer un análisis hidráulico de la red de distribución como una herramienta de sustento de la información para obtener conclusiones lo más acertadas posibles.

4.8 PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES DEL SISTEMA.

Se generaron propuestas de tipo administrativo, técnico y de sensibilización para minimizar los problemas encontrados durante la evaluación de las perdidas del sistema de acueducto.

4.9 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y CONCLUSIONES PARA ENTREGA FINAL.

Se recolectaron todas las evaluaciones, soluciones, modificaciones y conclusiones en un documento para realizar la entrega final al municipio de Tona y a la Universidad Industrial de Santander.

5. DEMANDA Y OFERTA HÍDRICA DEL MUNICIPIO

5.1 NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

El procedimiento dado por la RAS para determinar la capacidad real que un componente en particular o todo un sistema de acueducto debe tener a lo largo de un período de diseño determinado indica que el primer paso es determinar el nivel de complejidad del sistema para lo cual se usa la **Tabla 2** mostrada a continuación

Tabla 2. Asignación Del Nivel De Complejidad

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

Fuente: RAS.

Sección I. Título A. 2008. Pág. 9

Dado que la población del municipio es menor a los 2500 habitantes el nivel de complejidad del sistema es **bajo**.

5.2 POBLACIÓN

5.2.1 Población Actual

Según el último censo realizado por el DANE, en el año 2005, se tiene conocimiento que la comunidad existente en el casco urbano del municipio de Tona era de 508 personas para ese entonces y con la proyección correspondiente al año 2010, realizada por la misma entidad, se estima que actualmente son 535 los habitantes de la región.

5.2.2 Población Futura

Según la norma RAS para llevar a cabo la proyección de la población objeto del diseño, se debe tener en cuenta las proyecciones del DANE hasta el año en que estas se encuentren disponibles y el último dato de población disponible en el DANE se debe tomar como un último censo en el proceso de proyección de la población.

El método de cálculo para la proyección de la población depende del **Nivel de Complejidad del Sistema** según se sugiere en la **Tabla 3**, esta tabla indica que para el caso que compete a este estudio los modelos matemáticos que se deben utilizar para el cálculo de la población futura son aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población.

Tabla 3. Métodos Para Calcular La Población Futura Según El Nivel De Complejidad

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

Fuente: RAS. Sección II. Título B. 2008. Pág. 41

➤ *Método Aritmético*

Este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

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

Donde:

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

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

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

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

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

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

Método Aritmético	
P_{uc}	535
P_{ci}	508
T_{uc}	2010
T_{ci}	2005
T_f	2035
P_f (25 años)	670

➤ *Método Geométrico*

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

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

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

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

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

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

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

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

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

Método Geométrico	
r	0,0104109
P_{uc}	535
P_{ci}	508
T_{uc}	2010
T_{ci}	2005
T_f	2035
P_f (25 años)	694

➤ *Método Exponencial*

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su

aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

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

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

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:

P_{cp} = Población del censo posterior (proyección del DANE).

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

T_{cp} = Año correspondiente al censo posterior.

T_{ca} = Año correspondiente al censo anterior

Ln = Logaritmo natural o neperiano.

En el municipio de Tona no se cuenta con la cantidad de censos requeridos para obtener un promedio confiable de la tasa de crecimiento por lo cual el valor calculado para ella será único en este caso.

Método Exponencial	
P_{cp}	535
P_{ca}, P_{ci}	508
T_{cp}	2010
T_{ca}, T_{ci}	2005
k	0,0103571
T_f	2035
P_f (25 años)	694

Realizados los cálculos para la población futura a abastecer se llega a la conclusión de 694 habitantes en el casco urbano del municipio de Tona para el año 2035

5.3 CÁLCULO DE LA DOTACIÓN

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante, dependiendo de la forma de proyección de la demanda de agua y se calculó con base en la información existente mediante los siguientes 2 procesos diferentes

➤ Dotación neta por habitantes

Para este estudio se trabajara con la dotación neta por habitantes la cual es función del **Nivel de Complejidad del Sistema** y sus valores se establecen en la **Tabla 4** mostrada a continuación

Tabla 4. Dotación Neta Por Habitante Según Nivel De Complejidad

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab·día) Clima Templado y Frío	Dotación neta (L/hab·día) Clima Cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: RAS. Sección II. Título B. 2008. Pág. 44

Luego se trabajará con una dotación de 90 L/hab·día

➤ Dotación neta según el uso del agua

En la evaluación de las dotaciones netas de agua para un municipio se pueden tener dotaciones diferentes para cada uno de los usos de agua que existan en el municipio, para el caso de este estudio se tendrán en cuenta las dotaciones por uso escolar cuyos valores se dan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Dotación Neta Según Uso Escolar

Tipo de instalación	Consumo de agua
Educación elemental	20 L/alumno/jornada
Educación media y superior	25 L/alumno/jornada

Fuente: RAS. Sección II. Título B. 2008. Pág. 44

Dado las condiciones anteriores se debe tener en cuenta que existen matriculados 60 alumnos en educación elemental y 200 en educación media.

5.4 DOTACIÓN BRUTA

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los elementos que conforman un sistema de acueducto se debe calcular teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

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

El porcentaje de pérdidas incluido en esta última ecuación (%p) corresponde al porcentaje de pérdidas totales que ocurren aguas abajo de cada uno de los componentes del sistema de acueducto para lo cual se deben tener en cuenta las pérdidas técnicas establecidas en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Porcentajes Máximos De Pérdidas

Componente	Pérdidas incluidas en el diseño de cada componente	% máximo de pérdidas			
		Nivel de Complejidad Bajo	Nivel de Complejidad Medio	Nivel de Complejidad Medio Alto	Nivel de Complejidad Alto
Aducción	(1) + (2) + (3) + (4) + (5)	25%	25%	23%	23%
Conducción	(3) + (4) + (5)	16%	16%	14%	14%
Sistema de bombeo	(4) + (5)	15%	15%	13%	13%
Tanques de almacenamiento o compensación	(4) + (5)	15%	15%	13%	13%
Red de distribución	(5)	14%	14%	12%	12%

Fuente: RAS. Sección II. Título B. 2008. Pág. 48

Dado que el objeto de este estudio es reducir la perdidas se trabajara con las máximas permitidas por la norma, de donde se tiene que

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

$$d_{bruta} = \frac{90}{1 - 0.25} = 120 \frac{l}{hab - día}$$

5.5 DEMANDA DE AGUA

5.5.1 Caudal Medio Diario

El caudal medio diario, Qmd, es el promedio del caudal consumido diariamente por una población en un periodo de un año teniendo en cuenta la dotación asignada y se calcula mediante la siguiente ecuación

$$Qmd = \frac{p \times d_{bruta}}{86400}$$

Debido a la consideración de la dotación por uso del suelo es necesario agregarle al valor anteriormente calculado el caudal requerido para atender esta demanda.

➤ *Caudal Medio Diario Para La Población Actual*

$$Qmd = \frac{535 * 120}{86400} + \frac{20 * 60}{86400} + \frac{25 * 200}{86400} \rightarrow Qmd = 0.81 \text{ lps}$$

➤ *Caudal Medio Diario Para La Población Futura*

$$Qmd = \frac{694 * 120}{86400} + \frac{20 * 60}{86400} + \frac{25 * 200}{86400} \rightarrow Qmd = 1.04 \text{ lps}$$

5.5.2 Caudal Máximo Diario

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el

caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , como se indica en la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd \times k_1$$

El coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , depende del **Nivel de Complejidad del Sistema** como se establece en la **Tabla 7** dada a continuación.

Tabla 7. Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , según el Nivel de Complejidad del Sistema

Nivel de Complejidad del Sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k_1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Fuente: RAS. Sección II. Título B. 2008. Pág. 49

➤ *Caudal máximo Diario Para La Población Actual*

$$QMD = 0.81 \times 1.3 = 1.06 \text{ lps}$$

➤ *Caudal máximo Diario Para La Población Futura*

$$QMD = 1.04 \times 1.3 = 1.35 \text{ lps}$$

5.5.3 Caudal Máximo Horario

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * k_2$$

En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k_2 , es función del Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución, según se establece en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución

Nivel de Complejidad del Sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	-	1.60	1.40
Medio	-	1.60	1.40
Medio alto	-	1.45	1.30
Alto	1.70	1.45	1.30

Fuente: RAS. Sección II. Título B. 2008. Pág. 50

En los municipios de Nivel de complejidad del sistema Medio y Bajo, se considera como redes de distribución secundaria las tuberías de diámetros comprendidos entre 50 mm y 75 mm, las cuales se alimentan desde las redes matrices y

reparten agua en ruta. La red primaria está comprendida por las tuberías con diámetros de 100 mm y superiores.

Para este proyecto se considera una red secundaria por consiguiente un $k_2=1.6$.

➤ *Caudal máximo Horario Para La Población Actual*

$$Q_{MH} = 1.06 * 1.6 = 1.7 \text{ lps}$$

➤ *Caudal máximo Horario Para La Población Futura*

$$Q_{MH} = 1.35 * 1.6 = 2.16 \text{ lps}$$

5.6 OFERTA HÍDRICA

EL municipio cuenta con dos quebradas para su abastecimiento, estas llevan por nombre Alto Tomasa y Villa Cristina, la oferta hídrica corresponde a los caudales transportados por ellas los cuales fueron estimados mediante aforos volumétricos realizados en épocas de invierno y sus resultados se muestran a continuación en la **Tabla 9**.

En esta tabla se indica que los caudales aforados son de 4.71 lps para la Quebrada El Alto De Tomasa y 5.62 lps para la Quebrada Villa Cristina en épocas de invierno.

Tabla 9. Aforos En Las Fuentes De Abastecimiento Del Municipio

ALTO TOMASA	
Volumen De Llenado = 9 litros	Tiempo (Seg)
	1,97
	1,91
	1,92
	2,33
	2,18
	1,88
	1,99
	1,8
	1,87
	1,75
	1,87
	1,81
	1,7
	1,79

Prom	1,91
-------------	------

VILLA CRISTINA	
Volumen De Llenado = 9 litros	Tiempo (Seg)
	1,59
	1,6
	1,68
	1,58
	1,59
	1,6
	1,53
	1,56
	1,6
	1,61
	1,63
	1,61
	1,69
	1,58

Prom	1,60
-------------	------

Fuente: Autores

Dada la extensión de la temporada invernal del 2010 y el periodo de realización del presente proyecto no se pudieron hacer aforos en tiempos veraniegos, producto de esto se trabajara con los caudales estipulados en la concesión de aguas del municipio para épocas normales y de verano debido a que no se cuenta con alguna otra información de mediciones realizadas.

Por consiguiente los caudales para las fuentes abastecedoras del acueducto de Tona en las diferentes épocas del año son los indicados en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Oferta Hídrica Del Municipio

QUEBRADA ALTO TOMASA		QUEBRADA VILLA CRISTINA	
Época	Caudal (lps)	Época	Caudal (lps)
Invierno	4,71	Invierno	5,62
Verano	2,5	Verano	2,98
Normal	3,77	Normal	4,49

Fuente: Autores

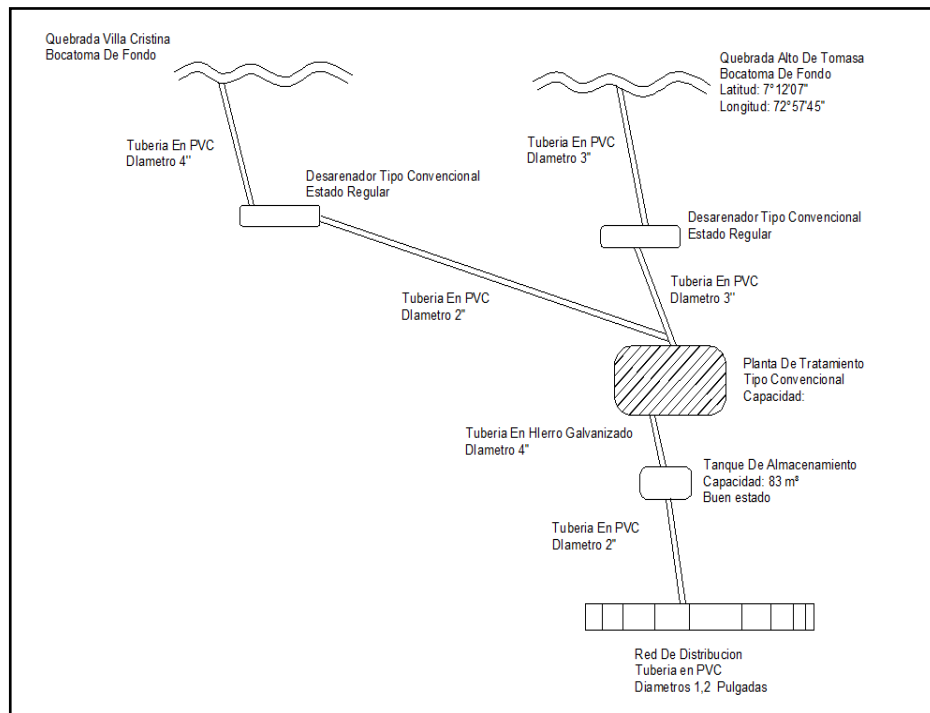
6. DESCRIPCIÓN Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE ACUEDUCTO

En el municipio de Tona los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo son administrados directamente por la alcaldía la cual designa una unidad de trabajo para que se encargue de cumplir con las actividades que implica la prestación de estos servicios.

Dicha unidad administradora de los servicios públicos viene funcionando desde 1.996, y su operatividad está incorporada con las funciones de los Empleados de planta y Contratista que se vinculan de acuerdo a la necesidad que se presente para la prestación del servicio.

Actualmente el servicio de acueducto del casco urbano de Tona brinda un servicio las 24 horas del día a los 535 habitantes que conforman la población y los cuales se ubican en 180 viviendas inscritas al sistema, lo cual indica una cobertura del 100%, el cobro por concepto del consumo de agua se hace teniendo en cuenta las lecturas de los micromedidores que se encuentran instalados en cada una de las entradas de las casas.

El acueducto del municipio es de propiedad gubernamental, cuenta con una planta potabilizadora de tipo compacta, de la cual no se encuentra un registro de diseño salvo el esquema que se presenta a continuación



El tratamiento consiste básicamente en floculación y desinfección, no tiene otros aditivos minerales ni fluorización y los análisis físico – químicos y bacteriológicos muestran buena calidad del agua, estas pruebas son realizadas por la Secretaria de Salud Departamental y las muestras son tomadas mensualmente por un funcionario de esa Dependencia.

La infraestructura del acueducto está compuesta por un sistema de CAPTACION, que consiste en dos bocatomas en concreto y con sus respectivos desarenadores, un Sistema de ADUCCION en tubería PVC y hierro galvanizado, una estructura para el tratamiento principal y cuenta con un tanque de almacenamiento con una capacidad de 83 m³ el cual entrega el agua a la red de DISTRIBUCIÓN en tubería de PVC de una y dos pulgadas.

Por su ubicación en una de los sitios más altos del casco, es capaz de suministrar, por gravedad, agua a toda el área urbana, salvo un pequeño sector, que se encuentra en su misma cota. Este sector no tiene suficiente cabeza

dinámica de presión para recibir por gravedad el agua potable, por lo que ha tenido que abastecerse autónomamente desde otras captaciones. Por las condiciones en que llega de las fuentes, el agua, requiere de los respectivos análisis físicos químicos y bacteriológicos para su consumo, cuenta con micromedición domiciliaria, pero actualmente no es aplicada.

El precio pagado por los usuarios por la utilización del servicio de acueducto está dado por un cobro de cargo fijo de \$2640.31 más el producto de los metros cúbicos de agua consumidos en el mes por su valor unitario que se estima en \$402.96, dichos valores incluyen solamente los costos medios de administración y operación debido a que el costo medio de inversión es asumido por la administración local.

Dentro del pago de la tarifa por concepto servicio de acueducto el municipio aplica los descuentos indicados por la ley colombiana a los estratos 1,2 y 3 los cuales son asumidos por la administración local, dichos descuentos son del orden del 50%, 40% y 15 % respectivamente quedando como precios finales los indicados en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Tarifas Por Concepto De Acueducto

Estrato	Cargo Fijo	Consumo Básico
1	1320,16	201,48
2	1584,19	241,78
3	2244,26	342,52

6.1 CONCESIÓN DE AGUAS

El 24 de Junio del 2009 a solicitud del municipio de Tona, Santander en uso de las atribuciones legales, conferidas por el Director General De La Corporación

Autónoma Regional Para La Meseta De Bucaramanga C.D.M.B expide la Resolución RGR No.503 en la cual otorga la concesión de aguas sobre la fuente denominada Alto De Tomasa ubicada en el predio de propiedad del municipio de Tona denominado Altos De Tomasa identificado con folio número 300-102118 con destino a consumo humano, en beneficio de la comunidad que conforma el casco urbano del municipio de Tona, departamento de Santander. Se otorgó la concesión de aguas de uso público solicitada dentro de los siguientes términos:

Resolución: RGR No.503 del 24 de junio del 2009.

Caudal Concedido: 1.2546 lps

Caudal aforado: 3.7735 lps

6.1.1 Diagnóstico

El caudal concedido por la corporación es menor al necesario para abastecer a la población futura del presente proyecto, por tanto es importante que se haga una revisión y estudio para evaluar la concesión de aguas de éste municipio. (Véase Resolución de Concesión anexada a este proyecto).

6.2 CAPTACIÓN

El sistema de acueducto del municipio cuenta con dos captaciones para su abastecimiento las cuales se describen a continuación.

6.2.1 Captación Quebrada Alto Tomasa



Imagen 2. Bocatoma Quebrada Alto Tomasa

La fuente principal que abastece el acueducto del casco urbano del municipio de Tona es la quebrada el alto de Tomasa, la cual pertenece a la microcuenca del río Tona y a la cuenca alta del río Lebrija, con nacimiento en predios de propiedad del municipio. La captación de dicha quebrada está a una altura de 1922 msnm y se realiza mediante una bocatoma de fondo con funcionamiento hidráulico que opera los siete días de la semana, las veinticuatro horas del día, cuenta con una llave de cierre para permitir su mantenimiento periódico y su ubicación está dada por las coordenadas Latitud 7° 12'07" y Longitud de 72° 57'45".

Teniendo en cuenta las dimensiones de la rejilla se puede estimar la capacidad de la bocatoma, dadas las siguientes características

$$NumerodeBarras = 37$$

$$Anchoderejilla = 0.6m$$

$$Separacionentrebarras = 0.015 m$$

$$Velocidaddeflujoenlarejilla = 0.1 \frac{m}{s}$$

De esta manera el caudal se calcula mediante

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.1 * (0.6 * 0.015 * 36)$$

$$Q = 32.4 lps$$

6.2.2 Captación Quebrada Villa Cristina



Imagen 3. Bocatoma Quebrada Villa Cristina

Aparte de la captación anteriormente mencionada, el acueducto cuenta con una segunda captación ubicada en el sector de Villa Cristina donde por medio de una bocatoma de fondo se toma el agua de la quebrada que lleva el mismo nombre, esta fuente de abastecimiento solo es utilizada en épocas de verano y en caso de que el caudal de la quebrada del alto de Tomasa no sea suficiente para cubrir las necesidades de la población.

De igual manera que en la captación principal se estima el caudal que puede captar mediante las condiciones de la rejilla, las cuales son

$$NumerodeBarras = 32$$

$$Anchoderejilla = 0.3m$$

$$Separacionentrebarras = 0.015 m$$

$$Velocidaddeflujoenlarejilla = 0.1 \frac{m}{s}$$

Luego el caudal es

$$Q = V * A$$

$$Q = 0.1 * (0.3 * 0.015 * 31)$$

$$Q = 13.95\text{ lps}$$

6.2.3 Diagnóstico

Las captaciones del sistema de acueducto del municipio se encuentran en estado aceptable, sin embargo es necesario reducir sus capacidades dado que el caudal recogido por ellas es superior al necesario para satisfacer la demanda de la población lo cual puede generar, además de pérdidas de agua, problemas en veredas o poblaciones aguas abajo a quienes puede que no les llegue agua suficiente para atender sus necesidades.

Esta falencia se evidencia primero en la captación de la principal fuente de abastecimiento que es la Quebrada Del Alto De Tomasa, donde se toma todo el caudal de dicha quebrada y en épocas de clima normal es superior al necesario, por tanto el excedente se va por rebose al alcantarillado.



Imagen 4. Rebose Quebrada Alto Tomasa

De igual manera el agua que es captada de la quebrada villa cristina solo es utilizada en épocas donde la fuente principal de abastecimiento no sea suficiente para atender la demanda. Este suceso no se da a menudo en el municipio de Tona, sin embargo, el agua es tomada continuamente y llevada hasta la planta de potabilización donde no se le hace tratamiento alguno y termina de igual manera mezclándose con aguas negras en el alcantarillado.



Imagen 5. Excesos Quebrada Villa Cristina

Las siguientes imágenes demuestran el mal manejo que le da el municipio al agua que no es requerida para su abastecimiento, aquí se observa un buen flujo de agua circulando por la tubería de alcantarillado en horas donde no se presenta actividad por parte de los usuarios de acueducto.



Imagen 6. Contaminación En EL Alcantarillado De Agua Captada

Por consiguiente el hecho de captar agua en exceso está generando grandes inconvenientes como son las pérdidas al realizarle tratamiento de potabilización a agua que no es requerida por la comunidad, de la misma manera se genera una condición más grave cuando el agua de buena calidad termina en el alcantarillado siendo contaminada en la tubería y aumentando el volumen de descarga al río Tona.

Producto de las falencias ya nombradas se va a ver afectado el diseño de una futura planta de tratamiento, debido a que se tendría que tratar volúmenes adicionales que no hacen parte de las aguas negras que generan los usuarios, puesto que estas se están mezclando en el alcantarillado con aguas limpias provenientes de los sobrantes de las captaciones.

6.3 ADUCCIÓN

El sistema de acueducto del municipio cuenta con dos tramos de líneas de aducción que van desde las fuentes de abastecimiento en las quebradas alto de Tomasa y villa cristina hasta la planta de tratamiento.

