



**DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL EN EL HOSPITAL NUEVO DEL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ-
COLOMBIA**

PRESENTADO POR

**Yinna Alejandra Andrade Rosas Cód. 504721
Lina María Castro Cañón Cód. 503681**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.**

26 DE OCTUBRE

2017



**DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL EN EL HOSPITAL NUEVO DEL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ-
COLOMBIA**

PRESENTADO POR

**Yinna Alejandra Andrade Rosas Cód. 504721
Lina María Castro Cañón Cód. 503681**

TESIS

DOCENTE ASESOR

**Jesús Ernesto Torres Quintero
Ing. Civil- Magister en Recursos Hidráulicos**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D. C.**

26 DE OCTUBRE

2017



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas



Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

BOGOTÁ 26/10/2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE ILUSTRACIONES	8
1. GENERALIDADES	9
INTRODUCCIÓN	9
1.1. ANTECEDENTES.....	10
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2.1. Descripción del problema.....	10
1.2.2. Formulación del problema.....	10
1.3. OBJETIVOS.....	11
1.3.1. Objetivo General.	11
1.3.2. Objetivos Específicos.....	11
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.5. DELIMITACION	12
1.5.1. Espacio.	12
1.5.2. Tiempo.	12
1.5.3. Contenido.....	12
1.5.4. Alcance.	12
1.6. MARCO DE REFERENCIA	13
1.6.1. Marco teórico.	13
1.6.2. Marco conceptual.....	14
1.6.3. Marco legal.....	18
1.6.4. Marco histórico	20
1.6.4.1. Historia tratamiento de aguas residuales.....	20
1.7. METODOLOGÍA	23
1.7.1. Fuentes de información.....	23
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO	23
2. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	24
2.1 . CALCULOS	24



2.1.1. Caudal.....	24
2.1.2. Comparativo para elegir el sistema.....	26
2.2. DISEÑO HIDRAULICO.....	28
2.2.1. Pretratamiento.....	28
2.2.1.1. Diseño de la rejilla de cribado.....	28
2.2.1.2. Vertedero rectangular.....	32
2.2.1.3. Trampa de grasas.....	36
2.2.1.4. Desarenador.....	36
2.3. LODOS ACTIVADOS.....	38
2.3.1. Sedimentador.....	45
2.3.2. Lechos de secado.....	47
2.4. Ilustración planta de tratamiento de agua residual.....	49
3. ANALISIS DOFA.....	51
4. REGISTRO FOTOGRAFICO.....	52
5. CONCLUSIONES.....	55
6. RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caudal de diseño	24
Tabla 2. Consumos típicos de los sectores comercial e industrial.....	25
Tabla 3. Sistemas comparativos.....	27
Tabla 4. Canal de entrada para la rejilla de cribado	30
Tabla 5. Rejilla de cribado	30
Tabla 6. Datos iniciales vertedero rectangular	33
Tabla 7. Parámetros vertedero rectangular	33
Tabla 8. Resultados vertedero rectangular	34
Tabla 9. Parámetros diseño desarenador.....	37
Tabla 10. Parámetros diseño y operación de procesos de lodos activados ...	39
Tabla 11. Parámetros diseño lodos activados	40
Tabla 12. Cálculos diseño lodos activados	42
Tabla 13. Dimensiones lodos activados	42
Tabla 14. Calculo potencia del soplador	43
Tabla 15. Eficiencia del sistema	43
Tabla 16. Sedimentador cálculos.....	45
Tabla 17. Ventajas y Desventajas de lechos de secado.....	47
Tabla 18. Dimensionamiento lechos de secado	48

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de diseño del sistema de tratamiento de lodos activados	28
Ilustración 2. Rejilla de limpieza manual (planta)	31
Ilustración 3. Rejilla de limpieza manual (corte)	31
Ilustración 4. Rejilla de limpieza manual (perfil longitudinal)	32
Ilustración 5. Vertedero rectangular de pared delgada (corte)	35
Ilustración 6. Vertedero rectangular de pared delgada (perfil)	35
Ilustración 7. Desarenador en planta	37
Ilustración 8. Desarenador en perfil	38
Ilustración 9. Esquema del proceso lodos activados	39
Ilustración 10. Lodos activados en planta	44
Ilustración 11. Lodos activados en perfil	44
Ilustración 12. Sedimentador en perfil	46
Ilustración 13. Sedimentador en planta	46
Ilustración 14. Lechos de secado en planta	48
Ilustración 15. Lechos de secado en perfil	49
Ilustración 16. Planta de tratamiento de aguas residuales en planta	49
Ilustración 17. Planta de tratamiento de aguas residuales perfil	50
Ilustración 18. Descapote	52
Ilustración 19. Dimensionamiento	52
Ilustración 20. Excavación manual	53
Ilustración 21. Nivelación del terreno	53
Ilustración 22. Inicio cribado	54

1. GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

En este documento se presentará como anteproyecto de investigación, del diseño hidráulico de la PTAR del nuevo hospital de Zipaquirá-Colombia. Con esto se pueden establecer los diferentes mecanismos que son utilizados en el manejo de aguas residuales.

Con el presente trabajo, el diseño hidráulico se hará para la evaluación y optimización de las necesidades que presenta el proyecto en el hospital nuevo de Zipaquirá, haciéndose un análisis de como el hospital va a tratar las aguas residuales provenientes de sanitarios, cafeterías y baños en beneficio del medio ambiente y la humanidad.

Sabiendo que esta planta de tratamiento de aguas residuales es necesaria para hacer del agua un líquido sin riesgos para la salud o el medio ambiente asimismo entregándola a las fuentes hídricas de la mejor manera para poder darle un nuevo uso en diferentes actividades, menos para el consumo humano.

Cumpliendo con los parámetros como la carga de diseño para saber que microorganismos se encuentra en el agua a tratar. Con el conocimiento del contenido de DBO y DQO siendo los parámetros más importantes en el tratamiento de aguas; también se debe tener en cuenta el contenido de metales pesados, de fósforo entre otros, para llevar acabo el tratamiento más apropiado y finalizar con una planta eficiente y adecuada para la demanda que se está tratando.

1.1. ANTECEDENTES

El diseño hidráulico de la PTAR del hospital nuevo de Zipaquirá Colombia es un proyecto nuevo, por lo que no existen estudios preliminares realizados con anterioridad lo que nos permite el iniciar de cero teniendo como referencia las unidades hospitalarias del municipio. Bajo el marco legal es importante el control de las aguas residuales que genere el hospital refiriéndose a un foco de enfermedades y contaminantes para el medio ambiente que deben ser tratados con estricto cuidado.

Principalmente se dialogó con el diseñador del proyecto para poder realizar en compañía de ellos el diseño hidráulico de la PTAR del hospital nuevo de Zipaquirá.

Se programo una reunión con el diseñador del proyecto del hospital nuevo de Zipaquirá Colombia y se les aportaran ideas de mejora en el diseño hidráulico que ellos tienen en consideración.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema.

Es necesario realizar los diseños de las estructuras hidráulicas de la planta de tratamiento de aguas residuales para el hospital nuevo del municipio de Zipaquirá, ya que estas aguas contienen contaminantes que puede llegar afectar la salud de los usuarios.

1.2.2. Formulación del problema.

¿Se necesita regular la contaminación generada por el hospital nuevo de Zipaquirá-Colombia, con el diseño| de una planta de tratamiento de agua residual óptima?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar hidráulicamente la planta de tratamiento de agua residual del nuevo hospital del municipio de Zipaquirá– Colombia.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar la calidad de agua residual.
- ✓ Realizar visitas técnicas y recolectar datos para realizar un análisis DOFA (Debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas).
- ✓ Calcular caudal y calidad del agua residual.
- ✓ Diseñar las estructuras hidráulicas necesarias.
- ✓ Analizar costos, presupuesto y el impacto ambiental.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Con la información recopilada anteriormente se procederá a realizar el diseño hidráulico de una PTAR para el hospital nuevo de Zipaquirá-Colombia, utilizando la tecnología, el método adecuado y más sostenible para dicho proyecto.

Estas aguas luego de ser tratadas se vierten al Rio Bogotá, lo cual se hacen estudios para verificar la calidad del vertimiento.



1.5. DELIMITACION

1.5.1. Espacio.

El proyecto se realizará en el municipio de Zipaquirá – Colombia, en el hospital nuevo de Zipaquirá.

1.5.2. Tiempo.

El proyecto se desarrollará durante un tiempo estimado de cinco (5) meses.

1.5.3. Contenido.

Se realizarán las visitas técnicas, por parte del equipo de trabajo, la inspección del sitio de obra, con los datos recolectados y los estudios que se tengan, se precederá a la realización del diseño hidráulico de la PTAR en el hospital nuevo de Zipaquirá-Colombia, teniendo en cuenta el método de mayor viabilidad para cumplir a cabalidad con el proyecto. Una limitación que se obtuvo en la realización del documento fue que el proyecto está en fases de pre diseño y la información que se tiene actualmente es poca para poder desarrollar de la mejor manera este proyecto.

1.5.4. Alcance.

El alcance de este proyecto es la realización de la propuesta del diseño de la PTAR en el hospital nuevo de Zipaquirá-Colombia.

1.6. MARCO DE REFERENCIA

1.6.1. Marco teórico.

Tipos de tratamientos en (PTAR):

- **Tratamiento preliminar** El tratamiento preliminar de un agua residual, se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desengrasadores. En ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento. (Noyola, y otros, 2015)
- **Tratamiento primario** En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removido del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Esta remoción generalmente se lleva a cabo por sedimentación y es considerada como la antesala para el tratamiento secundario. (Noyola, y otros, 2015)
- **Tratamiento secundario** En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble) por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción. Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación. De esta forma, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual doméstica o municipal, el objetivo principal es reducir el contenido orgánico y, en ciertos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo. (Noyola, y otros, 2015)
- **Tratamiento terciario o avanzado** Este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario con el fin de eliminar



compuestos tales como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable. Por lo general, el tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse condiciones de descarga estrictas (remoción de nutrientes) o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico, el arreglo de tratamiento terciario debe ser el necesario para alcanzar esa calidad específica, lo cual implica una gran diversidad de posibles combinaciones de operaciones y procesos unitarios. (Noyola, y otros, 2015)

- **Tratamiento y disposición del lodo** La generación de lodo en cualquier tipo de tratamiento es inevitable y es un factor muy importante que debe ser considerado para una buena elección del proceso de tratamiento. Como se ha mencionado, la ley de la conservación de la materia conduce al hecho que la materia no se crea ni se destruye, solamente se transforma. En el caso de las plantas de tratamiento, los contaminantes se transforman, en parte, en lodo. (Lozano-Rivas, 2012)

1.6.2. Marco conceptual.

- **ADUCCIÓN** Es la conducción o transporte de agua desde la cuenca hasta la planta de tratamiento, tanque de regulación o directamente a la red ya sea por tubería, canal o túnel.
- **AGUAS RESIDUALES** Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, aguas residuales domésticas. - Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones.
- **AIREACIÓN** El proceso de aireación consiste en poner el agua en contacto íntimo con el aire. Para los procesos de tratamiento de aguas residuales, el objetivo principal de la aireación es proporcionar a los organismos el oxígeno necesario para que realicen sus procesos de transformación y degradación de la materia orgánica contaminante.
- **CARGA DE DISEÑO** Producto del caudal por la concentración de un parámetro específico; se usa para dimensionar un proceso de tratamiento, en condiciones aceptables de operación. Tiene unidades de masa por unidad de tiempo, (M/T) (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).
- **CONDUCCIÓN** Conjunto integrado por tuberías y dispositivos de control que permiten el transporte del agua, en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión desde la fuente de abastecimiento hasta su destino.



