

**ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL EXISTENTE
EN LA PLANTA DE PURIFICACIÓN Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA
MUNICIPAL DE SASAIMA CUNDINAMARCA.**

Débora Carolina Taborda Almanza

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO I A
BOGOTÁ D.C.
2015

**ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL EXISTENTE
EN LA PLANTA DE PURIFICACIÓN Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA
MUNICIPAL DE SASAIMA CUNDINAMARCA.**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de:
Ingeniero civil

Asesor Disciplinar:
Ing. Miguel Hernández Virviescas

Asesor Metodológico:
Ing. Olga Lucia Vanegas

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE GRADO I A
BOGOTÁ D.C.
2015

Ing. Miguel Hernández Virviescas
Asesor Disciplinar

Ing. Olga Lucía Vanegas
Asesor Metodológico

Ing. Carlos H. Valencia
Jurado

Bogotá D.C. Diciembre de 2015

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Mis padres por su amor, comprensión, por su guía y constancia. Y por supuesto al resto de mi familia; a mi hermana que con su ayuda y confianza hizo que este logro se cumpliera.

Agradezco al ingeniero Miguel Hernández Virviescas haberme permitido participar en este proyecto, por ser una fuente de enseñanza en mi formación profesional.

Agradezco a la Ingeniera Olga Lucia Vanegas por su ayuda metodológica y por su dedicación a este trabajo, que además, de sus grandes conocimientos fue un apoyo incondicional como persona y como profesional.

**CARTA DE CESION DE DERECHOS PARA TESIS, TRABAJOS Y MONOGRAFIAS
DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

Bogotá, D.C. DICIEMBRE DE 2015

Señores:

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

Bogotá D.C.

Estimados Señores:

Yo Débora Carolina Taborda Almanza, Identificada con la cc. 1.010.174.357 de Bogotá autor de la monografía de grado nombrado ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACION FISICA Y FUNCIONAL EXISTENTE EN LA PLANTA DE PURIFICACION Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SASAIMA CUNDINAMARCA presentado como requisito para optar el título de ingeniero civil; autorizo a la Universidad la Gran Colombia la consulta, reproducción, distribución o cualquier otra forma de uso de la obra parcial o total, con fines académicos en cualquier formato de presentación; conforme a la ley 23 de 1982, ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, circular No. 06 de la Dirección Nacional de derechos de autor para las instituciones de educación Superior, y demás normas generales de la materia.

Firma.....

Nombre.....

Cédula.....de.....

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
2. JUSTIFICACION.....	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
4. OBJETIVOS	20
4.1 GENERAL.....	20
4.2 ESPECIFICOS.....	20
5. ANTECEDENTES.....	21
6. MARCOREFERENCIAL.....	25
6.1 MARCOTEORICO.....	25
6.1.1 PROCESOS QUE CONSTITUYEN LA PTAR.....	25
6.1.1.1 Tratamiento primario de las aguas negras.....	25
6.1.1.2 Tratamiento secundario de las aguas negras.....	26
6.1.1.3 Tratamiento terciario de las aguas negras.....	27
6.1.2 sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales.....	28
6.1.2.1 Sistemas convencionales.....	28
6.1.2.2 Sistemas no convencionales.....	28
6.1.2.3 Sistemas in situ.....	29
6.1.3 Partes planta aguas residuales.....	30
6.1.3.1 Cribas y desarenadores.....	30
6.1.3.2 Flotacion.....	30
6.1.3.3 lodos activados.....	30
6.1.3.4 sedimentacion aguas residuales.....	31
6.1.3.5 tratamiento lodos.....	32
6.1.3.6 cloracion.....	32

6.1.4. Partes planta potabilización.....	33
6.1.4.1 Aereacion.....	33
6.1.4.2 Mezcla Rápida.....	34
6.1.4.3 Floculación.....	35
6.1.4.4 Sedimentación.....	36
6.1.4.4.1 Sedimentador Convencional.....	37
6.1.4.4.2 Sedimentador Flujo Vertical.....	38
6.1.4.4.3 sedimentador flujo laminar.....	38
6.1.4.5 Filtración.....	38
6.1.5 Cuantificación de la demanda y de las necesidades del servicio.....	39
6.1.6 Características físicas, químicas y microbiológicas.....	39
6.1.6.1 Características físicas.....	39
6.1.6.2 Características Químicas.....	40
6.1.6.3 Características microbiológicas.....	40
6.1.7 Ejes de estudio.....	41
6.2 MARCO GEOGRAFICO.....	42
6.2.1 Limites del Municipio.....	42
6.2.2 Descripción Física.....	42
6.2.3 División político- Administrativa.....	42
6.2.4 Rutas de acceso.....	43
6.2.5 Fuentes Hídrica.....	43
6.3 MARCO DEMOGRAFICO.....	44
6.4 MARCO LEGAL.....	45
7. METODOLOGIA.....	48
7.1 Tipo de investigación.....	48
7.2 Etapas Metodológicas.....	48
7.2.1 Etapa 1. Exploración.....	48

7.2.2 Etapa 2. Recolección Información.....	48
7.2.3 Etapa 3. Recolección Información.....	48
7.2.3.1 Registro Fotográfico.....	48
7.2.3.2, Entrevista Informal.....	48
7.2.4 Etapa 4; análisis Hídrico.....	49
7.2.5 Etapa 5: planos Topográficos.....	49
7.2.6 Etapa 6: Elementos importantes.....	49
7.2.7 Etapa 7: procesamiento Información.....	49
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	50
8.1 Proyección de la población.....	50
8.1.1 Método Aritmético de crecimiento lineal.....	50
8.1.2 Método Geométrico.....	52
8.1.3 Método crecimiento exponencial.....	53
8.1.4 Cuadro resumen.....	57
8.2 Calculo Consumo Futuro.....	58
8.3 Plantas de Tratamiento.....	60
8.3.1 PLANTA DE POTABILIZACION.....	60
8.3.1.1 Capacidad y Cobertura.....	60
8.3.2 Prueba de laboratorio en la planta.....	60
8.3.2.1 Coagulante en la planta.....	60
8.3.2.2 Análisis pH.....	61
8.3.2.3 Análisis Cloro.....	62
8.3.3 Utilización Unidades hidráulicas.....	63
8.3.4 Planta No. 1 Potabilización.....	65
8.3.4.1 Sedimentador.....	65
8.3.4.2 Tanque y vertedero de almacenamiento.....	66
8.3.4.3 Floculación.....	67

8.3.4.4 Sedimentador.....	68
8.3.4.5 Tanque de paso.....	70
8.3.4.6 Filtración.....	70
8.3.4.7 Cloración y desinfección.....	71
8.3.5 Planta No.2 Potabilización.....	72
8.3.5.1 Mezcla Rápida.....	73
8.3.5.2 Floculadores.....	73
8.3.5.3 Sedimentador.....	74
8.3.5.4 Filtración.....	74
8.3.5.5 Cloración Y Desinfección.....	75
8.4 Calidad del agua en la planta de tratamiento.....	77
8.5 Planta de tratamiento de aguas residuales.....	78
8.5.1 Modo de vertimiento de aguas residuales.....	78
8.6 Recolección de información sobre la planta de tratamiento.....	80
9. CONCLUSIONES.....	84
10. RECOMENDACIONES.....	85
11. BIBLIOGRAFIA.....	86
.ANEXOS	

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1 Crecimiento poblacional por el método aritmético.....	52
Gráfica No. 2 Crecimiento poblacional método geométrico.....	53
Gráfica No. 3 Crecimiento poblacional por el método de crecimiento exponencial....	55
Gráfica No. 4 Encuesta poblacional.....	56
Gráfica No. 5 Encuesta poblacional.....	80
Gráfica No. 6 Encuesta poblacional.....	81
Gráfica No. 7 Encuesta poblacional.....	82
Gráfica No. 8 Encuesta poblacional.....	83

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1 Censo poblacional Sasaima 1985.....,,,,,	44
Tabla No. 2 Censos poblacionales Sasaima 1993- 2005.....	44
Tabla No. 3 Resumen Censos poblacionales Sasaima Cundinamarca.....	44
Tabla No. 4 Marco Legal.....	45
Tabla No. 5 Etapas metodológicas.....	48
Tabla No. 6 Censos poblacionales de Sasaima Cundinamarca.....	50
Tabla No. 7 Comparación entre los métodos de crecimiento poblacional	57
Tabla No. 8 Altura Vertedero.....	66
Tabla No. 8 Valores de turbiedad.....	75
Tabla No. 8 Valores de Cloración.....	76
Tabla No. 8 Resumen Análisis de agua planta de tratamiento.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Partes sedimentador.....	26
Figura No. 2 Proceso lodos activados	27
Figura No. 3 Proceso lodos activados	27
Figura No. 4 Sistema convencional	28
Figura No. 5 Sistema no convencional	29
Figura No. 6 Sistema In Situ	29
Figura No. 7 Cloración	30
Figura No. 8 Esquema unidad de flotación	31
Figura No. 9 proceso lodos activados	31
Figura No. 10 Sedimentación aguas residuales	32
Figura No. 11 Tratamiento lodos	33
Figura No. 12 planta de potabilización	33
Figura No. 13 Tipo de aereadores	34
Figura No. 14 Canaleta parshall	35
Figura No. 15 Floculador con pantalla flujo horizontal	36
Figura No. 16 Sedimentador	37
Figura No. 17 Sedimentador convencional	37
Figura No. 18 Sedimentador flujo vertical	38
Figura No. 19 Filtros	39
Figura No. 20 prueba de jarras	60
Figura No. 21 Prueba de pH	61
Figura No. 22 prueba de pH	62
Figura No. 23 prueba Cloro	62

Figura No. 24 Captación Agua	63
Figura No. 25 Captación Rejillas	63
Figura No. 26 Conducción a la planta	64
Figura No. 27 Tanque primario de llegada	64
Figura No. 28 Sedimentador	65
Figura No. 29 Tanque mezcla rápida	66
Figura No. 30 Floculación	67
Figura No. 31 Sedimentador	68
Figura No. 32 Tanque de paso	70
Figura No. 33 Filtros	70
Figura No. 34 Proceso de cloración y desinfección	72
Figura No. 35 Proceso de mezcla rápida	73
Figura No. 36 Floculadores	73
Figura No. 37 Sedimentador	74
Figura No. 38 Proceso de filtración	74
Figura No. 39 Desembocan aguas negras	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1 Ejes de estudio planta de tratamiento	41
Cuadro No. 2 Cálculo dotación neta máxima	58

GENERALIDADES

TÍTULO

ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL EXISTENTE EN LA PLANTA DE PURIFICACIÓN Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SASAIMA CUNDINAMARCA.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DESARROLLO DE LA INGENIERIA CIVIL EN Y PARA AMBITOS URBANOS

SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN

INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN Y PARA ÁMBITOS URBANOS Y COMPLEMENTARIOS

NOMBRE DEL SEMILLERO

ESTUDIO DE LOS SERVICIOS BÁSICOS EN LA CUENCA DEL RÍO NEGRO

LUGAR DE DESARROLLO DEL PROYECTO

CABECERA MUNICIPAL DE SASAIMA CUNDINAMARCA

1. INTRODUCCIÓN

Es de suma importancia mostrar que las plantas de tratamiento son el elemento fundamental para suministrar el agua de calidad, apta para el consumo humano. Es claro que este recurso es evaluado y tratado para que de esta manera se le pueda dar otros usos, pero es primordial mirarlo desde el punto de vista físico y funcional de cada uno de los componentes que hacen parte en las plantas de tratamiento teniendo en cuenta que hay una debida normatividad que los rige y unas características que se deben tener en cuenta en este amplio proceso.

Por tal motivo, el siguiente estudio describe la planta de tratamiento de agua potable de Sasaima Cundinamarca de la cual se benefician todos los habitantes y con aspectos importantes como su capacidad y su cobertura. Permite en gran medida tener un acercamiento objetivo sobre todo el sistema que se lleva a cabo referente al agua potable que se distribuye.

Además, permite tener claridad sobre la capacidad proyectada de la planta en un futuro según la cantidad poblacional, la cobertura del sistema y los últimos censos realizados con el objetivo de identificar si ésta es capaz de cubrir a todos los habitantes presentes en un futuro y si de alguna manera se deben hacer modificaciones.

Este trabajo hace referencia a la planta de tratamiento de agua potable de Sasaima Cundinamarca y todo lo que el estudio descriptivo abarca; se relacionan aspectos de capacidad y cobertura, se ilustran los planos arquitectónicos de su estado físico, se argumenta la utilización de las unidades de la planta, además de describir el agua que sale de la planta con todos sus componentes químicos.

A través del desarrollo de esta investigación se conoce que en la localidad de Sasaima no existe planta de aguas residuales verificando que el abastecimiento sanitario tiene actualmente vertimientos directos a la quebrada dulce, evidencia que se muestra en el escrito y a través de fotografías.

2. JUSTIFICACIÓN

Los estudios detallados de las plantas de tratamiento, ya sean de aguas residuales o de agua potable, son de suma importancia no solo como integrantes de una población carente de un buen recurso hídrico, sino para todas aquellas entidades gubernamentales que tienen como función y objetivo esencial la preservación y el mantenimiento del agua, la salud pública y los estándares mínimos de saneamiento ambiental. Los costos que representa una buena adecuación de las plantas no deberían compararse con otros aspectos municipales, ya que en este momento como prioridad se destaca el agua si es para abastecer una comunidad o población.

Haciendo un estudio profundo de todos los aspectos que intervienen en la construcción, adecuación, mantenimiento y utilización de las plantas de tratamiento de agua, se pueden encontrar todos los factores que intervienen en una mala cobertura y un deterioro en el suministro del recurso buscando, de esta manera, la forma de una posible solución al problema de abastecimiento y cobertura, que incluya la garantía de la salud y el bienestar humano partiendo de la base de unas condiciones medioambientales aptas para la vida, es decir, el llamado sostenimiento ambiental.

Si la planta de tratamiento de agua potable se encuentra en buenas condiciones y funciona adecuadamente es lógico que no existan carencias en el abastecimiento a la población, se tenga un buen registro de cobertura del servicio y nunca existan problemas de salubridad.

Este proyecto es elaborado porque se necesita una conciencia de la población acerca de la estructura y el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable y la debida conciencia de todo lo que abarca un buen abastecimiento optimo del recurso (estado físico, características físico- químicas del agua y capacidad futura de la planta con relación al crecimiento poblacional).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para iniciar un recorrido por el amplio mundo del tratamiento de aguas, es sumamente importante resaltar los diferentes entidades, a nivel nacional, que se han encargado durante décadas del estudio del medio ambiente y han presentado a la comunidad en general, algunas propuestas acerca de la gestión integrada de recursos hídricos, con principios orientadores interesantes que son un punto de apoyo para Colombia¹. Se ha trabajado el manejo de recursos hídricos desde tres grandes perspectivas: la primera tiene que ver con una perspectiva teórica, la segunda abarca la descripción de los marcos regulatorios y legales aplicados en algunos países, y el último describe experiencias locales de gestión integrada.

Pese al esfuerzo mancomunado de algunos estamentos estatales para mejorar los estándares de calidad del agua, desde el fortalecimiento infraestructural y supraestructural de las plantas de tratamiento, faltaría definir desde principios éticos, hasta las bases y perspectivas locales, regionales y nacionales temas esenciales sobre la purificación del agua. Las plantas de tratamiento de aguas residuales y de purificación son de gran importancia, a nivel económico, social, político, cultural etc, porque facilitan o contribuyen al desarrollo de un sostenimiento ambiental apto para la vida digna de las comunidades. Estas plantas son una necesidad urgente aunque el Estado ha venido materializando sus preceptos legales al ámbito nacional en cuanto a saneamiento ambiental y gestión integrada de recursos hídricos; sin embargo, es necesario acudir a la intervención ciudadana y técnica desde las entidades que ejercen control fiscal mediante las auditorías periódicas, con el fin de establecer pautas de seguimiento y conocimiento de los procesos de purificación del agua y manejo de aguas residuales, debido a que gran parte del los recursos del presupuesto anual son destinados para el mejoramiento del medio ambiente con resultados eficaces. Una referencia clara acerca de la inclusión de nuevas propuestas medio ambientales en Colombia es el plan de desarrollo 2004- 2015 del Municipio de Sasaima (Cundinamarca) destacado por ser un plan esencial de saneamiento básico, teniendo como base el mejoramiento de las aguas residuales con algunos objetivos específicos como: la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano, adecuar la planta de tratamiento de aguas residuales para el matadero, avalar el desarrollo del matadero regional y construir unidades sanitarias para la zona rural. Lo anterior presenta grandes beneficios para la comunidad ya que es muy recomendable y podría disminuir el grado de complejidad de la zona en el sentido de la contaminación ambiental.

El Municipio de Sasaima (Cundinamarca) cuenta con una amplia cobertura y un esquema de ordenamiento territorial basado en algunos estudios de servicios públicos como: el estudio de plan maestro de alcantarillado, la construcción de alcantarillado de aguas negras y de aguas lluvias y las campañas para la optimización del recurso. Este esquema de ordenamiento es ampliamente supervisado por el Municipio y la Gobernación. Cabe destacar que éstas bases infraestructurales y esa supervisión de los entes administrativos y políticos del Municipio cuentan con el seguimiento de los organismos de control con la realización de reuniones periódicas para la rendición de cuentas respecto a los estudios

¹ CENTRO DE ESTUDIOS EN DERECHO DEL MEDIO AMBIENTE. Universidad Externado de Colombia. 2011.

de impacto ambiental que anteceden a sus proyectos de gestión integrada de hídricos. Todas aquellas actividades humanas ya sean agrícolas, ganaderas o industriales, con el paso del tiempo han traído como consecuencia el deterioro constante del agua, además incidiendo en sus características físicas.

Se toma como base un estudio detallado de las gestiones de las plantas de tratamiento de agua teniendo en cuenta la descripción de sus componentes, el tipo y estado físico y su capacidad y cobertura. Las plantas de tratamiento presentan una serie de características en sus unidades de potabilización que son la base esencial para el resultado de saneamiento. Si estas unidades no tienen un buen mantenimiento y no están construidas según la reglamentación es probable que no se tenga un buen vertimiento de aguas a una comunidad.

Por este motivo se plantea el siguiente interrogante; ¿Cuál es el estado actual, físico y funcional de las plantas de purificación y de aguas residuales en la Cabecera Municipal, de Sasaima Cundinamarca?

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Explorar y describir las condiciones existentes en que se encuentran las plantas de agua potable y de aguas residuales, desde el punto de vista físico y funcional, en la cabecera municipal de Sasaima Cundinamarca.

4.2 ESPECIFICOS

1. Describir el tipo y estado físico de la planta de tratamiento de agua potable, incluyendo los detalles de capacidad, cobertura y describir el modo de vertimiento de las aguas residuales.
2. Identificar con planos arquitectónicos y topográficos la descripción y dimensionamiento de la planta y la localización de esta y sus vías de acceso.
3. Analizar los resultados de muestras de agua potable y de las aguas residuales.

5. ANTECEDENTES

Estudio descriptivo sobre la planta de potabilización y la planta de aguas residuales en la cabecera municipal de Guaduas Cundinamarca². Se basa en el análisis detallado de cada unidad de la planta de tratamiento. Establece parámetros sobre capacidad y cobertura; muestra análisis de población futura siguiendo reglamentación y un posible abastecimiento con los habitantes de la población del municipio.

Trabajo de grado ingenieros civiles Ivonne Carolina Cote Ruiz, Johe Mosquera Palacio y Alejandro Ramírez³ en donde en el municipio de Chiscas- Boyacá existía una planta de potabilización diseñada para un periodo de 15 años los cuales ya pasaron. Se diseña otra planta para satisfacer las necesidades hídricas.