6.3.1 Aducción captación quebrada Alto Tomasa

La aducción que está localizada entre la bocatoma de la Quebrada Alto De Tomasa y el Desarenador tiene una tubería en PVC de tres pulgadas de diámetro la cual tiene cuatro años de funcionamiento y una longitud de 54 cm

Debido a la falta de documentos que soporten el diseño se infiere un el caudal que puede tratar en función del área de la tubería y del rango de velocidades que estipula la RAS para este componente el cual está entre 0.5 m/s y 6 m/s.

Suponiendo una velocidad de 1 m/s se tiene que

$$Q = 1 * \frac{\pi * (3 * 0.0254)^2}{4} * 1000 = 4.56 \text{ lps}$$

De igual manera la aducción que se localiza entre el Desarenador y la planta de tratamiento tiene una tubería en Hierro Galvanizado con diámetro de cuatro pulgadas, su edad es de cuatro años y tiene una longitud de 2.6 m, el caudal estimado con velocidad de 1 m/s es de

$$Q = 1 * \frac{\pi * (4 * 0.0254)^2}{4} * 1000 = 8.10 \text{ lps}$$

6.3.2 Aducción captación quebrada Alto Tomasa

La línea de aducción que conduce el agua desde la captación en la quebrada villa cristina hasta su desarenador está en tubería de PVC con un diámetro de cuatro pulgadas de la que se desconoce su tiempo de funcionamiento, tiene una longitud de 17.50 m y el caudal estimado que puede transportar es de

$$Q = 1 * \frac{\pi * (4 * 0.0254)^2}{4} * 1000 = 8.10 \text{ lps}$$

A la salida del desarenador existe otra línea de aducción que parte hacia la planta de tratamiento, en tubería de PVC con diámetro de dos pulgadas y una longitud de 865.40 m,

$$Q = 1 * \frac{\pi * (2 * 0.0254)^2}{4} * 1000 = 2.02 \text{ lps}$$

6.3.3 Diagnóstico

La línea de aducción de la quebrada Alto De Tomasa no presenta inconvenientes debido a su poco tiempo de uso y al mantenimiento periódico que se le realiza por estar cerca a las estructuras de la planta de tratamiento, luego su estado es aceptable.

A diferencia de lo ya mencionado, la aducción de la captación de la quebrada villa cristina presenta dos fisuras en su trayecto lo cual puede originar que caiga material granular o elementos contaminantes tal como se muestra a continuación.



Imagen

7. Deficiencias En Aducción De Villa Cristina

6.4 DESARENADORES

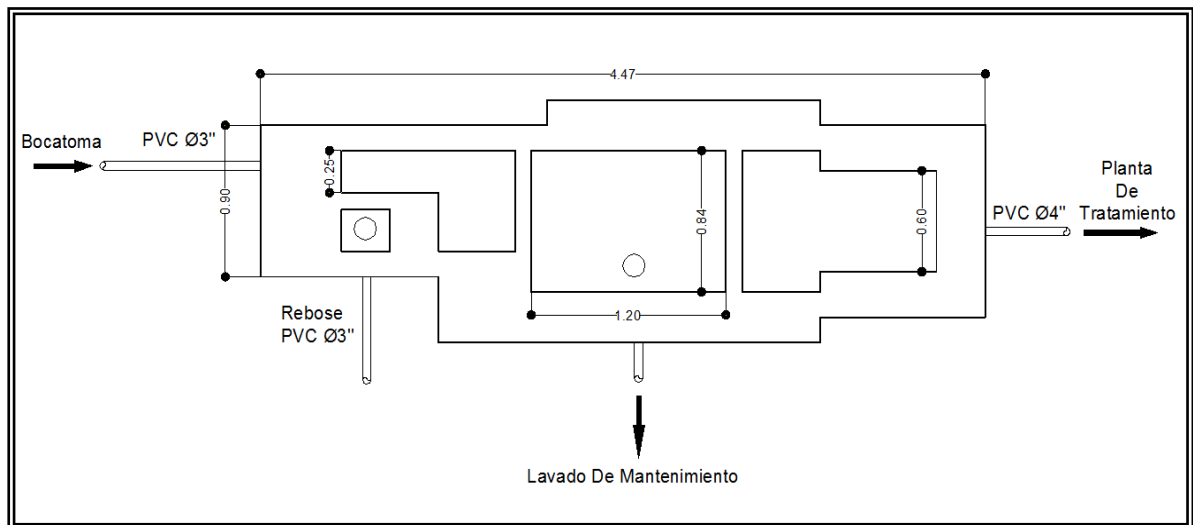
El acueducto de Tona cuenta con dos desarenadores ubicados en cada una de las captaciones los cuales se encargan del primer proceso para la potabilización de agua el cual consiste en la remoción de partículas gruesas.

6.4.1 Desarenador Alto Tomasa



Imagen 8. Desarenador Alto Tomasa

Es un desarenador de tipo convencional del cual se desconoce el caudal real de trabajo dado que no existen registros de su diseño, cuenta con tres módulos en los cuales se hace la remoción de las partículas, sus dimensiones externas son 4.47 x 0.9 x 1.5 m y su área superficial es de 1.20 x 0.84 m.



El cálculo de la capacidad de trabajo actual del desarenador se realizó teniendo en cuenta un factor de remoción de 2.75 y aceptando su buen funcionamiento si sedimenta partículas con diámetros mayores de 0,005 cm las cuales tienen una velocidad de 0.003 m/s.

$$A = \frac{1.2 * 0.84}{2.75} = 0.37 \text{ m}^2$$

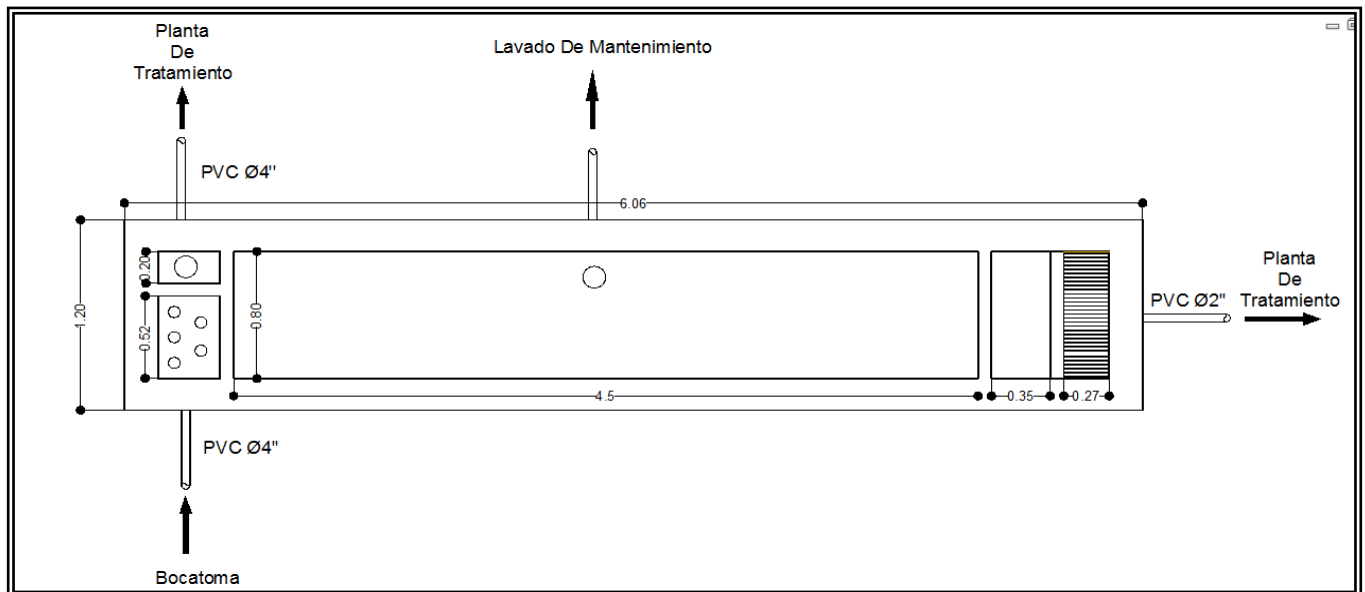
$$Q = 0,003 * 0.37 * 1000 = 1.11 \text{ lps}$$

6.4.2 Desarenador Quebrada Villa Cristina



Imagen 9. Desarenador Villa Cristina

De igual manera que el anterior este es un desarenador de tipo convencional, con tres módulos donde se realiza la remoción de partículas, tiene dimensiones externas de 6.06 x 1.20 x 1.30 m y un área superficial de 4.5 x 0.8 m



La capacidad de trabajo actual se realizo de igual manera que el desarenador anterior

$$A = \frac{4.5 * 0.8}{2.75} = 1.31 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,003 * 1.31 * 1000 = 3.93 \text{ lps}$$

6.4.3 Diagnostico

El estado de las dos estructuras es bueno dado que no presentan fisuras gracias al mantenimiento preventivo que se les realiza, sin embargo, el desarenador ubicado en la quebrada Alto Tomasa presenta problemas en cuanto a su funcionamiento debido a que no cuenta con una estructura de rebose que garantice que el caudal captado es el necesario.

Como se muestra en la siguiente imagen, por la zona de entrada del desarenador pasa todo el caudal recogido en la bocatoma y solamente hasta que se complete el llenado del volumen de la estructura es que empieza a desviarse agua hacia la tubería que transporta los excesos.



Imagen 10. Estructura De Entrada Al Desarenador Alto Tomasa

Debido a esta falencia al desarenador llega un caudal mayor al que puede tratar, ya que la bocatoma de La Quebrada Alto Tomasa capta todo el caudal de dicha quebrada el cual se es de 3.77 lps según la concesión de aguas del municipio para épocas normales, esto genera que la eficiencia de la estructura no sea la adecuada dado que, con la dimensiones existentes, se sedimentan únicamente partículas con la velocidad que se calcula a continuación

$$A = \frac{1.2 * 0.84}{2.75} = 0.37 \text{ m}^2$$

$$\frac{Q}{A} = V = 0.01 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esto indica que con el caudal medio que actualmente trabaja el desarenador se están removiendo partículas con velocidad de sedimentación de 0.01 m/s lo cual corresponde a diámetros de 0.01 cm, es decir únicamente se sedimentan arenas gruesas.

6.5 TRATAMIENTO



Imagen 11. Tanque De Mezcla Rápida



Imagen 12. Módulo De Floculación Y Sedimentación.

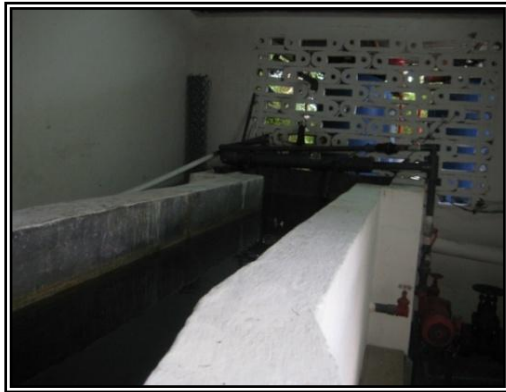


Imagen 13. Canaleta



Imagen 15. Tubería De Excesos



Imagen 14. Bombeo



Imagen 16. Filtración

Para la potabilización del agua el casco urbano del municipio de Tona cuenta con una planta de tratamiento compacta de la cual la división de la alcaldía encargada de la administración del acueducto no cuenta con los diseños por lo cual no es posible definir con exactitud la capacidad de trabajo con la cual fueron calculados sus componentes. A dicha planta le llegan dos líneas de aducción, una en funcionamiento constante y otra que funciona solo en épocas de sequia, está dotada con una canaleta y un vertedero triangular para medir el caudal tratado pero no cuenta con un laboratorio que permita hacer análisis de la calidad del agua.

La planta de tratamiento suministra por gravedad el agua a todo el casco urbano del municipio de Tona, está compuesta por floculación, sedimentación y filtración, en estas etapas se realiza la potabilización del agua mediante la utilización de insumos químicos como el cloro y la dosificación gravimétrica de sulfato de aluminio.

El proceso de tratamiento inicia en el desarenador, el cual es de tipo convencional con flujo horizontal donde las partículas de mayor tamaño quedan en suspensión al reducirse la velocidad con la que son transportadas, seguido a esto el agua pasa por una tubería de PVC de tres pulgadas de diámetro hasta llegar a un tanque de mezcla rápida al cual se le agrega sulfato de aluminio como agente floculante y posteriormente se realiza la sedimentación de partículas, a continuación el agua pasa por otra tubería de hierro galvanizado con diámetro de cuatro pulgadas que la lleva a un cuarto dotado con una canaleta que se utiliza para medir el caudal tratado, a continuación pasa por un pequeño bombeo que conduce al proceso de filtración compuesto por 7 tanques con filtros de grava, arena y antracita, finalmente pasa por la dosificación de cloro gaseoso antes de entregar el agua al tanque de almacenamiento de 83 m³.

6.5.1 Análisis de la capacidad de potabilización de la planta

A continuación se presenta un estimativo de la capacidad que poseen las unidades de tratamiento que utiliza la planta de tratamiento actualmente.

➤ Floculación:

La infraestructura existente para este proceso es un tanque de 1.65 x 1.7 x 1 m y el tiempo de retención estimado es de 20 minutos, por lo tanto se tiene que:

Volumen	2,805 m3
Tiempo De Retención	20,000 Min
Caudal	2,338 Lps

➤ Sedimentación:

Esta etapa se realiza en un tanque de las mismas dimensiones del utilizado para la floculación y debido a que no existe mayor información de este componente se estimo una carga superficial de 22 m/d la cual es representativa de este tipo de sedimentadores convencionales.⁵

Área Total	2,805 m2
Carga Superficial	22,000 m/d
Caudal	0,714 lps

➤ Filtración

El proceso de filtración se lleva a cabo a través de 7 tanques de grava, arena y antracita, de 0,8 m de diámetro, de igual manera que en la etapa anterior se estimo una rata de filtración para este caso de 180 m/d debido a las características del medio filtrante⁶

Area Total	3,519 m2
Carga Superficial	180,000 m/d
Caudal	7,330 lps

⁵ ROMERO ROJAS, Jairo. Acuípurificación. Bogotá. 1993. Pag 98

⁶ ROMERO ROJAS, Jairo. Acuípurificación. Bogotá. 1993. Pag 117

6.5.2 Análisis de la calidad de agua

En el mes de Enero de 2011 con motivo del control de calidad del acueducto del municipio de Tona, Santander se solicitó al Laboratorio de Aguas de servicios integrados para la industria de alimentos y el medio ambiente SIAMA los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos en las captaciones sobre las Quebradas Alto Tomasa y Villa Cristina obteniéndose los resultados que se observan anexados a este documento:

Se puede observar que las fuentes no se encuentran en un riesgo potencial de contaminación, pero si requieren de un proceso de desinfección para su consumo. Además por ser fuentes de captaciones superficiales se hace necesaria la presencia de los demás tratamientos como coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

6.5.3 Diagnóstico

La planta de tratamiento de tipo compacta se encuentra en funcionamiento desde hace 5 años según información dada por el municipio y presenta problemas debido al desconocimiento de la capacidad con la que fueron diseñados sus componentes lo cual se evidencia en las deficiencias encontradas durante las etapas de potabilización.

Como primera deficiencia se encontró el gran volumen de agua tratado por la planta, esto se ve en la cantidad de líquido que se estanca en las unidades de potabilización y hacen que el flujo que continúa entrando se vaya hacia la tubería de excesos, una muestra de ello es el ascenso del agua en la canaleta que debería servir para el control del caudal tratado ya que como se puede observar a continuación, el agua sobrepasa su nivel.



Imagen 17. Exceso De Agua En La Medición Del Caudal

La primera deficiencia se da en la dosificación del sulfato de aluminio, químico que se utiliza en el proceso de floculación para la desestabilización química de las partículas, este proceso se está haciendo mal debido a que el químico debe ser mezclado con el agua en el tanque de mezcla rápida ya que la agitación favorece las colisiones entre las partículas para la formación de flóculos, actualmente lo que se está haciendo es conectar directamente la manguera, por la cual se introduce el químico, con el tanque donde se debe dar el proceso unión de las partículas que luego se sedimentaran tal como se muestra a continuación.



Imagen 18. Mala Dosificación Del Sulfato De Aluminio

Sumado a lo anterior, en la siguiente etapa donde se da la sedimentación, el agua no está siendo retenida un tiempo prudente para garantizar el depósito de las partículas en el fondo, esto ocurre debido a dos condiciones, en primer lugar que la bocatoma está captando un caudal superior al que puede tratar esta unidad de potabilización y segundo que no existen suficientes pantallas para reducir la velocidad con la que se transporta el agua allí lo cual hace que el agua salga más rápido sin haberse terminado completamente el proceso.

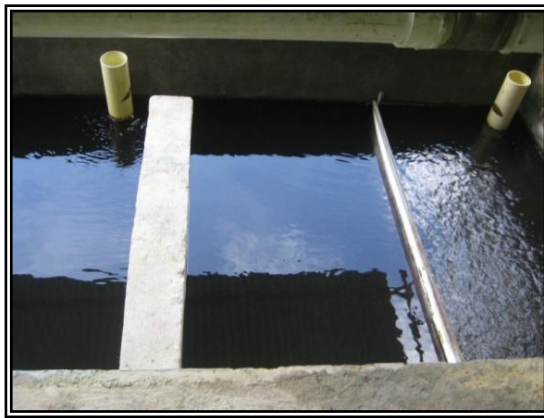


Imagen 19. Pocas Pantallas Para El Tiempo De Sedimentación

Este inconveniente de no realizar una sedimentación adecuada a su vez deriva en problemas en los filtros los cuales se van a taponar con mayor rapidez dado el tamaño de las partículas que van a estar incorporadas en el agua, esto implica que los filtros deban ser lavados con mayor frecuencia lo que representa mayores gastos en utilización de agua.

Seguido a esto viene la dosificación del cloro gaseoso, el cual se añade en una proporción de 500 gr/día, esta cantidad que se agrega no tiene un soporte de estudio que indique que ese es el valor necesario para la desinfección del agua y para garantizar que esté libre de gérmenes durante su tránsito por tuberías antes de llegar a las viviendas, por el contrario esta dosificación se realiza por

conocimiento empírico de ensayos a prueba y error variando las cantidades hasta que los resultados de los análisis físico-químicos aprobaran la calidad del agua.

6.6 ALMACENAMIENTO



Imagen 20. Tanque De Almacenamiento

El acueducto municipal de Tona cuenta para el almacenamiento y distribución del agua potable del casco urbano con un tanque totalmente visible construido hace 10 años, en concreto reforzado, con capacidad de almacenar 83 m³ de agua, ubicado en la parte superior del casco urbano a la salida de la planta tratamiento.

6.6.1 Diagnóstico

El tanque de almacenamiento debido a su poco tiempo de uso presenta buenas condiciones estructurales, no existen filtraciones y en su ubicación no presentan vulnerabilidad por amenazas de erosión o deslizamiento.

Gracias a sus dimensiones, esta estructura constantemente presenta un buen volumen de almacenamiento, lo cual le garantiza a la población un suministro eficiente de agua para satisfacer sus necesidades en cualquier hora del día tal como se muestra en el siguiente cálculo para el 30% del caudal máximo horario.

Q.M.D.	=	1,35	lps
%	=	30	
Vol.util	=	116,64	M ³ /día
Vdiseño	=	34,99	M ³
VTANQUE	=	35,00	M ³

6.7 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución del agua potable en el casco urbano del municipio de Tona cuenta desde hace 15 años con tubería de PVC RDE 21, con diámetros de una y dos pulgadas, las domiciliarias que conectan los caudales a las viviendas son media pulgada y su estado actual es bueno, el sistema controla sus corrientes mediante dos válvulas de regulación, las cuales están ubicadas en la carrera 4 con calle 4 y en la entrada al a urbanización los sauces.

6.7.1 Diagnóstico

La red de distribución con la que cuenta el municipio no cumple con las especificaciones exigidas por la norma RAS dado que el diámetro mínimo para una red de las características que se tiene es de dos pulgadas, sin embargo esto no ha generado problemas dentro de su funcionamiento.

Por otra parte, la red presenta inconvenientes producto de las altas presiones que se concentran en la parte baja del casco urbano, sobre la urbanización los sauces, lo cual deriva en reparaciones sobre tuberías rotas.

6.8 MACROMEDIDORES Y MICROMEDIDORES



Imagen 21. Macromedidor Planta De Tratamiento

Para la medición de los caudales tratados el municipio cuenta con un sistema de macromedición ubicado a la entrada del tanque de almacenamiento y en la red de distribución se tienen micromedidores cuyas lecturas son la fuente para generar la facturación, estos están ubicados en la entrada de 170 de las 180 viviendas inscritas al sistema lo cual da un cobertura de 94.4 %

6.8.1 Diagnóstico

Pese a la existencia de un macromedidor en la planta de tratamiento, su ubicación no es la más recomendable dado que no permite contabilizar el volumen de agua que en realidad está siendo enviada a la red de distribución.

En cuanto a la micromedición, según información ofrecida por la secretaría de servicios públicos del municipio, existen aparatos que están presentando fallas ya que no cuentan con datos confiables debido a las altas variaciones en las lecturas de consumo, producto de esto el cobro del servicio de acueducto se hace mediante un estimativo del promedio de consumo de los últimos 6 meses.

7. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

Para poder visualizar de mejor manera el problema de las pérdidas en el sistema de acueducto, estas se dividieron en dos grupos, uno de agua tratada en la planta de potabilización y otro de agua cruda captada por el municipio.

7.1 PÉRDIDAS DE AGUA TRATADA

La diferencia entre los registros de macromedición y micromedición son la fuente de información para determinar el porcentaje de pérdidas.