- **CONTAMINACIÓN DEL AGUA** Es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.
- **CUERPO RECEPTOR** Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga de la fuente final.
- **DBO (Demanda biológica de oxígeno)** Es el único parámetro que puede dar información confiable en la descomposición de componentes biológicos en las aguas residuales. Mediante la medición en línea del DBO en la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales, se puede calcular la carga entrante. La suma de los parámetros DQO y TOC también puede detectar los componentes carbónicos, los que son de difícil descomposición y no están disponibles de modo inmediato en el proceso de tratamiento. Aún los más críticos concuerdan en la opinión que una continua medición en línea del DBO es muy útil.
- **DQO (Demanda química de oxígeno)** Cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es consumido en la oxidación de materia orgánica, ya sea biodegradable o no, bajo condiciones de una prueba estandarizada. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. La DQO siempre es mayor a la DBO, ya que contempla la oxidación total de la materia orgánica, no sólo la degradable por microorganismos.
- **DESARENADOR-DESENGRASADO** Es una variante del desarenador convencional, empleado en grandes instalaciones depuradoras. En este tipo de canales aireados además de remover las arenas y otras partículas de peso específico similar, se retirarán también grasas, aceites, espumas y otro material flotante que pueden causar interferencia en los tratamientos posteriores y que, incluso, (como en el caso de las grasas) podrían promover la aparición organismos filamentosos causantes del bulking en los reactores biológicos (Lozano-Rivas, 2012).
- **DESINFECCIÓN** Destrucción de los microorganismos patógenos.
- **EFLUENTE** Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas.
- **EMISARIO FINAL** Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de



vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto.

- **ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES** Componente de un sistema de alcantarillado sanitario o combinado utilizado para evacuar por bombeo las aguas residuales de las zonas bajas de una población. Lo anterior puede también lograrse con estaciones elevadoras de aguas residuales.
- **FLOCULACIÓN** Acumulación de partículas coloidales desestabilizadas y pequeñas partículas que conlleva a la formación de flóculos de tamaño deseado, para su posterior separación por sedimentación o flotación.
- **FLOTACIÓN** Proceso de separación sólido-líquido o líquido-líquido, el cual es aplicado para partículas cuya densidad es más pequeña que la densidad del líquido que las contiene. Hay tres tipos: flotación natural, ayudada e inducida.
- **FLUJO INTERMITENTE** Conocidos también como de llenado y vaciado, o reactores por cochada, son unidades que se llenan con un volumen de agua residual (etapa de llenado), se tratan estas aguas (etapa de tratamiento) y se vacía (etapa de vaciado) para dar lugar a una nueva carga con otro volumen de aguas residuales. Se usa frecuentemente en aguas residuales industriales, en donde la descarga de efluentes líquidos no se realiza de manera continua, sino en periodos o lapsos del día. Aunque este fue el modelo de reactor que empezó a usarse en los inicios del tratamiento de aguas residuales municipales, el rápido crecimiento de las ciudades obligó a cambiar estos reactores por otros de funcionamiento continuo. También se usa mucho en investigaciones y experimentos de laboratorio debido a la comodidad que supone el no trabajar con flujos constantes de agua (UNAD).
- **INTERCEPTOR** Conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales, y generalmente se construye paralelamente a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a los mismos.
- **LODO ACTIVO** La eliminación de la materia orgánica disuelta y los nutrientes de las aguas residuales tiene lugar durante el tratamiento biológico del agua, por un complejo proceso donde interactúan distintos tipos de bacterias y microorganismos, que requieren oxígeno para vivir, crecer y multiplicarse y consumen materia orgánica.



El lodo resultante se llama lodo activo. Este lodo, generalmente, está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta además de partes minerales y orgánicas absorbida y almacenada.

El comportamiento de sedimentación de los flóculos de los lodos activos es de gran importancia para el funcionamiento de la planta de tratamiento biológico. Los flóculos deben ser removidos, para separar la biomasa del agua limpia, y el volumen requerido de lodo activo puede ser bombeado de nuevo en el tanque de aireación.

- **LODO ACTIVO DE RETORNO** El lodo activo de retorno que proviene del tanque de aireación biológica al clarificador final. Los flóculos de lodo activo sedimentan al fondo y pueden separarse del agua limpia residual. La mayoría del lodo que se lleva de nuevo a tanque de aireación se llama lodo activo de retorno.
- **LODO PRIMARIO** El lodo primario es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. Esto ocurre después de las pantallas y desarenado y consiste en productos no disueltos de las aguas residuales. La composición del lodo depende de las características del área de recogida de las aguas. Generalmente contiene una gran cantidad de material orgánica, vegetales, frutas, papel, etc. en un estadio inicial de descomposición.
- **LODO SECUNDARIO** En el proceso de tratamiento, es conveniente alcanzar una vida del lodo constante, para lograrlo, la biomasa en exceso debe de eliminarse de la planta biológica de tratamiento de lodo. El lodo secundario es rico en lodo activo.
- **LODO TERCIARIO** Lodo terciario se produce a través de procesos de tratamiento posteriores, con adición de agentes floculantes.
- **FANGO O LODO DIGERIDO** Fango digerido tienen lugar en los procesos de digestión aeróbica. Tiene color negro y olor a tierra. La proporción de materia orgánica está entre el 45% al 60%.
- **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR)** Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.
- **SEDIMENTACIÓN** Asentamiento de partículas sólidas en suspensión en un sistema líquido debido a la gravedad. (Jairo Alberto, 2004)



- **LECHOS DE SECADO:** El lecho de secado de lodo está cubierto por un techo inclinado que se puede abrir utilizando una membrana negra transpirable e impermeable como material de techo para ventilación, absorción de calor y escorrentía de agua superficial. (Mooney, 2016)
- **REJILLAS DE CRIBADO** Una rejilla de cribado en un vertedero de desbordamiento de un sistema de alivio de agua de lluvia , que comprende barras de rejilla que se extienden transversalmente al aliviadero de desbordamiento y rasquetas que se acoplan en forma de peine en el barras de rejilla, de acuerdo con la invención, los rascadores están hechos, mediante un accionamiento de cigüeñal para hacer un movimiento circular curvilíneo por medio de una palanca de accionamiento que coopera con un cojinete de soporte fijo. (Giehl, 2011)
- **SISTEMA MODULAR** Un paquete predeterminado para tratamiento de aguas residuales se construye de forma modular para su instalación dentro o fuera de una estructura de construcción e incluye una zanja sustancialmente elíptica que recibe agua residual después de un tratamiento de molienda inicial de la misma y que tiene un aireador controlado por lo que un tratamiento aeróbico primario de alta tasa se efectúa La zanja tiene una disposición de soporte central en la que un tanque de sedimentación y un tanque de retención de cloración están montados en forma de comunicación separada, desmontable y lado a lado. (Zebley, 1973)

1.6.3. Marco legal

- **Artículo 366.** “El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Sera objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación”.



- **Artículo 367.** "La Ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos. Los servicios públicos domiciliarios se prestarán directamente por cada municipio cuando las características técnicas y económicas del servicio y las conveniencias generales lo permitan y aconsejen, y los departamentos cumplirán funciones de apoyo y coordinación. La ley determinará las entidades competentes para fijar las tarifas".
- **Decreto 303 del 6 de febrero de 2012.** Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto Ley 2811 de 1974 en relación con el registro de usuarios del recurso hídrico para el componente de concesión de aguas y el componente de autorizaciones de vertimientos y se dictan otras disposiciones relacionadas con el ámbito de aplicación, formato de registro, plazo, reporte y consolidación de información. La operación del registro de usuarios del recurso hídrico deroga en especial el Decreto 1324 de 2007 y el inciso segundo del artículo 74 del Decreto 3930 de 2010.
- **Resolución 1096 de 2000.** "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS".
- **Decreto 3930 de 2010.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
- **Decreto 1594 del 22 de diciembre de 19846.** Reglamenta los usos del agua y el manejo de los residuos líquidos.
- **Decreto 1594 de 1984.** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.



1.6.4. Marco histórico

1.6.4.1. Historia tratamiento de aguas residuales

El agua es un elemento esencial para la existencia de vida en nuestro planeta. Todos los seres vivos necesitamos de ella en mayor o menor medida consumirla de forma continua para vivir.

Es por ello que la humanidad ha almacenado y distribuido agua prácticamente desde sus orígenes. Desde las primeras técnicas de almacenaje, limpieza y distribución hasta las infraestructuras y tecnologías actuales para el tratamiento de aguas, reciclado de aguas y depuración de aguas ha transcurrido una larga historia, que de forma muy breve se quiere resumir.

Los primeros asentamientos continuados de nuestros antepasados siempre tenían lugar en ubicaciones donde hubiese agua dulce disponible, como lagos, lagunas y ríos. Fue entorno al agua donde se originaron las primeras formas de sociedad, tal y como se concibe hoy en día.

Cuando estas formas primitivas de sociedades empezaron a evolucionar y crecer de manera extensiva surgió la necesidad de buscar otras fuentes diferentes de agua. El constante incremento de la población humana no siempre hizo posible que estas sociedades crecieran entorno a fuentes de fácil acceso como lagos, lagunas y ríos, por lo que las personas se vieron obligadas a desarrollar sistemas que les permitieran aprovechar los recursos de agua subterráneos, dando origen a las primeras construcciones de pozos.

Los primeros antecedentes los encontramos en Jericó (Israel) hace aproximadamente 7.000 años, donde el agua era almacenada en los pozos para su posterior utilización. Como el agua había de ser trasladada de los pozos a otros puntos donde era necesario su uso, se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas.

Años más tarde se comenzaron a utilizar tubos huecos, más parecidos a lo que son nuestras tuberías de hoy en día. Por ejemplo, en Egipto se utilizan árboles huecos de palmera mientras en China y Japón utilizan troncos de bambú. Fueron precisamente los egipcios, los primeros en utilizar métodos para el tratamiento del agua. Estos registros datan de hace más de 1,500 años hasta el 400 A.C. Los mismos indican que las formas más comunes de purificación del agua eran hirviéndola sobre el fuego, calentándola al sol o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma. Otro de los métodos más comunes era el filtrado del agua hervida a través de arena o grava para luego dejarla enfriar.