La tesis realizada por el ingeniero civil Juan Carlos Cruz Hernández⁴ se basa en todas las condiciones existentes en que se encuentran los servicios básicos en el municipio de Villeta Cundinamarca y hace además un diagnostico importante de los factores que intervienen en un mal manejo del agua. Este estudio es de carácter descriptivo, por consiguiente permite identificar y analizar cada componente de la planta y sus funciones principales teniendo en cuenta la población que se va a ver beneficiada con este sistema.

Por otro lado, el trabajo de grado realizado por la ingeniera Karla Jazmin Matiz Hernandez⁵ basado en la necesidad de diseñar la planta de tratamiento de agua potable en el municipio de Tabio Cundinamarca, cuya importancia es manejar y entender los parámetros de diseño que se deben tener en cuenta para la realización de una planta de potabilización y su posterior operatividad.

El diseño y criterios de cálculo realizado por el ingeniero ambiental Alex Giovanni Espinosa Morales en el año 2008⁶ sobre el tratamiento del 100% de las aguas residuales industriales con retroalimentación de aguas lluvias como estrategia de integralidad ambiental en el uso de aguas y en el cuidado de fuentes hídricas cercanas a la planta de tratamiento de aguas residuales industriales "Productos Químicos Andinos S.A" ubicada en Manizales, destaca en gran medida los requerimientos de agua en el producto industrial requerido por la planta ya que desde el punto de vista de cantidad de agua presenta un margen alto y por tanto la cantidad y calidad de vertimientos lo son de igual

² GRANDE ESPINEL, Johnatan David. Estudio descriptivo sobre la planta de aguas residuales en la cabecera municipal de Guaduas Cundinamarca. Universidad La Gran Colombia Facultad Ingenieria Civil Bogota Junio 2010.

³ COTE RUIZ, Ivonne Carolina; MOSQUERA PALACIO, Johe; RAMIREZ GARCIA, Alejandro. Planta de Tratamiento Municipio Chiscas- Boyaca. Universidad de la Salle Facultad de Ingenieria Civil Bogota D.C. 2006.

⁴ ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL EXISTENTE EN LAS PLANTAS DE PURIFICACIÓN Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VILLETAS CUNDINAMARCA. Cruz Hernández Juan Carlos. Universidad La Gran Colombia. 2010.

⁵ DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO TABIO CUNDINAMARCA. Matiz Hernandez Jazmin. Universidad de la Salle 2006.

⁶ DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PRODUCTOS QUIMICOS ANDINOS S.A "PQA" [en línea].

forma. Dichos vertimientos son sujetos a vigilancia por parte de las autoridades competentes debido a los factores sanitarios que intervienen afectando el bienestar de la comunidad. Por tal motivo, la empresa de servicios industriales opta por la construcción de una planta que no solo disminuye estos parámetros de contaminación sino que a su vez genera un agua de reúso para su proceso industrial optimizando las aguas utilizadas, teniendo en cuenta que también se cuenta con las aguas lluvias. Además, con el objetivo de no generar vertimientos líquidos que contaminen las fuentes hídricas cercanas evitando a su vez la pérdida del ecosistema.

La monografía de Gabriel Rueda Gómez en el año 2007⁷ sobre el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para el Municipio de Betulia Departamento de Santander, muestra el análisis necesario para el abastecimiento de una población de 1500 habitantes con bajos costos energéticos en su operación. Además, hace un análisis descriptivo de la planta haciendo énfasis en parámetros que influyen en el mal almacenamiento del agua y por consiguiente en el deterioro del recurso. Relaciona aspectos económicos en el funcionamiento de la planta. Busca combinar eficiencia y economía de los procesos de tratamiento mediante procesos que requieren de poca energía eléctrica, bajos costos operacionales, facilidad en la operación y el mantenimiento y alta eficiencia del proceso debido a que requiere de un proceso anaeróbico basado en un sistema modificado y un sistema de filtro o percolador biológico. La PTAR proyectada utiliza materiales propios de la región tales como arenas y material pétreo, entre otros. Así mismo se utilizara la tecnología santandereana implementada por ingenieros de la universidad de Santander ya que utilizan ariete hidráulico y una turbina.

La Guía del Ministerio del Medio Ambiente sobre Sistemas de Alcantarillado y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el año 2004⁸ muestra las pautas para la identificación y caracterización de aquellos eventos que por su naturaleza producen efectos sobre el medio receptor que ameritan ciertas evaluaciones específicas para de ésta forma poder establecer las más adecuadas medidas ambientales de control. La guía tiene como objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas que los servicios públicos de disposición de éstas, vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial que se descargan en los alcantarillados. Con lo anterior se logra que los servicios públicos de disposición de aguas servidas muestren aguas residuales con un bajo nivel de contaminación, protegiendo así los cuerpos de aguas receptores. Así mismo está orientada a proteger y preservar los servicios públicos de recolección de aguas servidas mediante el control de las descargas de residuos industriales líquidos, que pueden producir interferencias con los sistemas de tratamiento de aguas servidas, o dar lugar a la corrosión, incrustación u obstrucción de las redes de alcantarillado, o a la formación de gases tóxicos o explosivos en las mismas, u otros fenómenos similares.

⁷ DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO BETULIA. [en línea]. <http://www.emagister.com/diseño-planta-tratamientos-aguas-residuales-domésticas-cursos-1109746.htm>.(consulta 16 Nov 2011)

⁸ GUIA MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. [en línea]. http://www.cdmb.gov.co/ant_tdocs/isis/boletines/bol2004/septiembre/septiembre.htm (consulta 16 Nov. 2011)

La tesis realizada por Ospina López, Víctor Hugo⁹ sobre el diseño para el centro de control para aguas de Manizales (2003-02) presenta el análisis de los sistemas de instrumentación y automatización que AGUAS DE MANIZALES S.A .E.S.P tenía a finales del año 2002, así como el estudio de alternativas, descripción de pruebas, selección final de equipos y resultados para resolver el rediseño del sistema de control de las plantas de tratamiento de agua potable, el diseño del sistema de comunicaciones entre las dos plantas de tratamiento y el diseño del centro de control para integrar todos los sistemas de instrumentación y automatización que la empresa tiene. En el trabajo se presenta una metodología que permite evaluar los sistemas que actualmente posee la empresa, sus necesidades y requerimientos para concluir con el diseño de un centro de control que le permita integrar dichos sistemas y que facilite la toma de decisiones tanto técnicas como administrativas con base en la información allí generada. El diseño se basa esencialmente en tres aspectos principales a saber: rediseño del sistema de instrumentación de las plantas de tratamiento, diseño del sistema de comunicaciones entre las dos plantas y el diseño del centro de control.

La monografía realizada por el ingeniero de caminos, canales y puertos y además, jefe del servicio hidráulico de las palmas Juan Carlos Ibrahim Perera en el año 2004¹⁰ se basa con las recomendaciones esenciales para la reutilización de aguas en donde plasma que los estudios desarrollados para la elaboración de la planificación hidrológica de Canarias ha demostrado que el agua es un elemento fundamental para el desarrollo del archipiélago Canario. La cuantificación de los recursos disponibles presenta un carácter altamente deficitario y la política hidráulica fundamenta sus actuaciones en la corrección de dicho déficit en base a la aportación de recursos no convencionales, fundamentalmente consistentes en producción de agua potable para el suministro urbano en plantas de tratamiento de aguas de mar y reutilización de aguas tratadas en las plantas depuradoras de aguas residuales. El objetivo de este trabajo es la recopilación de información existente sobre la regeneración de aguas residuales para su reutilización como aguas no potables con el propósito fundamental de servir de orientación en su aplicación y regulación.

La tesis realizada por el Ingeniero civil Pedro Antonio Martínez Correa¹¹ sobre las enfermedades causadas por la ingestión de agua no potabilizada en la cabecera municipal de Villeta Cundinamarca fundamenta e identifica todas las enfermedades de origen hídrico que se presentan con mayor frecuencia en la población trabajada y todos los fenómenos que intervienen para que se de este problema.

⁹ DISEÑO PARA EL CONTROL DE AGUAS DE MANIZALES (2003-02).[en línea].
<http://200.25.59.34:8080/gruplac/jsp/sualiza/visualizagr.jsp?nro:0000000001487-> (consulta 16 Nov. 2009)

¹⁰ RECOMENDACIONES PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS.[en línea].
http://bdigital.ulpgc.es/mdc/texto/pdf/td1426_0000.pdf - (consulta 20 Junio 2010)

¹¹ ESTUDIO DESCRIPTIVO Y ANALÍTICO SOBRE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LA INGESTIÓN DE AGUA NO POTABILIZADA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VILLETA CUNDINAMARCA. Pedro Antonio Martínez. Universidad la Gran Colombia, 2009.

Modelo de operatividad y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable Ing. Alfredo Díaz Suarez¹² se basa en el debido modo de ejecución de cada unidad hidráulica y en mejorar inminentemente la calidad del agua para el consumo humano.

¹² DIAZ SUAREZ, Alfredo. Manual de operatividad y mantenimiento para el modelo de la planta de tratamiento de agua potable. Universidad la gran Colombia Facultad Ingenieria Civil. Bogota D.C. 1994

6. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente marco referencial se resaltan todos los aspectos importantes que se tienen en cuenta a la hora de realizar un análisis descriptivo de las plantas de tratamiento de agua potable y residual del municipio de Sasaima Cundinamarca.

6.1 MARCO CONCEPTUAL

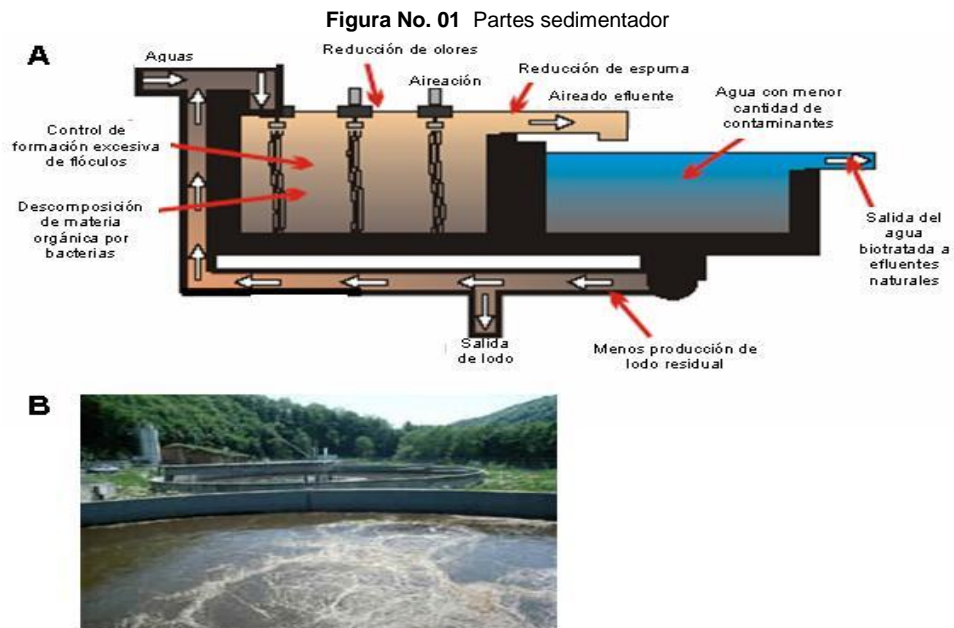
Para el buen manejo de las aguas y un debido tratamiento físico y químico es recomendable tener en cuenta parámetros importantes que son esenciales en el saneamiento básico de una comunidad o población que se abastece de este sistema, a continuación se hace un análisis detallado sobre las unidades de tratamiento del agua.

6.1.1 PROCESOS QUE CONSTITUYEN UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES

En el tratamiento de las aguas residuales hay que tener en cuenta ciertos procesos necesarios que constituyen un adecuado tratamiento:

6.1.1.1 Tratamiento primario de las aguas residuales. Se basa principalmente en la separación de los residuos sólidos más grandes que contiene el agua¹³, Después de este proceso se pasa a los tanques de sedimentación en donde todos los residuos son secados respectivamente para luego ser utilizados como fertilizantes de tierras y cultivos. Luego el agua tratada es conducida a los tanques de desinfección con cloro en donde se eliminan todas las bacterias logrando así un buen proceso de depuración. Otro proceso de tratamiento primario es conocido como aguas de albañal en donde es pasada por unas cribas o barras en donde los sólidos son retenidos para no obstruir el paso a la siguiente cámara. Algunas plantas de tratamiento tienen en cuenta un triturador para luego hacer pasar el agua a un tanque de sedimentación en donde los sólidos flotan para luego pasar a otra cámara denominada de asentamiento para generar la separación, abajo quedan los sólidos más densos y arriba flotan las grasas y aceites. Este tratamiento de agua elimina alrededor del 60% de los sólidos en suspensión y un 35% de la materia orgánica.

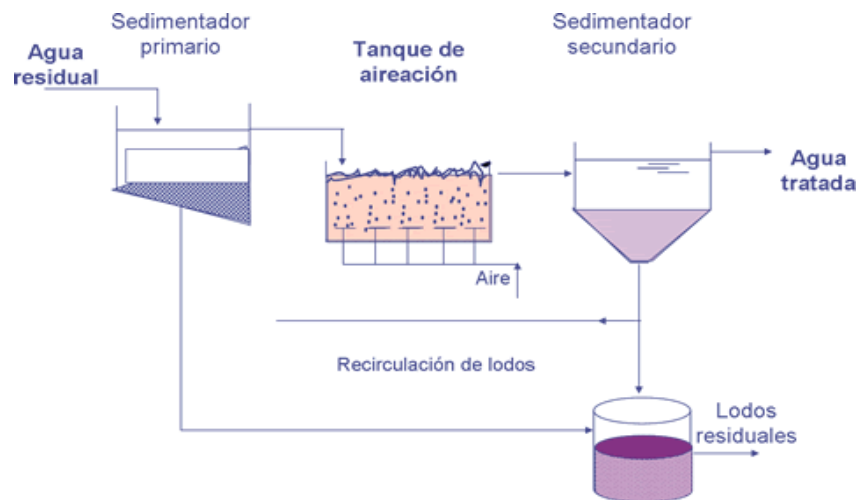
¹³ TRATAMIENTOS 1,2 Y 3 EN EL PROCESO DEL AGUA. [en línea]. http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/25agua.html (consulta 8 de julio 2010)



Fuente. Julian Fajardo, Nicaragua, Octubre 2011. Imagen tomada de: <http://www.google.com.co/imgres?hl=es&sa=X&biw=1024&bih=605&tbm=isch&prmd=> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

6.1.1.2 Tratamiento secundario de las aguas residuales. Es un proceso biológico que requiere de bacterias aerobias para remover el 90% de todos los desechos biodegradables, luego el agua es pasada a un tanque de aireación para el proceso de degradación y luego la desinfección por cloro. El tratamiento secundario más común es el de lodos activados el cual consiste en generar burbujas de aire desde el fondo de tanque para generar bacterias que junto con los sólidos en suspensión forman un lodo que es pasado a través de un tanque digestor aeróbico para luego ser degradado. Este lodo puede ser utilizado como fertilizante, utilizado para cultivos o simplemente arrojado al mar.

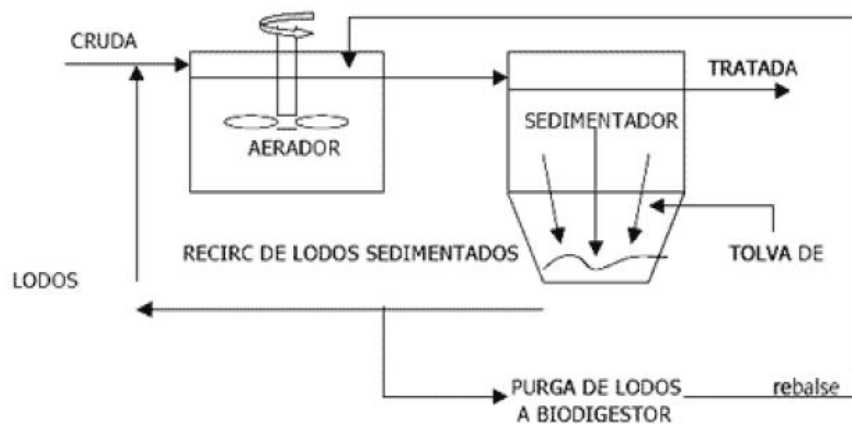
Figura No. 02 Proceso lodos activados



Fuente. Jairo Alberto Romero Rojas, Escuela Colombiana de Ingeniería, ejemplar 3
<https://www.google.com.co/search?q=sedimentacion+tratamiento+agua+residual&hl=> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

6.1.1.3 Tratamiento terciario de las aguas residuales. Se busca eliminar los contaminantes orgánicos no degradados en el tratamiento secundario o algún exceso de sales minerales. Entre los procesos principales de eliminación de nutrientes se encuentran; la precipitación, la sedimentación y la filtración. Actualmente no se tienen muy en cuenta los tratamientos terciarios en el manejo de las aguas negras domésticas.

Figura No. 03 Proceso lodos activados

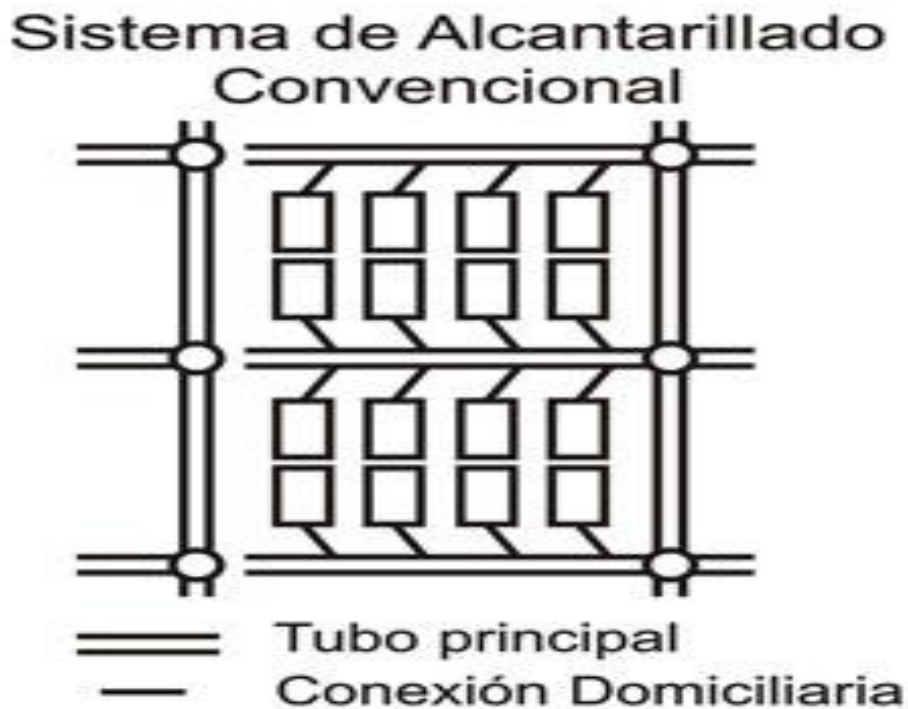


Fuente. The National Academies Of Siensces Washington 2001. Imagen tomada de:
<https://www.google.com.co/search?q=sedimentación+tratamiento+agua+residual&hl=es&prmd=> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

6.1.2 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y/O PLUVIALES

6.1.2.1 Sistemas Convencionales¹⁴. Entre estos sistemas tenemos los dos tipos de alcantarillado, los combinados y los separados; los primeros hacen una recolección de agua ya sean negras o lluvias y las transportan hasta una disposición final, y los separados las transportan pero de manera independiente.