➤ Macromedición y Micromedición

El agua tratada por la planta es contabilizada en la entrada al tanque de almacenamiento y los micromedidores instalados en las entradas de las viviendas registran el consumo mensual de los usuarios, dichos consumos se indican en la **Tabla 12.**

➤ Balance

Tomando como valor real la medición del agua tratada en la planta de potabilización, se establece un balance función del porcentaje de pérdidas promedio tal como se muestra en la

Fuente: *Autores*

Tabla 13.

Tabla 12. Registros Mensuales Del Macromedidor Y Micromedidores En El Año 2010

MES	CONSUMO(m³)
Enero	3790
Febrero	3271
Marzo	3352
Abril	3408
Mayo	3564
Junio	3419
Julio	3619
Agosto	3976
Septiembre	3406
Octubre	3916
Noviembre	3550
Diciembre	3373

Prom	3554
-------------	-------------

MES	CONSUMO(m³)
Enero	1614
Febrero	1198
Marzo	1221
Abril	1213
Mayo	1245
Junio	1206
Julio	1112
Agosto	1388
Septiembre	1078
Octubre	1177
Noviembre	989
Diciembre	1043

Prom	1207
-------------	-------------

Fuente: Autores

Tabla 13. Porcentaje De Pérdidas De Agua Tratada

MES	PÉRDIDAS
Enero	57%
Febrero	63%
Marzo	64%
Abril	64%
Mayo	65%
Junio	65%
Julio	69%
Agosto	65%
Septiembre	68%
Octubre	70%
Noviembre	72%
Diciembre	69%

Prom	66%
------	-----

7.2 PÉRDIDAS DE AGUA CRUDA

El agua captada innecesariamente, los excesos que se van por rebose y los volúmenes necesarios para el mantenimiento de la planta son los valores tenidos en cuenta para estimar las pérdidas de agua cruda en el municipio

➤ Captación de Agua innecesaria de la Quebrada Villa Cristina

El acueducto del municipio capta agua de la quebrada villa cristina como fuente de abastecimiento para épocas de estiaje en caso de que el caudal de la Quebrada Alto De Tomasa no sea suficiente para atender la demanda, sin embargo, esta condición de sequia se presenta poco en el municipio lo cual genera un desperdicio de agua al captarla continuamente.

Dicha agua captada llega a la planta y se envía al alcantarillado por un canal con sección rectangular de base 23 cm en el que se hizo necesario la estimación del caudal debido a que antes de su llegada existe un desvío de flujo hacia el lavadero de carros del municipio, el cálculo se realizo mediante la fórmula de manning, los datos se muestran a continuación

$$s = 0.5\% b = 23 \text{ cm} y = 5 \text{ cm}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot A = \frac{1}{0.018} \cdot \frac{(0.23 \cdot 0.05)^{5/3}}{(0.23 + 2 \cdot 0.05)^{2/3}} \cdot 0.005^{\frac{1}{2}} \rightarrow Q = 4.82 \text{ lps}$$

Este caudal es representativo para tiempo de invierno, luego en las demás épocas los caudales variaran quedando sus valores como se muestra la **Tabla 14**.

Tabla 14. Caudales Captados De La Quebrada Villa Cristina según La Época Del Año

Época	Caudal (lps)
Invierno	4,82
Verano	2,18
Normal	3,69

Fuente: Autores

Estos valor representan por mes una pérdida de agua de 12493.44 m³, 5650.56 m³, 9564.48 m³

➤ Perdidas por Rebose

Las perdidas por rebose se calculan en función del agua tratada por mes y del caudal captado, esto gracias a que el exceso de agua se pierde antes de la macromedición, así pues, su cálculo se puede hacer mediante la diferencia entre el agua tomada mensualmente de la fuente y el registro de la planta.

El agua captada mensualmente se calcula mediante el caudal de la quebrada y dependiendo la época, como se muestra en seguida

$$4.71 \frac{l}{s} \cdot \frac{86400 s}{dia} \cdot \frac{30 dia}{1 mes} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} \rightarrow 12208.32 \frac{m^3}{mes} \text{ (Invierno)}$$

$$2.5 \frac{l}{s} \cdot \frac{86400 s}{dia} \cdot \frac{30 dia}{1 mes} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} \rightarrow 6480 \frac{m^3}{mes} \text{ (Verano)}$$

$$3.77 \frac{l}{s} \cdot \frac{86400 s}{dia} \cdot \frac{30 dia}{1 mes} \cdot \frac{1 m^3}{1000 l} \rightarrow 9771.84 \frac{m^3}{mes} \text{ (Normal)}$$

Con estos valores se calcula el volumen de agua perdido por rebose en cada mes y sus valores se indican a continuación en la **Tabla 16**.

Tabla 15. Volúmenes De Agua Perdidos En los Reboses De Excesos

MES	Captación(m³)	Macromedición(m³)	Rebose (m³)
Enero	9771,84	3790	5981,84
Febrero	9771,84	3271	6500,84
Marzo	12208,32	3352	8856,32
Abril	12208,32	3408	8800,32
Mayo	6480	3564	2916
Junio	6480	3419	3061
Julio	6480	3619	2861
Agosto	6480	3976	2504
Septiembre	12208,32	3406	8802,32
Octubre	12208,32	3916	8292,32
Noviembre	12208,32	3550	8658,32
Diciembre	12208,32	3373	8835,32

Fuente: Autores

➤ Agua Utilizada para mantenimiento

El agua consumida para el mantenimiento de la planta también debe ser cuantificada para establecer su aporte en las pérdidas reales del sistema, dentro de este concepto se encuentra el agua utilizada para la limpieza del desarenador, dela unidad de floculación y sedimentación y del lavado de filtros.

Dichas unidades de tratamiento son lavadas una vez por semana gastándose en promedio 6 m³, lo cual representa un gasto de 24 m³ de agua en el mes

➤ Balance

Para finalizar el balance del agua cruda se realizo la suma de cada una de las contribuciones por mes quedando como se indica en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Volumen Total De Agua Cruda Utilizada Por El Municipio De Tona

MES	Captación Villa Cristina (m³)	Rebose Alto Tomasa (m³)	Mantenimiento (m³)	Total(m³)
Enero	9564,48	5981,84	45	15591,32
Febrero	9564,49	6500,84	45	16110,33
Marzo	12493,44	8856,32	45	21394,76
Abril	12493,45	8800,32	45	21338,77
Mayo	5650,56	2916	45	8611,56
Junio	5650,57	3061	45	8756,57
Julio	5650,58	2861	45	8556,58
Agosto	5650,59	2504	45	8199,59
Septiembre	12493,45	8802,32	45	21340,77
Octubre	12493,46	8292,32	45	20830,78
Noviembre	12493,47	8658,32	45	21196,79
Diciembre	12493,48	8835,32	45	21373,8

Fuente: Autores

Tomando los valores anteriormente calculados como base y comparándolos con el agua utilizada por los habitantes del municipio, las pérdidas por agua cruda son las mostradas en la **Tabla 17**

Tabla 17. Porcentaje De Pérdidas De Agua Cruda

MES	PÉRDIDAS
Enero	89,64%
Febrero	92,56%
Marzo	94,29%
Abril	94,31%
Mayo	85,53%
Junio	86,22%
Julio	87,00%
Agosto	83,06%
Septiembre	94,95%
Octubre	94,35%
Noviembre	95,33%
Diciembre	95,12%
Prom	91,03%

Fuente: Autores

8. IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS

Según los porcentajes presentados en la diferencia de macromedición y micromedición es claro notar que hay algún proceso anormal que genera grandes pérdidas en el sistema, por este motivo es preciso tener conocimiento de los factores que contribuyen a dichos problemas para tomar los correctivos necesarios con el fin de contribuir en el uso eficiente del agua.

En este orden de ideas se hizo necesario evaluar tres condiciones que posibilitan la gran diferencia entre los valores de agua tratada en la planta y la consumida por los usuarios, estas se pueden encontrar en el recorrido de la red y se explican a continuación.

8.1 DETECCIÓN DE FUGAS

Debido al alto porcentaje en la pérdida del agua tratada se hizo necesario buscar posibles fugas dentro de la red de distribución para así identificar en qué puntos existen falencias que generen las mencionadas pérdidas.

Para la detección de las fugas se utilizó como equipo un Geófono DF Junior, este aparato utiliza para su funcionamiento el principio del método acústico, de esta manera las vibraciones mecánicas producidas por las filtraciones de tuberías enterradas son detectadas cuando el sensor es movido por el suelo directamente sobre la tubería, así se transmiten las vibraciones de la señal al amplificador y el operador evalúa las señales tanto el rango audible con auriculares como visualmente desde el amplificador del galvanómetro.

El recorrido para detectar fugas se realizó a partir de las 10 p.m, con el fin de evitar que el ruido externo afectara el procedimiento necesario y se inició en la

parte alta del casco urbano siguiendo el alineamiento de la red dentro de las calles hacia la parte baja del municipio, de esta manera se buscaron fugas en las entradas de cada una de las conexiones a los usuarios, a continuación se presenta un registro fotográfico de la labor realizada junto al Ingeniero Oscar Martínez, supervisor de la gobernación de Santander.



Imagen 22. Identificación De Fugas Mediante Geófono

Debido al buen estado de la tubería durante el recorrido no se encontraron fugas, el único inconveniente se presentó en el banco agrario ubicado frente al parque principal donde se presentaba actividad en el micromedidor a pesar que no había nadie dentro de la vivienda.

8.2 CONEXIONES FRAUDULENTAS

Durante el recorrido sobre la red de distribución del municipio de Tona se identificaron algunos puntos en los cuales se suministra agua sin algún tipo de control, es decir, el consumo del recurso que se genera en estas conexiones no es contabilizado de ninguna manera por tanto estas pueden ser denominadas conexiones fraudulentas.

Como primer punto se encontró la conexión de la fuente del parque principal, de la cual la oficina servicios públicos del municipio tiene conocimiento pero no le presta importancia alguna más allá de realizarle un control mediante una válvula de paso, esta salida de agua constante representa un gran gasto que no es registrado y a la postre generará deficiencias en el balance hídrico.



Imagen 23. Conexión Fraudulenta Del Parque Principal

Además, se halló otra conexión en la cual desde una domiciliaria se saca agua por medio de una manguera para utilizarla en pequeñas actividades de lavado pero en los momentos en que su uso no es requerido no se realiza un cierre al flujo captado dejándolo correr libremente por la calle hasta terminar en el alcantarillado contaminándose.



Imagen 24. Conexión Fraudulenta De Vivienda

8.3 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS MICROMEDICIÓN

Al culminar el procedimiento anterior y notar que las pérdidas del sistema no se encontraban en fugas o daños en la red se tomó la decisión de hacer un estudio detallado de los micromedidores del municipio, con el fin de determinar si era posible que los aparatos estuvieran registrando mal las mediciones del agua consumida por los usuarios. Este procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Como es sabido que cada mes se toman los valores que arrojan los micromedidores y se estima el gasto de los usuarios por medio de la diferencia entre los valores mensuales registrados, por eso, se entro a hacer una

comparación de la base de datos que posee el municipio con una medición actual del sistema de micromedición.

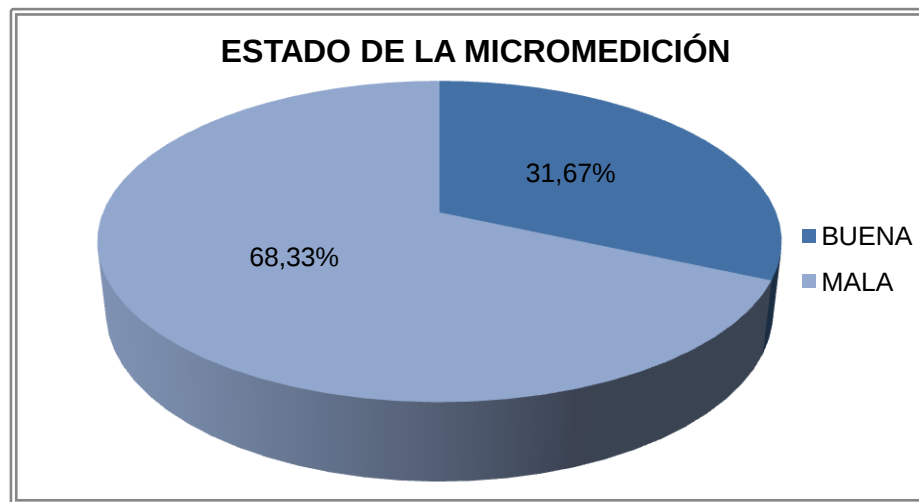
Se realizó un recorrido abarcando el 100% de las casas que hacen parte de la red de usuarios del acueducto del casco urbano de Tona Santander. Ahí se tomaron datos de las mediciones que registraban cada uno de los micromedidores de dichos usuarios con nombre del propietario y dirección del domicilio, y se hizo una comparación con los registros de los meses anteriores presentados por el fontanero de la región, donde se encontraron los siguientes resultados.

De un total de 180 usuarios analizados según el listado que controla la oficina de servicios públicos de la alcaldía las mediciones se encuentran evaluadas así:

- Mediciones aceptables: 57 usuarios corresponde a un 31.66%
- Mediciones no aceptables: 123 usuarios corresponde a un 68.33%

El balance total de la micromedición es desfavorable, se puede decir que la micro medición en el municipio de Tona es deficiente, las por tanto el servicio no está siendo facturado de la forma correcta y así mismo dicho error en la cuantificación del gasto del agua por los usuarios afecta la prestación de un servicio eficiente.

Los errores en la micromedición se pueden separar en dos problemas, el primero es el mal estado de los aparatos y el segundo son los errores cometidos por la persona encargada de tomar el registro manualmente.



Gráfica 1. Porcentaje De Funcionamiento De Micromedición

8.3.1 Errores De Toma De Medición:

La medición de la cantidad de agua consumida por los usuarios del sistema de acueducto se hace de forma manual por el fontanero de la región cada mes según la disponibilidad de tiempo que este tenga, es decir, no se hace estrictamente un día especial del mes, si no se ajusta la fecha según la disponibilidad del fontanero, esto y otros factores tiene algunos efectos negativos en el registro de los micromedidores del acueducto y son los siguientes:

Haciendo las diferentes comparaciones entre los registros de los meses anteriores y el tomado durante este proyecto se demuestra que existen algunos errores que comete el personal encargado de esta tarea y se pueden caracterizar de la siguiente manera:

➤ *Mediciones con errores de escritura:*

Se presentan números incompletos, tachones, correcciones, números no legibles etc. Este tipo de errores altera no solo los resultados del mes en cuestión, si no también generara inconvenientes en el siguiente mes, pues la persona encargada

de facturación no tendría los medios para determinar la diferencia en los registros y así mismo el gasto correcto de la vivienda.

➤ *Errores de apreciación:*

En varias mediciones se pudo observar que el registro tomado por el personal tenía alteraciones por falta de apreciación, es decir, por problemas de visión o por el afán de terminar la labor se registran valores que no son los correctos, esto se pudo determinar, en algunos casos donde se escribía el número en orden diferente, confusiones de los números de escritura parecida o errores por el estilo.

➤ *Errores De Ubicación:*

Este inconveniente es muy importante como se pudo apreciar durante el recorrido. Las casas no poseen una nomenclatura de direcciones eficiente, es difícil determinar el número de muchas residencias a pesar del pequeño tamaño del municipio, esto genera confusiones en la toma de registro, pues la base de datos que maneja el personal encargado tiene errores y así solo la persona que ha venido realizando este proceso durante largo tiempo entiende el proceso de registro. Esto afecta el buen funcionamiento de la medición, pues se tiene que esperar la disponibilidad del personal y aceptar el buen juicio que estos puedan tener.

➤ *Falta De Supervisión:*

Se pudo comprobar que a las mediciones no se les realiza ningún estudio que verifique su verdad, ni que haya algún control que determine algún error en la toma de datos, esto contribuye a que no se le preste la atención adecuada al registro del gasto y se disminuyan los problemas.

También fue importante encontrar durante el recorrido algunos lugares que no presentan registro de medición que se podrían llamar “conexiones fraudulentas”. Un ejemplo de esto sería la conexión de la fuente del parque principal, la cual es

sacada de la red de distribución y continuamente está desperdiciando el agua ya tratada, este tipo de conexión genera un gasto grande el cual es cuantificado por el macromedidor del acueducto, pero no es cuantificado por la micromedición de las domiciliaria. Por ejemplo: haciendo un o aforo aproximado en la salida de la fuente del parque principal se encontró un caudal e salida de 0.1 L/s lo cual generaría un gasto de 8640 L/Día es decir, un gasto mensual de 259.2 m³/mes el cual sería un gasto promedio de cerca de 20 casas en el municipio de Tona con más de 4 habitantes.

8.3.2 Estado De Los Micromedidores:

Los micromedidores están presentando una serie de errores que se pudieron encontrar a lo largo del recorrido de la red domiciliaria. Se estima que más del 50 % de los aparatos analizados tienen desajustes en su funcionamiento. Dichos inconvenientes encontrados se pueden caracterizar de la siguiente manera:

➤ *Micromedidores Parados:*

Estos son aquellos registros encontrados que no cambian mes a mes. Esta característica sería posible si el domicilio se encontrara abandonado y no se hiciera uso del recurso, pero se encontraron 9 viviendas con esta falencia las cuales se hallaban habitadas normalmente por los usuarios, lo que equivale a un 5,00% del total de los domicilios con micromedidor, es decir, la cantidad de agua gastada por los habitantes de estas casas no se tiene en cuenta en la diferencia de macromedición y micromedición.

➤ *Micromedidores Mal Calibrados:*

Se encontró una serie de equipos que presentan mediciones que no se adaptan a las normales que debería tener un aparato de micro medición, es decir, se presentan registros menores al mes anterior. En total fueron halladas 57 viviendas

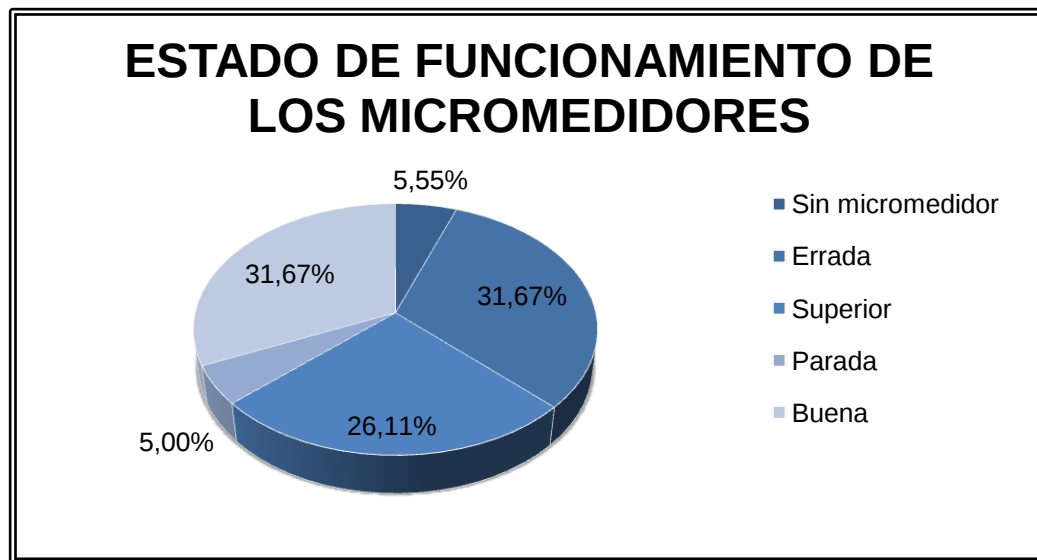
en las que se está presentando este tipo de error lo cual equivale a un 31.66% del total registrado en el acueducto, es decir, el servicio a estos usuarios no puede ser evaluado por tanto no se van a tener en cuenta en la diferencia de macromedición y micromedición.

➤ *Medidores con grandes consumos:*

También se presentan un total de 47 registros que sobrepasan la medida normal de gasto que puede tener un domicilio, esto equivale a un 26.11% del total de los usuarios registrados en el acueducto. Para evaluar este inconveniente se tuvo en cuenta las especificaciones y estimaciones presentadas en la norma RAS.

El consumo per cápita normal que se tiene estimado por la norma RAS es de aproximadamente 90 L/Día por habitante para una población de las características de Tona. Esto quiere decir que para proponer un ejemplo de una casa normal con un número elevado de habitantes (poniendo como ejemplo 8 hab) el gasto sería de 720 L/Día, es decir, 21.6 m³ mensuales. Esta comparación nos muestra que no es posible que los registros que presentan los micromedidores sean correctos pues se presentan datos donde en los hogares mensualmente supuestamente consumen más de 20 m³ llegando sobrepasar hasta 100 m³ de agua, valor que sería equivalente a un gasto de más de 3000 L/Día, esto demuestra que es un valor muy elevado para el nivel de la población y el consumo normal de los usuarios por tanto aquellas viviendas que registran valores superiores a 30 m³ se caracterizan como error siempre y cuando no sean viviendas usadas para unos institucional o comercial.