A pesar de que encontramos ejemplos anteriores, como es el caso de la ciudad de Mohenjo-Daro (Pakistán), que alrededor del año 3.000 a. C ya contaba con servicios de baño público e incluso instalaciones de agua caliente, no es hasta la antigua Grecia cuando nos encontramos con sistemas de recogida, purificación y distribución del agua que puedan tener ciertas similitudes con nuestros días.

En la antigua Grecia, el agua de escorrentía, agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas desde épocas muy tempranas por sus ciudadanos. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados a desarrollar sistemas más eficaces para el almacenamiento y distribución del agua, lo que les llevó a la construcción de las primeras redes de distribución a gran escala que requerían de unos materiales más sofisticados, como la cerámica, la madera o el metal.

La verdadera novedad introducida por los griegos estuvo en que ellos fueron la primera sociedad en tener un interés claro por la calidad del agua que consumían. Por ello, el agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia, y se utilizaban embalses de aireación para la purificación del agua.

Así llegamos a la época del imperio Romano. Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia.

Ellos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su uso y aprovisionamiento. El agua recogida se transportaba a presas que permitían el almacenamiento y retención artificial de grandes cantidades de agua. Desde aquí se distribuía por toda la ciudad gracias a los sistemas de tuberías, fabricadas con materiales tan diversos como cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo.

La verdadera revolución llegó con los acueductos, ya que por primera vez se podía transportar agua entre puntos separados por una gran distancia. Gracias a ellos, los romanos podían distribuir agua entre distintos puntos de su amplio imperio.

Por lo que se refiere al tratamiento de aguas, los romanos aplicaban el tratamiento por aireación para mejorar la calidad del agua. Asimismo, se utilizaban técnicas de protección contra agentes externos en aquellos lugares en que se almacenaba el agua.

Después de la caída del imperio Romano, los acueductos se dejaron de utilizar. Desde el año 500 al 1500 d.C. hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Esta escasa evolución, unida a un espectacular crecimiento de la población de las ciudades, acabó desembocando la aparición de enfermedades, que en algunos casos fueron auténticas epidemias.



Así, durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo. Lo más frecuente era abocar los residuos y excrementos directamente a las mismas aguas que se utilizaban para el consumo humano, por lo que era frecuente que la gente que bebía estas aguas acabase enfermando y muriendo. Todo lo que se hacía para evitarlo era utilizar el agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. Un dato que refleja el retroceso experimentado durante estos años es que esta agua se llevaba a la ciudad utilizando la fuerza humana, mediante los llamados portadores.

Pasada esta larga etapa de estancamiento, las ciudades empiezan a desarrollarse y recuperar su esplendor en los siglos XVI y XVII. En la segunda mitad del siglo XVIII tiene lugar la revolución industrial, en la que se experimentan el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la historia de la humanidad, desde el Neolítico.

Así llegamos hasta los inicios del Siglo XIX en el que encontramos el primer sistema de suministro de agua potable para toda una ciudad completa. Fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. Tres años más tarde se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

En 1806 empieza a funcionar en París la mayor planta de tratamiento de agua conocida hasta el momento. Allí, el agua sedimentaba durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consistían en arena, carbón y tenían una capacidad de seis horas.

En 1827 el inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública llevando a renovación de diferentes sistemas hasta el día de hoy. (Lenntech, 2016)

Realizando una pequeña descripción de las estructuras que es posible manejar en una planta de tratamiento de aguas residuales que incluye cámaras de pretratamiento, aireación, clarificación final y desbordamiento / retro lavado adaptadas para recibir un fluido, tal como aguas residuales domésticas, que se someterá a aireación prolongada o digestión aeróbica, incluyendo la cámara de aireación aireador que tiene un eje cuyo extremo inferior se recibe normalmente en el fluido que se va a tratar, un deflector de espuma del aireador transportado por el eje que bajo niveles de fluido anormalmente altos aumenta el par en el eje y, por lo tanto, indica un funcionamiento anormal, la clarificación final cámara que incluye un filtro de uso a demanda, un dispositivo de salida de desbordamiento si el filtro se deshabilita, y una boquilla de retro lavado situada en el filtro bombeando de manera inversa a través del fluido bombeado desde la cámara de desbordamiento o retro lavado. (JAND, 1982)



1.7. METODOLOGÍA

1.7.1. Fuentes de información

La información se obtendrá de estudios previos realizados para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales por parte de los ingenieros que están a cargo de la obra, también se usaran estudios de hospitales con capacidad y condición similar al hospital de estudio, la información acerca de estos será tomada de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR.

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO

- Para realizar este diseño de la planta de tratamiento DE AGUAS RESIDUALES se toman diferentes variables de una planta de tratamiento de aguas residuales del hospital San José de Girardot que es similar en capacidad al hospital Nuevo de Zipaquirá-Colombia.
- Se estudiarán y evaluarán las condiciones del agua residual a tratar y se caracterizarán para buscar la mejor opción en cuanto el sistema de tratamiento a elegir y su eficiencia.
- Al realizar la propuesta de trabajo se definió que se realizara el tratamiento de aguas residuales del hospital.
- Se determinan diferentes alternativas de tratamiento y se escoge la más apropiada de acuerdo a condiciones remociones en carga y calidad del agua, normatividad vigente (DEC. 0631/2015 – RAS 2000, resoluciones 0631/2015 Ministerio del medio ambiente (marzo 2015)), relaciones de espacio, facilidad de mantenimiento y condiciones de durabilidad y resistencia.
- Para realizar un diseño adecuado se escoge la normatividad vigente (RAS 2000 Título E), texto de diseño (Jairo Alberto Romero Rojas, tercera edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño 2004).
- Se define el diseño más adecuado a las necesidades presentadas por el cliente para el tratamiento de aguas residuales para el nuevo hospital de Zipaquirá-Colombia.



2. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1. CALCULOS

2.1.1. Caudal.

Se da inicio realizando los cálculos del caudal del Nuevo Hospital de alta complejidad de Zipaquirá, tomando como referencia el Hospital San Rafael-Girardot. Para ello se abordó con la búsqueda del número de camas en los dos hospitales, realizando un sistema comparativo del Hospital San Rafael con el Nuevo Hospital de alta complejidad de Zipaquirá.

Tabla 1. Caudal de diseño

CAUDAL DE DISEÑO		
Hospital	San Rafael	Nuevo de Zipaquirá
Camas	202	150
Caudal Diario cama L/Hab.día	600	445
Volumen del efluente L/ día	121200	66750
Caudal de diseño L/s	1,403	0,773

Fuente: Autores

Una vez realizada la comparación entre los dos hospitales se halla un caudal de diseño estimado, Continuando con un análisis de los caudales máximo diario, máximo horario, medio diario etc.

Debido a que se tiene una población mínima, se decide ir al libro de elementos de diseños y alcantarillados 2^a. Edición donde muestra otra manera de hallar el caudal de diseño con el consumo (L/D) de diferentes sectores comerciales e industriales, encontrándose el de hospitales de un consumo por cama de 400(L/D).



Tabla 2. Consumos típicos de los sectores comercial e industrial

USOS	CONSUMO (L/D)
Hoteles (por habitación)	200-300
ESCUELAS: > 20 alumnos	50
< 20 alumnos	80
INDUSTRIAS (por persona empleada)	80
LECHERIAS (por habitante)	0,8
FABRICAS DE BEBIDAS (por habitante)	0,2
FABRICAS DE HIELO (por habitante)	1
CURTIEMBRE (por habitante)	0,5
DEPOSITOS DE MATERIALES	100
FARMACIAS O GRANEROS HASTA 50m ²	500
HASTA 100 ²	1000
HASTA 200 ²	1600
>=200m ² (por m ²)	8
FUENTES DE SODA Y HELADERIAS HASTA 20 m ²	1000
HASTA 50 m ²	2000
>50 m ²	3000
RESTAURANTES HASTA 50 m ²	40
>50 m ²	90
OFICINA (por empleado y por 10 m ²)	80
HOSPITALES (POR CAMA)	400
MATADEROS (POR CABEZA SACRIFICADA)	300-500
RIEGO DE PARQUES (por habitante)	9
LAVADO DE CALLES (por m ²)	1,5
LAVADO DEL ALCANTARILLADO (por habitante)	3

Fuente: Elementos de diseños y alcantarillados 2^a. Edición

Teniendo en cuenta (Véase la Tabla 2) se ejecuta una relación para poder hallar más cómodamente el caudal de diseño.

400 l 1 cama

? 150 camas

$$\bar{Q} = \frac{400 \text{ l} * 150 \text{ camas}}{1 \text{ cama}} = 0,69 \text{ l/s}$$

Para poder llevar a cabo el inicio de los cálculos de la planta se hace el caudal máximo horario de las aguas residuales con la ecuación de BABBIT para poblaciones menores a mil.

$$Q_{max\ horario} = \bar{Q} * \left[\frac{5}{P^{0,2}} \right]$$

Comunicándose con el consorcio THZ, está estimada una población aproximada de 300 personas contando trabajadores y pacientes.

$$Q_{max\ horario} = \bar{Q} * \left[\frac{5}{300^{0,2}} \right] = 1,10 \frac{l}{s}$$

Obteniendo un caudal de 1,10 l/s para iniciar a diseñar la PTAR.

Nota: Se encontró otra opción para realizar el cálculo del caudal, debido a que se está estudiando una estructura, se puede ejecutar con las unidades de descarga de los aparatos sanitarios o igualmente con la población existente. (RAFAEL, 2010).

2.1.2. Comparativo para elegir el sistema.

Una vez obtenido el caudal a trabajar, se requiere hacer un cuadro comparativo de diferentes sistemas para poder determinar cuál de estos es el más apropiado y óptimo, para el proyecto en el Nuevo Hospital de Zipaquirá- Colombia.

Efectuándose la búsqueda de diferentes sistemas, con la teoría de cada uno se puede tomar la decisión más apropiada, ya que para ello se debe tener en cuenta todos los factores que influyen en la disposición para la escogencia del sistema.