Figura No. 04 Sistema convencional



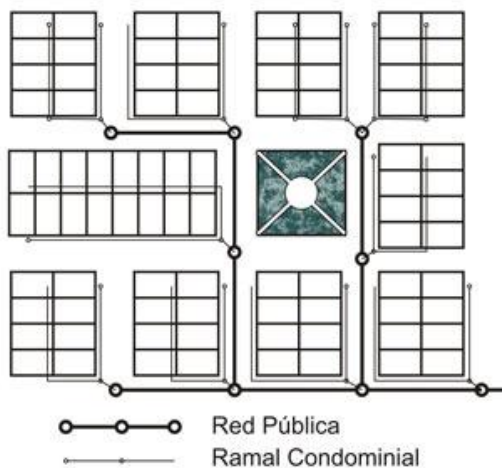
Fuente. Guías de orientación en saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales 2009. Imagen tomada de: <https://www.google.com.co/search?q=a> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

6.1.2.2 Sistemas no convencionales. Estos sistemas logran un beneficio tanto económico como social, se tienen en cuenta cuando la densidad de población es muy abundante y además la situación económica no es muy buena. Los sistemas convencionales presentan muchas ventajas pero son sistemas muy costosos. Dentro de estos sistemas tenemos los simplificados, los condominales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos.

¹⁴ RAS 2000. Sistemas de Recolección y evacuación de Aguas Residuales y Pluviales. Tipos de sistemas D. 1.6.1.

Figura No. 05 Sistema no convencional

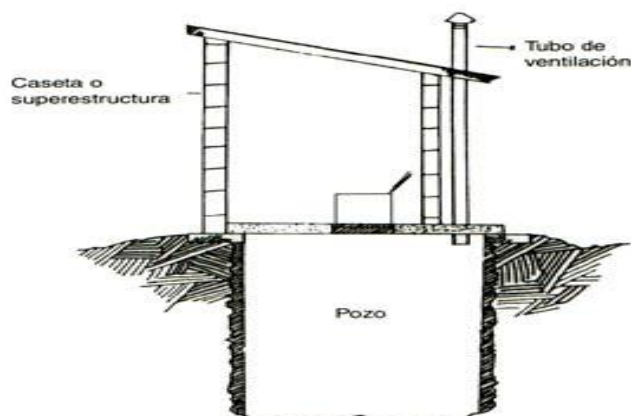
Sistema de Alcantarillado Condominial



Fuente. Guías de orientación en saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales 2009. Imagen tomada de: <https://www.google.com.co/search?q=a> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

6.1.2.3 **Sistemas in situ.** Existen sistemas que basan sus disposiciones en el tratamiento de las aguas pero con características especiales como el manejo de las aguas residuales in situ, algunos ejemplos son las letrinas, los pozos sépticos y los campos de infiltración. Estos sistemas se deben manejar únicamente cuando el suelo trabajado pertenece a una zona suburbana.

Figura No. 06 Sistemas In Situ



Fuente. J.A Sciortino, De la biblioteca David Lubin, Roma Italia. Imagen tomada de: <https://www.google.com.co/search?q=alcantarillados&hl=es&prmd=imvns&source=lnms&tbm=isch&sa=eiD> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

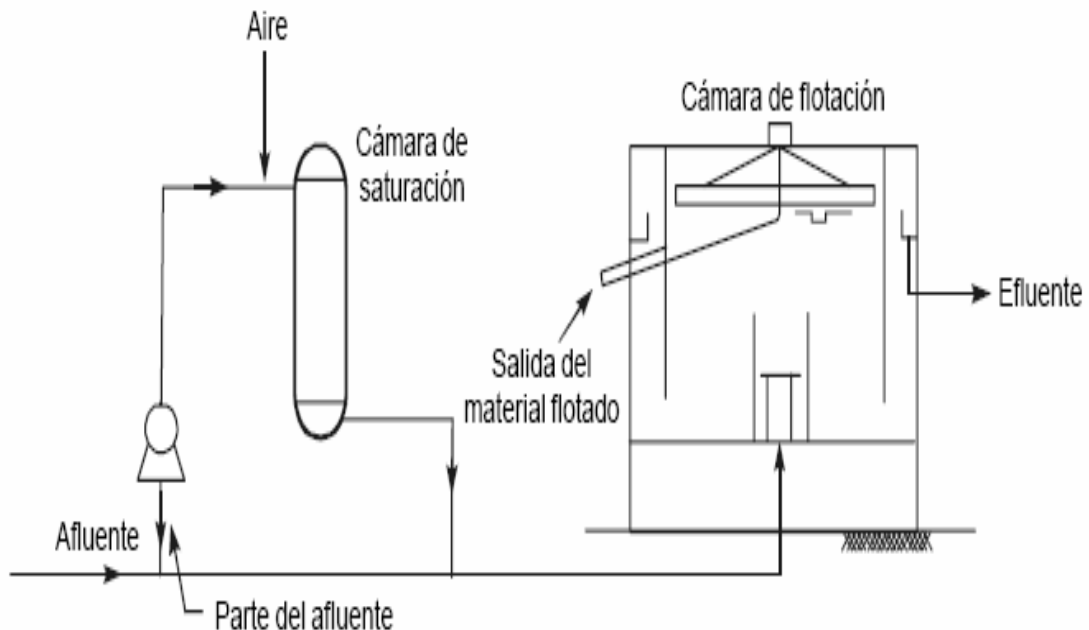
6.1.3 PARTES DE UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES

6.1.3.1 Cribas y desarenadores. Este proceso se basa en la separación constante del material grueso del agua y se hace mediante unas rejillas ya sean de metal o de madera. Este proceso también puede ser manual o mecánico teniendo en cuenta el tamaño de los agujeros.¹⁵

Los desarenadores al contrario se encargan de retirar el material sólido o de grandes densidades del fluido.

6.1.3.2 Flotación. Consta de separar todas las emulsiones presentes en el agua mediante burbujas de aire.

Figura No. 7. Esquema unidad de flotación planta de aguas residuales



Fuente. Maria Grazi Rossi, Peru, Diciembre 2010. Imagen tomada de:
<http://www.cepis.org.pe/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomoll/ocho.pdf> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015).

6.1.3.4 lodos activados. Este proceso consiste en poner en contacto el agua residual con el floc biológico anteriormente formado en un tanque de aireación. Se basa en una mezcla de materia orgánica y materiales orgánicos conjuntos que tienen la propiedad de absorber los coloides presentes en el agua. Se obtiene por último una materia orgánica que luego es inorgánica y el resto es convertido en lodo activado.

¹⁵ ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P. 287

Figura No. 8. Proceso lodos activados

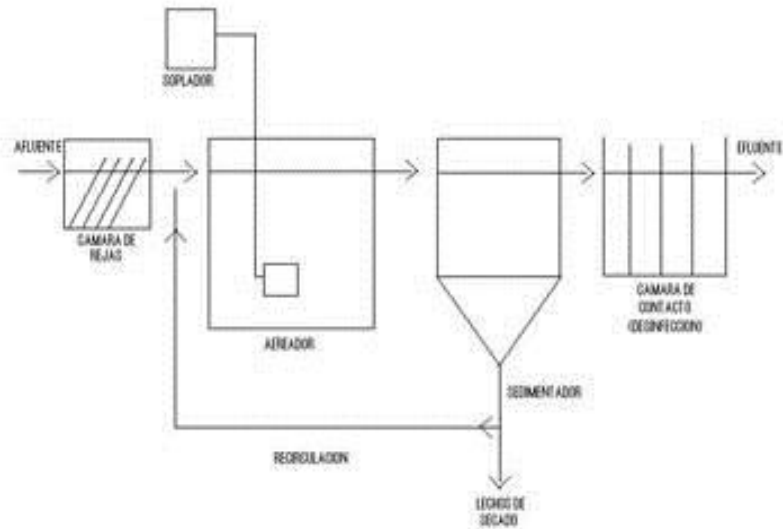
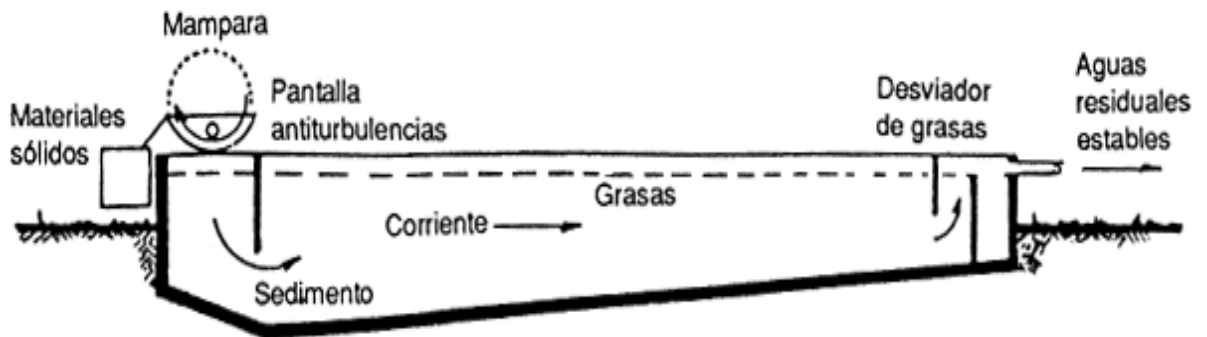


DIAGRAMA DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

Fuente: Roald Ravath, Alexander, Institute for science April 1998. Imagen tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos74/lodos-activos/lodos-activos.shtml> (fecha de actualización 22 septiembre 2015).

6.1.3.5 Sedimentación de aguas residuales. Consiste en una tolva hecha de concreto con un resalto hidráulico que se encarga de almacenar los materiales más densos que el agua. Pueden ser rectangulares o circulares. (ver figura No. 10)

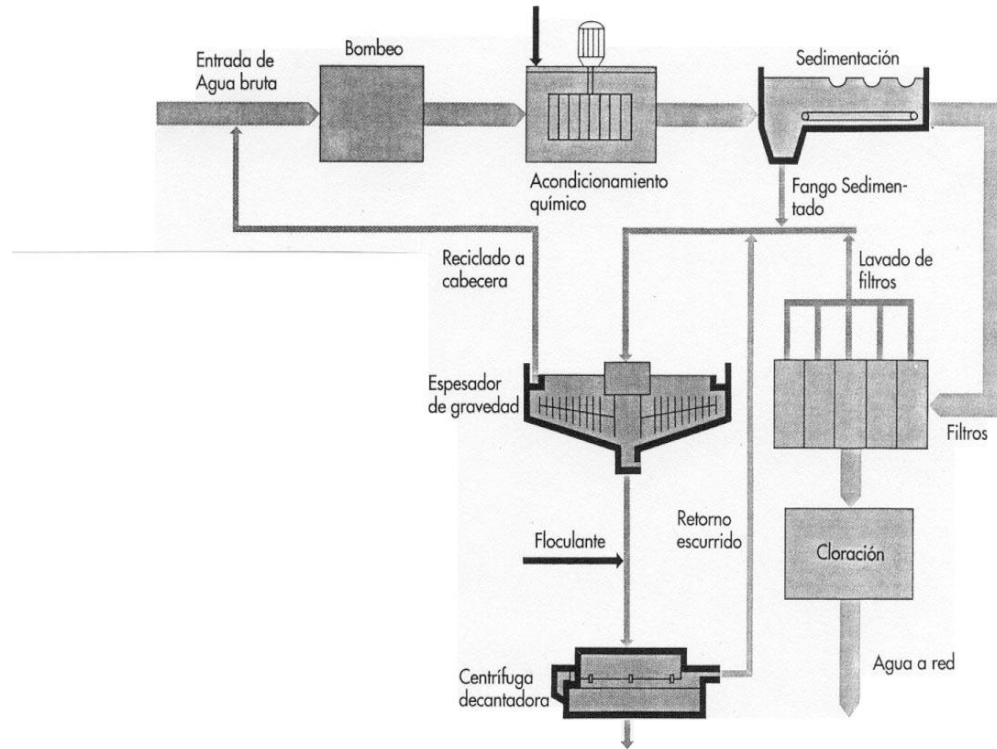
Figura No. 09. Sedimentación aguas residuales



Fuente: Food and Agriculture Orgation Of The United Nations, Abril 2007. Imagen tomada de: <http://www.fao.org/DOCREP/004/T0566s/T0566S109.gif> (fecha de actualización: 22 septiembre 2015)

6.1.3.6 Tratamiento de lodos. En el tratamiento de lodos en una planta de aguas residuales implica un 50% del valor del tratamiento. Este tratamiento implica la remoción de lodos por medio de bombas de impulsión mecánica.¹⁶ (Ver figura No. 17)

Figura No. 10. Tratamiento de lodos



Fuente. Ruiz Mora, Elizabeth, Universidad Tecnica de Ambato Ecuador. Imagen tomada de: http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.fortunecity.es/felices/andorra/51/linea_fangos2.jpg&img (fecha de actualización 22 septiembre 2015)

6.1.3.7 Cloración. El cloro es conocido en el tratamiento de aguas residuales como el desinfectante más efectivo contra los microorganismos presentes en el agua, además es importante tanto en su estado natural como en sus derivados tales como el hipoclorito de sodio o tabletas sólidas.

¹⁶ ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P. 757

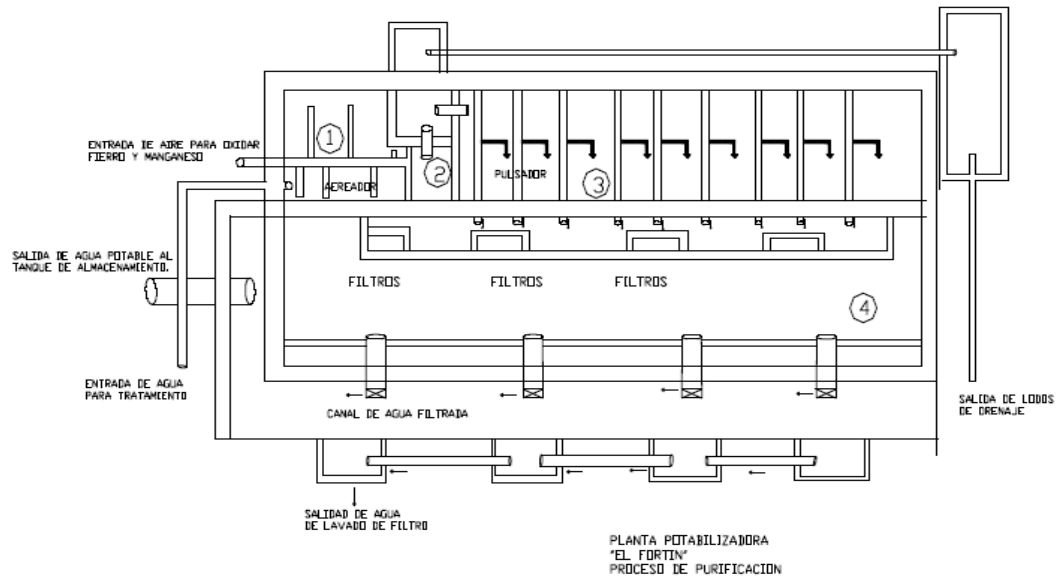
Figura No. 11. Cloracion



Fuente. Cuapa, septiembre 2010. Imagen tomada de: <http://www.lavozdelsandinismo.com/nicaragua/2010-10-06/en-funcionamiento-sistema-de-cloracion-de-agua-en-cuapa/> (fecha de actualización 22 de septiembre 2015)

6.1.4 PARTES DE UNA PLANTA DE POTABILIZACION

Figura No. 12. Planta de potabilizacion

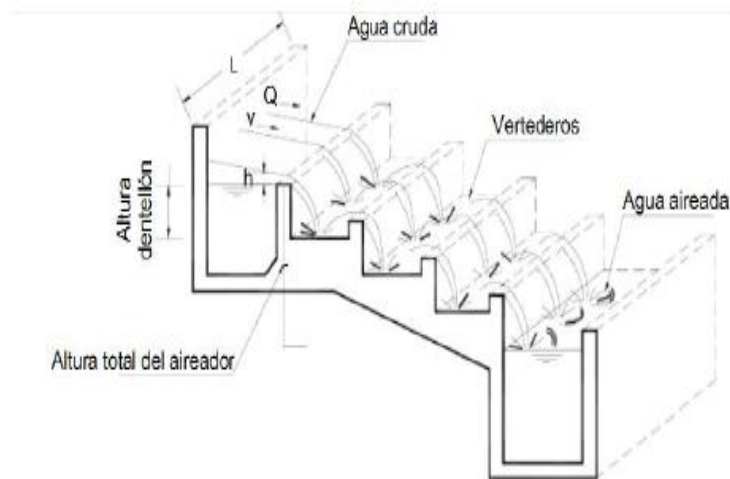


Fuente. Pedro Rodriguez Ruiz- 2001. Imagen tomada de: Abastecimiento de agua (fecha de actualización 22 septiembre 2015)

La potabilización del agua tiene como objeto principal eliminar organismos patógenos existentes en el agua. La potabilización se lleva a cabo empleando una serie de instalaciones cuyo conjunto se le da el nombre de “PLANTA DE POTABILIZACION”.

6.1.4.1 Aereación. Es el contacto entre el agua- atmosfera, tiene por objeto el intercambio de gases logrando reducir el contenido de bióxido de carbono. Se logra por medio de aereadores que se clasifican como; por gravedad o por planos inclinados; por inyección de aire desde el fondo del tanque y por medio de una tubería que inyecta aire para que sean combinados; y los aereadores de rociado por presión que son por medio de tubería y boquilla.

Figura No. 13. Tipos de Aereadores



Fuente. Ministerio de servicios y obras publicas 2005

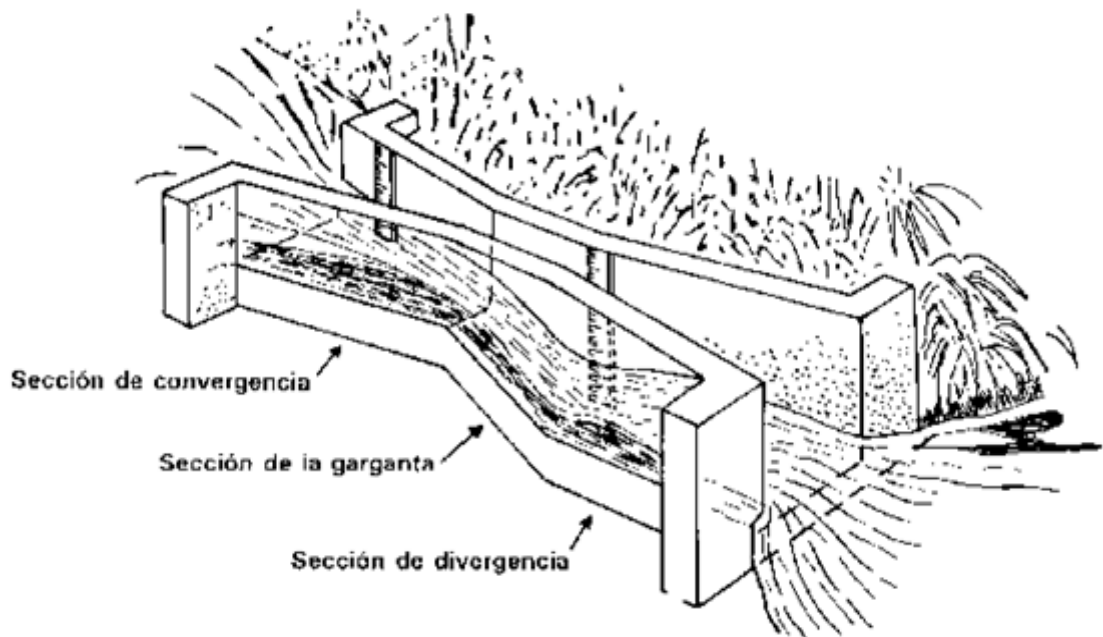
6.1.4.2 Mezcla rápida. Se emplea especialmente para dispersar todos aquellos componentes químicos en el agua a tratar tales como los coagulantes o los gases. Esta mezcla rápida puede efectuarse mediante procesos mecánicos de la planta tal como emplear succión hecha por bombas y la creación de resaltos hidráulicos debido a la forma del mezclador.¹⁷

La canaleta parshall ayuda en gran medida a generar que la turbulencia del agua ya que pasa por una sección más pequeña y puede servir como dispersor de todos los químicos

¹⁷ ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Purificación del agua. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P .4

en toda el área del fluido. Para mejorar la aplicación de coagulante es necesario que este proceso se lleve a cabo cuando el agua este en el resalto, con esto se garantiza el proceso.