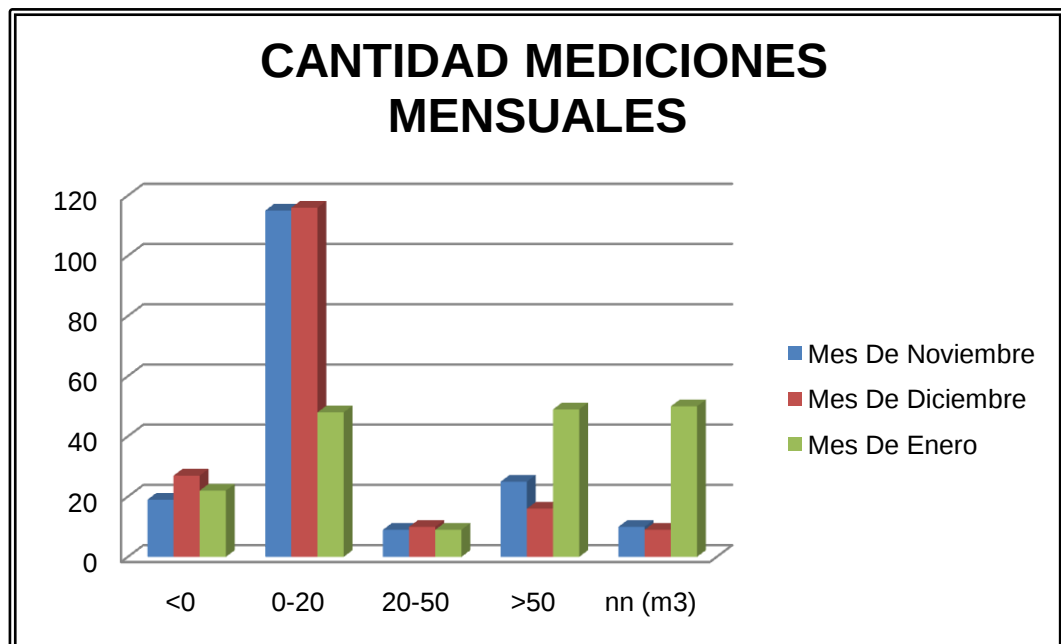
En total hay 123 mediciones que presentan errores, 57 por mediciones erradas, 47 por mediciones superiores a las normales, 9 por mediciones paradas y 10 usuarios sin micromedidores y finalmente 57 aparatos en buen estado para un total de 180 usuarios registrados.



Gráfica 2.

Estado De Funcionamiento De Los Micromedidores

8.4 CONCLUSIÓN



Gráfica 3. Diferencias En Mediciones Por Mes

Esta gráfica nos muestra la una comparación de la cantidad de datos que se ubican en los rangos del gasto mensual en metros cúbicos de los usuarios del acueducto de Tona.

Lo ideal sería que todas las mediciones se encontraran en el rango dos el cual representa un gasto mensual entre 0 y 20 m³ por vivienda los cuales son los valores aceptables de registro para esta región según la RAS, pero como se observa en todos los casos hay errores en la medición.

Las mediciones que son menores a cero son debido al mal funcionamiento de los micromedidores o negligencia del personal que toma los datos, al igual que las mediciones superiores a 20 m³.

Cabe resaltar que la diferencia de las tomas por el operador (azul y roja) presentan una gran diferencia con la toma generada durante este proyecto por otro persona evaluador, esto puede ser debido a varios factores.

1. la nomenclatura de las casas es deficiente por tanto el nuevo personal desconoce un gran porcentaje de localización de usuarios en los cuales no se pudo tomar datos como se muestra en el rango nn, esto afecta el buen manejo de la facturación, pues solo el fontanero sabe la totalidad de ubicación de los registros y la oficina de servicios públicos no cuenta con una base de datos actual y adecuada para realizar estas operaciones.
2. Es posible que el personal encargado no realice el procedimiento completo, no lo realice y haga una estimación al tanteo según los registros anteriores.
3. Es posible que el personal encargado de realizarlos registro no esté capacitado para verificar la información que recoge y deje pasar por alto problemas que alteran los resultados y mes a mes por desconocimiento siga cometiendo los mismos errores.

La grafica muestra que hay gran variación de los resultados, por tanto es indispensable corregir los diferentes inconvenientes que están afectando la medición de los registros domiciliarios para garantizar un servicio mejor y eficiente. Las soluciones mas acertadas son capacitar al personal de registro y hacer una revisión a los aparatos de micro medición para hacer su reparación.

Finalmente se puede confirmar que la oficina de servicios públicos no cuenta con la información necesaria para cuantificar y facturar el consumo de los usuarios del casco urbano del municipio de Tona lo cual permite ver que las pérdidas de agua se encuentran en este componente del sistema de acueducto.

9. BALANCE ECONÓMICO

En este punto se presenta cuánto dinero está perdiendo el municipio por tener un mal manejo en su sistema de acueducto tanto en su captación como en la potabilización del agua, además, se muestran las ventajas que se tendrían al realizar mejoras en todo el sistema.

Para determinar el valor por gramos de cada sustancia utilizada se cotizó la información obteniendo los siguientes valores:

9.1 AGUA QUE SE PIERDE Y NO SE FACTURA

Esto corresponde a la captación del agua innecesaria para atender la demanda de la población.

Tabla 18. Pérdidas Económicas Por Agua Cruda

MES	AGUA PERDIDA (m^3)	VALOR (\$) * ($m^3$)	TOTAL(\$)
Enero	15591,32	402,96	6.282.678,31
Febrero	16110,33	402,96	6.491.818,58
Marzo	21394,76	402,96	8.621.232,49
Abril	21338,77	402,96	8.598.670,76
Mayo	8611,56	402,96	3.470.114,22
Junio	8756,57	402,96	3.528.547,45
Julio	8556,58	402,96	3.447.959,48
Agosto	8199,59	402,96	3.304.106,79
Septiembre	21340,77	402,96	8.599.476,68
Octubre	20830,78	402,96	8.393.971,11
Noviembre	21196,79	402,96	8.541.458,50
Diciembre	21373,8	402,96	8.612.786,45
Total Año	193301,62		77.892.820,80

Fuente: Autores

9.2 AGUA QUE SE TRATA INNECESARIAMENTE

Actualmente se está haciendo un tratamiento en planta que consta de dos importantes procesos químicos que son la coagulación-floculación usando sulfato de aluminio y la desinfección a través de la dosificación de cloro. Las cantidades que se están suministrando actualmente fueron estimadas por el método del tanteo sin ningún soporte experimental y son Sulfato de aluminio Tipo A: 100 gr/Día y Cloro al 70 %: 500 gr/Día.

Para visualizar las diferencias en el tratamiento se hará un análisis comparativo entre los valores suministrados actualmente, las concentraciones adecuadas de potabilización encontradas y soportadas por los ensayos de laboratorio pertinentes para la cantidad tratada actualmente y a futuro.

9.2.1 Dosificación de cloro

El costo del tipo de cloro suministrado es de 7500 pesos por Kilo.

➤ **Suministro Actual:**

En la **Tabla 19** se presenta el costo de la dosificación de cloro generado con la cantidad que actualmente se están suministrado la cual correspondiente a 500 gr/Día.

Tabla 19.Costo Actual Del Tratamiento Del Cloro Al 70% (500 Gr/Día)

MES	CANTIDAD CLORO MENSUAL (gr)	VALOR (\$)
Enero	15000	1.125.000,00
Febrero	15000	1.125.000,00
Marzo	15000	1.125.000,00
Abril	15000	1.125.000,00
Mayo	15000	1.125.000,00
Junio	15000	1.125.000,00
Julio	15000	1.125.000,00
Agosto	15000	1.125.000,00
Septiembre	15000	1.125.000,00
Octubre	15000	1.125.000,00
Noviembre	15000	1.125.000,00
Diciembre	15000	1.125.000,00
Total Año		13.500.000,00

➤ **Suministro Propuesto Actual:**

En la **Tabla 20** se presenta el costo de la dosificación de cloro generado con las concentraciones adecuadas de potabilización encontradas y soportadas por los ensayos de laboratorio pertinentes para la cantidad de agua tratada actualmente, correspondiente a 2.15 gr/m³.

Tabla 20. Costo Del Tratamiento Propuesto Del Cloro Al 70% (2,15 Gr/ M³)

MES	MACROMEDICION (m ³)	CANTIDAD DIARIA (gr)	CANTIDAD MESUAL (gr)	PRECIO(\$)
Enero	3790	271,61667	8148,5	611.137,50
Febrero	3271	234,42167	7032,65	527.448,75
Marzo	3352	240,22667	7206,8	540.510,00
Abril	3408	244,24	7327,2	549.540,00
Mayo	3564	255,42	7662,6	574.695,00
Junio	3419	245,02833	7350,85	551.313,75
Julio	3619	259,36167	7780,85	583.563,75
Agosto	3976	284,94667	8548,4	641.130,00
Septiembre	3406	244,09667	7322,9	549.217,50
Octubre	3916	280,64667	8419,4	631.455,00
Noviembre	3550	254,41667	7632,5	572.437,50
Diciembre	3373	241,73167	7251,95	543.896,25
Total Año				6.876.345,00

Fuente: Autores

➤ **Suministro Propuesto Futuro:**

En la **Tabla 21** se presenta el costo de la dosificación de cloro generado con las concentraciones adecuadas de potabilización encontradas y soportadas por los ensayos de laboratorio pertinentes para la cantidad de agua que se debe tratar con una proyección futura de 25 años, correspondiente a 20 gr/m³.

Tabla 21. Costo Del Tratamiento Optimo Del Cloro Al 70% (2,15 Gr/M³)

MES	CANTIDAD CLORO (gr)	Valor (\$)
Enero	7523,28	564.246,00
Febrero	7523,28	564.246,00
Marzo	7523,28	564.246,00
Abril	7523,28	564.246,00
Mayo	7523,28	564.246,00
Junio	7523,28	564.246,00
Julio	7523,28	564.246,00
Agosto	7523,28	564.246,00
Septiembre	7523,28	564.246,00
Octubre	7523,28	564.246,00
Noviembre	7523,28	564.246,00
Diciembre	7523,28	564.246,00
Total Año		6.770.952,00

Fuente: Autores

➤ Conclusión

De las tres alternativas la que más se ajusta a una potabilización eficiente es la tercera, en la cual se trata el caudal estrictamente necesario por la población futura proyectada a 25 años y usando las cantidades de químico que proponen los ensayos de laboratorio realizados.

En la **Tabla 22** se aprecia que en la actualidad, haciendo la diferencia entra las alternativas 1 y 2, hay pérdidas económicas de \$ 6.848.565 anuales y presentando

mejores resultados de potabilización la alternativa dos que es más económica que la primera. Esto confirma que actualmente se está haciendo mal la dosificación del cloro y hay que mejorarla.

Tabla 22. Costo De Las Alternativas De Suministro De Cloro

Dosificación de Cloro Al 70%		
Alternativa	Tiempo	Total (\$)
Suministro actual	Año	13.725.000,00
Suministro propuesto actual	Año	6.876.345,00
Suministro propuesto futuro	Año	6.770.952,00

Fuente: Autores

9.2.2 Dosificación del sulfato de aluminio Tipo A

El costo del tipo de sulfato agregado actualmente es dede 2500 pesos Kilo.

➤ **Suministro Actual:**

En la **Tabla 23** se presenta el costo de la dosificación de sulfato de aluminio generado con las cantidades que actualmente se están suministrado correspondiente a 100 gr/Día.

Tabla 23. Costo Del Tratamiento Actual Del Sulfato De Aluminio Tipo A (100 Gr/Día)

MES	CANTIDAD DE SULFATO (gr)	Valor (\$)
Enero	3000	75.000,00
Febrero	3000	75.000,00
Marzo	3000	75.000,00
Abril	3000	75.000,00
Mayo	3000	75.000,00
Junio	3000	75.000,00
Julio	3000	75.000,00
Agosto	3000	75.000,00
Septiembre	3000	75.000,00
Octubre	3000	75.000,00
Noviembre	3000	75.000,00
Diciembre	3000	75.000,00
Total Año		900.000,00

Fuente: Autores

➤ **Suministro Propuesto Actual:**

En la **Tabla 24** se presenta el costo de la dosificación de Sulfato De Aluminio generado con las concentraciones adecuadas de potabilización encontradas y soportadas por los ensayos de laboratorio pertinentes para la cantidad de agua tratada actualmente, correspondiente a 20 gr/m³.

Como no se tiene la variación del rebose en el Desarenador a lo largo de un año de servicio, se estima un valor promedio aproximado de 1 Lps para este con el fin de encontrar un caudal tratado aproximado anual en los sistemas de coagulación – floculación y así determinar el valor que se gastaría con la dosis propuesta de sulfato de aluminio actualmente.

Tabla 24. Costo Aproximado Tratamiento Propuesto Del Sulfato De Aluminio Tipo A (20 Gr/ M³)

MES	ÉPOCA	Q ENTRADA (LPS)	Q REBOSE APROX. (LPS)	Q ACTUAL TRATADO (LPS)	Q AGUA ACTUAL TRATADA (m ³)	VALOR (\$)
Enero	normal	3,77	1	2,77	7179,84	3.589.920,00
Febrero	normal	3,77	1	2,77	7179,84	3.589.920,00
Marzo	Invierno	4,71	1	3,71	9616,32	4.808.160,00
Abril	Invierno	4,71	1	3,71	9616,32	4.808.160,00
Mayo	verano	2,5	1	1,5	3888	1.944.000,00
Junio	verano	2,5	1	1,5	3888	1.944.000,00
Julio	verano	2,5	1	1,5	3888	1.944.000,00
Agosto	verano	2,5	1	1,5	3888	1.944.000,00
Septiembre	Invierno	4,71	1	3,71	9616,32	4.808.160,00
Octubre	Invierno	4,71	1	3,71	9616,32	4.808.160,00
Noviembre	Invierno	4,71	1	3,71	9616,32	4.808.160,00
Diciembre	Invierno	4,71	1	3,71	9616,32	4.808.160,00
Total año				33,8	87609,6	43.804.800,00

Fuente: Autores

➤ **Suministro Propuesto Futuro:**

En la **Tabla 25** se presenta el costo de la dosificación de Sulfato De Aluminio generado con las concentraciones adecuadas de potabilización encontradas y soportadas por los ensayos de laboratorio pertinentes para la cantidad de agua que se debe tratar con una proyección futura de 25 años, correspondiente a 20 gr/m³.

Tabla 25. Costo Del Tratamiento Optimo Del Sulfato De Aluminio Tipo A (20 Gr/ M³)

MES	Q Entrada (Lps)	Agua Tratada (m³)	VALOR (\$)
Enero	1,35	3499,2	1.749.600,00
Febrero	1,35	3499,2	1.749.600,00
Marzo	1,35	3499,2	1.749.600,00
Abril	1,35	3499,2	1.749.600,00
Mayo	1,35	3499,2	1.749.600,00
Junio	1,35	3499,2	1.749.600,00
Julio	1,35	3499,2	1.749.600,00
Agosto	1,35	3499,2	1.749.600,00
Septiembre	1,35	3499,2	1.749.600,00
Octubre	1,35	3499,2	1.749.600,00
Noviembre	1,35	3499,2	1.749.600,00
Diciembre	1,35	3499,2	1.749.600,00
Total año		41990,4	20.995.200,00

Fuente: Autores

➤ **Conclusiones:**

El problema en este punto de la potabilización no es el costo de la misma si no la calidad, pues actualmente no se está presentando nada de coagulación - floculación debido al pésimo suministro de la sustancia química y el mal uso de las estructuras que conforman este proceso. Esto trae como consecuencia pérdidas económicas, pues al no realizarse adecuadamente este proceso las partículas no se van a sedimentar en forma correcta, por tanto todo el material suspendido se

intentará remover en la filtración trabajo que no deberían hacer estos aparatos excesivamente pues se disminuirá notoriamente el tiempo de vida de los mismos y generará un lavado constante de estos aportando al gasto del recurso.

Tabla 26. Costos De Las Alternativas De Suministro Del Sulfato De Aluminio

Dosificación de Sulfato de Aluminio Tipo A		
Alternativa	Tiempo	Total
Suministro actual	Año	900.000,00
Suministro propuesto actual	Año	43.804.800,00
Suministro propuesto futuro	Año	20.995.200,00

Fuente: Autores

10. CATASTRO DEL SISTEMA

Con el fin de optimizar los recursos que posee la oficina de servicios públicos de Tonay evitar la dependencia de la disponibilidad de tiempo del fontanero encargado para la búsqueda de información sobre el acueducto del municipio se realizó el inventario de sus componentes y se creó un Sistema De Información Geográfica (SIG) que sirve como recurso de consulta del estado actual.

A través de esta herramienta de apoyo se pueden visualizar los usuarios el sistema, la ubicación de la planta de tratamiento, las características de la red de distribución y además permite la actualización de la información a futuro según las obras necesarias que se dicten en el plan maestro de acueducto que se realizará en el municipio.

10.1 SOFTWARE UTILIZADO

Para la creación del sistema de información geográfica se utilizó la herramienta arcview 3.2 de la empresa estadounidense ESRI, el cual es un software que permite la visualización y consulta de datos geográficos sumados a la implementación del manejo de datos alfanuméricos de una forma sencilla.

La información manejada dentro de este software se divide en elementos de tres clases, archivos tipo punto, línea y polígono, todas las funciones del programa están dispuestas para trabajar estos tipos de elementos aunque existen otras funciones que pueden desplegarse para mejorar la visualización del SIG que se desea crear.

10.2 TEMAS CREADOS

Para mejorar la visualización de la información contenida dentro del sistema de información geográfica, esta se dividió en los siguientes temas

10.2.1 Manzanas

Este tema presenta la división del casco urbano del municipio en las respectivas manzanas formadas por los cruces entre calles y carreras.

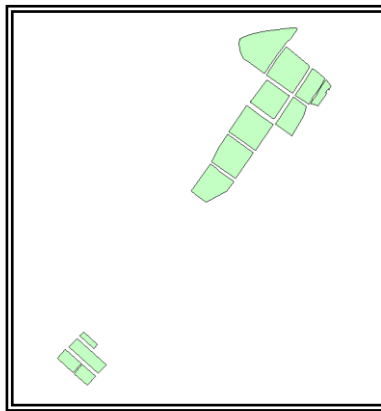


Imagen 25. Visualización Del Tema Manzanas

Los atributos agregados a las manzanas corresponden a su área y a su perímetro

FID	Shape	AREA	PERIMETER
0	Polygon	3290,52906	228,678001
1	Polygon	1688,282756	172,745564
2	Polygon	4860,662853	295,232063
3	Polygon	2882,554518	213,942565
4	Polygon	3461,830453	234,255739
5	Polygon	2622,857803	202,42144
6	Polygon	3541,057287	234,371428
7	Polygon	2058,6314	186,457802

Imagen 26. Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Manzanas

10.2.2 Predios

Aquí se encuentra la división predial del municipio según la cartografía entregada por la alcaldía del municipio para la elaboración del proyecto.

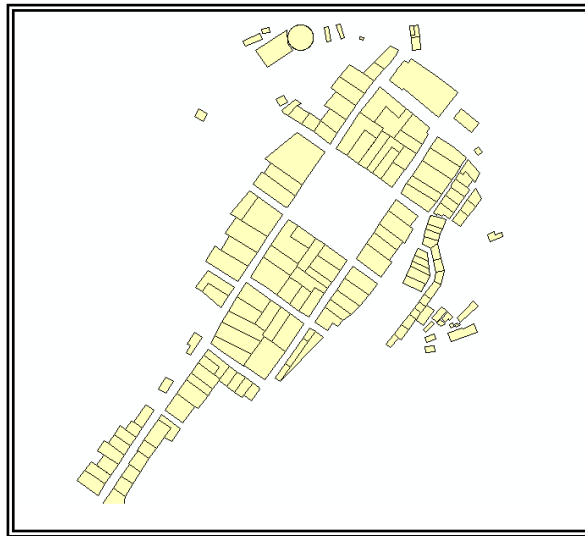


Imagen 27. Visualización Del Tema Predios

Los campos atribuidos a los predios se seleccionaron según su importancia dentro del sistema y estos fueron:

- NUID: Numero único de identificación del domicilio según la oficina de servicios públicos del municipio.
- USUARIO: Nombre del propietario del predio.
- DIRECCIÓN: Dirección del predio.
- USO: Uso del suelo.

- MICROMED: Indica si el usuario cuenta o no con micromedidor.
- ESTADO_MIC: Indica el estado actual del micromedidor.



NUID	USUARIO	DIRECCIÓN	USO	MICROMED	ESTADO_MIC
6	EMILIANO VALBUENA	CALLE 8 N° 4-38	RESIDENCIAL		
7	ELOISA HERNANDEZ	CALLE 8 N° 4-30	RESIDENCIAL	SI	MALO
8	JESUS GUTIERREZ	CARRERA 4 N° 8-03	RESIDENCIAL	SI	MALO
9	ANA CRUZ DE VANEGAS	CARRERA 4 N° 8-24	RESIDENCIAL	SI	BUENO
10	CARMELINA ROSAS	CARRERA 4 N° 8-09	RESIDENCIAL	SI	BUENO
11	RODOLFO JEREZ	CARRERA 4 N° 8-31	RESIDENCIAL	SI	BUENO
12	ANA BELCY RODRIGUEZ	CARRERA 4 N° 8-39	RESIDENCIAL	NO	
13	EMERITA LANDAZABAL	CARRERA 4 No 8-46	RESIDENCIAL	NO	
14	EUSTAQUIO RAMIREZ	CARRERA 4 N° 8-49	RESIDENCIAL	SI	BUENO
15	JOSEFINA HERNANDEZ	CARRERA 4 N° 8-61	RESIDENCIAL	SI	BUENO
16	RAFAEL LUNA	CARRERA 4 N° 8-83	RESIDENCIAL	SI	BUENO
17	SECCIÓN PRIMARIA COLEGIO RAFAEL URIBE U.	VIA AL GRAMAL	OFICIAL	SI	MALO
18	IGLESIA EVANGELICA	CARRERA 4 No 9-20	ESPECIAL	SI	MALO

Imagen 28. Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Predios

10.2.3 Vías

En este tema se encuentran las vías que forman parte del casco urbano del municipio y de igual manera se indican aquellas que parten hacia otros sectores cercanos al municipio.

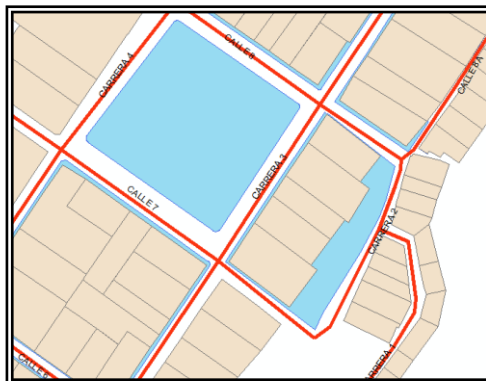


Imagen 29. Visualización Del Tema Vías

Los atributos dados a los componentes de este tema fueron su nombre y la respectiva longitud.