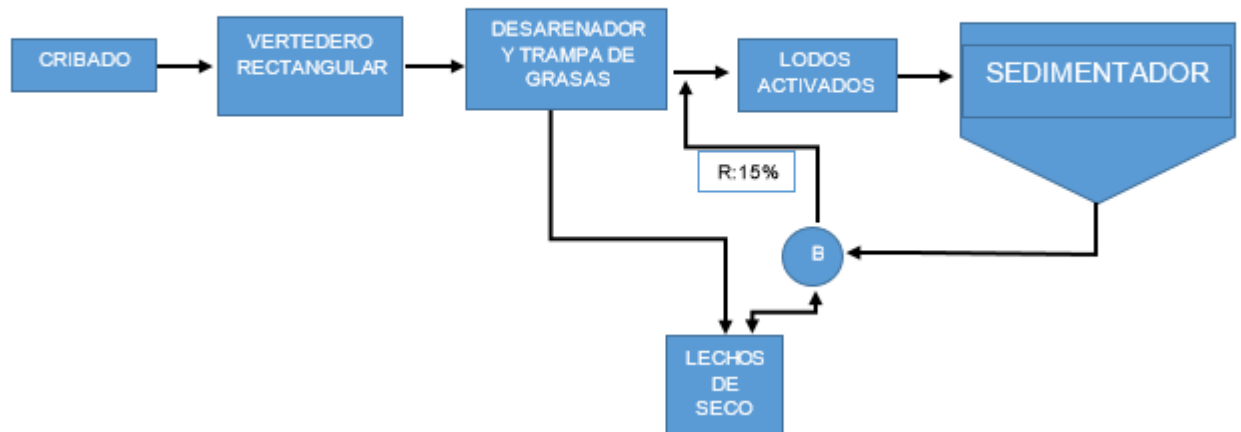
Tabla 3. Sistemas comparativos

LODOS ACTIVADOS	BIODISCOS	LAGUNAS AIREADAS
<p>Es un tratamiento de tipo biológico en el cual una mezcla de agua residual y lodos biológicos es agitada y aireada. Los lodos biológicos producidos son separados y un porcentaje de ellos devueltos al tanque de aireación en la cantidad que sea necesaria. En este sistema las bacterias utilizan el oxígeno suministrado artificialmente para desdoblarse los compuestos orgánicos que a su vez son utilizados para su crecimiento.</p> <p>A medida que los microorganismos van creciendo se aglutinan formando los lodos activados; éstos más el agua residual fluyen a un tanque de sedimentación secundaria en donde sedimentan los lodos. Los efluentes del sedimentador pueden ser descargados a una corriente receptora; parte de los lodos son devueltos al tanque con el fin de mantener una alta población bacteriana para permitir una oxidación rápida de la materia orgánica.</p>	<p>Es tan eficaz como los lodos activados, requiere un espacio mucho menor, es fácil de operar y tiene un consumo energético inferior. Está formado por una estructura plástica de diseño especial, dispuesto alrededor de un eje horizontal. Según la aplicación puede estar sumergido de un 40 a un 90% en el agua a tratar, sobre el material plástico se desarrolla una película de microorganismos, cuyo espesor se autorregula por el rozamiento con el agua, en la parte menos sumergida, el contacto periódico con el aire exterior es suficiente para aportar el oxígeno necesario para la actividad celular.</p>	<p>El tratamiento se puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención (1/3 días) que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente.</p>
<p>De acuerdo con la información que se tiene, se decidió escoger el sistema de tratamiento de Lodos activados. Los lodos activados presentan el sistema más adecuado para la PATR que se va a construir en el Nuevo Hospital de Zipaquirá. Este sistema se prefirió por sus dimensiones, tiempo de retención del agua residual y por presupuesto.</p>		

Fuente: Autores

Se realiza un esquema de todo el sistema escogido de la planta de tratamiento del nuevo hospital de alta complejidad de Zipaquirá-Colombia dividido en el pretratamiento y lodos activado.

Ilustración 1. Esquema de diseño del sistema de tratamiento de lodos activados



Fuente: Autores

2.2. DISEÑO HIDRAULICO

2.2.1. Pretratamiento.

2.2.1.1. Diseño de la rejilla de cribado

Es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual. Esto se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de cribado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada. (Miguel, 2014).

Para el diseño de la rejilla se manejaron las siguientes formulas:

Pérdida en rejillas: La pérdida de energía a través de la rejilla es función de la forma de las barras y de la altura o energía de velocidad de flujo entre barras (Lozano-Rivas, 2012).



Según Kirschmer, la pérdida de energía en una rejilla limpia puede calcularse mediante la ecuación:

$$H = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} h_v \sin \theta$$

Donde:

H: Pérdida de energía.

B: Factor de forma de las barras.

w: ancho máximo de la sección transversal de las barras, en la dirección del flujo, m.

b: Espaciamiento o separación mínima entre las barras.

h_v: Altura o energía de la velocidad del flujo de aproximación.

θ: Ángulo de la rejilla con la horizontal.

La velocidad de canal de diseño será:

$$V = \frac{Q}{A}$$

La longitud de la rejilla será:

$$L = \frac{h}{\sin 60^\circ}$$

A continuación, se obtuvo el número de espacios:

$$\text{Número de espacios} = \frac{\text{Área neta}}{\text{Ancho de la rejilla} \times \text{Espaciamiento libre}}$$

Finalmente, el número de barras

$$\text{Número de barras} = \text{Número de espacios} - 1$$



Tabla 4. Canal de entrada para la rejilla de cribado

CANAL DE CRIBADO (Rectangular)	
Ancho (m)	0,546
Tiempo de detencion (sg)	300,000
Caudal (l/s)	1,100
Volumen (m3)	0,330
Longitud (m)	0,932
Area Superficial (m2)	0,354
Altura lamina de agua (m)	0,932
Borde libre (m)	0,200
Altura del Canal	0,554
Pendiente del canal (s) %	0,020
Area Mojada m2	0,509
Perimetro (b+2h)	2,410
Radio Hidraulico (A/P)	0,211
Coefficiente de Rugosidad (n)	0,010
Velocidad por manning ($R^{2/3}/n * s^{1/2}$) (m/s)	5,013
Espejo de agua	0,546
Sen (60)	0,870

Fuente: Autores

Tabla 5. Rejilla de cribado

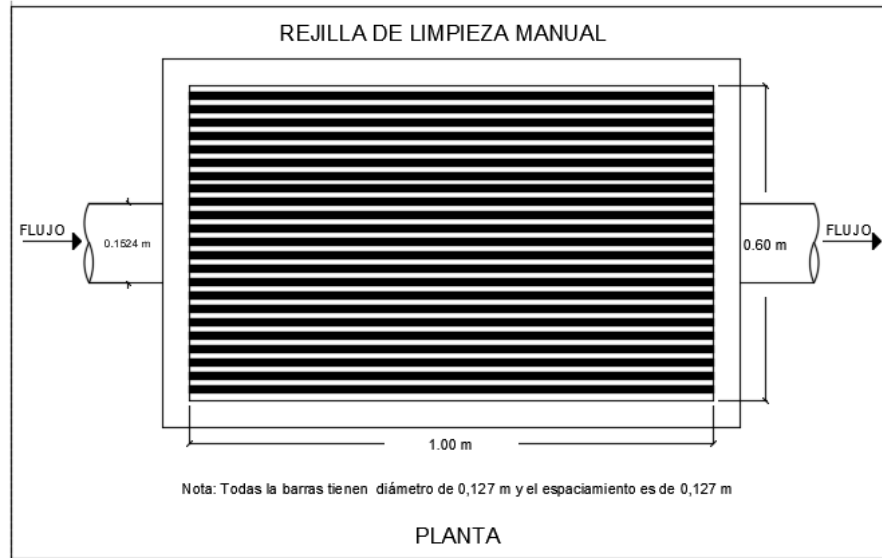
REJILLA DE CRIBADO	
Ancho de la rejilla (m)	0,546
Espaciamiento libre (m)	0,013
Espesor barrotos (m)	0,013
Velocidad (m/s)	0,600
Longitud de la rejilla (m)	1,071
Area neta (m2)	0,509
Número de espacios	21,484
Número de espacios real	22,000
Número de barras	20,484
Número de barras	21,000
Perdidas de energia	0,041

Fuente: Autores



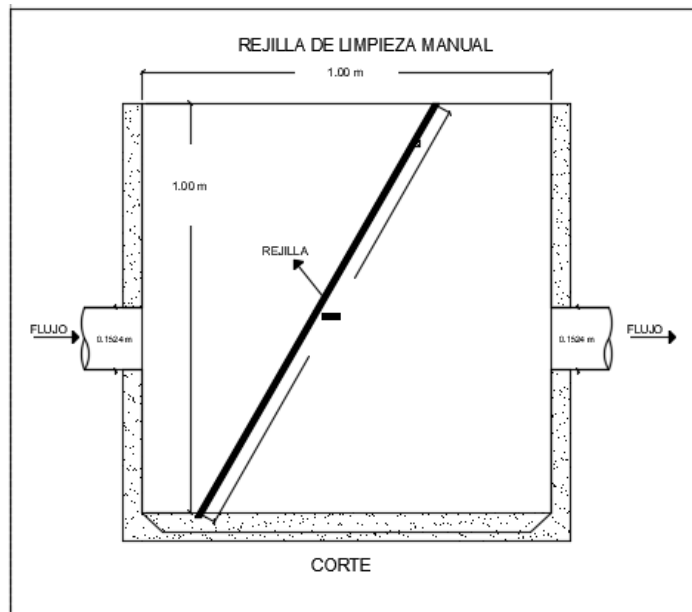
Se establece la rejilla con una longitud de 1,071 m, ancho de rejilla 0,546 m con 21 barras y 22 espacios.

Ilustración 2. Rejilla de limpieza manual (planta)



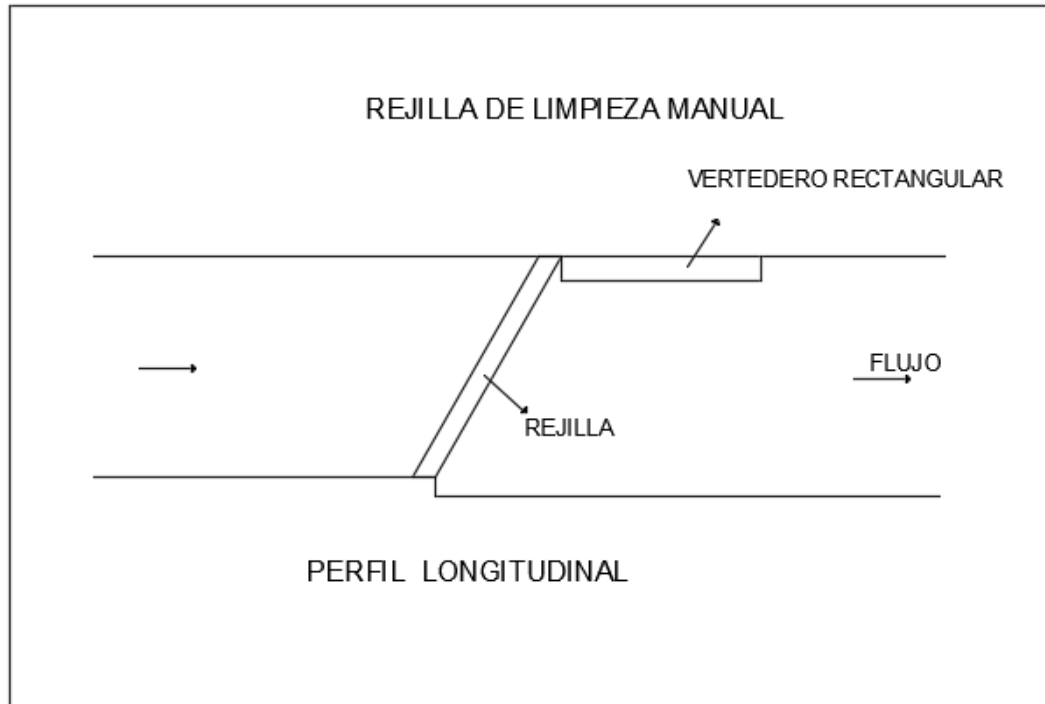
Fuente: Autores

Ilustración 3. Rejilla de limpieza manual (corte)



Fuente: Autores

Ilustración 4. Rejilla de limpieza manual (perfil longitudinal)



Fuente: Autores

2.2.1.2. Vertedero rectangular

Un vertedero es una placa cortada de forma regular a través de la cual fluye el agua. Son utilizados, intensiva y satisfactoriamente, en la medición del caudal de pequeños cursos de agua y conductos libres, así como en el control del flujo en galerías y canales. (JAIRO ALBERTO, 2001)



Tabla 6. Datos iniciales vertedero rectangular

DATOS	
Q (l/s)	1,100
Q (m ³ /s)	0,001
P(m)	0,150
B(m)	0,500
g (m/s ²)	9,810
γ (N/m ³)	9810,000
ν (Pa*s)	0,001

Fuente: Autores

Se establece una altura P(m) considerando la altura de la lámina de agua con un valor de 0,06 m llamada cabeza mínima y un ancho B(m) del vertedero, las dimensiones que se toman son debido al método de ensayo y error.