Figura No. 14. Canaleta parshall



Fuente Canal de aforo Parshall, Scoot Hiuston 1959. Imagen tomada de: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s18.gif> (fecha de actualizacion 22 septiembre 2015)

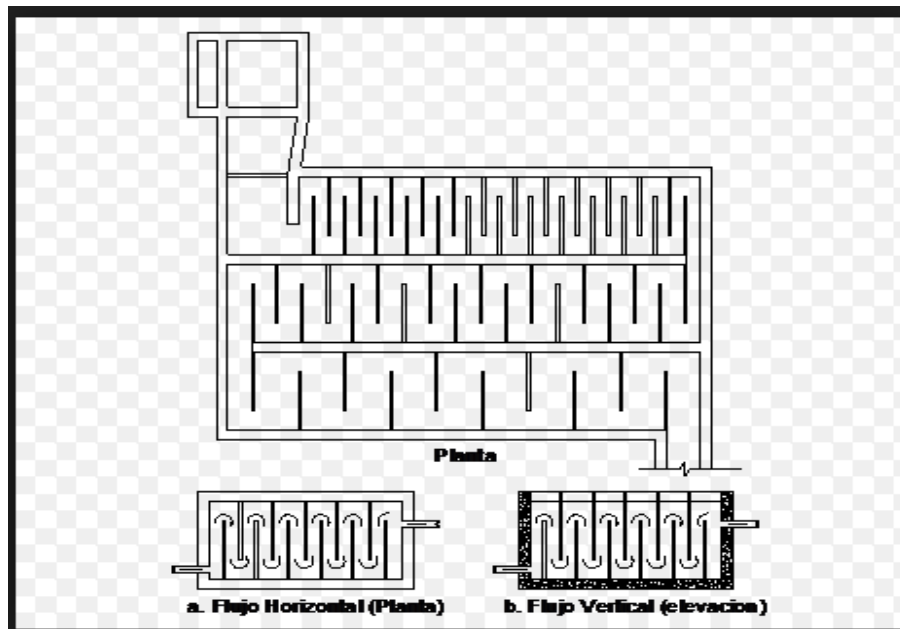
6.1.4.3 Floculación. Este es quizás uno de los procesos más importantes en el tratamiento del agua, permite que las partículas de las aguas negras se aglutinen con un peso específico mayor al del agua para que puedan flotar. Este proceso se utiliza para la remoción de los desechos orgánicos que no se han podido separar en un procesos anterior y además para eliminar bacterias y virus imposibles de separar por el método de coagulación¹⁸. Se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales en este proceso: el de la desestabilización de las partículas suspendidas o la eliminación de las fuerzas que las mantienen separadas, y el del transporte de estas dentro del líquido generando lazos entre ellas o mallas de contacto. Estos dos procesos son importantes, el primero es bien conocido como coagulación y el segundo como floculación.

¹⁸ TEORIA Y PRÁCTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA. Jorge Arboleda Valencia. Capítulo 2. Teoría de la coagulación del agua.

Los floculadores generan energía dentro de la cámara permitiendo de esta manera la unión de los coagulantes; a continuación se mencionan algunos casos de floculadores esenciales:

Uno de los floculadores mas comunes es el de flujo horizontal el cual consta de una placa de concreto con tabiques de secciones iguales en donde el agua hace un recorrido libre pasando por estos tabiques, el recorrido es de ida y vuelta.¹⁹

Figura No. 15. Floculador con pantallas de flujo horizontal



Fuente. Arboleda Valencia J. 2000. Imagen tomada de: <http://www.cepis.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/tres.pd> (fecha de actualización 22 septiembre 2015)

6.1.4.4 Sedimentación. Una vez floculada el agua, el paso siguiente es sedimentarla o filtrarla, esto solo se hace teniendo en cuenta que estos dos procesos deben trabajar complementariamente. La sedimentación es la remoción de los sólidos con una densidad mucho mayor a la del agua, en cambio la filtración se hace pero teniendo en cuenta que el material a extraer tiene una densidad parecida a la del agua o que no pudo retirarse completamente en el proceso anterior²⁰.

¹⁹ ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Purificación del agua. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P.79, 80.

²⁰ TEORIA Y PRÁCTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA. Jorge Arboleda Valencia. Capítulo 5. teoría de la sedimentación del agua.

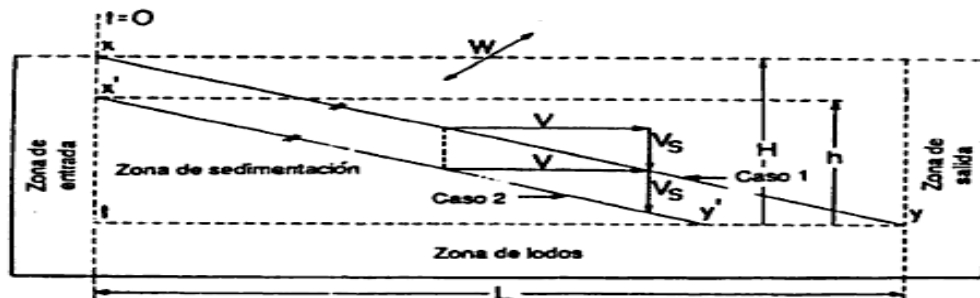
Figura No. 16. sedimentador



Fuente. Pedro Rodriguez Ruiz. Abastecimiento de agua. 2001

6.1.4.4.1 Sedimentación convencional: Modelo Hazen y Camp. Basan su modelo en la definición de un sedimentador ideal el cual tenga cuatro zonas totalmente independientes en las que haya remoción de sólidos y una sedimentación absoluta teniendo en cuenta el tamaño de las partículas. Esta la zona de entrada, la zona de sedimentación y la zona de salida en donde hay zona de retención de partículas en todas las zonas.

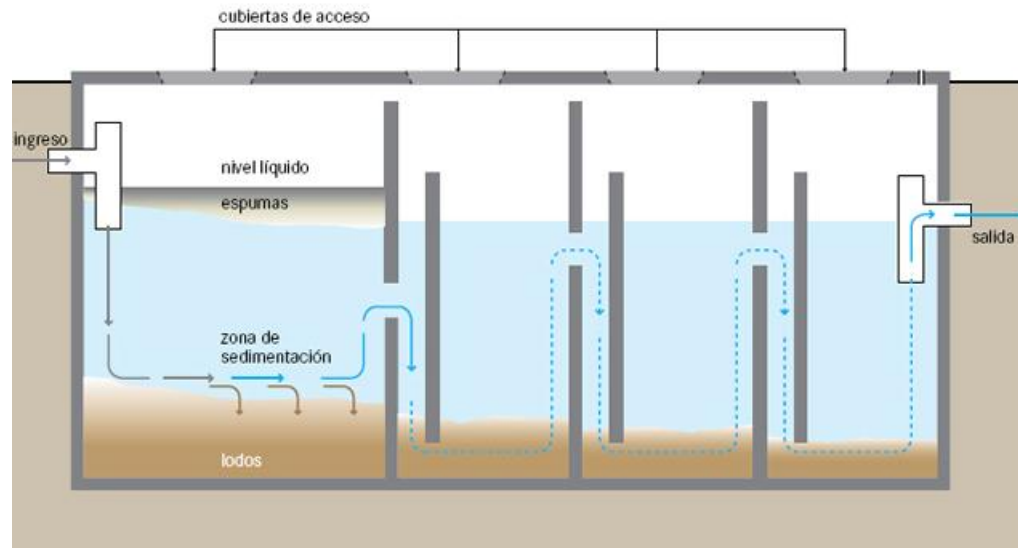
Figura No. 17. Sedimentador convencional



Fuente. Tratamiento de aguas residuales, Editorial Reverte. Imagen tomada de: <http://books.google.com.co/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PA98&lpg=PA98&dq=sedimentacion+modelo+hazen+y+camp&source=bl&ots=> (fecha de actualización 22 septiembre 2015)

6.1.4.4.2 Sedimentación de flujo vertical. Este proceso se realiza en decantadores en donde pasa el agua hasta el fondo del tanque llegando a unas cámaras de recolección en donde hay suspensión de partículas. En este mismo tanque se realiza el proceso de floculación y sedimentación que se hace en la superficie del tanque.

Figura No. 18. Sedimentador de flujo vertical



Fuente. Operación y mantenimiento de plantas de potabilización 1999. Imagen tomada de: <http://www.google.com.co/imgres?hl=es&sa=X&biw=1024&bih=605&tbn=isch&tbnid=bBDtB7TiWVhtrM:&imgrefurl=http://www.alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t1>. (fecha de actualización 22 septiembre 2015)

6.1.4.4.3 Sedimentación de flujo laminar o alta rata. Es de tenerse en cuenta que a unas velocidades mayores en el sedimentador, las partículas más finas que la crítica escapan con mayor facilidad, en cambio si se tienen en cuenta velocidades moderadas es probable que queden retenidas y se suspendan fácilmente.

6.1.4.5 Filtración. Es uno de los proceso más importantes teniendo en cuenta que debido a la desinfección del agua, muchos microorganismos no son removidos en su totalidad por esto se acude a la filtración.

Figura No. 19. Filtros



Fuente. Lucas Burdchart, 2004. Imagen tomada de:
<http://www.google.com.co/imgres?hl=es&biw=1024&bih=605&tbn=isch&tbnid=G4VtrTyyvcP2WM:&imgrefurl=http://files/36633166373731333061313737633035/> (fecha de actualización 22 septiembre 2015)

6.1.5 CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA Y DE LAS NECESIDADES DEL SERVICIO

Existen una serie de pasos importantes a la hora de determinar todas las necesidades del servicio y lo que esto acarrea. Como primera medida se debe definir el periodo de diseño el cual nos muestra el tiempo en el que el sistema debe abastecer una población específica; Se debe estimar la demanda de la localidad según lo que determina el RAS; se deben establecer las necesidades reales según el periodo de diseño y previniendo aspectos importantes que puedan presentarse en el transcurso del diseño como por ejemplo el crecimiento de la industria, el crecimiento de la población y el crecimiento del comercio; realizar un cálculo del nivel máximo del servicio y la capacidad que se da posible a atender en cada año del periodo de diseño y obtener un estimativo de diferencia entre oferta y demanda durante el periodo de diseño²¹.

6.1.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

Estas características permiten cuantificar la calidad del agua y de alguna manera son una base esencial en lo referente a los parámetros que se establecen de diseño y saneamiento²².

6.1.6.1 Características físicas. Son aquellas que pueden ser detectadas por los sentidos o ser tratadas empíricamente. Entre estas se encuentran la turbiedad, el color, el sabor, el olor y la temperatura: Turbiedad. Es la propiedad que podemos percibir ópticamente de una interrupción que se hace de una muestra de agua que absorbe o disipa la luz del sol

²¹ GENERALIDADES DEL AGUA. Clase de Acueductos y Alcantarillados Ing. Miguel Hernández V. año 2009- segundo periodo.

²² MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 6.

sin dejar que esta se refleje en forma o en línea recta. La turbiedad se refiere a todas las partículas no solubles o partículas microscópicas que de alguna manera impiden el paso de estos rayos a través del agua. La turbiedad es debida a todos los materiales que se encuentran en suspensión o en estado coloidal, estos materiales pueden presentarse en este estado debido a la erosión causada por las corrientes, los constantes desechos industriales o a los debidos químicos proporcionados al agua; Color. Al parecer suele estar muy ligado con la turbiedad pero son características independientes. El color le quita estética al agua disminuyendo en gran medida la transparencia y evitando que los rayos pasen en línea²³; Olor y sabor. Los olores y sabores del agua se deben principalmente a compuestos orgánicos generados por la actividad de bacterias o a vegetación que se encuentra en estado de putrefacción. Para eliminar malos olores o sabores se procede a diferentes métodos como el de la aeración, la adición de carbón activado, etc; Temperatura. Es una característica muy importante ya que actúa como acelerante o retardante en el proceso de la actividad biológica. Además en el proceso de los ciclos del agua influye en gran medida la temperatura del agua porque es donde se realiza la absorción de oxígeno por medio de la atmósfera. Por tener gran influencia con la viscosidad del agua tiene incidencia en los procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración.

6.1.6.2 Características Químicas. El agua presenta gran cantidad de elementos y compuestos que se representan en solución y que son esenciales en el consumo humano y en la influencia que tengan a la hora del tratamiento de potabilización²⁴; Potencial de Hidrógeno (PH). Es un mecanismo utilizado para medir las condiciones ácidas o básicas de una solución (agua). La escala que maneja va de 0 a 14 en donde cuanto más sea la intensidad de la alcalinidad mayor es el valor del PH, mientras más fuerte es la intensidad de la acidez, menor es el valor de la escala²⁵

Entre otras características químicas del agua encontramos la acidez, la alcalinidad y la Dureza que forman un conjunto importante de requisitos a tener en cuenta a la hora de un proceso de tratamiento.

6.1.6.3 Características microbiológicas. Los microorganismos se encuentran inmersos en el reino protisto en donde se subdividen en dos grandes grupos, los protistos inferiores que incluyen las algas y las bacterias y los protistos superiores en donde se encuentran los protozoos y los hongos. Los microorganismos presentes en el agua no siempre causan problemas graves en los abastecimientos públicos, pero muchos de ellos afectan la potabilidad. Uno de los factores que hace que el agua sea inadecuada o presente problemas en su potabilización es la presencia de parásitos los cuales se nutren de animales, de vegetales siendo muchos de ellos problema para la salud humana y creando enfermedades relacionadas con la vida hídrica²⁶.

²³ MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág.8

²⁴ MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 10.

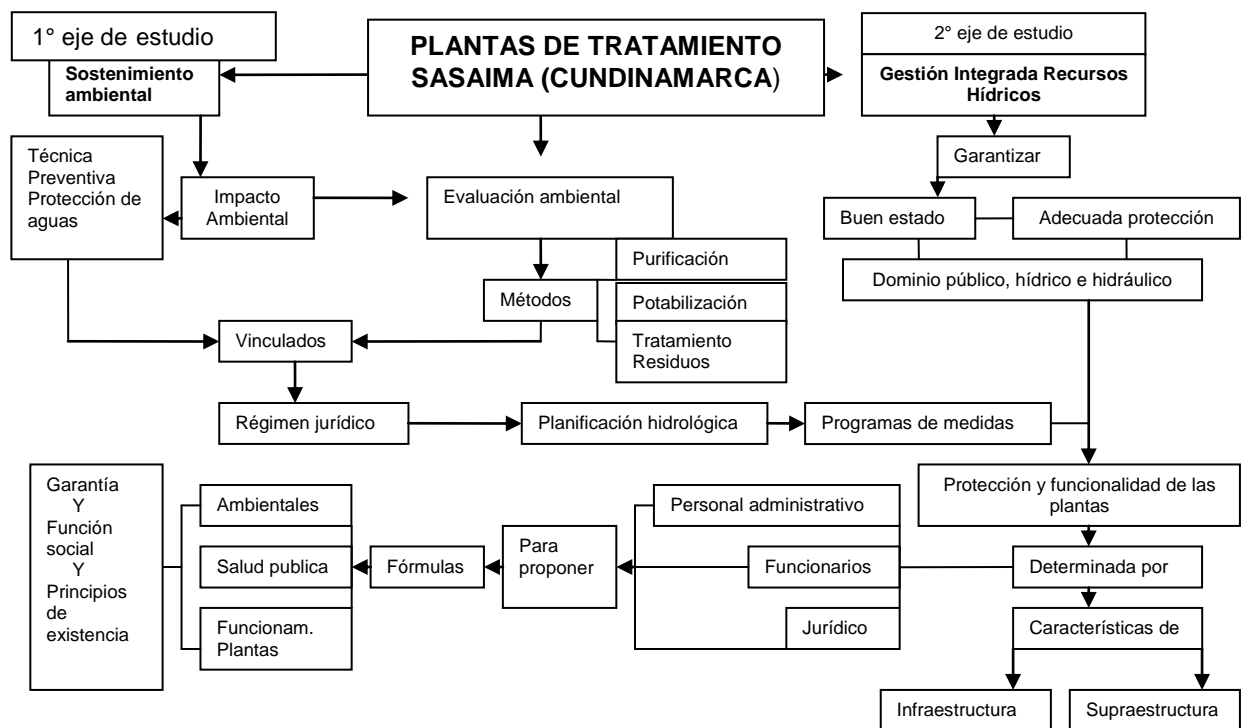
²⁵ MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 11.

²⁶ MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 20.

6.1.7 EJES DE ESTUDIO

Las plantas de tratamiento están generalizadas mediante dos ejes de estudio²⁷. Uno tiene que ver con el sostenimiento ambiental basado en la técnica preventiva de la protección de aguas y que está vinculado directamente con el régimen jurídico el cual conlleva a la planificación hidrológica y a los programas de medida. La evaluación del impacto ambiental se realiza mediante los métodos de purificación, potabilización y tratamiento de residuos que están relacionados de la misma manera con el aspecto jurídico. Como otros eje de estudio se tiene la gestión integrada de recursos hídricos que garantiza el buen estado y la adecuada protección del dominio público, hídrico e hidráulico. Estos ejes determinan la protección y funcionalidad de las plantas dependiendo de las características de infraestructura y supraestructura. Además, la adecuada funcionalidad esta relacionada con el personal administrativo y funcionarios los cuales proponen formulas ambientales, de salud pública y para el buen manejo de las plantas generando garantías y principios de existencia.

Cuadro No. 1: Ejes de estudio planta de tratamiento



Fuente: Autor

²⁷ AUTOR

6.2 MARCO GEOGRÁFICO

6.2.1 LÍMITES DEL MUNICIPIO:

Oriente con el municipio de La Vega;
Occidente con los municipios de Alban y Villeta;
Norte con los municipios de Villeta y Nocaima;
Sur con el municipio de Facatativa

6.2.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA

Sasaima está ubicada sobre la zona noroccidental del Departamento de Cundinamarca. Pertenece a la Provincia del Gualivá, Situada al Noroeste de Bogotá, en un valle pintoresco y fértil formado por las cuencas del Río Dulce y el Bituima, que unidos forman el Río sasaima. Su localización geográfica está a los 5° 01´ de Latitud Norte y 74° 28´ de Longitud Occidental. Su Temperatura media es de 25° C. Tiene una superficie de 140 Km². Su altitud oscila entre los 850 y 1.950 msnm. La altura en el casco urbano está entre 779 y 842 msnm²⁸.

6.2.3 DIVISION POLITICO- ADMINISTRATIVA

EXTENSIÓN TOTAL: 111 Km²

ALTITUD DE LA CABECERA MUNICIPAL (METROS SOBRE EL NIVEL DE MAR): 1.000

DISTANCIA DE REFERENCIA: A 80 Km de Bogotá²⁹

MUNICIPIOS: La Peña, Utica, Sasaima, Vergara, Quebrada Negra, Nimaima, Alban, Villeta, Nocaima, Supata, San Francisco y La Vega.

COORDENADAS: Su cabecera municipal se ubica a los 04° 58´ 53” de latitud norte y 74° 26´ 13” de longitud oeste, a 1.150 m sobre el nivel del mar.

TEMPERATURA: media de 22°C aproximadamente.