FID	Shape *	LENGTH	NOMBRE
14	Polyline	28,700995	CARRERA 3A
35	Polyline	29,986526	CARRERA 4
28	Polyline	30,211342	CARRERA 3
15	Polyline	32,501093	CALLE 8
27	Polyline	33,675152	CALLE 7
38	Polyline	33,702222	CALLE 9
16	Polyline	34,136561	CARRERA 2
18	Polyline	36,066184	CALE 1A
40	Polyline	36,406039	CALE 1
37	Polyline	40,155813	CALLE 3
2	Polyline	40,272246	CARRERA 4

Imagen 30. Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Vías

10.2.4 Puntos De Interés

Dentro de este tema se encuentran los nombres y direcciones de algunos puntos ubicados en el casco urbano que son de interés común



Imagen 31. Visualización Del Tema Puntos De Interés

Shape *	NOMBRE	DIRECCIÓN
Point	CASA DE LA CULTURA	CARRERA 3 N° 8-ESQUINA
Point	CASA MUNICIPAL	CARRERA 3 N° 8-17
Point	CEMENTERIO	CARRERA 4 CON CALLE 2
Point	CLUB LOS ANDES	CARRERA 3 N° 5-ESQUINA
Point	COLEGIO RAFAEL URIBE URIBE	CALLE 9 N° 3-36
Point	I.C.B.F	VIA CANCHA DE FUTBOL
Point	IGLESIA EVANGELICA	CARRERA 4 No 9-20
Point	IGLESIA SAN ISIDRO LABRADOR	CARRERA 4 N° 7-31
Point	MATADERO MUNICIPAL	SECTOR LA PESA-VIA LA VIRGEN
Point	PARQUE PRINCIPAL	CALLE 7 CON CARRERA 3

Imagen 32. Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Puntos De Interés

10.2.5 Red De Acueducto

Este tema contiene la ubicación de la red de distribución con la que cuenta el municipio para abastecer de agua a la población.

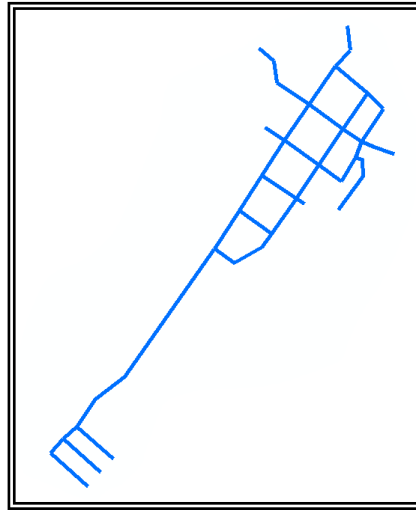


Imagen 33. Visualización Del Tema Puntos De Red De Distribución

Dentro de este tema se pueden encontrar características de la tubería como longitud, diámetro, material y si ha tenido o no reparaciones.

Shape *	LENGTH	MATERIAL	DIÁMETRO	EDAD	ULT REPAR
Polyline	57,456448	PVC	1 "	15 AÑOS	
Polyline	67,510073	PVC	1 "	15 AÑOS	
Polyline	73,19132	PVC	1 "	15 AÑOS	
Polyline	74,138034	PVC	1 "	15 AÑOS	MARZO DE 2010
Polyline	75,142947	PVC	1 "	15 AÑOS	
Polyline	28,563244	PVC	1 "	15 AÑOS	
Polyline	27,152926	PVC	1 "	15 AÑOS	AGOSTO 2010

Imagen 34. Visualización De La Tabla De Atributos Del Tema Red De Distribución

11. MODELO DE LA RED

Mediante la utilización de un software se realizó el montaje y modelación de la datos recolectados con el fin de hacer un análisis hidráulico de la red de distribución que sirve como una herramienta de sustento de la información para obtener conclusiones lo más acertadas posibles.

11.1 SOFTWARE UTILIZADO

Como herramienta computacional se utilizó EPANET 2.0, el cual es un software que permite realizar análisis hidráulicos de redes a presión utilizando las características físicas y dinámicas de los componentes para verificar su funcionalidad.

Este programa utiliza como fuente de información las propiedades de las tuberías, los nodos y depósitosde agua que conforman el sistema para simular su comportamiento hidráulico para así realizar un seguimiento de la evolución de las presiones y caudales en un periodo de tiempo determinado.

11.2 CONDICIONES DE LA SIMULACIÓN

Para realizar el modelo del sistema de distribución se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones

- La modelación se realizó para un periodo de 48 horas.
- Las pérdidas de carga se calcularon mediante la fórmula de Darcy-Weisbach.

- Se contemplaron pérdidas menores por accesorios.
- La demanda base de los nodos se estipuló en función del caudal máximo diario.
- Se agrego una curva de modulación para obtener el caudal máximo horario en las horas pico.

11.3 MODELO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el modelo de la situación actual de la red de distribución del municipio de Tona se tuvo en cuenta una curva de modulación la cual fue añadida al sistema con el fin de simular de manera mas acertada la variación de las presiones en los momentos de menor consumo donde se generan altas presiones que derivan en daños en las tuberías.

Debido a que no existen registros del gasto de agua por hora del municipio, los periodos del día donde se debe garantizar el caudal máximo horario para este estudio fueron determinados según los hábitos promedio de la población los cuales indican que los mayores consumos se dan en las horas que corresponden al tiempo de alimentación y desplazamiento hacia sus trabajos.

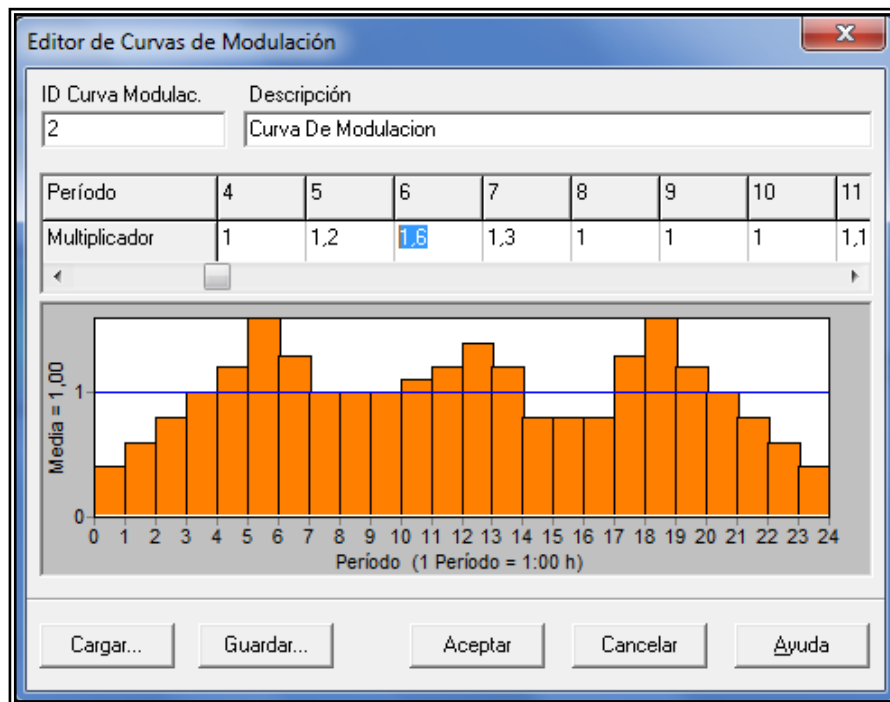


Imagen 35. Curva De Modulación

La asignación del caudal base en los nodos se realizó en función del caudal máximo diario, del número total de usuarios y de los predios que se abastecen de la conexión al nodo, en este orden de ideas se tiene que:

Tabla 27. Caudal Por Usuario

Qmd (lps)	0,743
QMD (lps)	0,966
QMH (lps)	1,546
# Usuarios	180
Q/usuario (lps)	0,005

Sumado a lo anterior, a los nodos que conectan los dos establecimientos educativos existentes, la escuela y el colegio, se les añadió el flujo correspondiente a su uso institucional cuyos valores son los siguientes.

Tabla 28. Caudal Institucional

	Escuela	Colegio
Qmd (lps)	0,014	0,058
QMD (lps)	0,018	0,075
QMH (lps)	0,029	0,120

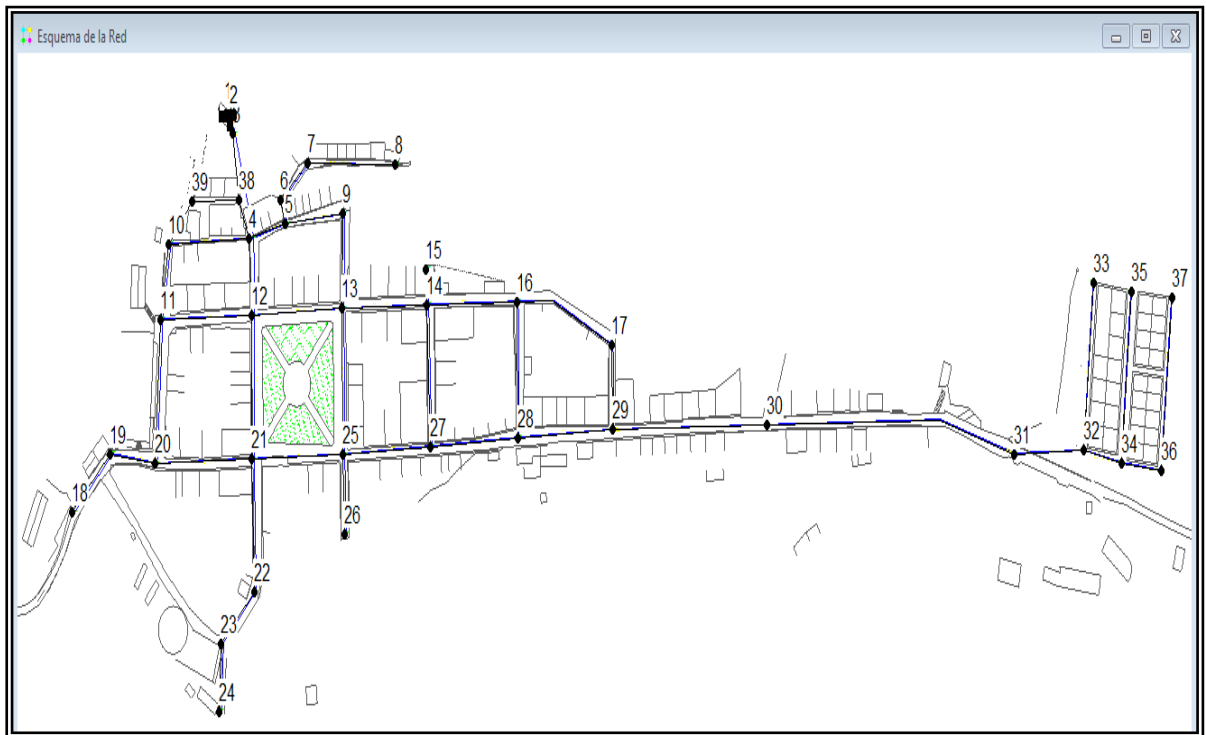


Imagen 36. Modelo De La Situación Actual

RESULTADOS

La simulación del sistema actual del acueducto del casco urbano de Tona arroja resultados validos en lo que se refiere a las tuberías pero presenta problemas en cuanto a las presiones registradas en algunos puntos de la red de distribución.

Los diámetros de la tubería existente no cumplen con la dimensión mínima exigida por la norma RAS, no obstante, esta condición no generó problemas en el modelo del sistema dado que son suficientes para transportar correctamente el caudal requerido debido a la baja magnitud del mismo.

En lo relacionado a las presiones altas, estas se presentan hacia la parte sur del casco urbano, y se dan desde la carrera cuarta con calle cuarta hasta la urbanización los sauces como consecuencia de la gran diferencia de altura entre la planta de tratamiento y dichos sectores.

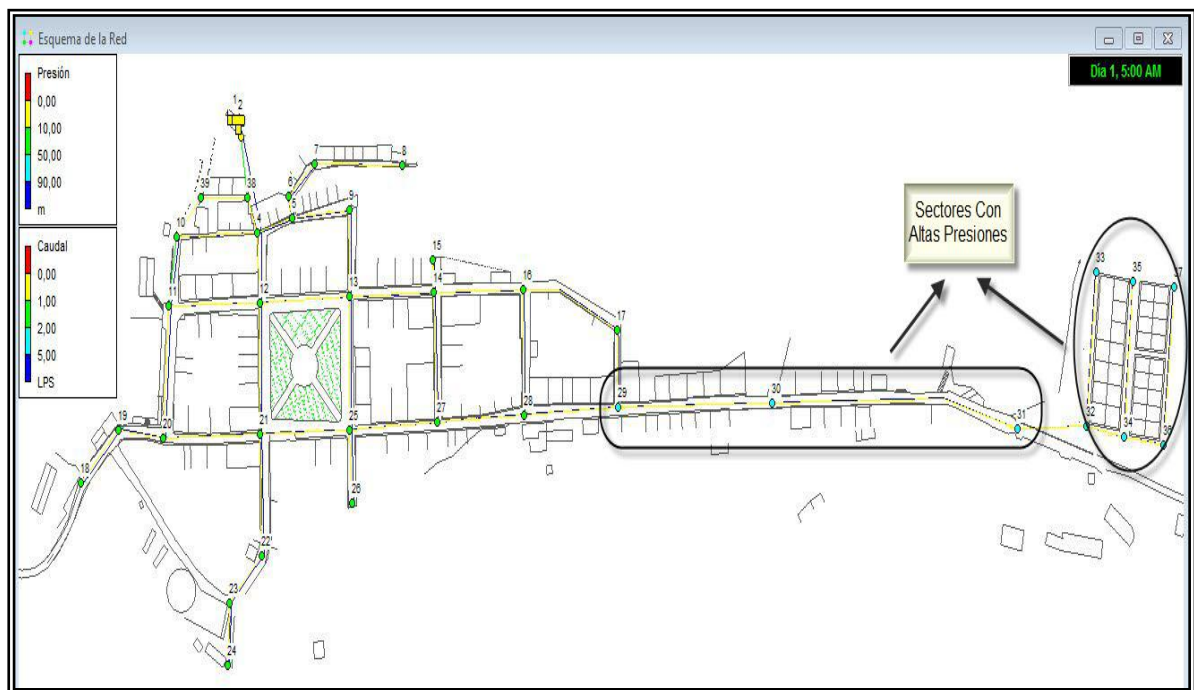


Imagen 37. Sectores Con Presiones Altas

La norma RAS, que rige el comportamiento que debe tener un sistema de acueducto, indica que la presión máxima es de 50 m.c.a, pero según los resultados arrojados por el software, sobre la evolución de las presiones en los sectores mencionados, se observa que existen nodos en los que se presentan valores muy superiores al permitido durante la mayor parte del día, como ejemplo de ilustración de esta situación se muestra la variación de la presión en el nodo 30, el cual presenta como valor mínimo 62 m.c.a y como valor máximo 70 m.c.a.

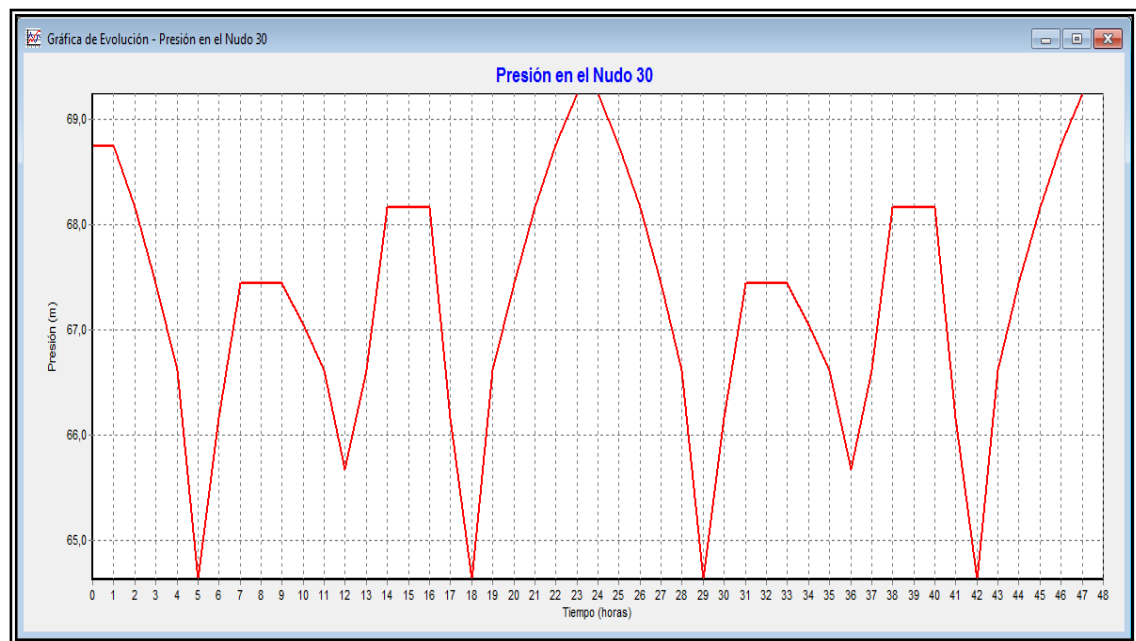


Imagen 38. Variación De La Presión

11.4 MODELO DE LA SITUACIÓN A FUTURO

Para realizar la simulación del estado del sistema del acueducto y analizar su capacidad de satisfacer la demanda de la población futura, calculada a 25

años, setuvieron en cuenta las mismas condiciones mencionadas en el numeral anterior pero en este caso para un caudal máximo diario de 1.35 lps.

El incremento de usuarios se hizo en función de la nueva población y del promedio de habitantes por vivienda dado que no existen registros de este tipo en la oficina de servicios públicos del municipio, así pues, se tiene que serán 40 viviendas las que se sumaran a las 180 existentes.

La ubicación de estos nuevos usuarios se da hacia la parte baja del municipio, cerca de la urbanización los sauces que es lugar hacia donde se está presentando la expansión del municipio, sin embargo, como estos predios no se pueden localizar de manera exacta para la simulación en el software se opto por añadirle a un nodo el caudal necesario para estas viviendas.

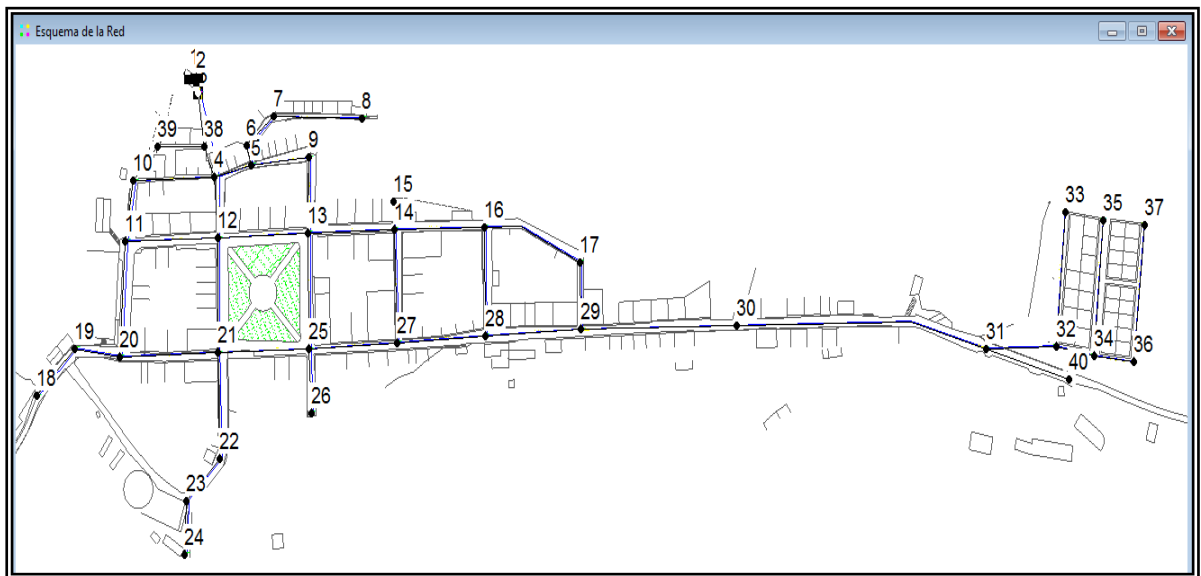


Imagen 39. Modelo Situación Futura

RESULTADOS

La simulación del sistema del acueducto para la población futura arrojó, como era de esperarse, la misma problemática que se presenta en la actualidad, altas presiones en los sectores bajos comprendidos entre la carrera 4 con calle 4 hasta la urbanización los sauces.

Es preciso aclarar que la red de distribución actual no cumple con las características mínimas exigidas en el reglamento técnico de agua potable, sin embargo su funcionamiento es aceptable más allá de las presiones altas en el sector bajo las cuales se pueden controlar mediante una válvula reguladora.

12. PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN

La generación de oportunidades para el uso eficiente se hace necesaria debido a la condición limitada del uso del agua, lo cual obliga a las poblaciones a hacer más con menos volúmenes de ella, para esto es preciso adoptar mejores hábitos, los cuales sumados a un cambio en el manejo del recurso hídrico y ayudados por nuevas tecnologías permitan preservar su existencia.

Así pues, la formulación de las oportunidades de ahorro y uso eficiente deben visualizarse dentro de la planeación estratégica de un municipio, comprometiendo a la unidad de servicios públicos a llevar a cabo las acciones necesarias para cumplir con los objetivos de optimizar los procesos del sistema de acueducto y alcantarillado, reducir las pérdidas y concientizar a la población sobre el uso del agua.

Por consiguiente, se presenta a continuación algunas recomendaciones para llevar a cabo acciones que reduzcan los volúmenes de agua utilizados en el municipio de Tona y mitiguen el impacto negativo sobre el recurso hídrico.

12.1 SUSPENDER EL CAUDAL CAPTADO DE LA QUEBRADA VILLA CRISTINA.

Objetivo: Suspender la captación continúa de agua de la quebrada Villa Cristina.