Cumpliendo con los parámetros de diseño encontrándose en el libro de tratamientos de aguas residuales (Jairo Alberto, 2004)

Tabla 7. Parámetros vertedero rectangular

PARAMETROS	
Nf1	4,5-9
tm	< 1S
G	1000-2000 s ⁻¹

Fuente: Autores

Se deben cumplir los parámetros del Número de Froude entre 4,5-9, Un tiempo de mezcla menor a 1 segundo y un gradiente entre 1000-2000s⁻¹ para poder llevar a cabo el diseño del vertedero.

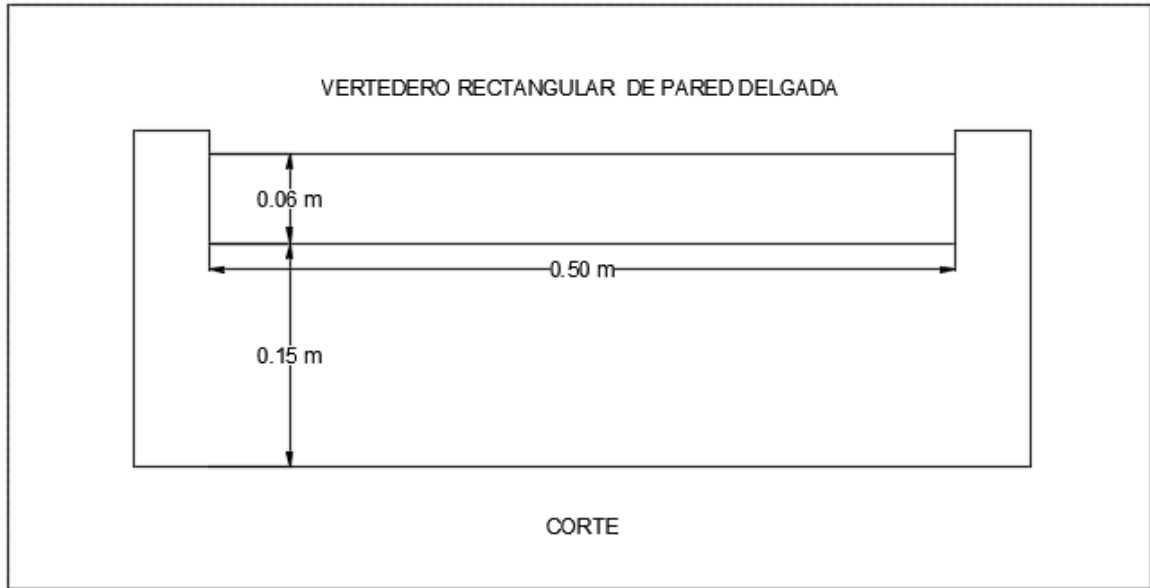
Tabla 8. Resultados vertedero rectangular

CALCULOS	
hc (m)	0,008
h1 (m)	0,002
V1 (m/s)	1,100
Nf1	7,850
h2 (m)	0,021
V2 (m/s)	0,104
Nf2	0,227
hp (m)	0,042
LR (m)	0,115
Vprom (m/s)	0,602
tm (s)	0,192
G (s ⁻¹)	1370,497

Fuente: Autores

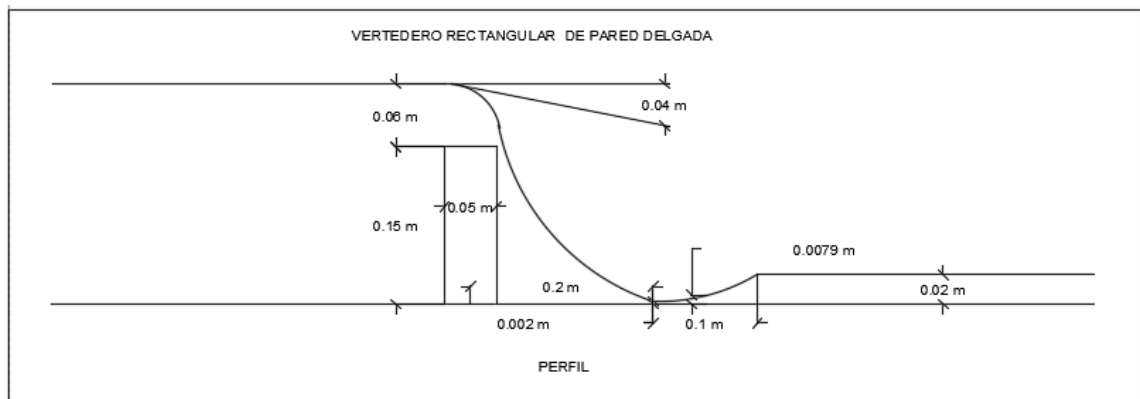
Se puede observar que se cumplieron a cabalidad los diferentes parámetros estableciendo el vertedero con un P(m) altura de la lámina de agua de 0,15 m y un B(m) ancho del vertedero de 0,50 m.

Ilustración 5. Vertedero rectangular de pared delgada (corte)



Fuente: Autores

Ilustración 6. Vertedero rectangular de pared delgada (perfil)



Fuente: Autores



2.2.1.3. Trampa de grasas

Este sistema se incluye en el sistema de aguas residuales para establecimientos como estaciones de servicio, moteles, hospitales, restaurantes y hoteles, en que existe una producción apreciable de grasas, con el objeto de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que pueden tener ellas sobre la acción bacteriana y la sedimentación en el tanque séptico. (Lozano-Rivas, 2012)

- La trampa de grasa se diseñará en la parte final del desarenador debido a que el desarenador tiene un volumen: 1,66 mayor al exigido para trampa de grasas que es de $V:0,33 \text{ m}^3$.

2.2.1.4. Desarenador

Los desarenadores, en tratamiento de aguas residuales, se usan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos degradables de las aguas residuales.

Los desarenadores protegen el equipo mecánico del desgaste anormal y reducen la formación de depósito pesados en tuberías, canales y conductos.

Además, minimizan la frecuencia requerida de limpieza de los digestores, en aquellos casos en que se presenta una acumulación excesiva de arena en dichas unidades. (Jairo Alberto, 2004)

- Se diseñan dos desarenadores, para poder llevar a cabo la limpieza manual de uno mientras el otro sigue en funcionamiento para no detener el sistema.

Carga superficial: Caudal o masa de un parámetro por unidad de área y por unidad de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento ($\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ día})$), $\text{kg DBO}/(\text{hab día})$. para aguas residuales varía entre $35 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ -día})$ y $50 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ -día})$ (RAS, 2000).

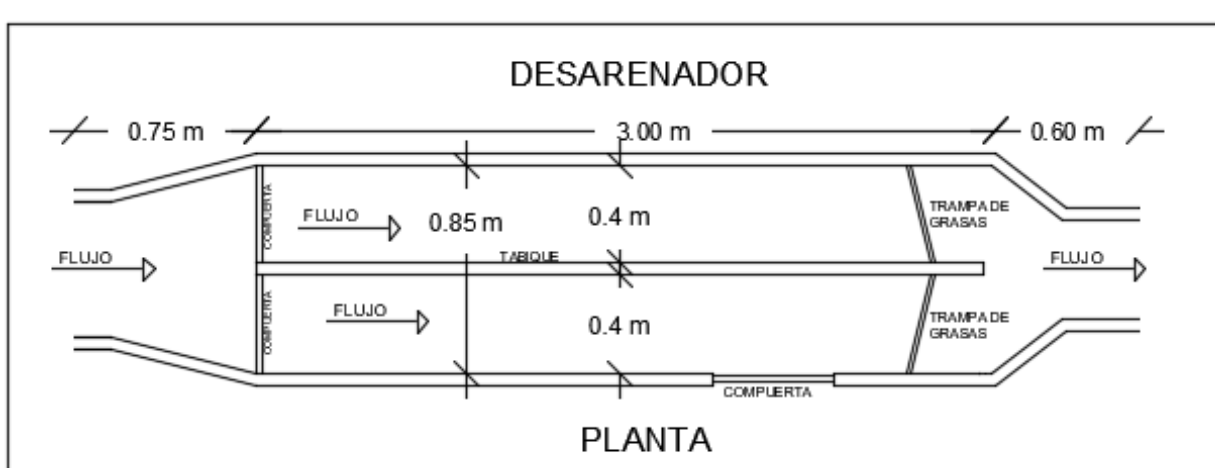


Tabla 9. Parámetros diseño desarenador

DISEÑO DESARENADOR	
Numero de desarenadores	2
Carga superficial (m ³ /dia*m ²)	40
Q diseño (m ³ /s)	0,001
Q diseño (m ³ /dia)	95
Área superficial (m ²)	2,376
Ancho desarenador (m)	0,800
longitud desarenador (m)	2,970
Profundidad de lodos (m)	0,300
Altura desarenador (m)	0,400
Carga maxima superficial superficial	2000
q=Materia retenida (m ³ /dia)	N/A
Volumen del desarenador (m ³)	1,663
Tiempo de retencion (min)	25,200
Pendiente (%)	0,020