ACCIDENTES OROGRAFICOS: Entre los accidentes orográficos se destacan los cerros Nariz alta, Guásimo, La Cruz, Viajal, La Morena, Las Peñas.

²⁸ SASAIMA CUNDINAMARCA. [en línea]. <http://www.ensasaima.com/ubicacion/ubicacion.html> (consulta 29 agosto 2012)

²⁹ SASAIMA CUNDINAMARCA. [en línea]. <http://sasaima-cundinamarca.gov.co/sitio.shtml?apc=mTxx-1-&m=f#geografia> (consulta 29 agosto 2012)

6.2.4 RUTAS DE ACCESO:

Vía Bogotá calle 13 - Facatativá - Sasáima

Este recorrido se realiza por la salida de la calle 13, inicialmente el trayecto se realiza por la sabana, en el recorrido se encuentran las poblaciones de Mosquera y Madrid, luego la población de Facatativa y un ascenso pequeño hasta llegar al alto de La Tribuna lugar con un paisaje panorámico espectacular, es allí en donde iniciamos el descenso por donde encontraremos las poblaciones de Alban, y por ultimo Sasaima.

Vías de acceso: desde Santafé de Bogotá: Calle 13, Calle 80, y desde el norte por la via Honda-Guaduas-Villeta-Sasaima. Cuenta con estas rutas de acceso desde Bogotá que hace más fácil la llegada al municipio³⁰. Estas rutas se ilustran en el plano No. 2.

El plano No. 1 ilustra la localización general de Sasaima Cundinamarca vista desde Colombia y su respectiva ubicación en Cundinamarca. Además la localización del municipio visto desde el departamento. El mapa 2 ilustra otra posible ruta alterna que se puede tomar para llegar al municipio.

6.2.5 FUENTES HÍDRICAS:

Posee innumerables fuentes de agua que le permiten una compleja irrigación que beneficia el desarrollo de la vida humana, animal y vegetal en todo el territorio del municipio.³¹ En el plano No. 3 se ilustra el recorrido hídrico desde todo el municipio de Sasaima.

La población está enmarcada por la Quebrada Talàuta y el Río Dulce, sus veredas gozan de buenas vías de comunicación y de transporte vehicular.

³⁰ VIAS DE ACCESO SASAIMA. [en línea]. http://www.ensasaima.com/ubicacion/calle_13.html (consulta 29 agosto 2012)

³¹ FORMULACION DEL PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE SASAIMA 2008-2011

6.3 MARCO DEMOGRÁFICO

Tabla No. 01. Censo poblacional Sasaima 1985

Población ajustada del Censo de 1985, por zonas, según secciones y municipios del país Tasas de cobertura ajustadas

Secciones del país y municipios	Tasa de cobertura ajustada (%)	Población ajustada		
		Total	Cabecera	Resto
San Francisco	91.1	6.727	2.034	4.693
San Juan de Rioseco	87.7	11.929	3.042	8.887
Sasaima	90.8	9.445	4.693	

Fuente: DANE, censo 1985

Tabla No. 02. Censos poblacionales Sasaima 1993- 2005

Municipio	1993			2005		
	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total
San Francisco	2.276	4.538	6.814	2.886	5.418	8.304
San Juan Rioseco	3.231	8.579	11.810	2.878	6.914	9.792
Sasaima	<u>8.330</u>	<u>2.061</u>	10.391	<u>10.205</u>	7.973	

Fuente: DANE, censos 1993 y 2005.

Según censo del 2005, Sasaima cuenta con una población según DANE de 18.178 personas de las cuales 10.205 pertenecen a la zona urbana y 7.973 del área rural.

Tabla No. 03. Resumen Censos poblacionales Sasaima

AÑO	POBLACION
1973	1996
1985	4693
1993	8330
2005	10205

Fuente: DANE

6.4. MARCO LEGAL

Tabla No. 04. Marco legal

<p>Resolución 1459 de 5 Octubre de 2005 por la cual se modifica la resolución No. 1096 de 2000 que adopta el reglamento Técnico para el sector de agua potable y saneamiento Básico RAS</p>	<p>Art 22. Esquema de priorización de proyectos. La primera prioridad para una entidad territorial, una empresa de servicios públicos u otra entidad que promueva o desarrolle inversiones en el sector, será llevar a cabo inversiones que tengan un efecto positivo y manifiesto en la salud pública de sus habitantes y su medio ambiente, razón por la cual, tienen preferencia la ejecución de obras de suministro de agua potable de adecuada calidad, según decreto 475 de 1998n o el que lo modifique o reemplace, y la recolección y disposición de aguas residuales. En el siguiente nivel de prioridad se sitúan manejo de desechos sólidos y el tratamiento de las aguas residuales³².</p>
<p>RAS. Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título A. (artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994)</p>	<p>Fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias.</p>
<p>Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico 2000 capítulo D.1.3 en el paso 3</p>	<p>Conocimiento del marco institucional donde el diseñador del sistema debe conocer las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales y pluviales, estableciendo responsabilidades y las funciones de cada una. Las entidades y aspectos que deben identificarse son: la entidad responsable del proyecto, el diseñador, el constructor, el rol del municipio ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema, la empresa prestadora del servicio, las entidades territoriales competentes, las entidades de planeación, la entidad reguladora, la entidad de vigilancia y control, el operador, el interventor, las acciones proyectadas de la comunidad en</p>

³² RAS 2000. Resolución 1459 del 5 octubre de 2005

	el sistema, las autoridades ambientales competentes y las fuentes de financiación.
Ministerio de la protección social en el decreto número 1575 de 2007	Establece el sistema para la protección y la calidad del agua para el consumo humano. En el capítulo 1 se determina el reglamento para el monitoreo constante en el tratamiento del agua exceptuando el agua que se encuentra envasada. Aplica para todas las personas o entidades que distribuyan el servicio a la comunidad sin tener en cuenta el uso que se le tenga ³³
Capítulo 2 del decreto 1575 sobre las características y criterios de la calidad del agua para consumo humano.	Se muestra y pretende identificar las características físicas, químicas y biológicas que afectan al consumidor. Además muestra los requerimientos aceptables del agua para consumo humano. De igual manera en el capítulo 3 sobre los responsables del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano pretende tener en cuenta un seguimiento constante sobre las actividades de control y calidad del agua, la responsabilidad del ministerio de la protección social y de ambiente, la responsabilidad de la superintendencia de seguros públicos domiciliarios y la responsabilidad del instituto nacional de salud ³⁴
Resolución No, 2320 del 27 de Noviembre de 2009	Artículo 67. Dotación neta máxima. Cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurren en el sistema de acueducto. ³⁵
capítulo B.2 sobre población, dotación y demanda del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ³⁶	Se debe hacer un estudio detallado y previo sobre la dotación a manejar la cual debe considerar los diferentes usos como son, el uso residencial, el uso comercial, el

³³ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. DECRETO NUMERO 1575 DE 2007 (Mayo 9). Capítulo 1, disposiciones generales

³⁴ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Capítulo 3. Responsables del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano.

³⁵ RESOLUCION No. 2320. 27 NOVIEMBRE DE 2009. ARTICULO 67.Dotaciones.

³⁶ REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANAMIENTO BÁSICO 2000. Capítulo B.2 población, dotación y demanda, numeral B.2.3 usos del agua.

	uso industrial, el uso rural, el uso para fines públicos, el uso escolar y el uso institucional.
capítulo 8 de la normatividad para aguas residuales sobre el seguimiento y el control	se debe tener una regulación pertinente sobre las actividades que conlleven a la descarga de aguas residuales en cualquier zona y el control sobre las personas que manejan el agua teniendo en cuenta que deben haber hecho con anticipación una petición ante la secretaria de estado del Medio Ambiente; además esta entidad realizará chequeos constantes para verificar el adecuado cumplimiento de la norma ³⁷

Fuente. Taborda 2015

³⁷ NORMA SOBRE AGUAS RESIDUALES. Secretaría de estado de medio ambiente y recursos naturales. Capítulo 8, seguimiento y control.

7. METODOLOGÍA

7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación tiene un carácter descriptivo de tipo exploratorio, debido a que las pretensiones se centran en la búsqueda de causas y soluciones a la posible problemática hídrica; sin embargo es necesario analizar el comportamiento de cada unidad de las plantas como proceso satisfactorio de saneamiento.

7.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

Tabla No. 05. Etapas metodológicas

7.2.1 ETAPA 1: EXPLORACIÓN	
No.	ACTIVIDAD
1	Se llevo a cabo unas visitas de campo para observar el estado de las plantas y poder hacer un análisis descriptivo. Además, poder determinar parámetros necesarios en el estudio del tratamiento del agua.

7.2.2 ETAPA 2: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN (PLANOS)	
No.	ACTIVIDAD
1	Para el dimensionamiento de las plantas se solicito los planos arquitectónicos correspondientes en la oficina de planeación y obras publicas del municipio junto con los estructurales.

7.2.3 ETAPA 3: RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	
No.	ACTIVIDAD
1	7.2.3.1 Para estimar y argumentar el funcionamiento de cada unidad de las plantas se manejo un registro fotográfico en donde se ilustro cada una de estas y teniendo en cuenta la información recolectada del coordinador encargado, dejando el registro escrito y procesando de esta manera la información.
2	7.2.3.2 Para conocer el tipo y estado físico de cada una de las plantas de tratamiento se realizo una entrevista con el coordinador de la planta para determinar información necesaria como la capacidad y la cobertura con la que se trabaja y datos importantes como la metodología utilizada en la potabilización del agua, el diámetro de las tuberías, los materiales utilizados en el proceso, la normatividad con la que se rigen a la hora de implementar los químicos; además del acercamiento con la población

	objeto de la investigación que facilito la toma de datos.
--	---

7.2.4 ETAPA 4: ANALISIS HÍDRICO	
---------------------------------	--

No.	ACTIVIDAD
1	Se solicita a través de la CAR (Bogotá) los análisis de aguas correspondientes al estudio de potabilización. Además, se realizo una encuesta a la población del municipio de Sasaima para determinar la calidad del agua.

7.2.5 ETAPA 5: PLANOS TOPOGRAFICOS	
------------------------------------	--

No.	ACTIVIDAD
1	Se Solicito a la alcaldía una copia de los planos topográficos de las zonas en donde están ubicadas las plantas de tratamiento y de los ríos más cercanos.

7.2.6 ETAPA 6: ELEMENTOS IMPORTANTES	
--------------------------------------	--

No.	ACTIVIDAD
1	Para Identificar la existencia, el dimensionamiento y la calidad de las Rejillas y/o mallas de cribado, de las Trampas de grasas y aceites de los desarenadores y del Manejo de lodos se tuvo en cuenta un registro fotográfico que mostro la existencia y el estado de cada una de las unidades.

7.2.7 ETAPA 7: PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	
--	--

No.	ACTIVIDAD
1	Luego de la recolección de todo el material necesario, se realizo el análisis correspondiente teniendo en cuenta el marco legal con el que la ley respalda.

Fuente. Taborde 2015

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Este cálculo de la proyección de la población se hace para poder determinar el crecimiento a 25 años en donde también podemos calcular si las plantas de tratamiento son suficientes para poder suministrar el recurso a esta cantidad de habitantes.

8.1.1 Método aritmético de crecimiento lineal:

Rata de crecimiento anual:

$$Ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$$

Ka: crecimiento poblacional por año (hab/año)

Puc: población del último censo considerado

Pci: población del censo inicial considerado

Tuc: fecha en la que se realizó el último censo (dia- mes- año)

Tci: fecha en la que se realizo el censo inicial (dia- mes- año)

Censo de:

Tabla No. 06: Resumen censos poblaciones Sasaima

AÑO	POBLACION URBANA	FECHA CENSO
1973	1996	24/10/1973
1985	4693	15/10/1985
1993	8330	24/10/1993
2005	10205	15/11/2005

Fuente: DANE 2005

$$Ka = 256 \text{ hab/año (Entre la población considerada en el año 1973 y 2005)}$$

Para determinar la población futura a 25 años (desde 2012 a 2037) tenemos en cuenta la siguiente fórmula que nos va a facilitar la búsqueda:

$$Pf = P + Ka(Tf - Ti)$$

En donde:

Pf: Población proyectada
P: Población del último censo
Ka: promedio entre los censos realizados
Tf: tiempo a considerar de la población futura
Ti: tiempo a considerar del último censo

Pf (2012): 10205 hab + 256 (7)
Pf (2012): 11.997 hab

Pf (2022): 11997 hab + 256 (10)
Pf (2022): 14.557 hab

Pf (2032): 14.557 hab + 256 (10)
Pf (2032): 17.117 hab

Pf (2037): 17.117 hab + 256 (5)
Pf (2037): 18.397 hab

Gráfica No. 1. Crecimiento poblacional por el método aritmético



Fuente: Taborda 2015

8.1.2 Método geométrico:

El crecimiento será geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño.

$$\text{Log } P_f = \text{Log } P_u + n \text{Log}(1+r)$$

$$\text{Log}(1+r) = \frac{\text{Log } P_{2005} - \text{Log } P_{1973}}{32,05}$$

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Actualizamos la población a 2012:

$$P = 11.884 \text{ hab}$$

Proyectamos a 2022:

P2= 14.773 hab.

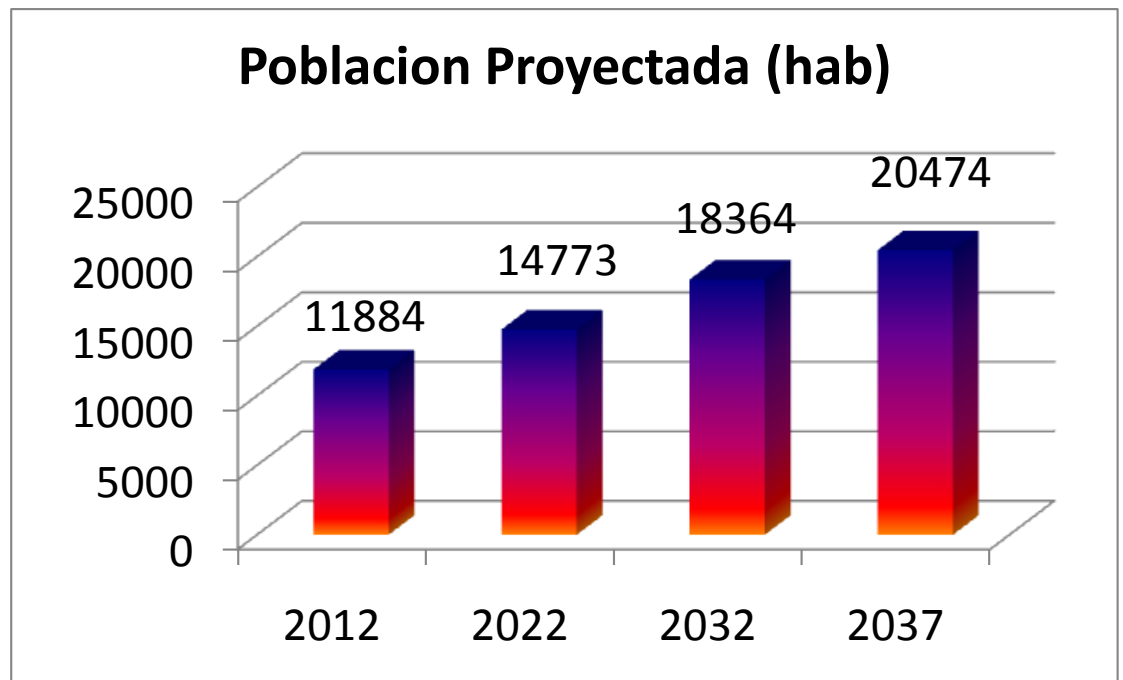
Proyectamos a 2032:

P2= 18.364 hab.

Proyectamos a 2037:

P2= 20.474 hab.

Gráfica No. 2. Crecimiento poblacional por el método geométrico



Fuente: Taborda 2015

8.1.3 Método de crecimiento exponencial:

$$\ln P2 = \ln P1 + Kg (T2 - T1)$$

P2 = proyección

P1 = última proyección calculada

T1 – T2= diferencia de tiempos entre P1 y P2
Kg= rata poblacional

Por lo general el nivel de población por este método resulta muy alto. Para encontrar Kg o rata de crecimiento se recomienda por lo menos conocer tres censos de población de la comunidad en estudio.

$$Kg = \frac{Kg1 + Kg2 + Kg3}{3}$$

K1 entre (1973-1985): K1: Ln(4693) - Ln(1996) /1985-1973: 0,071

K2 entre (1985- 1993): K2: Ln(8330)- Ln(4693) /1993-1985: 0,071

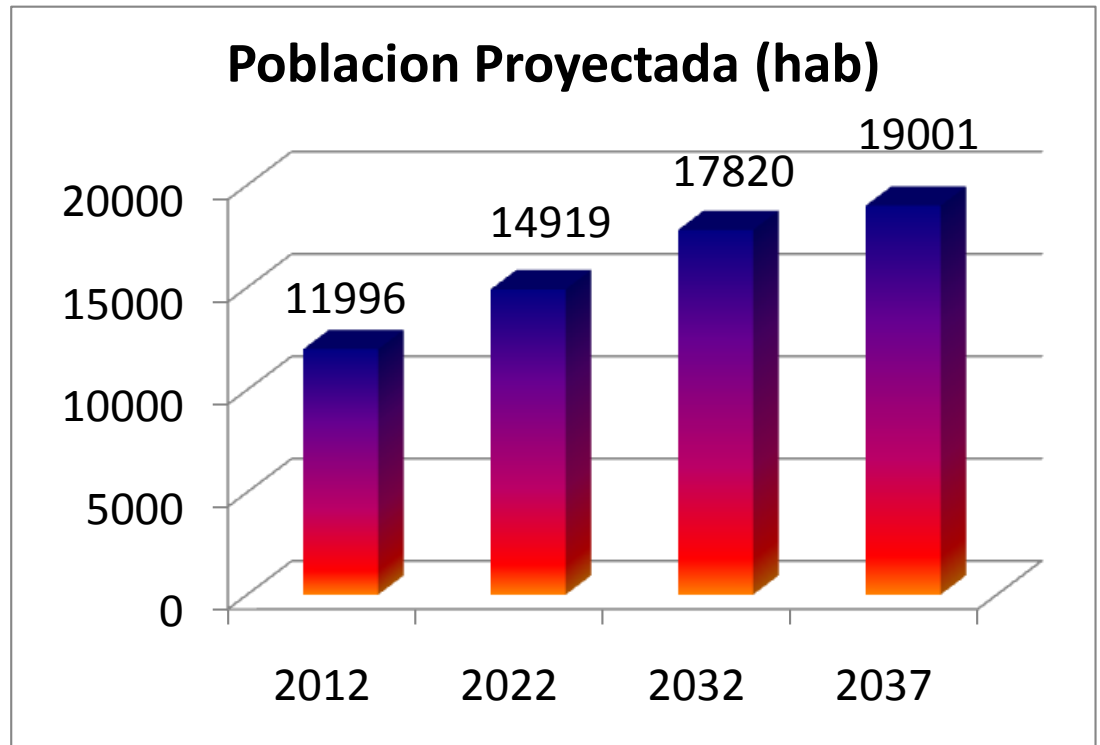
K3 entre (1993-2005): K3: Ln(10205)- Ln(8330) /2005-1993: 0,016

Kg: 0,052

Proyectamos a 2012:

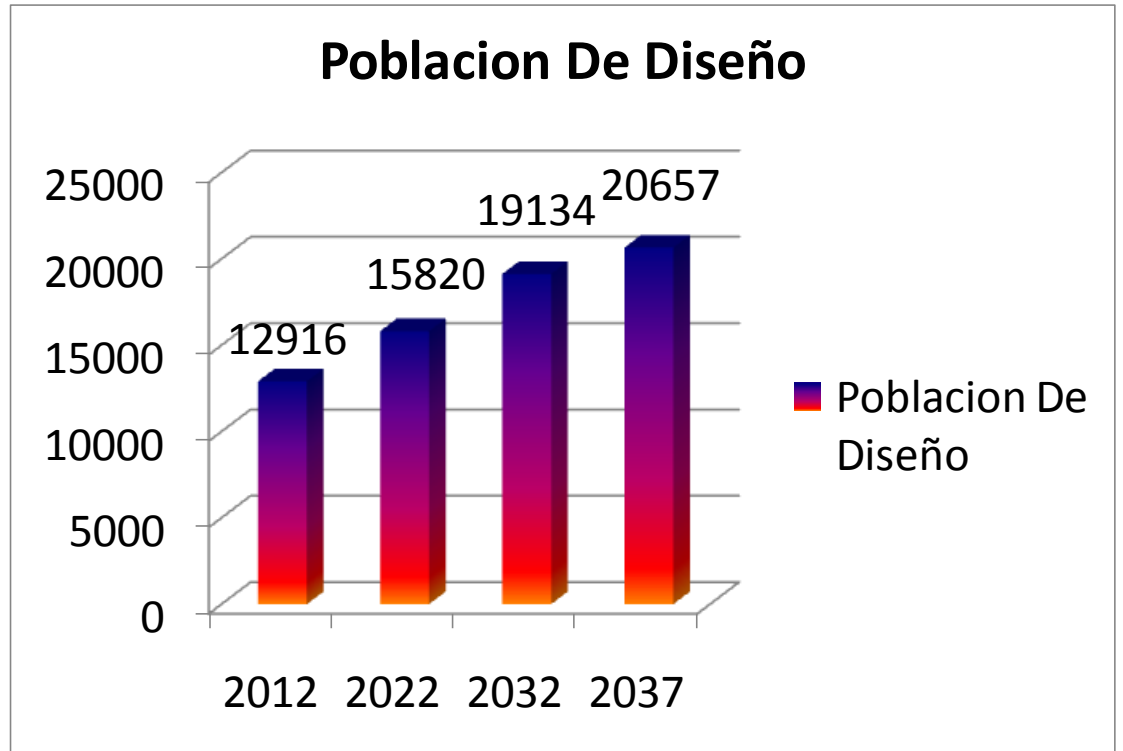
- Ln P(2012) = Ln 10205 + 0.052 x 7
Ln P (2012) = 9,59
P (2012) = 11.996 hab
- Ln P(2022) = Ln 11.996 + 0.052 x 10
Ln P (2022) = 9,91
P (2022) = 14.919 hab
- Ln P(2032) = Ln 14.919+ 0.052 x 10
Ln P (2032) = 10,13
P (2032) = 17820 hab
- Ln P(2037) = Ln 17.820 + 0.052 x 5
Ln P (2037) = 10,04
P (2037) = 19001 hab

Gráfica No. 3. Crecimiento poblacional por el método de crecimiento exponencial



Fuente: Taborda 2015

Gráfica No. 4. Crecimiento poblacional por los tres métodos de crecimiento poblacional



Fuente: Taborda 2015

8.1.4 Cuadro resumen:

Tabla No. 7. Comparación entre los métodos de crecimiento poblacional

AÑO	M. ARITMETICO	M. GEOMETRICO	M. CRECIMIENTO EXPONENCIAL	PROMEDIO	POBLACION FLOTANTE 8%	POBLACION DE DISEÑO	NIVEL DE COMPLEJIDAD	DOTACION NETA MAXIMA (LTS/HAB/DIA)	DOTACION BRUTA (LTS/HAB/DIA)	Qm (lts/seg)	QMD (lts/seg)	QMH (lts/seg)
2012	11.997	11.884	11.996	11.959	957	12.916	Medio-alto	135	180	26.90	34.97	57.70
2013	12.323	11.994	12.467	12.261	981	13.241	Medio-alto	135	180	27.58	35.85	59.15
2014	12.450	12.410	12.789	12.549	1003	13.552	Medio-alto	135	180	28.23	36.69	60.53
2015	12.670	12.540	12.950	12.720	1017	13.737	Medio-alto	135	180	28.61	37.19	61.36
2016	13.110	12.910	13.115	13.045	1043	14.088	Medio-alto	135	180	29.35	38.15	62.94
2017	13.610	13.001	13.456	13.355	1068	14.423	Medio-alto	135	180	30.04	39.05	64.43
2018	13.740	13.315	13.712	13.589	1087	14.676	Medio-alto	135	180	30.57	39.74	65.57
2019	13.920	13.450	13.924	13.764	1101	14.865	Medio-alto	135	180	30.96	40.24	66.39
2020	14.250	14.520	14.256	14.342	1147	15.489	Medio-alto	135	180	32.26	41.93	69.18
2021	14.350	14.610	14.789	14.583	1166	15.749	Medio-alto	135	180	32.81	42.65	70.37
2022	14.557	14.773	14.919	14.649	1171	15.820	Medio-alto	135	180	32.95	42.83	70.66
2023	14.666	14.920	15.300	14.962	1196	16.158	Medio-alto	135	180	33.66	43.75	72.18
2024	14.922	15.110	15.650	15.197	1215	16.412	Medio-alto	135	180	34.19	44.44	73.32
2025	15.110	15.230	15.920	15.420	1233	16.653	Medio-alto	135	180	34.69	45.09	74.39
2026	15.330	15.670	16.200	15.733	1258	16.991	Medio-alto	135	180	35.39	46.00	75.90
2027	15.724	16.320	16.450	16.164	1293	17.457	Medio-alto	135	180	36.36	47.26	77.98
2028	16.001	16.450	16.766	16.405	1312	17.717	Medio-alto	135	180	36.91	47.98	79.17
2029	16.210	17.001	17.167	16.792	1343	18.135	Medio-alto	135	180	37.78	49.11	81.03
2030	16.459	17.350	17.343	17.050	1364	18.414	Medio-alto	135	180	38.36	49.86	82.27
2031	16.720	17.859	17.556	17.378	1394	18.815	Medio-alto	135	180	39.19	50.94	84.05
2032	17.117	18.364	17.820	17.767	1423	19.134	Medio-alto	135	180	39.86	51.81	85.48
2033	17.356	18.650	18.120	18.042	1467	19.546	Medio-alto	135	180	40.72	52.93	87.33
2034	17.658	18.900	18.325	18.294	1496	19.634	Medio-alto	135	180	40.90	53.17	87.73
2035	17.714	19.300	18.446	18.486	1532	20.100	Medio-alto	135	180	41.87	54.43	89.81
2036	17.994	19.600	18.724	18.772	1567	20.365	Medio-alto	135	180	42.42	55.14	90.98
2037	18.397	20.474	19.001	19.290	1585	20.657	Medio-alto	135	180	43.03	55.94	92.30

Fuente: Taborda 2015

8.2 CÁLCULO DEL CONSUMO FUTURO

- a. Se calcula la dotación neta máxima:

La dotación neta máxima (cuadro No. 02) es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar perdidas. Se calcula teniendo en cuenta el nivel de complejidad del sistema en la siguiente tabla:

Cuadro No. 02 Calculo dotación neta máxima

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab·día)	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab·día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente. Resolución 2320/2009

Sasaima está ubicado a 1.000 mts sobre el nivel del mar lo que corresponde a una dotación neta máxima para poblaciones con clima Calido. En este caso, el municipio presenta una dotación neta maxima de 135 lo que corresponde a un nivel de complejidad medio.

- b. Dotación Bruta (Db) : se calcula conforme a la siguiente ecuación:

$$D \text{ bruta: } D \text{ neta} / (1 - \%p)$$

Donde: D bruta: Dotación bruta

D neta: Dotación neta

%p: porcentaje de pérdidas admisibles. Máximo: 0,25

El porcentaje de pérdidas admisibles en la ecuación no debe superar el 25%.

$$D \text{ b: } 135 / (1 - 0,25): 180 \text{ lts/seg}$$

- c. Q.m.d: Gasto medio diario= P x D/ 86400

Donde: Q.m: Gasto medio diario

Pf: Poblacion futura

D: Dotacion

86400: Segundos- dia

d. Q.M.D: Demanda Maxima diaria : $Q.m \times c.v.d$

Donde: Q.m.d: demanda medio diario
c.v.d: coeficiente variación diario (se usa 1,3)

e. Q.M.H: Demanda máximo Horaria: $Q.M.D \times c.v.d$

Donde: Q.M.D: Demanda máximo diario
c.v.d: coeficiente variación diario (se usa 1,65)

Las plantas de tratamiento de agua potable trabajan con un caudal de 26 lts/seg; una convencional de 14 lts/seg y la otra con caudal de 12 lts/seg. Tenemos que el promedio de la población por los métodos de crecimiento poblacional para el año 2012 nos da una cantidad de 12.916 habitantes, la dotación bruta es de 180 lts/hab*día lo que quiere decir que la cantidad de agua requerida para la población en el 2012 es de 34,97 lts/seg. Por consiguiente el caudal suministrado por las plantas no es suficiente para la población.

Para el año 2037 que es el tiempo proyectado tenemos que el promedio de la población existente es de 20.657 habitantes. La cantidad de agua que se requiere de la planta es de 55,94 lts /seg y las plantas operan para 26 lts/seg lo que quiere decir que el caudal suministrado no alcanzaría para abastecer a toda la población en el tiempo considerado.

Se debe tener en cuenta que solamente opera una planta de tratamiento la mayor parte del día y según la proyección de la población al año 2037 se requiere el funcionamiento inmediato de la otra planta para abastecer a todos los habitantes. Además, estas plantas no suministran el recurso a todos los habitantes ya que existe un acueducto privado en el que es aprovechado el recurso. Si se abasteciera de la planta de tratamiento todo el municipio tendrían que ampliar las dos plantas porque no alcanzan a suministrar el recurso a todos los habitantes.

$Q.m: 20.657 \times 180/86400: 43,03 \text{ l/p/s}$

$Q.M.D: 43,03 \times 1,3: 55,94 \text{ l/p/s}$

$Q.M.H: 55,94 \times 1,65: 92,30 \text{ l/p/s}$

8.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO

8.3.1 PLANTA DE POTABILIZACION

8.3.1.1. CAPACIDAD Y COBERTURA DE LAS PLANTAS

Sasaima cuenta con dos plantas de tratamiento convencionales de agua potable con una capacidad total de 26 litros de agua por segundo. La primera cuenta con un caudal de llegada de 14 lts/ seg mientras que la otra cuenta con un caudal de 12 lts/ segundo. El agua que llega a las plantas viene directamente del río Guane. Abastece solo la zona urbana. Solamente opera la planta convencional de 14 lts por segundo ya que es la planta más antigua (20 años). La planta convencional de 12 lts por segundo (5 años de construida) abastece a la población en reiteradas ocasiones. Fue creada para un posible crecimiento poblacional futuro y posible ampliación del municipio.

8.3.2 PRUEBAS DE LABORATORIO EN LA PLANTA

8.3.2.1. COAGULANTE EN LA PLANTA

El coagulante que se maneja en la planta de Sasaima Cundinamarca es el sulfato de Aluminio ya que tiene un bajo costo y se encuentra en la industria muy fácilmente, también llamado alumbre de color marfil. El proceso de aplicación en la planta se hace en el momento en el que el agua llega a los floculadores, proporcionado de manera manual y expuesta a condiciones climáticas.

Figura No. 20 prueba de jarras



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

En la planta de tratamiento del municipio de Sasaima se cuenta con un laboratorio en donde se miden cantidades óptimas de coagulante, pH del agua, cloro y cantidad de hierro presente en el agua.

Uno de estos es la prueba de jarras que ayuda a comparar y validar los resultados óptimos para la cantidad de Sulfato de Aluminio que se adiciona al agua. Las características del coagulante son: sulfato granulado tipo B con la siguiente composición: Aluminio soluble 15.2% min, Hierro soluble total 2% max, material insoluble en agua 8% max y pH solución acuosa al 1% 3.45. La prueba consiste en que las cuatro jarras deben contener 1 litro de agua por 10 grs de sulfato de Aluminio adicionando esta cantidad creciente en las siguientes; antes de empezar la prueba se debe tener un pH del agua comprendido entre 6 y 7. Se encienden los agitadores a 100 rpm durante un minuto, luego se bajan las revoluciones a la mitad durante 15 minutos, después de este tiempo, se dejan reposar las muestras durante media hora, tiempo en el cual se observa el proceso de decantación, la apariencia y la consistencia del flock. Los valores de coagulante óptimos se toman cuando el color, la velocidad de decantación y la turbidez son aceptables.

8.3.2.2 ANALISIS pH

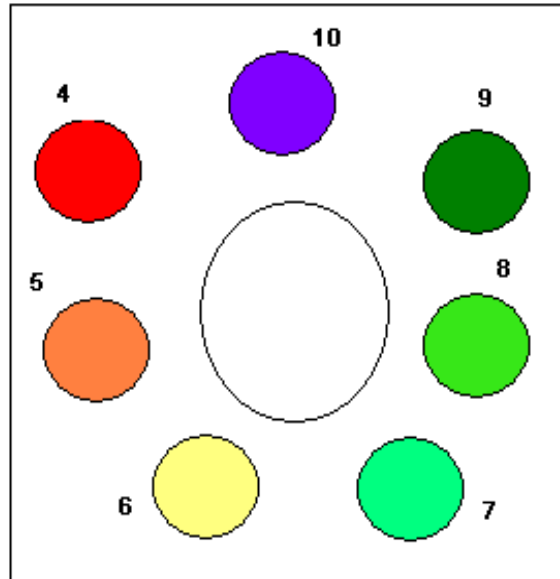
Figura No. 21 Prueba de pH



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Para analizar muestras de pH utilizan el siguiente procedimiento: se adiciona agua a analizar en uno de los recipientes y la llenan con 5 ml de la muestra hasta la marca que corresponda, adicionan dos gotas de reactivo (reactivo 1pH que contiene azul de timol, rojo de metilo, azul de diomotimol, fenoftaleina y alcohol etílico) (ver figura) y agitan hasta homogeneizar el color. Se ubica este recipiente sobre la carta de color colocando la coloreada en cada uno de los círculos hasta que el color corresponda en uno de ellos y se pueda leer el pH.

Figura No. 22 Prueba de pH



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

8.3.2.3 ANALISIS CLORO

El procedimiento de análisis de cloro en la planta de tratamiento consiste en adicionar a la muestra de agua potabilizada 1 gota de reactivo Cl₂-1 y 5 gotas de pH-1, se relaciona el color de la muestra homogeneizada con el análisis según las unidades en laboratorio (ver imagen) y se obtiene la unidad de cloro. Casi siempre se toma 1 unidad de cloro.

Figura No. 23 Prueba de Cloro



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

8.3.3 UTILIZACIÓN DE LAS UNIDADES HIDRÁULICAS DE LA PLANTA

En la siguiente imagen se resalta el río del cual se capta el agua que luego es conducida a la planta de tratamiento de agua potable (río guane). Se capta el agua por medio de rejillas que ayudan a que los materiales más gruesos como partes de arboles (ramas, piedras atc) queden retenidos y no pasen por las rejillas.

Figura No. 24. Lugar de captación de agua



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Se determina la rejilla de captación de agua que conduce a la planta de tratamiento de agua potable.

Figura No. 25. Captación por rejillas



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Se conduce el agua por medio de una tubería de 2" de diámetro el cual lleva a un vertedero terciario aproximadamente a 1,2 kilómetros de distancia.

Figura No. 26. Conducción a la planta



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Vertedero terciario

Figura No. 27. vertedero de llegada



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

8.3.4 PLANTA No. 1 POTABILIZACION (con 20 años de construida)

A esta planta llega una cantidad de agua del rio Guane de 14 lts/seg. Está compuesta de las siguientes unidades hidráulicas:

8.3.4.1 DESARENADOR

Figura No. 28. Desarenador



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

La llegada de agua a la planta se hace mediante una tubería de 6" de diámetro y es almacenada en un tanque de dimensiones 3.50m de largo por 2 m de profundidad y 1,8 de ancho. El agua llega con una presión y una altura que favorece el tratamiento de descontaminación del agua desde el primer momento.

8.3.4.2 TANQUE Y VERTEDERO DE ALMACENAMIENTO (MEZCLA RAPIDA)

Figura No. 29. Tanque mezcla rápida



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Este proceso consta de un tanque y un vertedero de almacenamiento que recolecta el agua de llegada que facilita el proceso de descontaminación del agua. En la planta de tratamiento se lleva un registro el cual identifica la altura en centímetros contra el caudal en litros por segundo teniendo en cuenta que según la cantidad de agua que pase se adiciona la cantidad de coagulante.

Tabla No. 8 Altura Vertedero

H(cm)	Q(lts/seg)
4,5	0,65
5	0,87
5,6	1,1
6,1	1,3
6,8	1,75
7,5	2,18
7,8	2,63
8,4	3,06
8,9	3,5
9,4	3,93
9,9	4,37
10	4,4

Fuente. Taborda 2015

11	5,6
11,4	6,56
12	7
13	8,75
14	10,3
14,2	10,93
15	13,1
16	14,3
17	16,7
17,2	17,5
18	19,2
18,8	21,88
19	22
20	25

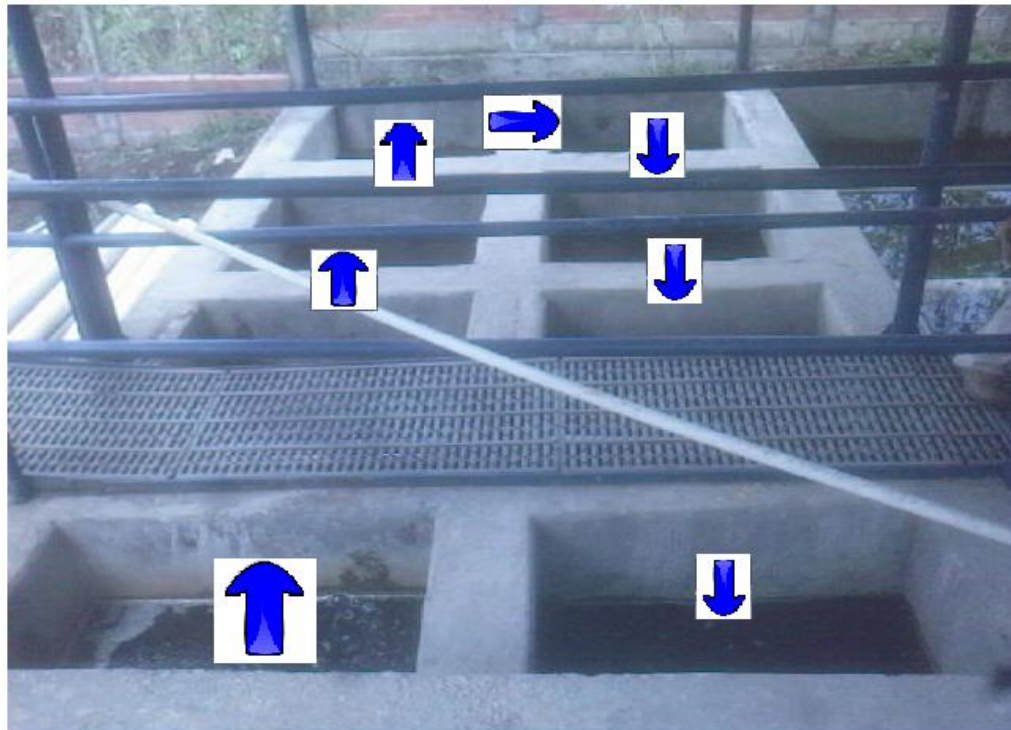
Como esta planta no consta de Canaleta Parshall este proceso genera que la turbulencia sea menor y disperse los químicos en el área del fluido. El coagulante se adiciona en el resalto para mejorar el proceso.