Justificación: La demanda de agua calculada para los habitantes del municipio permite observar que el caudal tomado de las quebradas mediante las dos bocatomas existentes es superior al necesario para abastecer a la población dentro de los próximos 25 años, esto indica que es preciso suspender una captación para evitar la pérdida de agua que no está siendo utilizada.

Dada la estructura del sistema de acueducto de Tona, se sugiere que lo más conveniente es dejar como única fuente de abastecimiento la quebrada Alto Tomasa que por sí sola satisface las necesidades del municipio y de esta manera se puede dejar correr libremente el agua de la quebrada Villa Cristina.

Se hace necesaria la suspensión de la captación mencionada siempre y cuando no se requiera el uso de esta por periodos largos de sequia o requerimiento para abastecer las zonas de expansión proyectadas, es decir, es indispensable no abandonar las estructuras existentes de captación, aducción y desarenador debido a su potencial uso para la población futura, realizándoles mantenimientos preventivos periódicamente, controlando el paso de caudal con una válvula que se debe ubicar en la zona de captación.

Así mismo es necesario eliminar conexiones “fraudulentas” de mangueras como la que conduce a la pesa donde se aprovecha para el lavado de carros, pues son unas conducciones que no poseen de ninguna manera formas de cerrado de válvulas para no derrochar el agua que no se va a consumir, para esto es importante concientizar a la gente que este tipo de conexiones están generando grandes problemas de contaminación del recurso hídrico y brindarles soluciones para un mejor abastecimiento.

12.2 OPTIMIZAR LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN

Objetivo: Reducir el caudal captado de la quebrada Alto Tomasa

Justificación: La quebrada El alto De Tomasa como fuente principal de abastecimiento del acueducto de Tona está en condiciones aptas de entregar el caudal suficiente para atender la demanda de agua de la población, esto lo demuestra la concesión de aguas con la que cuenta el municipio la cual estipula un caudal mínimo de 2.5092 lps y un permiso de captar únicamente 1.2546 lps, lo

cual es suficiente dado que el cálculo de la dotación para la población futura se estimo en 1.35 lps según los parámetros definidos en la RAS.

Sin embargo, actualmente la bocatoma capta todo el caudal transportado por la quebrada, lo cual origina que en la mayor parte del año la planta trate un volumen de agua mayor al que su capacidad le permite, impidiendo que los procesos de potabilización se realicen correctamente.

Para darle solución a esta problemática se recomienda como primera medida regular el flujo a través de la válvula existente a la entrada del tanque de mezcla rápida, la cual se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 40. Válvula Reguladora Para Planta De Tratamiento

Mediante la abertura precisa de esta válvula se puede garantizar el paso de únicamente 1.35 lps requerido para abastecer a la población y de esta manera evitar que mayores volúmenes de agua entren a los procesos de potabilización impidiendo que estos se realicen de manera correcto

Sumado a lo anterior, se recomienda optimizar el volumen de agua captado a través del rediseño del vertedero de excesos existente en la estructura del desarenador, dado que su funcionamiento actual no es el correcto, por este motivo a continuación se presenta el diseño una mejora que debe realizarse a la zona de entrada al desarenador para garantizar únicamente el ingreso del caudal requerido

por el municipio hacia su zona de sedimentación y así mismo al resto del sistema de acueducto.

Para realizar el diseño de la cámara de entrada se usará la fórmula de vertedero de Francis:

$$Q = K * L * H^{\frac{3}{2}} \quad \text{Donde}$$

K= es una constante generalmente de 1.84.

Q= caudal en m^3/s .

H= altura en metros de la lámina de agua a la salida del vertedero.

Como ya tenemos una cámara de entrada con unas dimensiones de $L=0.25 \text{ m}$ y es necesaria la entrada de un caudal de $Q=1.35 \text{ Lt/s}$ entonces despejamos H.

$$H = \left[\frac{Q}{K * L} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left[\frac{1.35 \times 10^{-3}}{1.84 * 0.25} \right]^{\frac{2}{3}} = 0.02 \text{ m} .$$

Esto indica que es necesario que el muro existente en la entrada al desarenador sea levantado hasta una altura dos centímetros menor que el muro hacia el cual se van los excesos, esto para garantizar un buen funcionamiento de la zona de entrada a la desarenación.

Esta es quizás una de las tareas más importantes de las modificaciones, pues de ahí en adelante las estructuras trabajarán con el caudal necesario para suplir las necesidades de la población futura estimada.

12.3 OPTIMIZAR EL MANEJO DE LOS EXCESOS

Objetivo: Evitar la contaminación en el alcantarillado del agua proveniente de los excesos

Justificación: El agua captada de la quebrada villa cristina y los volúmenes de agua producto de excesos en la capacidad de tratamiento de la planta están siendo manejados incorrectamente ya que su destino final es la red de alcantarillado, allí esta agua, de buena calidad en términos generales, se contamina con las aguas negras y se entrega al cauce del rio Tona.

A razón de esto se recomienda crear un alineamiento en tubería enpvc, con diámetro de 8 pulgadas, que transporte el agua recogida producto de los excesos en la captación hasta realizar su descarga, dicho alineamiento deberá iniciar en la planta de tratamiento y continuar su recorrido por la calle 9 hasta efectuar la entrega sobre la quebrada Villa Cristina a la altura del paso por el matadero municipal.(Ver plano No 3 anexado a este proyecto)

De esta manera se evitara alterar la calidad original del agua y se minimizaran los factores de contaminación en la conducción de esta hacia el rio Tona, además se generara un ahorro en la inversión de la planta de tratamiento de aguas residuales debido a una disminución del caudal que ella debería tratar.

12.4 CONSTRUCCIÓN DE LABORATORIO

Objetivo: mejorar la calidad del servicio garantizando un tratamiento adecuado en la potabilización de agua.

Justificación: La fuente de suministro para el acueducto del casco urbano es una quebrada que cambia de características con el tiempo, por lo tanto se requieren

estudios temporales frecuentes para realizar el adecuado tratamiento al agua captada. En este sentido es recomendable para el sistema de acueducto construir un laboratorio con la capacidad para llevar a cabo los pertinentes ensayos físico-químicos y microbiológicos del agua cruda y así mismo el agua tratada en diferentes puntos de la red domiciliaria con la finalidad de tener un control de calidad y un manejo óptimo de los procesos de potabilización del recurso hídrico.

12.5 MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN

Objetivo: Mejorar La Calidad del Agua Servida a los usuarios

Justificación: La planta de tratamiento del municipio cuenta con un sistema compuesto por floculación, sedimentación, filtración y desinfección y a través de estos procesos se realiza la potabilización del agua.

Sin embargo, algunos de estos procesos no se realizan de manera eficiente, impidiendo un tratamiento completo y disminuyendo la calidad del servicio de agua que se presta a los usuarios del municipio.

En este orden de ideas, es preciso realizar los siguientes cambios:

- Controlar la dosificación del sulfato de aluminio mediante ensayos periódicos que permitan estimar la cantidad necesaria del coagulante ya que este se puede ver afectado constantemente por factores externos como lluvias y posibles contaminaciones aguas arribas.
- Realizar la dosificación del sulfato de aluminio en el tanque de mezcla rápida para que se cumpla su objetivo en la creación de flóculos, procedimiento que se favorece con la agitación del fluido.

- Rediseñar el sistema de floculación agregando pantallas que permitan aumentar el tiempo de retención del agua para facilitar la formación de flóculos.
- Controlar la dosificación del cloro según la cantidad necesaria obtenida de ensayos previos para garantizar un cloro residual permitido en la red de conducción.

DISEÑO DE LA FLOCULACIÓN

Una vez dispersados los coagulantes hay que producir una lenta agitación en el agua para permitir el crecimiento del floc. Por tanto se deben tener en cuenta tres características esenciales para su diseño que son la forma de producir la agitación, el gradiente de velocidad y el tiempo de retención con el fin de perseguir dos objetivos básicos que son:

- Reunir los microflóculos para formar partículas mayores con pesos específicos superiores al del agua.
- Compactar el floc (disminuyendo su grado de hidratación y aumentar la eficiencia en la fase de separación (sedimentación y/o filtración).

Según las características del sistema de acueducto se diseñó un floculador tipo horizontal por razones estructurales y se hicieron unas modificaciones para garantizar el adecuado trabajo del sistema, es decir, la estructura fue diseñada como un floculador híbrido y los cálculos se presentan a continuación.

DATOS DEL SISTEMA

$$Q = 1.35 \text{ Lps} \quad A = 3,6 * 1,65 = 5,94 \text{ m}^2 \quad \#Tab = 14 \quad Long.Tab = 3,45 \text{ m}$$

La longitud total del canal de floculación esta dado por.

$$Long = 3,45 * 14 = 48,3 \text{ m}$$

El espaciamiento de los tabiques esta dado por.

$$Espaciamiento = \frac{1,65 - 0,14}{14} = 0,1078 \text{ m}$$

El área transversal del flujo esta dado por.

$$Area \text{ tramsversal} = 0,1078 * 0,5 = 0,0539 \text{ m}^2$$

La velocidad del flujo es igual al caudal sobre el área.

$$Velocidad \text{ de flujo} = \frac{Q}{A} = \frac{1,35 \times 10^{-3}}{0,0539} = 0,025 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El tiempo de recorrido es lo que la longitud recorrida en dicha velocidad.

$$TiempoRecorrido = \frac{Long}{Velocidad \text{ de flujo}} = \frac{48,3}{0,025} = 1929,2 \text{ seg} = 32,16 \text{ min}$$

Hasta este momento se ha diseñado un floculador horizontal con las características calculadas, pero para garantizar un gradiente aceptable en la floculación es necesario generar perdidas en el sistema, por tanto se hace una modificación en los extremos de los tabiques permitiendo el paso del fluido solo por unos huecos como se diseñan a continuación.

Generalmente el gradiente promedio en floculadores de pantallas varía entre 10 y 100 s^{-1} y mas frecuentemente entre 30 y 60 s^{-1} .

Además la potencia unitaria disipada y por tanto el gradiente de velocidad, dependen de las pérdidas de carga, por tanto se propone un gradiente hidráulico $G = 63 \text{ s}^{-1}$ cuya fórmula es.

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * Q * Ht}{\mu * V}}$$

Donde γ peso específico del agua en Kg/m³

Q es el caudal máximo diario de 1,35 Lps.

Ht son las pérdidas de la floculación en los orificios.

μ Es la viscosidad del agua equivalente a 10^{-4} .

De allí despejamos las pérdidas de la siguiente manera.

$$Hf = \frac{G^2 * \mu * V}{\gamma * Q}$$

$$Hf = \frac{63^2 * 10^{-4} * 1,65 * 3,6 * 0,5}{1000 * 1,35 \times 10^{-3}} = 0.873$$

Las pérdidas para cada orificio van a ser así:

$$hf = \frac{Hf}{\#tab} = \frac{0.873}{14} = 0.0624 \text{ m}$$

La velocidad del flujo en el orificio está dada por.

$$Vel = 0,6 * \sqrt{2 * g * h} = 0,6 * \sqrt{2 * 9,81 * 0.0624} = 0,664 \frac{m}{s}$$

Para calcular en área de cada orificio se tiene que:

$$A = \frac{Q}{Vel} = \frac{1,35 \times 10^{-3}}{0,664} = 0,0020 m^2$$

El área transversal del círculo será.

$$Area\ c = \Pi * r^2$$

El diámetro de los orificios será.

$$\varnothing = 0,0508\ m = 5.08\ cm = 2"$$

La concentración del floc es inversamente proporcional al gradiente de velocidad G y al tiempo de floculación t, en otras palabras esto quiere decir que es posible variar el volumen del floc cambiando la energía que se le comunique a la masa líquida o al periodo de detención del floculador. En este sentido al aumentar el gradiente de velocidad, disminuye la concentración del floc, por tanto disminuye el porcentaje de agua en el. Esto significa que si bien el floc es más pequeño se hace más compacto y puede tener una mejor velocidad de caída.

En conclusión son necesarias 14 pantallas, de dimensiones 3.45 x 0.5 x 0.01 m, instaladas en el sentido más largo de la unidad de floculación-sedimentación, separadas entre sí 10 cm, y con orificios de dos pulgadas para garantizar las perdidas.

12.6 REUBICAR LA POSICIÓN DEL MACROMEDIDOR

Objetivo: Obtener información precisa sobre los volúmenes de agua entregados a la red de distribución.

Justificación: Actualmente la posición del macromedidor está en la entrada al tanque de almacenamiento lo cual no permite apreciar con exactitud la cantidad de agua entregada a la población, por esta razón se sugiere cambiar la posición de dicho elemento hacia la salida del tanque para tener un mejor soporte de comparación del consumo de los usuarios, además que permitiría determinar el verdadero caudal tratado en caso de que el tanque de almacenamiento presentara problemas de filtración.

12.7 CALIBRAR LOS MICROMEDIDORES

Objetivo: Obtener información certera sobre el consumo de los usuarios.

Justificación: Según la información obtenida en los estudios realizados y comparados con la oficina de servicios públicos del municipio encargada de la facturación del servicio de acueducto, actualmente alrededor del 69 % de los micromedidores presentan deficiencias en sus lecturas debido a la gran diferencia en sus registros mes a mes, razón por la cual su cobro se hace por un promedio de consumo.

Se recomienda realizar una calibración a los equipos de micromedición, con el fin de que la información ofrecida por ellos sea la de los volúmenes de agua realmente utilizados en las viviendas y de esta manera poder realizar correctamente el cobro del servicio.

12.8 CAPACITACIÓN DEL OPERARIO

Objetivo: Capacitar al operario en el manejo correcto de la Planta

Justificación: Operar la planta de tratamiento de agua requiere conocer el funcionamiento de los elementos que la componen para que de esta manera se pueda ofrecer una buena respuesta en caso de presentarse problemas durante el tiempo de potabilización.

Esta problemática se ha visto en el municipio ya que se han encontrado deficiencias en la planta de tratamiento las cuales tienen que ver con la cantidad de sulfato dosificado y la manera de realizarlo, debido a esto, se hace necesaria una capacitación al operario para evitar que los procesos de potabilización se realicen de manera inadecuada.

Además es importante que ésta persona tenga la capacidad para evaluar los cambios que presenta la calidad del agua en todas las épocas del año, pues la fuente esta en constante cambio de características a medida que los factores ambientales ejercen sus fuerzas sobre ella, por tanto se debe tener el conocimiento adecuado para implementar las condiciones ideales al sistema y así en cada época hacer la potabilización mas eficiente según los requerimientos.

De igual manera es necesaria una instrucción para que el fontanero del municipio este en capacidad de realizar los procesos necesarios para la recolección de información que tenga que ver con el catastro de redes y fichas técnicas para el estado del sistema de acueducto según requerimientos de la gobernación.

12.9 SENSIBILIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

Objetivo: sensibilizar la población del casco urbano del municipio de Tona Santander.

Justificación: el sistema de acueducto está diseñado para satisfacer una necesidad básica de las personas, por lo tanto es importante que estas conozcan como se entrega el servicio a sus hogares y así encontrar una relación positiva que ayude en el uso eficiente del recurso hídrico.

Se han presentado dos propuestas para hacer que la información llegue a los hogares y ayude en el comportamiento de las personas frente al servicio y son las siguientes:

- 1- Se recomienda organizar una jornada de sensibilización en la escuela y el colegio del municipio con un video proyectado a los estudiantes donde se muestra la importancia del ahorro y uso eficiente del agua. El video se llama “Buen Uso Del Agua” y hace parte de una recopilación de información de la oficina de aguas y saneamiento básico de la gobernación de Santander. Este se adjuntará a los archivos entregados.
- 2- Se recomienda hacer una jornada de sensibilización casa por casa, entregando un folleto ilustrativo donde se muestre la importancia de cuidar el recurso hídrico y los efectos que genera el derroche del servicio.

13. CONCLUSIONES

Según las observaciones indicadas, los ensayos realizados y el diagnóstico presentado en este estudio se concluyo que:

- La ley 373 de 1997 es una herramienta fundamental para preservar el recurso hídrico, por lo cual es importante que exista un control por parte de las corporaciones ambientales sobre todos los municipios para que cumplan con ella y de esta manera se lleven a cabo las actividades necesarias para fomentar una cultura de ahorro y uso eficiente del mismo.
- EL porcentaje de pérdidas técnicas existente en el sistema de acueducto es del 66%, valor muy superior al máximo permitido por la reglamentación colombiana, el cual es del 25%, esto debido a que tanto los usuarios como la entidad encargada del control del suministro no toman acciones correctivas ya que confían en la abundancia de su potencial hídrico.
- La administración del acueducto del municipio desconoce el verdadero suministro que se entrega a los usuarios, debido a que el 69 % de la micro medición es deficiente, por lo tanto, es importante que se realicen los ajustes, mantenimientos e instalaciones de los aparatos con el fin de controlar adecuadamente el sistema y poder brindar un mejor servicio.
- La Quebrada Alto De Tomasa como fuente principal del acueducto del municipio de Tona cuenta con caudal mínimo que es superior al demandado por la población futura de 1.35 Lps garantizando su completo abastecimiento, sin embargo, es necesario optimizar su estructura de captación para evitar la potabilización de agua innecesaria la cual genera pérdidas en función del valor actual del metro cubico de agua que ascienden a \$78.000.000 por año.

- Debido al excesivo volumen de captación para el abastecimiento de la población, se están produciendo pérdidas económicas cercanas a los \$7.400.000 en la dosificación de cloro, puesto que hay un exceso en el insumo del químico y se está tratando un volumen superior al demandado por el municipio.
- Los filtros del sistema de potabilización están realizando un trabajo forzado debido a la baja dosificación del sulfato de aluminio, por lo tanto es necesaria una inversión de \$20.000.000 por año para garantizar que la cantidad aplicada del insumo químico sea la adecuada soportada en los ensayos de laboratorio y así evitar la corta vida de los filtros y su contante mantenimiento.
- La administración de Tona debe llevar a cabo con urgencia las obras necesarias para realizar un adecuado manejo a los excesos del agua que no es tratada en la planta de potabilización y está siendo arrojada al alcantarillado, así se evita una mayor inversión económica en el proyecto de tratamiento de aguas residuales próximo a realizarse.
- La red de distribución presenta presiones altas en los sectores bajos del municipio, las cuales oscilan entre 60 y 100 m.c.a, valores muy superiores a los 50 m.c.a permitidos por la norma RAS , por lo tanto es necesario regular el sistema a través de la instalación de una válvula reductora de presión en el cruce de la carrera 4 con calle 4.

14. RECOMENDACIONES

- Debido a que el municipio de Tona cuenta con los diseños elaborados por la CDMB para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, se recomienda que la administración adelante los trámites necesarios para la ejecución de este proyecto y así evitar la contaminación que está produciendo el vertimiento directo sobre el río Tona
- No existe conciencia por parte del municipio sobre el valor del recurso hídrico gastándose agua innecesariamente, por lo tanto se recomienda que la oficina de servicios públicos de la alcaldía municipal de Tona promueva campañas de sensibilización al usuario para contribuir al buen uso del agua.
- Es recomendable contar con un registro histórico de los estudios fisicoquímicos y microbiológicos clasificados así como análisis periódicos de la calidad del agua para que el operario pueda dosificar adecuadamente los químicos estandarizando la dosis para cada calidad de agua.
- Se recomienda que el Personal encargado de controlar y manejar los procesos de la planta de tratamiento sea debidamente capacitado en el desarrollo de las actividades de operación con el fin de alcanzar la eficiencia en la potabilización de agua.
- Se recomienda que las propuestas de solución indicadas en este proyecto estén sujetas a las disposiciones indicadas por parte de los consultores encargados de elaborar el plan maestro de acueducto del municipio de Tona próximo a realizarse.

BIBLIOGRAFIA

ESCUDERO GONZALEZ, Ingrid. MEZA ACOSTA, Karol. Plan de ahorro y uso eficiente del agua para la empresa aguas de Barrancabermeja S.A E.S.P. Bucaramanga. 2008. Trabajo de grado (Especialista en Química Ambiental). Universidad Industrial De Santander. Facultad De Ingenierías Físico-Químicas. Escuela De Ingeniería Química.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 373 (11 de Junio De 1997) Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Diario Oficial. Bogotá D.C. 1993.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía de ahorro y uso eficiente del agua. Medellín. Editorial Clave. 2002.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico. Sección I. Título A. 2008.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico. Sección II. Título B. 2008.

PROACTIVA AGUAS DEL ARCHIPIELAGO S.A. Programa de ahorro y uso eficiente del agua para el archipiélago de San Andrés. San Andrés. 2008.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Acuípurificación: Diseño de sistemas de purificación de Aguas. Santafe de Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería.1997.

SAAVEDRA BOLIVAR, Jerson. Diagnostico y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Puente Nacional. Bucaramanga. 2005. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial De Santander. Facultad De Ingenieras Físico- Mecánicas. Escuela De Ingeniería Civil.

TATE, Donald. Principios del uso eficiente del agua.[on line].Disponible en <<http://cidbimena.desastres.hn/filemgmt/files/principioagua.pdf>> [Consulta: 10 de febrero de 2011].

ANEXOS

ANEXO A.

CERTIFICACION DE TRABAJO POR PARTE
DEL MUNICIPIO DE TONA



Alcaldía Municipal

Tona, Santander

Planeación Municipal

LA SECRETARIA DE PLANEACION MUNICIPAL DE TONA-SANTANDER

CERTIFICA QUE:

El municipio de Tona-Santander, cuenta con la disposición Técnica, Administrativa y Logística para llevar a cabo con la colaboración activa de **JULIAN ANDRES DUEÑAS** identificado con c.c. **1098664508** de Bucaramanga y de **WALTER JOSE PLATA** identificado con c.c. **No.1098648928** de Bucaramanga, para llevar a cabo la Formulación del **PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE TONA-SANTANDER** como parte del programa Institucional **AYUEDA**, el cual hace parte de nuestros proyectos de Mejoramiento en la Prestación de los Servicios Públicos.