Fuente: Autores

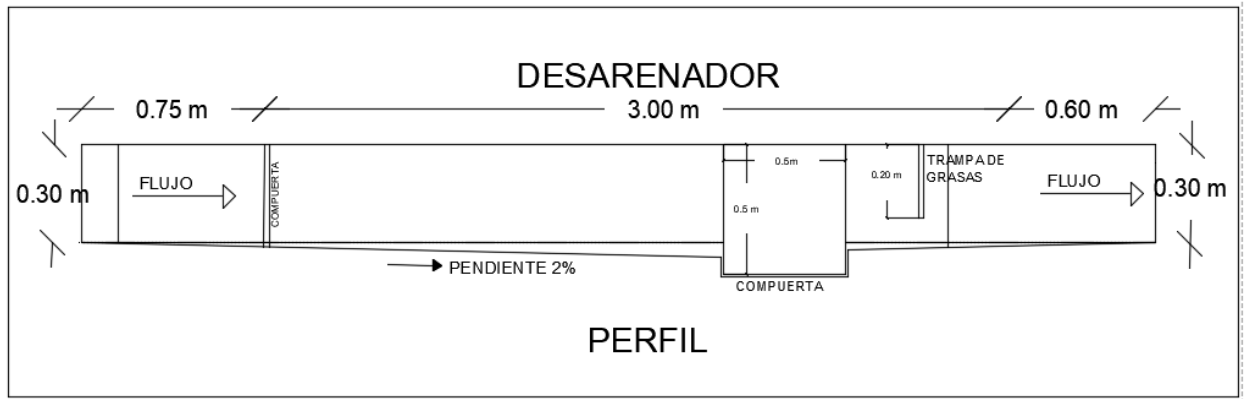
Ilustración 7. Desarenador en planta



Fuente: Autores



Ilustración 8. Desarenador en perfil



Fuente: Autores

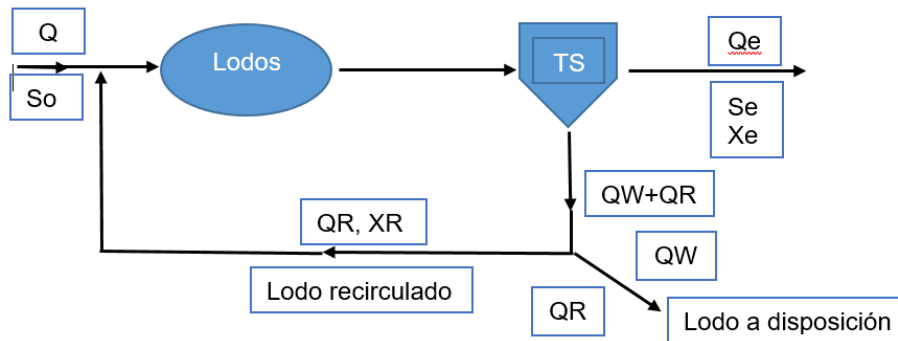
Partiendo de los parámetros de diseño del desarenador, teniendo el Q en m³/d se realizaron los diferentes cálculos y dimensiones obtenidas son: Un ancho de 0,8 m, longitud de 3 m y profundidad 0,3 m. (véase en la ilustración 7 y 8).

2.3. LODOS ACTIVADOS

Todos los procesos de lodos activados tienen en común el contacto de aguas residuales con floc biológico previamente formado en un tanque de aireación. El lodo activado consiste en una masa floculenta de microorganismos, materia orgánica muerta y materiales inorgánicos; tiene la propiedad de poseer una superficie altamente activa para la adsorción de materiales coloidales y suspendidos, a la cual debe su nombre de activado.

Sistema convencional de lodos activados: El proceso biológico convencional de lodos activados (tanque de aireación, sedimentación y recirculación de lodos activados).

Ilustración 9. Esquema del proceso lodos activados



Fuente: Autores

$$QAR = QD * 86400 = 0,001 * 86400 = 95m^3/d$$

Tabla 10. Parámetros diseño y operación de procesos de lodos activados

PROCESO	PERIODO DE AIREACION [h]	CARGA VOLUMÉTRICA Gdbo (m ³ *d)	A/M gDBO (gSSVLM d)	X SSLM mg/L	EDAD DE TODOS [h, d]	TASA DE RECIRCULACIÓN R %	EFICIENCIA DBO %
CONVENCIONAL	4-8	300-600	0,2-0,4	1500-3000	5-15	25-75	85-95
AIREACIÓN GRADUAL	4-8	300-600	0,2-0,4	1500-3000	5-15	25-50	85-95
MEZCLA COMPLETA	3-5	800-2400	0,2-0,6	2500-4000	5-15	25-100	85-95

Fuente: Diseño de plantas de tratamiento de agua residual 2012

A criterio de los diseñadores se tomaron los siguientes datos con base en la tabla:

$$DBOA = 400 \frac{mg}{l}$$

$$X = 2500 \text{ mg/l}$$

Tabla 11. Parámetros diseño lodos activados

PARAMETROS INICIALES		
solidos efluente	mg/l	25,000
QAR	m ³ /d	95,000
DBOA	mg/L	400,000
DBOe	mg/L	25,000
X	mg/L	4500,000
X _r	mg/L	15000,000
TRC	d	8,000
Y		0,650
K _d	d ⁻¹	0,050

Fuente: Autores

Una vez obtenidos los parámetros de diseño se inicia a realizar los cálculos para obtener la eficiencia del sistema.

- Volumen

$$V = \frac{QS_0}{\left(\frac{A}{M}\right) * X}$$

- Tiempo de retención

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

- DBO soluble

$$S_e = DBO_e - 0,63 SS$$

- Biomasa en el reactor

$$XV = \frac{\theta_c Y Q (S_0 - S)}{1 + K_d \theta_c} = kg SSV$$

- Producción de lodo

$$P_X = \frac{XV}{\theta_c} = SSV/d$$

- Lodo seco

$$LODO SECO = \frac{P_X}{0,8} = kg/d$$

- Caudal de lodos de desecho



$$Q_w = \frac{LODO SECO}{15000} = m^3/d$$

- Caudal de recirculación

$$R = \frac{Q_R}{Q} = \%$$

- Tiempo de retención hidráulico

$$\theta = \frac{V}{Q} = \text{horas}$$

- Cantidad de oxígeno requerido

$$DO = 1,5 Q(S_0 - S_e) - 1,42 X_R Q_w = kg O_2/d$$

- Caudal de aire en condiciones normales

$$Q_{aire} = \frac{DO}{0,232(1,20)} = m^3/d$$

- Eficiencia de oxígeno en condiciones reales

$$Q_{aire real} = \frac{Q_{aire}}{0,08} = m^3/d$$

- Volumen de aire requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación

$$\frac{Q_{aire real}}{DBO} = m^3/kg$$

- Volumen de aire requerido por unidad de DBO removida

$$\frac{Q_{aire real}}{DBOR} = m^3/kg$$

- Carga orgánica volumétrica del proceso

$$COV = \frac{QS_0}{V}$$

- Relación A/M

$$\frac{A}{M} = \frac{QS_0}{VX}$$

- Eficiencia de remoción de DBO total

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0}$$

- Eficiencia de remoción de DBO soluble

$$E = \frac{S_0 - S_e}{S_0}$$



Tabla 12. Cálculos diseño lodos activados

CALCULOS		
Se	mg/L	9,250
BIOMASA XV	GSSV	137878,929
VOLUMEN	m ³	30,640
PRODUCCION DE LODOS	Kg SSV/d	13,788
LODO SECO	Kg /d	17,235
Q w	m ³ /d	1,149
Qr	m ³ /d	0,057
R	%	0,000
Tiempo de Retención	días	0,004
DO	KgO ₂ /d	55662,296
Qaire		199936,409
Q aire real		2499205,109
Qaire/DBO		65768,556
Qaire/DBOR		67325,457
COV		1240,219
A/M		0,276

Fuente: Autores

Tabla 13. Dimensiones lodos activados

DIMENSIONES	
Caudal de diseño (l/s)	1,100
Caudal diseño (m ³ /día)	95,04
Caudal de diseño (m ³ /h)	3,9600
Horas de Retencion	8
Fs (factor de seguridad)	1,2
Volumen del reactor m ³	30,64
Altura Asumida m	2,4
Area Superficial m ²	12,767
Ancho relacion 1:1,2 aprox	2,59
Longitud tanque	3,9
DBO5 Aprox mg/l	400
Borde Libre m	0,2
Altura Total (h)	2,6

Fuente: Autores



Potencia del soplador: La dimensión óptima de soplador de aire, así como del sistema de aireación por difusión de burbuja fina representa una de las partes más importantes en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con proceso de lodos activados. (JOSE LUIS, 21)

Tabla 14. Calculo potencia del soplador

CALCULO DE POTENCIA DEL SOPLADOR	
Pw (Pot. Aireador) Kw:	2,056
W aire (Lb/pe3)	0,191461
R1 (Cte ideal gases)	53,5
T1 en ° R	284,26
P1	1
n (para aire)	0,283
e (Eficiencia del eq.)	75%
P2 (Presion Total)	12,5893
Volumen en CFM (pe3)	100,525
Q Aire (pe3/min)	3,350831146
Pw (Pot. Aireador) Hp:	2,755

Fuente: Autores

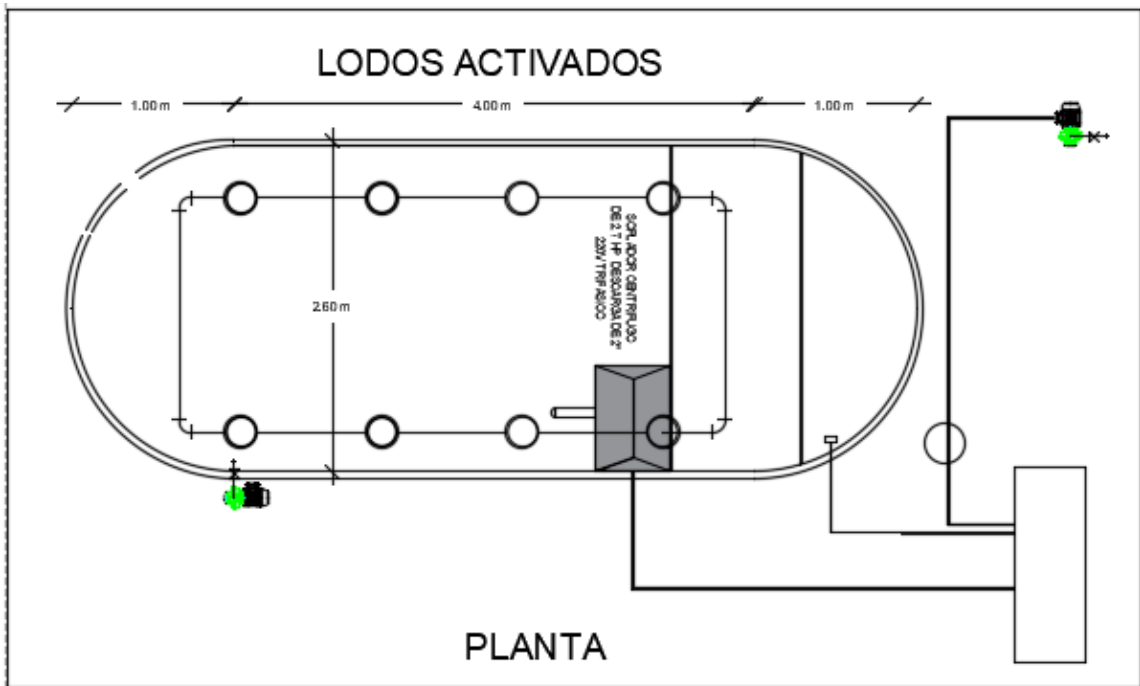
Tabla 15. Eficiencia del sistema

Eficiencia del sistema	
Dbo5 Ef	25
Dbo5 Af	400
E %	93,75
E% reactor	85
S	1,0368
So (Lb)	6,912