El vertedero triangular es de vital importancia para el tratamiento del agua a potabilizar, en esta unidad hidráulica se lleva a cabo el proceso de floculación en el cual se vierte un producto floculante, sirve para desestabilizar los coloides los cuales empiezan a aglutinarse formando microfloculos o partículas con diámetro inferior a una micra, luego estos núcleos se aglutinan en partículas mayores y por último se hidratan aumentando su volumen.

El estado físico de la unidad del resalto hidráulico que en este caso es el vertedero triangular, se encuentra en un deficiente estado ya que lleva bastantes años de operación y no se le hace limpieza periódica con los que ciertos microorganismos tales como hongos llevan a desarrollarse bajo estas condiciones. La descripción física también contempla el estado del concreto el cual presenta fisuras en toda la superficie y aunque no esta al descubierto el acero, es necesario que se tomen las medidas inmediatamente antes que pueda causar daños más graves.

8.3.4.3 FLOCULACION

Figura No. 30. Floculación



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

El tipo de floculador es de flujo horizontal es decir, consta de una placa de concreto con tabiques de secciones iguales en donde el agua hace el recorrido de ida y vuelta. Este proceso permite que las partículas se aglutinen con un peso mayor al del agua y puedan

ser removidas con facilidad. Las 8 secciones del floculador vienen dadas por 1.20 mts de ancho, 1.20 mts de largo y 8 mts de profundidad. Poseen cámaras de paso cuadradas una profunda en el primer floculador, una superficial en el segundo floculador, una profunda en el tercer floculador y así se sigue con este recorrido facilitando la disolución de las partículas en el agua.

El floculador cuenta una tubería que conecta la salida de éste hasta el sedimentador con un diámetro de 6 pulgadas. Y con una tubería de llegada con el mismo diámetro.

Para mirar el óptimo funcionamiento se debe hallar el tiempo de detención (td) que se encuentra entre 20 y 40 minutos según el RAS 2000.

Td: volumen/ caudal

Td: $45 \text{ m}^3 / 0.02 \text{ m}^3/\text{seg}$

Td: 2250 seg

Td: 37.5 segundo

El tiempo de detención en el floculador es de 37.5 segundos lo que aclara lo estipulado en el reglamento del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000).

8.3.4.4 SEDIMENTADOR

Figura No. 31. Sedimentador



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Este proceso consiste en la remoción de sólidos con una densidad mucho mayor a la del agua. El sedimentador presenta una sección de 3 m de ancho, 5.50 mts de largo y 8 m de profundidad. En el fondo presenta unos tabiques que retienen con facilidad los lodos y partículas separadas. Por medio de los orificios de los tubos el agua pasa a un tanque de paso.

La última cámara del floculador trabaja con un gradiente hidráulico de $24.2s^{-1}$, la norma nos exige que a la entrada del sedimentador, es decir la pantalla difusora trabaje con el mismo gradiente hidráulico para constatar el óptimo funcionamiento, se debe encontrar cual es el gradiente hidráulico para la entrada con la siguiente ecuación:

$$G = (F \times V)^{1/2} / 0.01 \times 8 R$$

Siendo:

F: valor que varía entre 0.02 y 0.04

V: velocidad en el orificio

R: radio hidráulico

Aplicando esta fórmula tenemos que el gradiente hidráulico en la pantalla difusora es (G): 24.145^{-1} esto nos lleva a concluir que la pantalla difusora está funcionando correctamente cumpliendo con los parámetros que se deben tener en cuenta en los sedimentadores.

en cuanto al tiempo de detención para esta unidad la norma nos permite que este valor se encuentre entre 2 horas y 4 horas. El tiempo de detención (Td) de la unidad sedimentación se calcula mediante la siguiente ecuación:

Td: Volumen/Caudal

Td: 3 mts x 5,5 mts x (8mts-0,3 mts) el borde libre de la unidad hidráulica se le resta ya que solo se tiene en cuenta la masa del agua.

Td: 127,05 m³/ 0,04 m³: 3176,25 seg: 0,88 horas

Se debe decir que el tiempo estipulado en el RAS no cumple en este caso.

La zona de salida del sedimentador está constituida por un vertedero hidráulico el cual está protegido por una estructura para evitar el aumento de la velocidad del agua gracias al empuje que provoca el viento. De aquí pasa directamente a las 4 unidades de los filtros.

8.3.4.5 TANQUE DE PASO. VERTEDERO

Figura No.32 Tanque de paso



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Los sólidos que sedimentan son extraídos periódicamente. Esta extracción se hace por medio de un rastrillo que barre los lodos y los conduce por medio de una tubería común. Este tanque tiene una sección de 70 cm de ancho por 5.50 metros de largo lo que facilita el retro lavado de los filtros; este tanque comprende agua del sedimentador que permite volver a llenar los filtros que son lavados periódicamente.

8.3.4.6 FILTRACION

Figura No. 33. Filtros



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Remueve los sólidos teniendo en cuenta una densidad casi igual a la del agua. Son desechos más pequeños que no han podido removerse en los pasos anteriores. Consta de 4 secciones de 2 mts de ancho por 1.30 mts de largo. La cámara de filtros funciona por

goteo en donde el agua filtrada cae a una cámara más profunda que hace que el agua suba y caiga por resalto y sea dirigida por tubería al proceso de cloración y desinfección.

La filtración de la planta de tratamiento de agua potable de Sasaima Cundinamarca esta a cargo de tres unidades hidráulicas cada una tiene como lecho filtrante una capa de arena y otra de grava, esto quiere decir que es un sistema mixto, este sistema consta básicamente de 4 flujos:

- Un flujo de entrada del agua decantada al filtro.
- Un flujo de salida de agua filtrada
- Un flujo de agua de lavado al filtro
- Un flujo de desagüe de agua sucia

Para dar una correcta descripción sobre el funcionamiento del filtro es necesario identificar cual es la eficiencia de la unidad hidráulica mediante la ecuación:

Eficiencia %: $((\text{Turbiedad afluyente} - \text{turbiedad efluente}) / (\text{turbiedad efluente})) \times 100$

En donde la turbiedad afluyente es la turbiedad que tiene el agua al llegar a la unidad hidráulica de filtración y la turbiedad efluente es la turbiedad con la que sale de esta unidad hidráulica.

Basado en las pruebas de turbiedad de UNT que se realizaron al inicio y al final del proceso de filtración.

Aplicando la formula de eficiencia en el proceso de filtración da como resultado el 85% de eficiencia, se considera que este procedimiento esta cumpliendo con los parámetros establecidos, la prueba de eficiencia sirve además para decidir el tiempo de lavado de los tanques gracias a los porcentajes mínimos que se tienen estipulados para la planta de purificación de Sasaima Cundinamarca, los cuales son el 45% de eficiencia.

8.3.4.7 CLORACION Y DESINFECCION

Luego de este proceso el agua pasa a un tanque en donde se mezcla con cloro granular y luego a un segundo tanque donde se adiciona cloro gaseoso (por 14 litros de agua es necesario adicionar 2 kilos de cloro gaseoso diario el cual es necesario para el abastecimiento de una población de 12.000 habitantes). Por medio del proceso de bombeo es donde se realiza el proceso de mezcla de agua con el cloro y pasando por ultimo a los tanques de almacenamiento y distribución.

Figura No. 34. Proceso de cloración y desinfección



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Existen dos bombas en donde la primera presenta las primeras características: 1.0 HP, 115/230 V y la segunda es de 1.5 HP, 60 Hz, 115-230V, 3515 rpm.

El proceso de cloración y desinfección es el mismo para las dos plantas de tratamiento de agua potable del municipio, ya que es en este punto donde se termina de dar el procedimiento final para la distribución al municipio.

8.3.5 PLANTA No. 2 POTABILIZACION (5 años de construida)

Esta planta trabaja con un caudal de 12 lts/seg. Consta de las siguientes unidades hidráulicas:

8.3.5.1 MEZCLA RAPIDA

Consta de una Canaleta Parshall en donde se dispersan los componentes químicos tales como coagulantes y gases.

Figura No. 35. Canaleta Parshall



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Tiene una sección de 1.80 mts de ancho por 1.80 metros de largo con cuatro secciones de 0.45 mts de ancho en las cuales se dispersan los químicos con los que llega el agua a la planta.

8.3.5.2 FLOCULADORES

Figura No. 36. Floculadores



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Consta de 8 secciones de floculador de 1.20 mts de ancho por 1.20 mts de largo y 8 mts de profundidad cada uno. Comprenden cámaras de paso a cada compartimiento pero en forma de tubos de 6 pulgadas de diámetro.

8.3.5.3 SEDIMENTADOR

Figura No. 37. Sedimentador



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

El sedimentador presenta una sección de 3 m de ancho, 5.50 mts de largo y 8 m de profundidad. En el fondo presenta unos tabiques que retienen con facilidad los lodos y partículas separadas.

8.3.5.4 FILTRACION

Figura No. 38. Proceso de filtración



Fuente. Planta de tratamiento agua potable Sasaima Cundinamarca 2015

Consta de 8 secciones de 2 mts de ancho por 1.50 mts de largo cada uno. Luego pasa al proceso de desinfección y cloro gaseoso, tanque de almacenamiento 1 y así se concluye con el mismo proceso que se lleva para la planta de tratamiento No. 1. 1 km bajando por la planta se encuentra otro tanque de almacenamiento No. 2 el cual consta de 10 m de ancho por 6.50 m de largo por 6 metros de profundidad.

Para dar una correcta descripción sobre el funcionamiento del filtrador es necesario identificar cual es la eficiencia de esta unidad hidráulica mediante la ecuación:

$$\text{Eficiencia \%} = ((\text{turbiedad afluyente} - \text{turbiedad efluente}) / (\text{turbiedad efluente})) \times 100$$

En donde la turbiedad efluente es la turbiedad que tiene el agua al llegar a la unidad hidráulica de filtración y la turbiedad efluente es la turbiedad con la que sale de esta unidad hidráulica.

Basado en las pruebas de turbiedad en UNT que se realiza al comienzo y al final del proceso de filtración. Valores de turbiedad. Entrada y salida del sistema de filtración

Tabla No. 9. Valores de Turbiedad

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ADMISIBLE PARA EL CONSUMO HUMANO RES. 2115-2007	RESULTADO	TÉCNICA UTILIZADA
Turbiedad afluyente	UNT	Hasta 2	0.31	nefelometría
Turbiedad efluente	UNT	Hasta 2	0.17	nefelometría

Fuente. Planta de tratamiento de agua potable Sasaima Cúndinamarca

Aplicando la fórmula de eficiencia en el proceso de filtración da como resultado 82.35% de eficiencia, se considera que este procedimiento está cumpliendo con los parámetros establecidos, la prueba de eficiencia sirve además para decidir el tiempo de lavado de los tanques gracias a los porcentajes mínimos que se tienen estipulados para la planta de tratamiento de Sasaima Cúndinamarca, los cuales son del 45% de eficiencia.

8.3.5.5 CLORACION Y DESINFECCION

El punto de aplicación del cloro gaseoso se da directamente a la masa líquida en el tanque de contacto, directamente en el fondo tipo pistón asegurando de esta manera una correcta distribución del desinfectante en toda la masa líquida.

Los tanques de cloro gaseoso están ubicados dentro de las instalaciones de la planta de purificación. Cuentan con una correcta aireación en su cuarto. Además cuentan con un mecanismo de dosificación electrónico en el cual se le introduce el valor del cloro residual en el punto más extremo de la red para que de esta manera de la cantidad de dosis de cloro necesaria para mantener el agua de manera segura. Este procedimiento es necesario para mantener el agua en parámetros normales de concentración de cloro ya que de tratarse de una concentración demasiado alta la salud humana se vería afectada seriamente.

El estado del tanque de cloración es de buena calidad, su limpieza es óptima, el concreto no presenta daños en su superficie a pesar de la alta velocidad con que cae el agua en el fondo de esta unidad hidráulica.

Tabla No. 10. Valores de Cloración

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR ADMISIBLE PARA EL CONSUMO HUMANO RES. 2115- 2007	RESULTADO	TÉCNICA UTILIZADA
Cloro residual	Mg/L Cl ₂ ⁻	0,3 – 2,0	1,0	Fotométrica

Fuente. Planta de tratamiento de agua potable SASAIMA Cundinamarca

8.4 CALIDAD DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Tabla No. 11. Resumen análisis de agua de la planta de tratamiento

Parámetros	2008	No. ANALISIS	DESCRIPCION	2009	No. ANALISIS	DESCRIPCION	2010	No. ANALISIS	DESCRIPCION	2011	No. ANALISIS	DESCRIPCION	2012	No. ANALISIS	DESCRIPCION
Color	11,25	4	ACEPTABLE	7,99	14	ACEPTABLE	6,49	17	ACEPTABLE	5,74	20	ACEPTABLE	0,13	4	ACEPTABLE
Turbiedad	N/A	0	-	2,88	14	ACEPTABLE	1,44	17	ACEPTABLE	3,94	20	ACEPTABLE	0,44	4	ACEPTABLE
pH	7,18	4	ACEPTABLE	6,89	14	ACEPTABLE	7	17	ACEPTABLE	6,96	20	ACEPTABLE	6,77	4	ACEPTABLE
Cloro residual	0,96	4	ACEPTABLE	1,02	14	ACEPTABLE	1,12	17	ACEPTABLE	1,29	20	ACEPTABLE	0,98	4	ACEPTABLE
Alcalinidad	36,25	4	ACEPTABLE	27,86	14	ACEPTABLE	27,71	17	ACEPTABLE	22,15	20	ACEPTABLE	30,5	4	ACEPTABLE
Calcio	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	5,03	6	ACEPTABLE	N/A	-	-
Fosfatos	0,06	2	ACEPTABLE	0	9	ACEPTABLE	0,2	17	ACEPTABLE	0,24	18	ACEPTABLE	0,79	4	ACEPTABLE
Manganeso	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-	0	1	ACEPTABLE
Molibdeno	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-
Magnesio	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	0,75	8	ACEPTABLE	N/A	-	-
Zinc	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	0	7	ACEPTABLE	N/A	-	-
Dureza total	36,75	4	ACEPTABLE	37,93	14	ACEPTABLE	42,41	17	ACEPTABLE	41,4	20	ACEPTABLE	22,5	4	NO ACEPTABLE
Sulfatos	N/A	0	-	20,71	14	ACEPTABLE	11,24	17	ACEPTABLE	13,67	18	ACEPTABLE	8,25	4	ACEPTABLE
Hierro Total	0,07	4	ACEPTABLE	0	6	NO ACEPTABLE	9	6	NO ACEPTABLE	0,07	10	ACEPTABLE	N/A	-	-
Cloruros	3,25	4	ACEPTABLE	2,57	14	ACEPTABLE	2,26	17	ACEPTABLE	2,17	18	ACEPTABLE	1	4	ACEPTABLE
Nitratos	N/A	0	-	N/A	-	-	1,26	11	ACEPTABLE	1,44	20	ACEPTABLE	1,45	4	ACEPTABLE
Nitritos	0	4	ACEPTABLE	0	14	ACEPTABLE	0	17	ACEPTABLE	0,06	20	ACEPTABLE	0	4	ACEPTABLE
Aluminio	N/A	0	-	N/A	-	-	0,03	15	ACEPTABLE	0,05	20	ACEPTABLE	0,01	4	ACEPTABLE
Fluoruro	N/A	0	-	N/A	-	-	0,18	4	ACEPTABLE	N/A	-	-	N/A	-	-
COT	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-
Coliformes Totales	1	4	ACEPTABLE	0	14	ACEPTABLE	34,06	17	ACEPTABLE	0,25	20	ACEPTABLE	0	4	ACEPTABLE
Ecoli	0	4	ACEPTABLE	0	14	ACEPTABLE	1,59	17	ACEPTABLE	0	20	ACEPTABLE	0	4	ACEPTABLE
Antimonio	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-
Arsénico	N/A	0	-	N/A	-	-	N/A	-	-	N/A	-	-	0	1	ACEPTABLE

Fuente. Instituto nacional de salud, Bogota 2012

En el municipio de Sasaima no se cuenta con la relación ni valores exactos de la calidad del agua. La información fue obtenida en el SUBSISTEMA DE INFORMACION DE VIGILANCIA DE CALIDAD DE AGUA POTABLE- SIVICAP en Bogotá en el instituto Nacional de salud; se relacionan los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del municipio y los índices de riesgo.

Según lo establecido en el análisis de aguas de Sasaima Cundinamarca se puede deducir que la planta de tratamiento está cumpliendo con todos los parámetros para hacer apta el agua para el consumo humano, los cuales están contemplados en la Resolución 2115 del 22 de junio de 2007.

- El color expresado como unidades de platino cobalto (UPC) donde su valor máximo aceptable es de 29.20 según la resolución, en el análisis del municipio arroja un valor de 7.31 en el año 2012 lo que quiere decir que es óptimo el análisis.
- El valor máximo aceptable para la turbiedad es de 23.4. Las muestras arrojaron valores de 5.27 lo que quiere decir que es aceptable.
- En el potencial de hidrogeno, el valor óptimo para el consumo humano debe estar comprendido entre 5.60 y 7.07. Los análisis muestran valores de 6.63.
- Los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias se encuentran en el rango de aceptabilidad en el análisis de aguas.

8.5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

8.5.1 MODO DE VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El vertimiento de las aguas residuales de la población del casco urbano de Sasaima Cundinamarca se hace de manera directa al río Dulce, la planta de tratamiento de aguas residuales no está construida aunque el plan de ordenamiento territorial (POT) establece que cada municipio de Colombia tenga en correcto funcionamiento las plantas de potabilización y de tratamiento de aguas residuales. Desembocan directamente al río Dulce pero por tuberías de conducción y son sistema de vertederos.

La construcción y operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra programada según el POT del municipio.

Figura No. 39. Desembocan aguas negras del municipio de Sasaima



Como se ilustra (ver figura No. 39) al desembocar las aguas residuales al río dulce se hace directamente por medio de una tubería de 4”.

Figura No. 40. Desembocan aguas negras del municipio de Sasaima



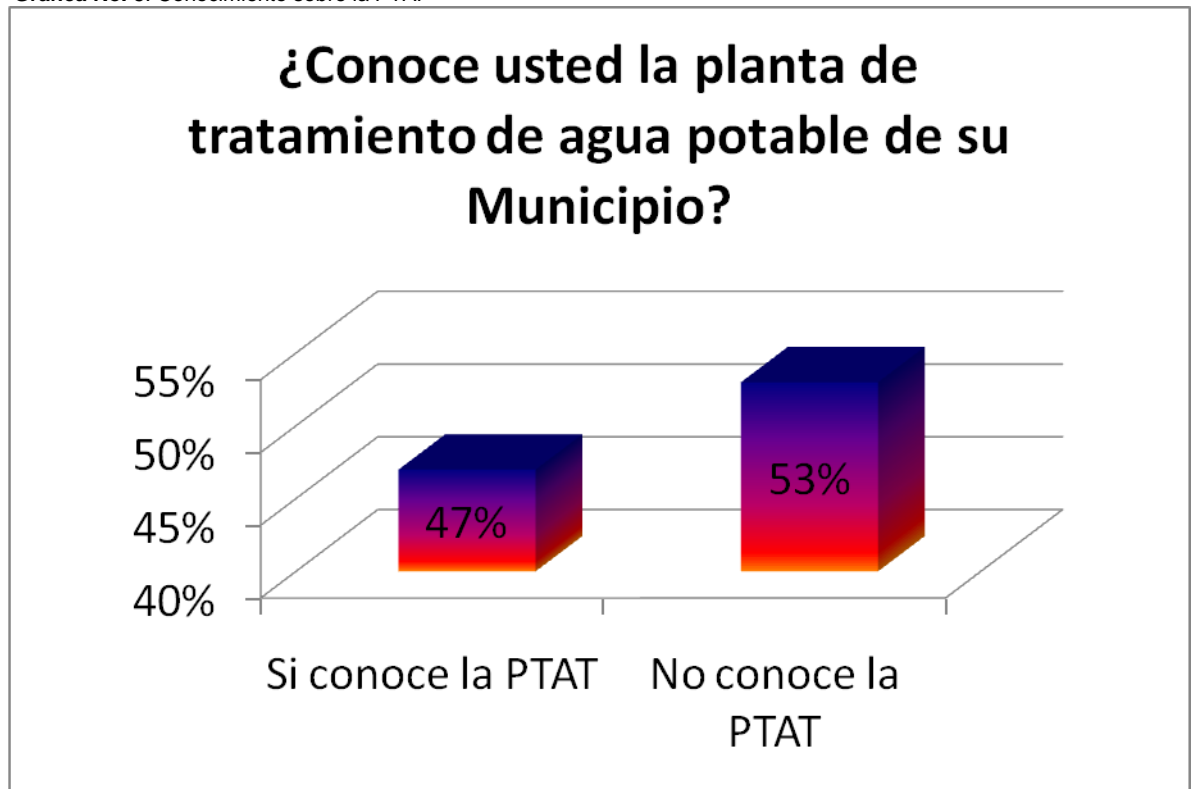
Fuente. Sasaima Cundinamarca 2015

8.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACION SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE POTABILIZACION (ENCUESTA POBLACIONAL).