Dada en Tona, a los treinta (30) días del mes de Noviembre de 2010


Arq. ADRIANA PORTILLA RAMIREZ

Planeación Municipal-Tona-Santander



e-mail: alcaldiatonasantander@hotmail.com
"Todos unidos por Tona" 2008-2011

ANEXO B.

CONCESIÓN DE AGUAS EXPEDIDA POR LA
CDMB PARA EL MUNICIPIO DE TONA-SANTANDER

CA-0025-2009

000503

24 JUN 2009



cdmb

ARTICULO DECIMO PRIMERO: El concepto técnico de fecha 11-05-2009 elaborado por el Técnico Administrativo HENRY HERRERA ROMERO, revisado por el Administrador Ambiental HUMBERTO SANDOVAL PEÑA y con visto bueno de la Ingeniera MARIA CARMENZA VICCINI, de la Subdirección de Control Ambiental al Desarrollo Territorial, hace parte integral de la presente providencia.

ARTÍCULO DÉCIMO SEGUNDO: Notificar personalmente a la Señora **LEYDY YOHANA MEDINA** identificada con Cédula de Ciudadanía Número 63.550.619 expedida en Bucaramanga (Santander), quien actúa en nombre y representación de la ALCALDIA MUNICIPAL DE TONA según poder conferido por el Señor Alcalde Municipal ALEJANDRO HERNANDEZ GUTIERREZ identificado con C.C. No. 13.875.715 expedida en Barrancabermeja (Sder), el contenido de la presente resolución. Si la notificación no pudiere surtirse en forma personal, procédase de conformidad con el Art. 45 del Código Contencioso Administrativo.

PARÁGRAFO: Contra el presente acto administrativo procede el recurso de reposición ante esta Subdirección el cual deberá ser radicado ante la Secretaria General de la CDMB por escrito y debidamente sustentado, dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la fecha de notificación.

ARTICULO DECIMO TERCERO: Publicar el contenido del presente acto en el Boletín Ambiental de la C.D.M.B. de conformidad con lo dispuesto en el artículo 71 de la ley 99 de 1993.

NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE


MARCO ALIRIO DUARTE OLARTE

Subdirector de Control Ambiental al Desarrollo Territorial

Proyectó: YULI ALEXANDRA PINEDA ORREGO
Revisó: MARIA LIGIA VARGAS M. 22 JUN 2009
CA-0025-2009
Junio 19 de 2009.

CA-0025-2009

000503

24 JUN 2009



ARTICULO TERCERO: El concesionario se obliga a cumplir con las siguientes disposiciones:

1. Los Caudales derivados no serán cedidos total o parcialmente a terceros sin previa autorización de la CDMB, y se captará única y exclusivamente el otorgado por medio de la presente Resolución para los fines establecidos en el artículo anterior.
2. Los costos de captación, conducción, almacenamiento y mantenimiento del sistema de acueducto serán pagados por los beneficiarios.
3. Deberá velar porque la fuente de captación y las demás aledañas no sufran ninguna contaminación por vertimientos y descomposición de desechos, así como deberá abstenerse de incorporar o manipular productos agroquímicos, excretas, desechos, basuras y detergentes a la fuente hídrica, ya que la prioridad de estas fuentes es el abastecimiento de las aguas para el consumo humano.
4. Los tanques de almacenamiento deberán ser sometidos a mantenimiento y limpieza periódicamente.
5. Deberá disponer de los mecanismos adecuados avalados por la CDMB, para verter las aguas concesionadas servidas, nuevamente al cauce natural.
6. El peticionario deberá cumplir con todos los condicionamientos técnicos indicados en el informe de visita.
7. El porcentaje asignado deberá ser respetado en toda época, igualmente construirán las obras de captación provista de los elementos de control necesarios que permitan conocer en cualquier momento la cantidad de agua otorgada y derivada por los permisionarios.
8. En razón de las proyecciones de los predios, en materia de actividades socioeconómicas, disgregación de predios, incremento poblacional y la decreciente oferta de la fuente, es necesario promover practicas de almacenamiento y ahorro del agua, que optimicen el uso racional del recurso o minimicen el impacto social por la presencia de casos extremos como una sequía.
9. El Concesionario deberá realizar tratamiento convencional de potabilización del recurso hídrico con destino a consumo humano de conformidad con el Decreto 1594 de 1984, concordante con las normas de calidad del agua establecidas en el Decreto 475 de 1998, 1575 de 2007 y con el concepto emitido por la Coordinación de Salud Ambiental del Departamento de Santander contenido

CA-0025-2009

000503

24 JUN 2009



cdmb

Que una vez realizada la visita por los Funcionarios competentes de la Subdirección de Control Ambiental al Desarrollo Territorial se realizó el correspondiente informe técnico de fecha 11-05-2009 elaborado por el Técnico Administrativo HENRY HERRERA ROMERO, revisado por el Administrador Ambiental HUMBERTO SANDOVAL PEÑA y con visto bueno de la Ingeniera MARIA CARMENZA VICCINI, de la Subdirección de Control Ambiental al Desarrollo Territorial.

Que no existiendo reparo alguno desde el punto de vista técnico y habiéndose cumplido en debida forma el procedimiento consagrado en el artículo 54, 57, 58, y demás normas concordantes del Decreto 1541 de 1.978 se otorgará la concesión de aguas de uso público solicitada en los siguientes términos.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE

ARTICULO PRIMERO: Otorgar a la **ALCALDIA MUNICIPAL DE TONA** representada legalmente por el Señor Alcalde Municipal ALEJANDRO HERNANDEZ GUTIERREZ identificado con C.C. No. 13.875.715 expedida en Barrancabermeja (Sder), una Concesión de Aguas de Uso Publico para Consumo Humano, en caudal de 1,2546 l/s = 108.387,44 l/d, tomada de la fuente "Alto Tomasa" identificada con el código 47-02, Microcuenca Tona de código 1, Subcuenca Rio Surata de código 1 y Cuenca Rio Lebrija de código 2319, sobre la Cota 2.075 m.s.n.m. y coordenadas Norte= 1'288,356, Este=1'123,119, con destino al predio de propiedad del municipio de Tona, denominado ALTOS DE TOMASA, identificado con folio de matricula inmobiliaria número 300-102118, en beneficio de la comunidad que conforma el casco urbano del Municipio de Tona, Departamento de Santander.

ARTICULO SEGUNDO: El caudal asignado se distribuye de la siguiente manera:

a. De la fuente "Alto Tomasa" identificada con el código 47-02

Consumo Humano 1,2546 l/s = 108.397,44 l/d

Caudal Total asignado: 1, 2546 l/s = 108.397,44 l/d

El Caudal autorizado equivale a derivar el 50% del Caudal medio minimo estimado en el sitio de captación considerado en 2.5092 l/s.

ARTICULO TERCERO: El concesionario se obliga a cumplir con las siguientes disposiciones:

CA-0025-2009

RESOLUCION No. 000503

24 JUN 2009



Por la cual se otorga una concesión de aguas de uso público.

**EL SUBDIRECTOR DE CONTROL AMBIENTAL AL DESARROLLO
TERRITORIAL DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA
DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA**

En uso de las atribuciones legales, conferidas por el Director General de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga mediante Resolución numero 01231 del 2 de Diciembre de 2008 y sujeto al Art. 29 núm. 7 de la ley 99 de 1993, Decreto Reglamentario 1541 de 1978 y

CONSIDERANDO

*Que mediante Auto numero 5183 de Treinta (30) de Enero de Dos Mil Nueve (2009), la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga C.D.M.B. admitió la solicitud de trámite de concesión de aguas de uso publico presentada por la Señora **LEYDY YOHANA MEDINA** identificada con Cédula de Ciudadanía Número 63.550.619 expedida en Bucaramanga (Santander), quien actúa en nombre y representación de la ALCALDIA MUNICIPAL DE TONA según poder conferido por el Señor Alcalde Municipal **ALEJANDRO HERNANDEZ GUTIERREZ** identificado con C.C. No. 13.875.715 expedida en Barrancabermeja (Sder), dentro del tramite de Concesión de Aguas de Uso Publico tomada de la fuente denominada por la solicitante como Quebrada Alto Tomasa , ubicada en el predio de propiedad del municipio de Tona, denominado ALTOS DE TOMASA, identificado con folio de matricula inmobiliaria número 300-102118, con destino a Consumo Humano, en beneficio de la comunidad que conforma el casco urbano del Municipio de Tona, Departamento de Santander.*

Que mediante el mismo Auto, se ordenó visita de inspección ocular al lugar de captación del recurso hídrico los días Veintisiete (27) y Treinta (30) de Marzo de Dos Mil Nueve (2009) a las 8:00 a.m. la cual fue debidamente publicada mediante Aviso fijado, en la Alcaldía Municipal de Tona dentro de los 10 días hábiles anteriores a su practica, tal como lo ordena el artículo 56 y 57 del decreto 1541 de 1978.

Que una vez realizada la visita por los Funcionarios competentes de la Subdirección de Control Ambiental al Desarrollo Territorial se realizo el correspondiente informe técnico de fecha 11-05-2009 elaborado por el Técnico Administrativo HENRY

CA-0025-2009

000503

24 JUN 2009



emitido por la Coordinación de Salud Ambiental del Departamento de Santander contenido mediante oficio 07.0.2.0-00522-08 el cual obra bajo el expediente radicado dentro del presente trámite.

ARTICULO CUARTO: Tasas por Uso. (Artículo 43 de la Ley 99 de 1.993). Los permisionarios se obligan a cumplir con el pago de la Tasa por Uso según lo establecido mediante Acuerdo N° 1019 de 06 de abril de 2.005, modificado mediante Acuerdo N° 1025 del 07 de Junio de 2.005, expedido por el Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga.

ARTICULO QUINTO: El incumplimiento de las anteriores disposiciones acarrearán las sanciones previstas de acuerdo a lo estipulado en el art. 85 de la ley 99/93, sin perjuicio del ejercicio de las acciones civiles y penales a que haya lugar.

ARTICULO SEXTO: En lo relativo a la calidad del agua de la concesión de aguas de uso público otorgada mediante la presente resolución, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, velará por la protección y conservación del Recurso Hídrico.

ARTICULO SEPTIMO: La concesión aquí otorgada podrá ser revisada por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, en cualquier tiempo, bien de oficio o a petición de parte interesada, cuando se considere que han variado las circunstancias que dieron origen a su otorgamiento y autorización.

ARTICULO OCTAVO: La presente concesión se otorga por el término de diez (10) años, contados a partir de la ejecutoria de la presente resolución, prorrogables a solicitud de los interesados dentro del último año de su vigencia.

ARTICULO NOVENO: La concesión aquí otorgada no podrá ser desatendida en sus condiciones y requisitos, so pena de las sanciones a que haya lugar.

ARTICULO DECIMO: La Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga- CDMB decretará la caducidad de la concesión de aguas, cuando se configure alguna de las causales consagradas en el artículo 62 del Decreto 2811 de 1974, sin perjuicio de lo anterior, la concesionaria se hará acreedora a la imposición de las sanciones consagradas 85 de ley 99 de 1993, cuando incumpla las obligaciones que contrae en virtud de la presente concesión o cuando incurra en alguna de las prohibiciones consagradas en los artículos 238 y 239 del Decreto 1541 de 1978.

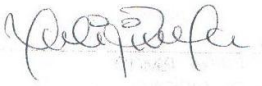
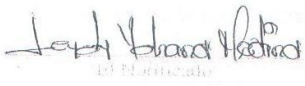
4-1

000000

DILIGENCIA DE NOTIFICACION PERSONAL

Ante la CDMB, notifiqué personalmente a LEYDY XHANA MEDINA, quien se identificó con la cédula de ciudadanía número 83.550.69 expedida en Bogotá, del contenido de la presente providencia, haciéndole entrega de copia de la misma.

Bucaramanga Julio 3ra

Leydy Xhana Medina
Bucaramanga

ANEXO C.

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS
Y MICROBIOLOGICOS REALIZADOS A LAS FUENTES DE AGUA DEL
MUNICIPIO



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de enero de 2011	No. 010930
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: C.R. Serrezuela Apto 803	Identificación: Salida tanque
Teléfono: 3208474313	Descripción: Tratada
Lugar de muestreo: Empresa	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 21 de enero de 2011	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 22 de enero de 2011	Tamaño de la muestra: 300 ml
Fecha de análisis: 22 - 24 de enero de 2011	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: //	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECuento TOTAL DE MESOFILOS	St. Mth. 9215 D	90 UFC / 100 ml	Max 100
COLIFORMES TOTALES	NTC 4772	0 UFC / 100 ml	0
E. coli	NTC 4772	0 UFC / 100ml	0

OBSERVACIONES: La muestra analizada se encuentra dentro de parámetros microbiológicos establecidos en la Resolución 2115/07.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



LILIBETH FONSECA VILLEGAS
COORDINADORA LAB. MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGA REG. 33911 FOLIO 319

MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R-051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia, WEB: www.siamaltda.com, E-mail info@siamaltda.com



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 26 de Enero de 2011	No. 010931
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: Conj. Res. Serrezuela Apto 803	Identificación: AGUA TRATADA SALIDA TANQUE
Teléfono: 320 847313	Descripción: Tratada
Lugar de muestreo: Salida Tanque	Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de muestreo: 21 de Enero de 2011	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de recepción: 22 de Enero de 2011	Tamaño de la muestra: 1 Litro
Fecha de análisis: 22 - 25 de Enero de 2011	Envase o empaque: Plástico
Análisis solicitado: Fisicoquímico	Lote: N.A
Condiciones de la muestra: Refrigerada	

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
pH	St. Mth. 4500 H ⁺ B	8,18 (Unid. pH)	6,5 – 9,0
TURBIDEZ	St. Mth. 2130 B	0,45 (NTU)	< 2
COLOR APARENTE	HACH 120	6 (Unidades Pt – Co)	Máx. 15
CONDUCTIVIDAD	St. Mth. 2510 B	180 (µs/cm)	Hasta 1000
ALCALINIDAD P	St. Mth. 2320 B	0 (mg CaCO ₃ /L)	---
ALCALINIDAD TOTAL	St. Mth. 2320 B	103,0 (mg CaCO ₃ /L)	Máx. 200
DUREZA TOTAL	St. Mth. 2340 C	99,0 (mg CaCO ₃ /L)	Máx. 300
DUREZA CÁLCICA	St. Mth. 3500 Ca D	63,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
DUREZA MAGNÉSICA	St. Mth. 3500 Mg E	36,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
CLORUROS	St. Mth. 4500-Cl-B	6,03 (mg Cl ⁻ /L)	Máx. 250
COLOR RESIDUAL	St. Mth. 4500 Cl G	0,22 (mg Cl ₂ /L)	0,3 – 2,0
CALCIO	St. Mth. 3500 Ca D	25,3 (mg Ca/L)	Máx. 60

OBSERVACIONES: La muestra analizada presenta cloro residual menor al valor mínimo aceptable de acuerdo a lo establecido por la resolución 2115/07 para la calidad del agua.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



(Firma)
MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R-051 **Versión:** 0.1 **Fecha:** 22/05/09 **Página:** 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltda.com. E-mail: info@siamaltda.com

 CERTIFICADO
 ISO 9001
 Certificado No.
 CO-SC 4541-1



Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 26 de Enero de 2011	No. 010933
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: Conj. Res. Serrezuela Apto 803	Identificación: AGUA TRATADA CASA N° 1 PARQUE
Teléfono: 320 847313	Descripción: Tratada
Lugar de muestreo: Casa N° 1 Parque	Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de muestreo: 21 de Enero de 2011	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de recepción: 22 de Enero de 2011	Tamaño de la muestra: 1 Litro
Fecha de análisis: 22 - 25 de Enero de 2011	Envase o empaque: Plástico
Análisis solicitado: Fisicoquímico	Lote: N.A
Condiciones de la muestra: Refrigerada	

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
pH	St. Mth. 4500 H ⁺ B	8,18 (Unid. pH)	6,5 – 9,0
TURBIDEZ	St. Mth. 2130 B	0,63 (NTU)	< 2
COLOR APARENTE	HACH 120	1 (Unidades Pt – Co)	Máx. 15
CONDUCTIVIDAD	St. Mth. 2510 B	190 (µs/cm)	Hasta 1000
ALCALINIDAD P	St. Mth. 2320 B	0 (mg CaCO ₃ /L)	---
ALCALINIDAD TOTAL	St. Mth. 2320 B	104,0 (mg CaCO ₃ /L)	Máx. 200
DUREZA TOTAL	St. Mth. 2340 C	97,0 (mg CaCO ₃ /L)	Máx. 300
DUREZA CÁLCICA	St. Mth. 3500 Ca D	58,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
DUREZA MAGNÉSICA	St. Mth. 3500 Mg E	39,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
CLORUROS	St. Mth. 4500-Cl-B	6,74 (mg Cl ⁻ /L)	Máx. 250
CLORO RESIDUAL	St. Mth. 4500 Cl G	0,23 (mg Cl ₂ /L)	0,3 – 2,0
CALCIO	St. Mth. 3500 Ca D	23,2 (mg Ca/L)	Máx. 60

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



Código:	R - 051	Versión:	0.1	Fecha:	22/05/09	Página:	1 de 1
----------------	----------------	-----------------	------------	---------------	-----------------	----------------	---------------



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de enero de 2011	No. 010932
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: C.R. Serrezuela Apto 803	Identificación: Casa # 1 parque
Teléfono: 3208474313	Descripción: Tratada
Lugar de muestreo: Empresa	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 21 de enero de 2011	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 22 de enero de 2011	Tamaño de la muestra: 300 ml
Fecha de análisis: 22 – 24 de enero de 2011	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: //	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECuento TOTAL DE MESOFILOS	St. Mth. 9215 D	60 UFC / 100 ml	Max 100
COLIFORMES TOTALES	NTC 4772	0 UFC / 100 ml	0
E. coli	NTC 4772	0 UFC / 100ml	0

OBSERVACIONES: La muestra analizada se encuentra dentro de parámetros microbiológicos establecidos en la Resolución 2115/07.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



LILIBETH FONSECA VILLEGAS
COORDINADORA LAB. MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGA REG. 33911 FOLIO 319

MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R-051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltda.com. E-mail info@siamaltda.com



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de enero de 2011	No. 010934
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: C.R. Serrezuela Apto 803	Identificación: Casa dos sur
Teléfono: 3208474313	Descripción: Tratada
Lugar de muestreo: Empresa	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 21 de enero de 2011	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 22 de enero de 2011	Tamaño de la muestra: 300 ml
Fecha de análisis: 22 – 24 de enero de 2011	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: //	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECuento TOTAL DE MESOFILOS	St. Mth. 9215 D	50 UFC / 100 ml	Max 100
COLIFORMES TOTALES	NTC 4772	0 UFC /100 ml	0
E. coli	NTC 4772	0 UFC / 100ml	0

OBSERVACIONES: La muestra analizada se encuentra dentro de parámetros microbiológicos establecidos en la Resolución 2115/07.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



LILIBETH FONSECA VILLEGAS
COORDINADORA LAB. MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGA REG. 33911 FOLIO 319

MARTHA CECILIA PATINO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R-051 **Versión:** 0.1 **Fecha:** 22/05/09 **Página:** 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltda.com. E-mail info@siamaltda.com



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de enero de 2011	No. 010928
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: C.R. Serrezuela Apto 803	Identificación: Bocatoma – Villa Cristina
Teléfono: 3208474313	Descripción: Cruda
Lugar de muestreo: Empresa	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 21 de enero de 2011	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 22 de enero de 2011	Tamaño de la muestra: 300 ml
Fecha de análisis: 22 – 24 de enero de 2011	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: //	

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECuento TOTAL DE MESOFILOS	St. Mth. 9215 D	10×10^3 UFC / 100 ml	
COLIFORMES TOTALES	NTC 4772	50×10^2 UFC / 100 ml	
E. coli	NTC 4772	360 UFC / 100ml	

OBSERVACIONES: La muestra analizada requiere tratamiento de desinfección para su uso en consumo.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



LILIBETH FONSECA VILLEGAS
COORDINADORA LAB. MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGA REG. 33911 FOLIO 319

MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R – 051 **Versión:** 0.1 **Fecha:** 22/05/09 **Página:** 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltda.com E-mail: info@siamaltda.com



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 26 de Enero de 2011	No. 010935
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: Conj. Res. Serrezuela Apto 803	Identificación: AGUA TRATADA CASA N°2 SUR
Teléfono: 320 847313	Descripción: Tratada
Lugar de muestreo: Casa N° 2 Sur	Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de muestreo: 21 de Enero de 2011	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de recepción: 22 de Enero de 2011	Tamaño de la muestra: 1 Litro
Fecha de análisis: 22 - 25 de Enero de 2011	Envase o empaque: Plástico
Análisis solicitado: Físicoquímico	Lote: N.A
Condiciones de la muestra: Refrigerada	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
pH	St. Mth. 4500 H ⁺ B	8,16 (Unid. pH)	6,5 – 9,0
TURBIDEZ	St. Mth. 2130 B	0,51 (NTU)	< 2
COLOR APARENTE	HACH 120	3 (Unidades Pt – Co)	Máx. 15
CONDUCTIVIDAD	St. Mth. 2510 B	190 (µs/cm)	Hasta 1000
ALCALINIDAD P	St. Mth. 2320 B	0 (mg CaCO ₃ /L)	---
ALCALINIDAD TOTAL	St. Mth. 2320 B	101,0 (mg CaCO ₃ /L)	Máx. 200
DUREZA TOTAL	St. Mth. 2340 C	110,0 (mg CaCO ₃ /L)	Máx. 300
DUREZA CÁLCICA	St. Mth. 3500 Ca D	60,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
DUREZA MAGNÉSICA	St. Mth. 3500 Mg E	50,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
CLORUROS	St. Mth. 4500-Cl-B	6,74 (mg Cl ⁻ /L)	Máx. 250
CLORO RESIDUAL	St. Mth. 4500 Cl G	0,20 (mg Cl ₂ /L)	0,3 – 2,0
CALCIO	St. Mth. 3500 Ca D	24,0 (mg Ca/L)	Máx. 60