Fuente: Autores

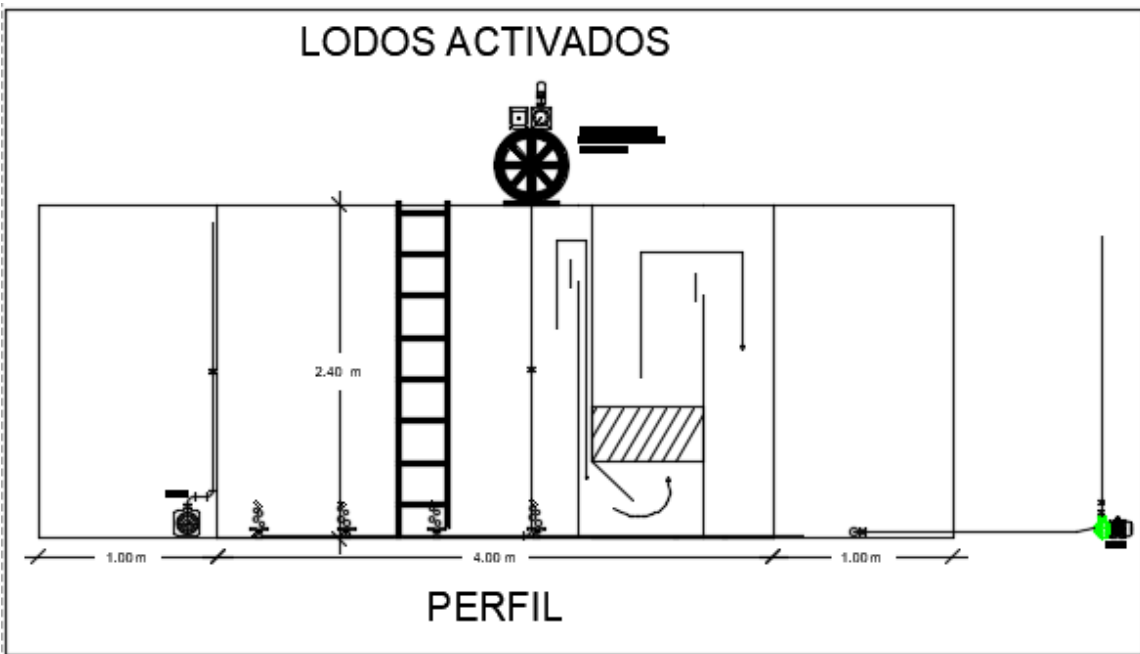


Ilustración 10. Lodos activados en planta



Fuente: Autores

Ilustración 11. Lodos activados en perfil



Fuente: Autores



2.3.1. Sedimentador

La sedimentación se refiere a la sedimentación de partículas discretas, de aquellas, partículas que no cambian su forma, tamaño o peso a medida que se sedimentan; en otras palabras, es el tipo de sedimentación libre, no interferida, función solamente de las propiedades del fluido y de la partícula. (JAIRO ALBERTO, 2001)

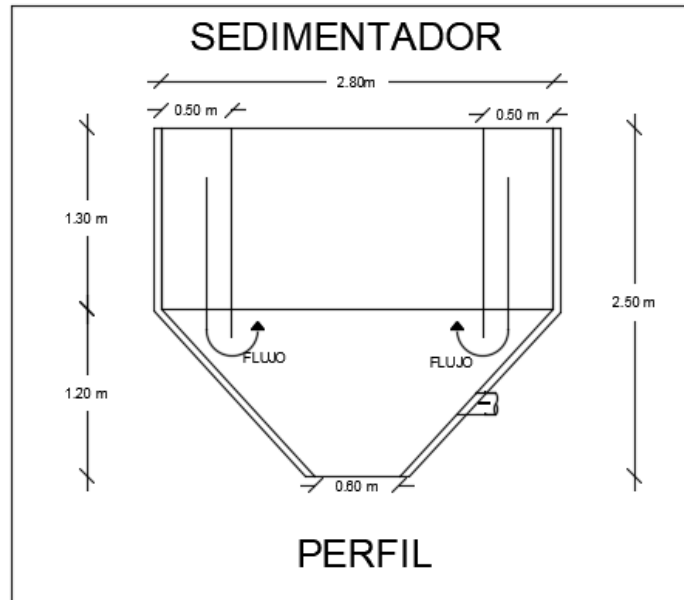
La sedimentación se denomina inducida cuando las partículas que se sedimentan son aglomerados, o sea partículas que no cambian de forma, tamaño o densidad durante el descenso en el fluido. (JORGE ARTURO, 2012)

Tabla 16. Sedimentador cálculos

DATOS INICIALES	
Caudal de diseño (l/s)	1,10
Caudal diseño (m ³ /dia)	95,04
Caudal de diseño (m ³ /h)	3,96
Horas de Retencion	4
Fs (factor de seguridad)	1
Volumen del reactor m ³	15,84
Altura Asumida m	2,5
Diametro (m)	2,8
Area Superficial m ²	6,34
DBO5 Aprox mg/l	400
Borde Libre m	0,2
Altura Total (h)	2,7
Tasa de desborde medio m ³ /m ² /dia	40

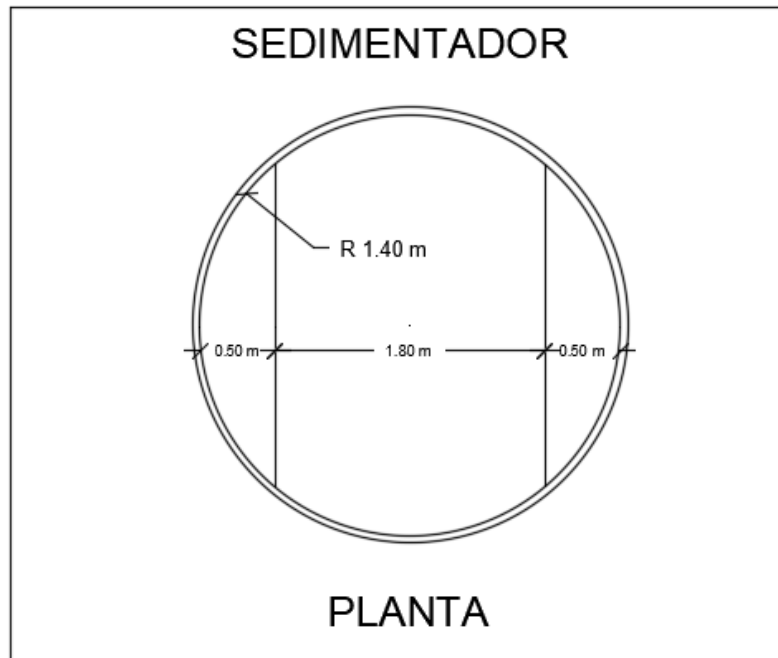
Fuente: Autores

Ilustración 12. Sedimentador en perfil



Fuente: Autores

Ilustración 13. Sedimentador en planta



Fuente: Autores

2.3.2. Lechos de secado

Los lechos de secado de arena constituyen uno de los métodos más antiguos para reducir el contenido de humedad de los lodos en forma natural. Posiblemente es el método más usado en plantas pequeñas, de menos de 100 l/s, para secado de lodos, durante los últimos cien años. En la (véase en la tabla 17) se enumerarán algunas de las ventajas y desventajas de los lechos de secado.

El lecho típico de arena para secado de lodos es un lecho rectangular poco profundo, con fondos porosos colocados sobre un sistema de drenaje. El lodo se aplica sobre el lecho en capas de 20 a 30 cm y se deja secar. El desaguado se efectúa mediante el drenaje de capas de las capas inferiores y evaporación de la superficie por la acción del sol y del viento. (JAIRO ALBERTO, 2001)

Tabla 17. Ventajas y Desventajas de lechos de secado

Ventajas y desventajas de los lechos de secado de arena	
Ventajas	Desventajas
Costo bajo si hay terreno disponible	Diseño empírico que no ermite analisis economico certero
No requiere operación especial	
Consumo de energia bajo	Requiere areas grandes
Poco sensible a cambios en las características de lodo	Requiere lodo estable
	Sensible a cambios de clima
Consumo de quimicos bajo	Visible público
Contenido alto de solidos en la pasta	Requiere gran cantidad de mano de obra para la remocion de la pasta

Fuente: Tratamiento de aguas residuales (Teoría y principios de diseño 2001)

Se realizaron los siguientes cálculos para poder llevar a cabo el dimensionamiento de los lechos de secado.

El área total de lechos de secado se ejecuta con la población estimada inicialmente de 300 habitantes.

$$Area = \frac{Area / habitante}{habitantes} = \frac{0,025}{300} = 7,5m^2$$



Por criterio se decidió hacer 3 cajones de 1,6 x 1,6 cumpliendo el área de lechos de secado.