Se realizó una encuesta a la población directamente involucrada con la óptima calidad de la planta de tratamiento de Sasaima Cundinamarca en donde están relacionadas 86 personas de las cuales todas cuentan con el servicio y todas se abastecen del recurso.

De acuerdo a la pregunta ¿Conoce usted la planta de tratamiento de agua potable de su municipio? Se obtuvo lo siguiente:

Grafica No. 5. Conocimiento sobre la PTAP

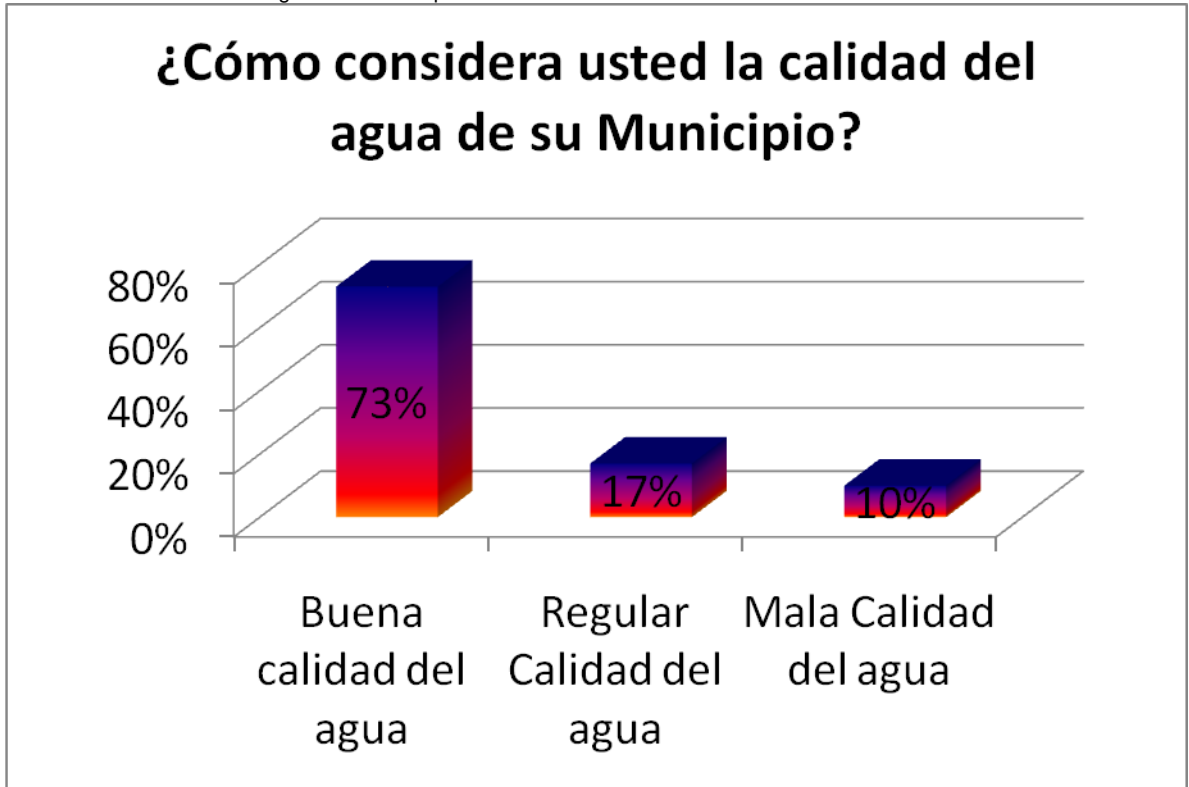


Fuente. Taborda 2015

Según la información procesada se ve que más de la mitad de la población encuestada no conoce la planta de tratamiento de su municipio a pesar de que se abastece directamente del servicio. Una de las razones por las que tal vez las personas no conocen la planta es la falta de interés por parte de la población. Además la alcaldía no les brinda la información pertinente sobre el agua y la calidad del agua que llega a los hogares. Las personas que conocen la planta, saben de donde proviene el agua y cuál es el sitio de vertimiento de las aguas residuales.

¿Cómo considera usted la calidad del agua de su municipio?

Grafica No. 6. Calidad del agua en el municipio de Sasaima

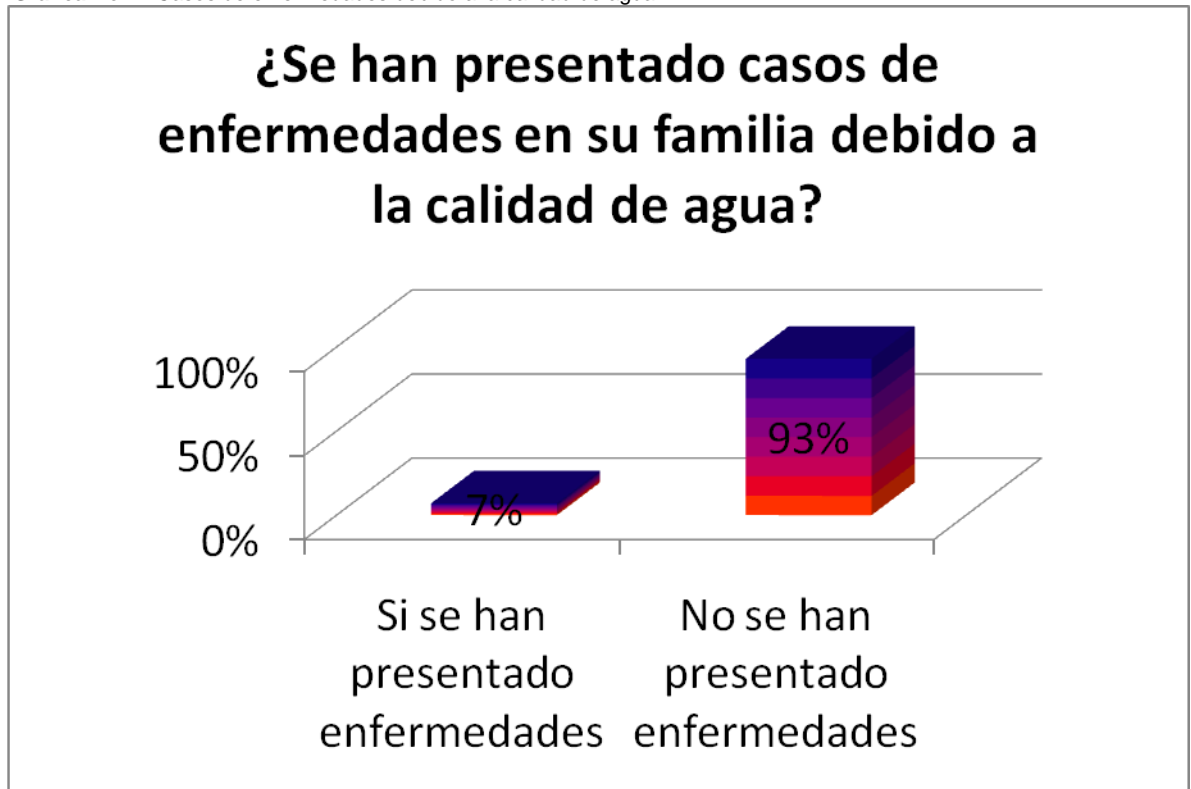


Fuente. Taborda 2015

Algunas razones por las cuales las personas encuestadas consideran el agua de mala calidad es porque en ocasiones llega con impurezas o con sabores desagradables.

¿Se han presentado casos de enfermedades en su familia debido a la calidad del agua?

Grafica No. 7. Casos de enfermedades debido a la calidad de agua

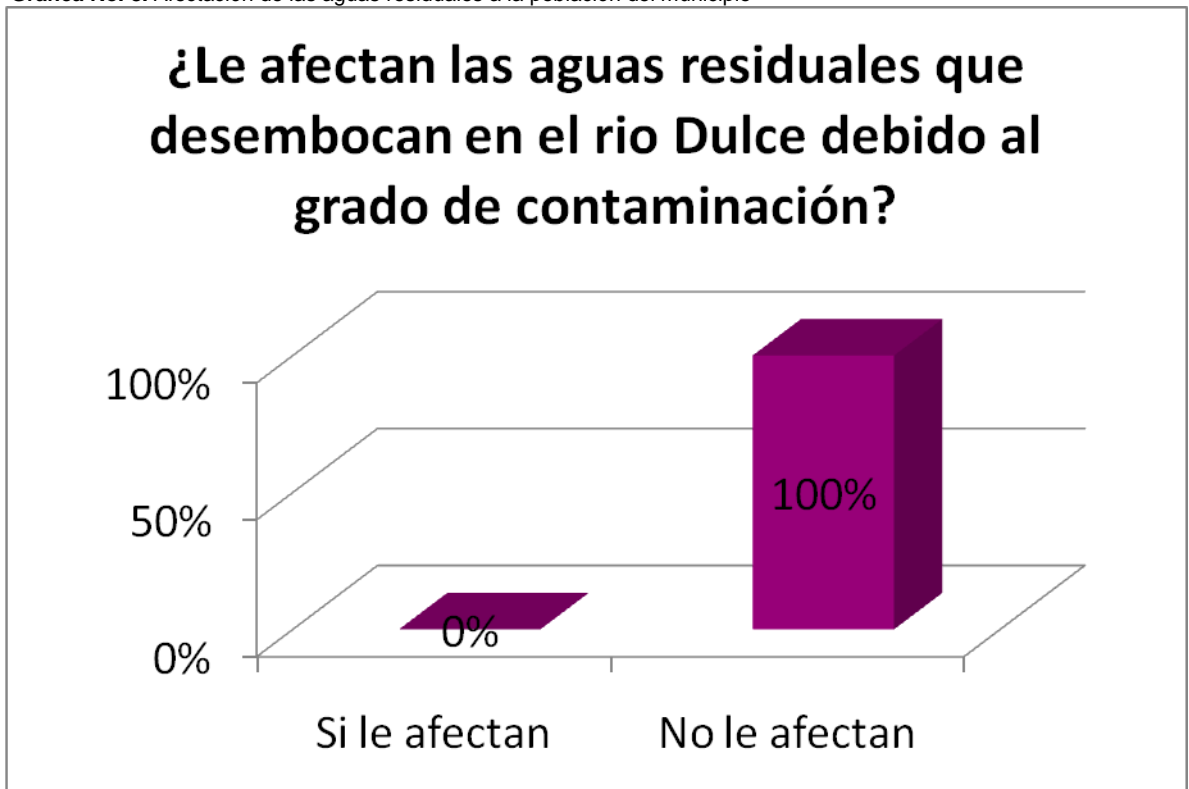


Fuente. Taborda 2015

La calidad del agua para las personas encuestadas es buena ya que no han presentado ningún tipo de enfermedades ocasionadas por el servicio. El 7% de la población ha presentado problemas estomacales debido al consumo del agua inadecuado (este porcentaje corresponde a 6 personas).

¿Le afectan las aguas residuales que desembocan en el río Dulce debido al grado de contaminación?

Grafica No. 8. Afectación de las aguas residuales a la población del municipio



Fuente. Taborda 2015

La población no tiene problema con las aguas residuales que desembocan en el río Dulce ya que se encuentra muy alejado de los habitantes, se encuentra en las afueras del municipio, aunque se tiene una propuesta de realizar una planta de tratamiento de aguas residuales que trate de reducir en gran medida este grado de contaminación del río.

9 CONCLUSIONES

El municipio de Sasaima Cundinamarca cuenta dos plantas de tratamiento de agua potable las cuales funcionan correctamente debido al reglamento de saneamiento, además cuentan con las unidades básicas de trabajabilidad para la planta que brinda a la población una adecuada calidad en el agua.

En cuanto al estado físico de la planta, ésta presenta un gran deterioro en sus unidades hidráulicas ya que el tiempo en que se le hacen los mejoramientos y los chequeos no son periódicos creando de esta manera un problema mayor para el tratamiento del agua. Aunque se sabe que hasta el momento los problemas no han sido mayores reflejados en los análisis de aguas recolectados a las afueras de la planta, no quiere decir que este deterioro no se vea reflejado mas adelante; pero si aguas abajo.

El municipio de Sasaima no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales; desemboca directamente en el río Dulce presentado un grado de contaminación que no perjudica a los habitantes del municipio.

Según la proyección de la población al 2037 y según la cantidad de agua que generan las plantas; no se podrán abastecer todas las personas.

Se debe tener en cuenta que solamente opera una planta de tratamiento la mayor parte del día y según la proyección de la población al año 2037 se requiere el funcionamiento inmediato de la otra planta para abastecer a todos los habitantes. Además, estas plantas no suministran el recurso a todos los habitantes ya que existe un acueducto privado en el que es aprovechado el recurso. Si se abasteciera de la planta de tratamiento todo el municipio tendrían que ampliar las dos plantas porque no alcanzan a suministrar el recurso a todos los habitantes.

10 RECOMENDACIONES

- Se sugiere un mantenimiento óptimo y periódico a las dos plantas de tratamiento ya que el supervisor no tiene claro cada cuanto se debe realizar mantenimiento de cada unidad.
- El estado físico de la planta en general se encuentra muy degradado y se sugiere a la alcaldía los recursos apropiados para mantenerla en buenas condiciones.
- Se recomienda el estudio para una planta de tratamiento de aguas residuales ya que con el crecimiento poblacional del municipio es necesario pensar en tener una PTAR que mejore el grado de contaminación.
- La planta de tratamiento nueva (5 años de construida) debe empezar a operar inmediatamente para que logre abastecer a toda la población en el año 2037. Además, se requiere la debida supervisión de un operario idóneo que logre el debido abastecimiento a la comunidad.
- Debe tenerse en cuenta para el plan de desarrollo que es necesario presentar la ampliación de la planta de potabilización.

11 BIBLIOGRAFIA

CENTRO DE ESTUDIOS EN DERECHO DEL MEDIO AMBIENTE. Universidad Externado de Colombia. 2005.

DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES PRODUCTOS QUIMICOS ANDINOS S.A "PQA

DISEÑO PLANTA DE TRATAMIENTO BETULIA.[en línea].
<http://www.emagister.com/diseño-planta-tratamientos-aguas-residuales-domesticas-cursos-1109746.htm>.(consulta 16 Nov 2009)

GUIA MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. [en línea]. http://www.cdmb.gov.co/ant_tdocs/isis/boletines/bol2004/septiembre/septiembre.htm (consulta 16 Nov. 2009)

DISEÑO PARA EL CONTROL DE AGUAS DE MANIZALES (2003-02).[en línea].
<http://200.25.59.34:8080/gruplac/jsp//sualiza/visualizagr.jsp?nro:00000000001487->
(consulta 16 Nov. 2009)

RECOMENDACIONES PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS.[en línea].
http://bdigital.ulpgc.es/mdc/texto/pdf/td1426_0000.pdf - (consulta 20 Junio 2010)

ESTUDIO DESCRIPTIVO Y ANALÍTICO SOBRE LAS ENFERMEDADES CAUSADAS POR LA INGESTIÓN DE AGUA NO POTABILIZADA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VILLET A CUNDINAMARCA. Pedro Antonio Martínez. Universidad la Gran Colombia, 2009.

ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL EXISTENTE EN LAS PLANTAS DE PURIFICACIÓN Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA MUNICIPAL DE VILLET A CUNDINAMARCA. Cruz Hernández Juan Carlos. Universidad La Gran Colombia. 2010

TRATAMIENTOS 1,2 Y 3 EN EL PROCESO DEL AGUA. [en línea]. http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/25agua.html (consulta 8 de julio 2010)

RAS 2000. Sistemas de Recolección y evacuación de Aguas Residuales y Pluviales. Tipos de sistemas D. 1.6.1.

ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Purificación del agua. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P .4

TEORIA Y PRÁCTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA. Jorge Arboleda Valencia. Capítulo 2. Teoría de la coagulación del agua.

ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Purificación del agua. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P.79, 80.

TEORIA Y PRÁCTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA. Jorge Arboleda Valencia. Capítulo 5. teoría de la sedimentación del agua.

ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P. 287

ROJAS ROMERO, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. P. 757

GENERALIDADES DEL AGUA. Clase de Acueductos y Alcantarillados Ing. Miguel Hernández V. año 2009- segundo periodo.

MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 6.

MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág.8

MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 10.

MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 11.

MANUAL DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA. Pérez Parra Jorge Arturo. 3ra edición. Pág. 20.

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE VERGARA [en línea].http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/Bancomedios/Documentos%PDF/pdm_2004_2007%20vergara%20cap%C3%ADtulo%20I.pdf(consulta 18 de noviembre 2009)
FORMULACION DEL PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE VERGARA 2008-2011

RAS 2000. Sistemas de Recolección y evacuación de Aguas Residuales y Pluviales. Tipos de sistemas D. 1.6.1

NORMATIVIDAD DIRECCION DE AGUA POTABLE [en línea].
http://www1.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir_agua_potable_saneam_basico/direccion/direccion_agua_potable.htm (Consulta 18 Nov. 2009)

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. DECRETO NUMERO 1575 DE 2007 (Mayo 9). Capítulo 1, disposiciones generales

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Capítulo 3. Responsables del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Capítulo 4. Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano. Artículos 12, 13, 14, 15, 16.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANAMIENTO BÁSICO 2000. Capítulo B.2 población, dotación y demanda, numeral B.2.3 usos del agua.
NORMA SOBRE AGUAS RESIDUALES. Secretaría de estado de medio ambiente y recursos naturales. Capítulo 8, seguimiento y control.

ANEXOS

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA



Facultad de Ingeniería Civil
Proyecto de Grado

ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE LA SITUACIÓN FÍSICA Y FUNCIONAL EXISTENTE EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y DE AGUAS RESIDUALES EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SASAIMA CUNDINAMARCA.

Encuesta realizada a la población sobre la calidad del agua del municipio.

¿Conoce usted las plantas de tratamiento de agua de su municipio? SI NO

¿Cómo considera usted la calidad del agua de su municipio?
BUENA
REGULAR
MALA

¿Cuántas horas en el día aprovecha usted el servicio de agua?
1 A 2 HORAS
3 A 5 HORAS
MAS DE 5 HORAS

¿Se han presentado casos de enfermedades en su familia debido a la calidad del agua? SI NO

¿Le afectan las aguas residuales que desembocan debido al grado de contaminación? SI NO