OBSERVACIONES: La muestra analizada presenta cloro residual menor al valor mínimo aceptable de acuerdo a lo establecido por la resolución 2115/07 para la calidad del agua.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



(Firma)
MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R – 051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltda.com. E-mail info@siamaltda.com



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 26 de Enero de 2011	No. 010927
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: Conj. Res. Serrezuela Apto 803	Identificación: BOCATOMA ALTA TOMASA
Teléfono: 320 847313	Descripción: Cruda
Lugar de muestreo: Bocatoma – Alta Tomasa	Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de muestreo: 21 de Enero de 2011	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de recepción: 22 de Enero de 2011	Tamaño de la muestra: 1 Litro
Fecha de análisis: 22 - 25 de Enero de 2011	Envase o empaque: Plástico
Análisis solicitado: Físicoquímico	Lote: N.A
Condiciones de la muestra: Refrigerada	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
pH	St. Mth. 4500 H ⁺ B	8,20 (Unid. pH)	---
TURBIDEZ	St. Mth. 2130 B	0,83 (NTU)	---
COLOR APARENTE	HACH 120	10 (Unidades Pt – Co)	---
CONDUCTIVIDAD	St. Mth. 2510 B	185 (µs/cm)	---
ALCALINIDAD P	St. Mth. 2320 B	0 (mg CaCO ₃ /L)	---
ALCALINIDAD TOTAL	St. Mth. 2320 B	102,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
DUREZA TOTAL	St. Mth. 2340 C	102,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
DUREZA CÁLCICA	St. Mth. 3500 Ca D	56,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
DUREZA MAGNÉSICA	St. Mth. 3500 Mg E	46,0 (mg CaCO ₃ /L)	---
CLORUROS	St. Mth. 4500-Cl-B	4,61 (mg Cl/L)	---
CALCIO	St. Mth. 3500 Ca D	22,4 (mg Ca/L)	---

OBSERVACIONES: //

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



Martha Cecilia Patino Socha
MARTHA CECILIA PATINO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R-051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltda.com. E-mail info@siamaltda.com



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 27 de Enero 2011		No. 010936
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua	
Dirección: Conj. Res. Serrezuela Apto 803	Identificación: AGUA CRUDA BOCATOMA ALTOTOMASA	
Teléfono: 320 847313	Descripción: Cruda	
Lugar de muestreo: BOCATOMA ALTOTOMASA	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 21 de Enero 2011	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 22 de Enero 2011	Tamaño de la muestra: 20 Litros.	
Fecha de análisis: 24-27 de Enero 2011	Envase o empaque: Plástico	
Análisis solicitado: Físicoquímico	Lote: N.A.	
Condiciones de la muestra: //		

PRUEBA DE JARRAS

CONDICIONES INICIALES

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
pH	St. Mth. 4500 H ⁺ B	8,27 (Unid. pH)	----
TURBIDEZ	St. Mth. 2130 B	1,90 (NTU)	----
COLOR APARENTE	HACH 120	13 (UPC)	----
COLOR VERDADERO	HACH 120	11 (UPC)	----
ALCALINIDAD TOTAL	St. Mth. 2320 B	94,0 (mg CaCO ₃ /L)	----

DOSIS ADICIONADAS:
SULFATO DE ALUMINIO TIPO A: 20 g/m³

CONDICIONES FINALES

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
pH	St. Mth. 4500 H ⁺ B	7,38 (Unid. pH)	6,5 – 9,0
TURBIDEZ	St. Mth. 2130 B	0,30 (NTU)	< 2
COLOR APARENTE	HACH 120	3 (UPC)	máx. 15
COLOR VERDADERO	HACH 120	3 (UPC)	----
ALCALINIDAD TOTAL	St. Mth. 2320 B	92,0 (mg CaCO ₃ /L)	máx. 200

DEMANDA DE CLORO

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS
DEMANDA DE CLORO	St. Mth. 2350 B	0,15 g/m ³ de cloro del 70 %

OBSERVACIONES:

La turbiedad de la muestra floculada antes de filtrar fue de: 0,31 NTU.
Se debe adicionar 2,15 g/m³ de cloro al 70% para mantener el cloro residual de 2,0 g/m³.
Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



(Firma)
MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

Código: R – 051 Versión: 0.1 Fecha: 22/05/09 Página: 1 de 1

Carrera 24 No. 36-15 Teléfonos: (7)6348000 - (7)6348800 Bucaramanga - Colombia. WEB: www.siamaltlda.com. E-mail info@siamaltlda.com

ICOTEC
CERTIFICADO
ISO 9001
Certificado No.
CO-SC 4541-1



Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de enero de 2011	No. 010926
Solicitante: NESTOR CONTRERAS	Tipo de muestra: Agua
Dirección: C.R. Serrezuela Apto 803	Identificación: Bocatoma – Alto tomaa
Teléfono: 3208474313	Descripción: Cruda
Lugar de muestreo: Empresa	Responsable de muestreo: Solicitante
Fecha de muestreo: 21 de enero de 2011	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Fecha de recepción: 22 de enero de 2011	Tamaño de la muestra: 300 ml
Fecha de análisis: 22 – 24 de enero de 2011	Envase o empaque: Vidrio
Análisis solicitado: Microbiológico	Lote: //
Condiciones de la muestra: //	

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA
RECuento TOTAL DE MESOFILOS	St. Mth. 9215 D	84x10 ² UFC / 100 ml	
COLIFORMES TOTALES	NTC 4772	50x10 ² UFC /100 ml	
E. coli	NTC 4772	40 UFC / 100ml	

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.



g

LILIBETH FONSECA VILLEGAS
COORDINADORA LAB. MICROBIOLOGIA
MICROBIOLOGA REG. 33911 FOLIO 319

On 10/10/10

MARTHA CECILIA PATIÑO SOCHA
DIRECTOR TÉCNICO
QUÍMICO PQ 1426

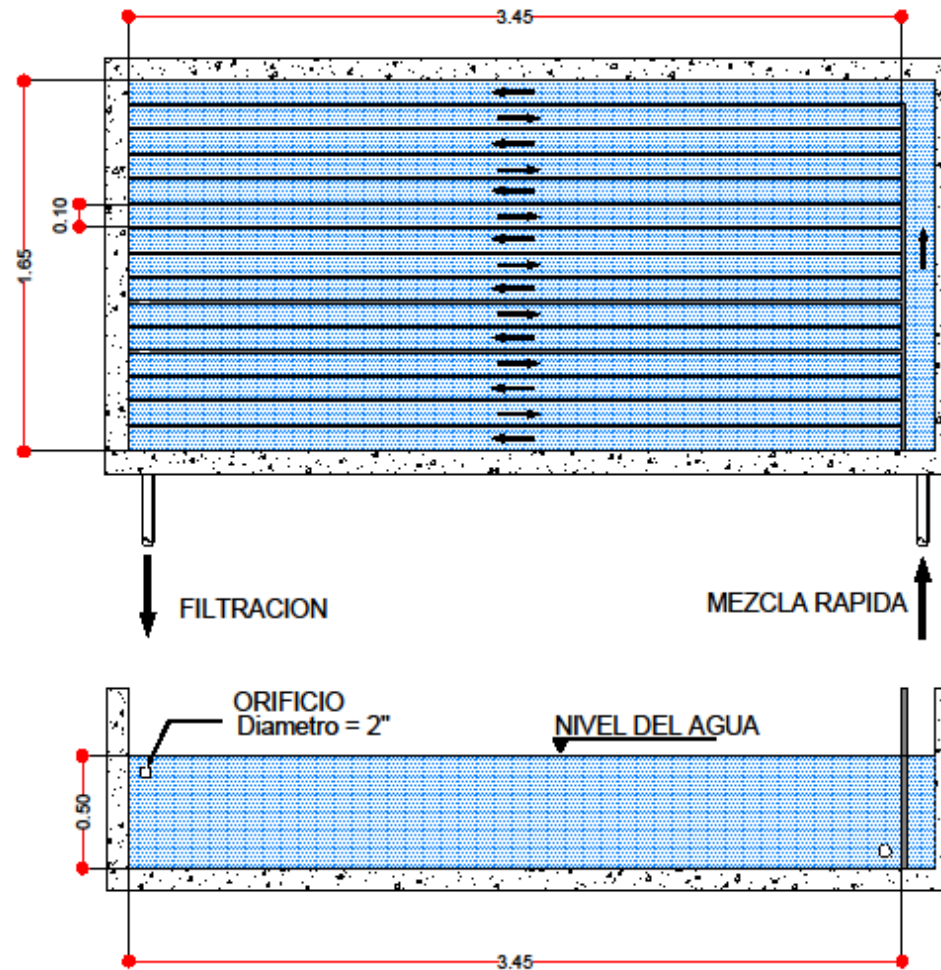
Código:	R - 051	Versión:	0.1	Fecha:	22/05/09	Página:	1 de 1
---------	---------	----------	-----	--------	----------	---------	--------

164

ANEXO D.

DETALLE OPTIMIZACION DE LA UNIDAD DE
FLOCULACIÓN

DETALLE DE LA FLOCULACION (ESCALA 1 : 25)



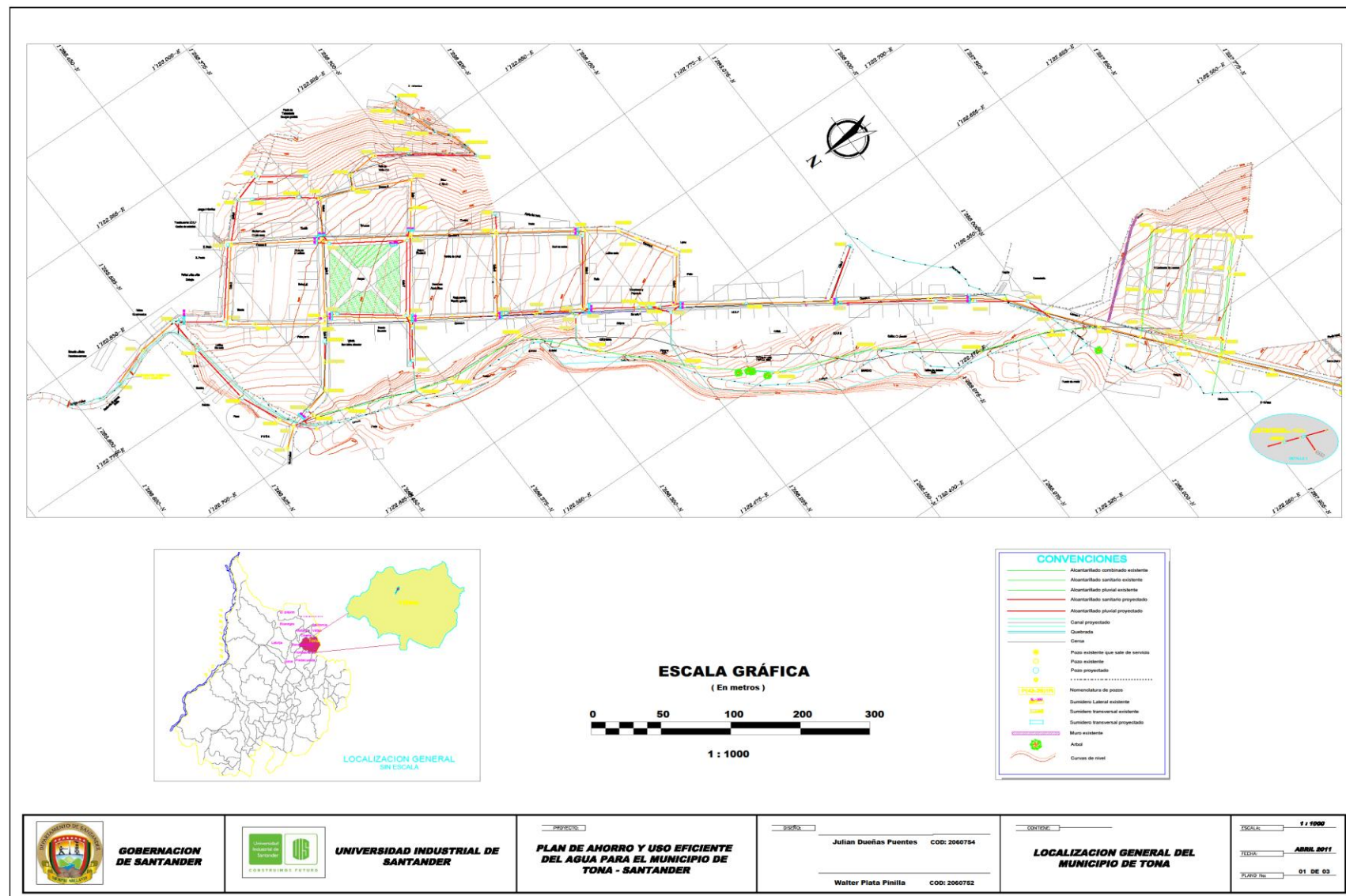
ANEXO E._{PLANOS}

PLANO 1: LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

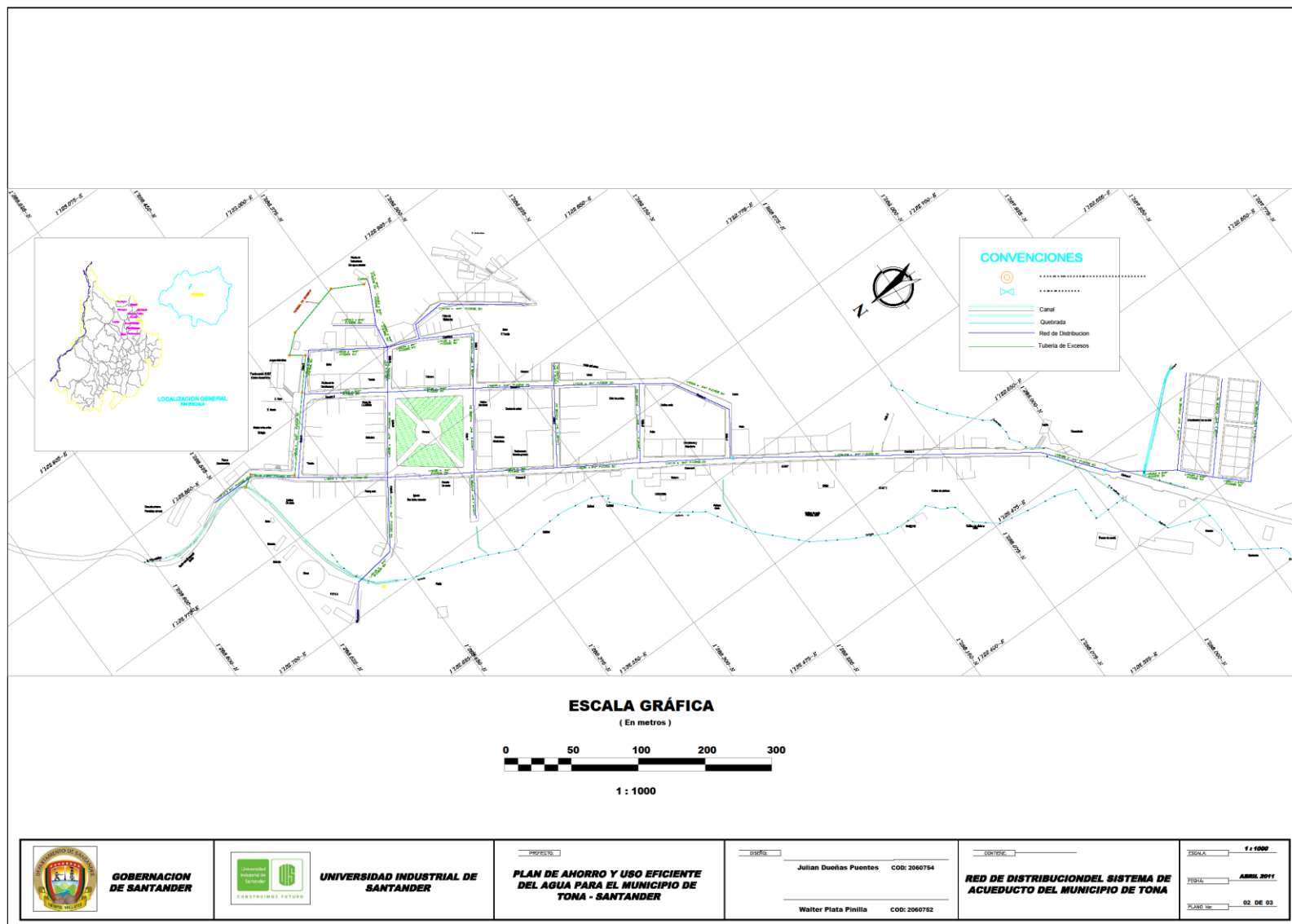
PLANO 2: RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE TONA

PLANO 3: PLANTA-PERFIL DEL DISEÑO DE LA TUBERIA PARA EL MANEJO
DE EXCESOS.

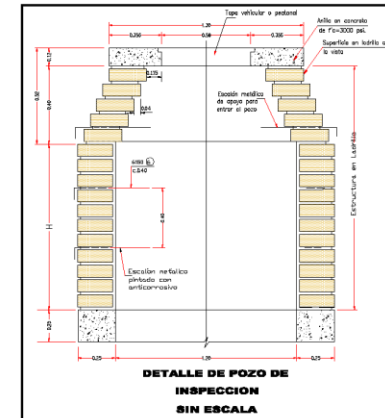
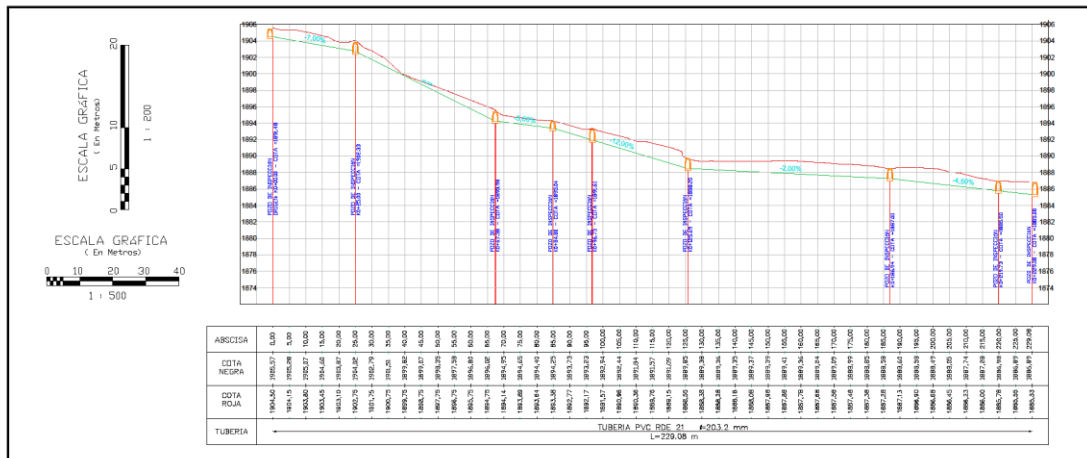
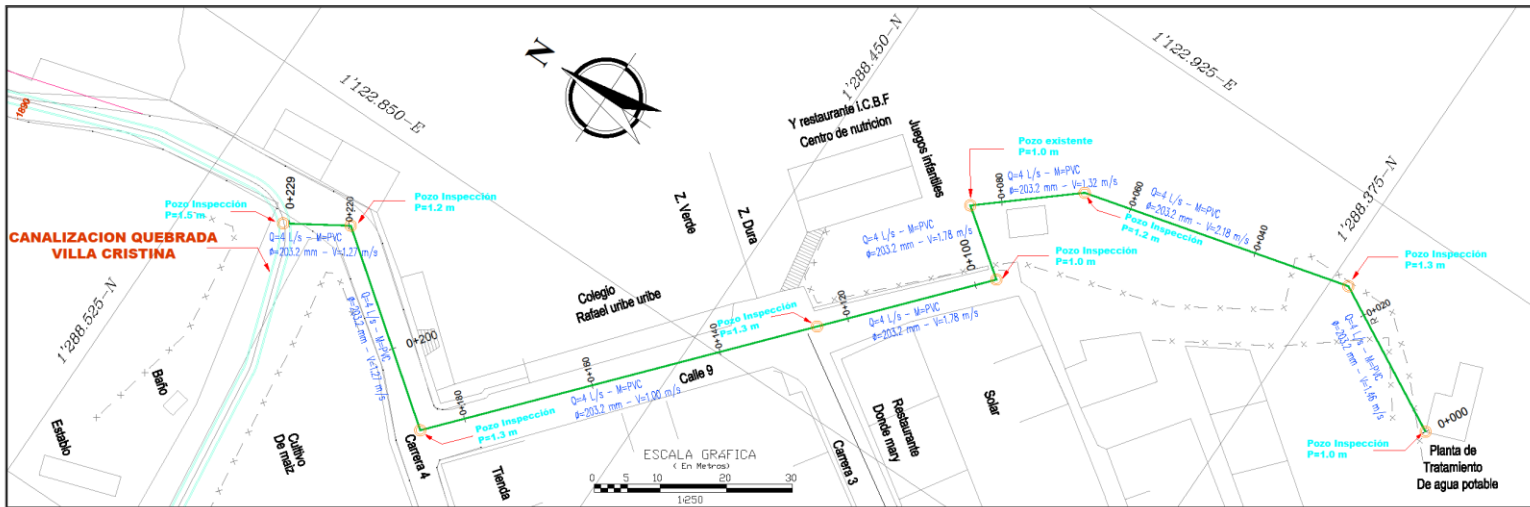
PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TONA-SANTANDER



PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TONA-SANTANDER



PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE TONA-SANTANDER



GOBERNACION
DE SANTANDER



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER

PROYECTO
**PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE
DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE
TONA - SANTANDER**

PROYECTO
Julian Dueñas Puentes COD: 2060754
Walter Plata Pinilla COD: 2060752

CONTENIDO
**PLANTA-PERFIL DE TUBERIA
PARA MANEJO DE EXCESOS**

INDICADAS
ABRIL 2011
03 DE 03