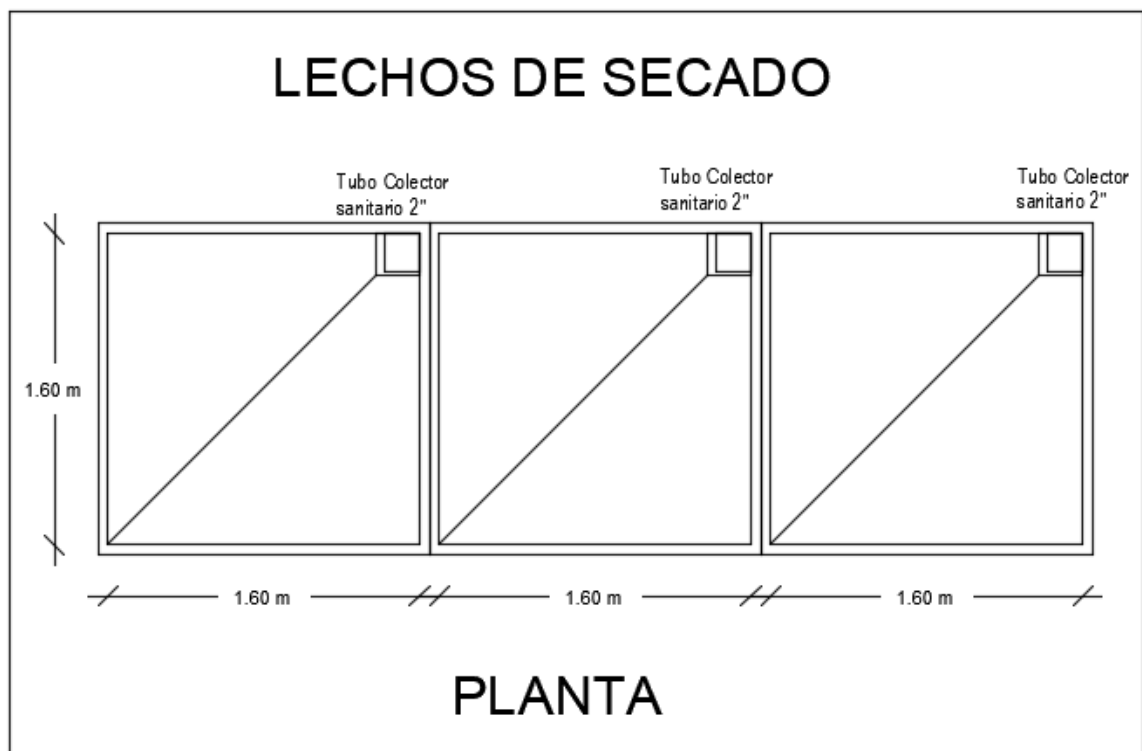
$$\text{Area por cajon} = \frac{\text{Area}}{3} = \frac{7,5}{3} = 2,5m^2$$

Tabla 18. Dimensionamiento lechos de secado

lechos de secado	
Area m2	7,5
Area por cajon m2	2,5

Fuente: Autores

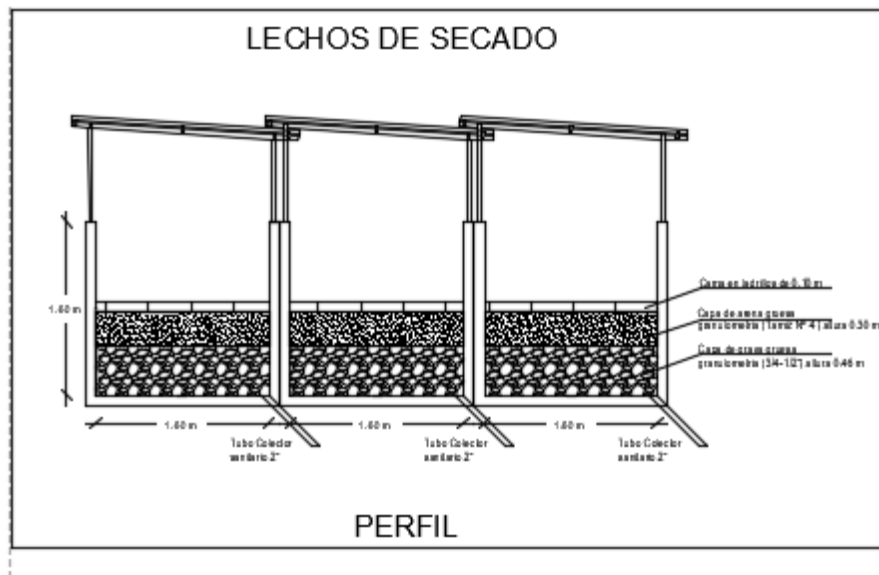
Ilustración 14. Lechos de secado en planta



Fuente: Autores



Ilustración 15. Lechos de secado en perfil

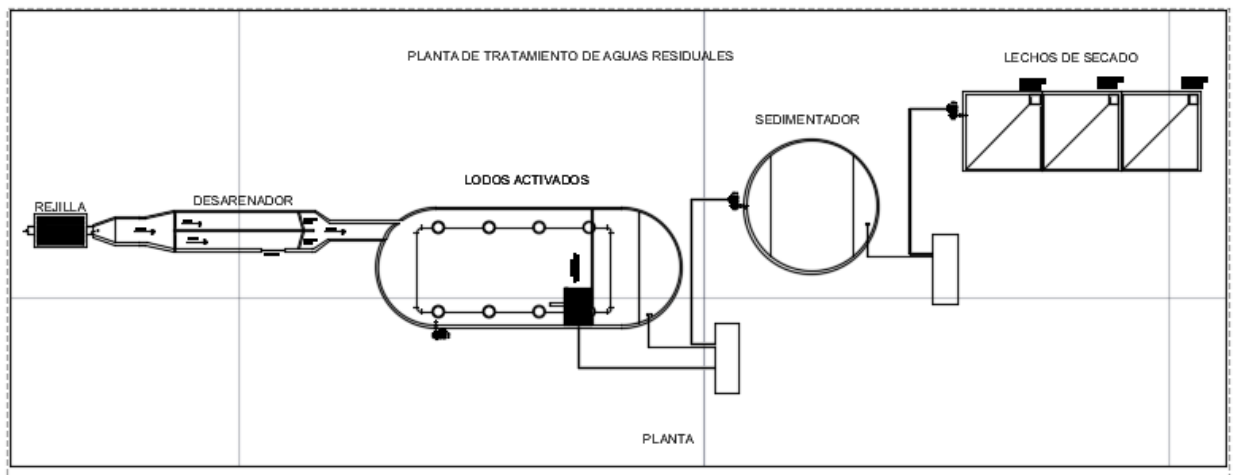


Fuente: Autores

2.4. Ilustración planta de tratamiento de agua residual

Se unen las diferentes estructuras que componen la planta de tratamiento de agua residual para poder visualizar en planta y en perfil.

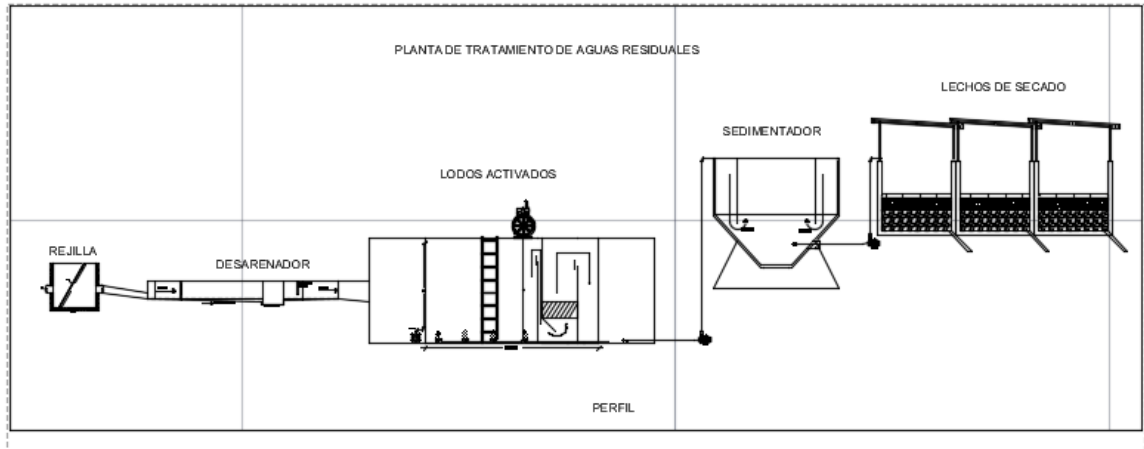
Ilustración 16. Planta de tratamiento de aguas residuales en planta



Fuente: Autores



Ilustración 17. Planta de tratamiento de aguas residuales perfil



Fuente: Autores



3. ANALISIS DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<p>Es necesario poner un sistema de aireación, ya que el diseño del sistema de la PTAR ayuda al suministro de oxígeno del agua a tratar, para que el agua no contamine la fuente hídrica a donde va a ser vertida.</p> <p>También encontramos que en el sistema de lodos activados es propenso a problemas químicos y microbiológicos. Además, el efluente puede necesitar tratamiento de desinfección adicional antes de ser descargado.</p> <p>Es necesario tener un tratamiento secundario y una descarga apropiada.</p>	<p>Mejorar la calidad el agua para el medio ambiente y para los habitantes del municipio de Zipaquirá.</p> <p>Se puede operar en una variedad de índices de cargas orgánica e hidráulica.</p> <p>Ya que en el sistema de lodos activados se tienen en los sopladores estos tienen doble función agregar oxígeno al agua en tratamiento y producir la mezcla completa.</p>
FORTALEZAS	AMENAZAS
<p>Tener una mejor calidad por tener mejor eficiencia de tratamiento se está cumpliendo con la normatividad vigente en Colombia. (Resolución 0631 de 2015).</p> <p>Buena resistencia a las cargas por impacto.</p> <p>Alta reducción de DBO (Hasta el 93.75%)</p>	<p>Si no hay energía eléctrica por fallas del sistema de Zipaquirá es posible que no se produzca aireación en el sistema de lodos activados lo que disminuye la eficiencia del sistema.</p> <p>En el sistema se debe realizar el debido mantenimiento para que la estructura este trabajando a su capacidad máxima.</p> <p>Es necesario mantener monitoreado el afluente y efluente ya que si no se hace pueden ocurrir anomalías que interfieran con el funcionamiento adecuado de la planta.</p>

4. REGISTRO FOTOGRAFICO

Ilustración 18. Descapote



Fuente: Autores

Ilustración 19. Dimensionamiento



Fuente: Autores

Ilustración 20. Excavación manual



Fuente: Autores

Ilustración 21. Nivelación del terreno



Fuente: Autores

Ilustración 22. Inicio cribado



Fuente: Autores



5. CONCLUSIONES

- Determinando los diferentes parámetros de agua residual de entrada a la planta de agua residual son $Q=1,10$ l/d, $DBO=400$ mg/l. $SS=884$ mg/l Con estos parámetros se decidió hacer el diseño hidráulico de la PTAR por el método de lodos activados.
- Realizando las visitas técnicas se hizo el análisis de acuerdo con el tratamiento de lodos activados y al área que se encuentra disponible en el hospital nuevo de Zipaquirá DOFA. En la que se resalta la alta reducción de DBO en el tratamiento, el mantenimiento periódico de la planta para su correcto funcionamiento, se hace la observación sobre el riesgo que corre la planta al no tener fuente de energía.
- Analizando las diferentes estructuras se consideraron las más óptimas iniciando con un pretratamiento con un cribado de dimensiones de la rejilla de con una longitud de 1,071 m, ancho de rejilla 0,546 m con 21 barras y 22 espacios, un vertedero de altura 0,15 m y un ancho de 0,50 m continuando con el desarenador con una altura de 0,4 m y longitud de 2,9 m la siguiente etapa consiste en el sistema escogido lodos activados En el cual se incluye lodos activados con un ancho de 2,6 m y su altura de 2,6 m, tanque sedimentador circular con un diámetro de 2.8 m y altura de 2.5 m y por último lechos de secado sus dimensiones de 1.60 m x 1.60 m.
- Comparando diferentes plantas de tratamiento de agua residual doméstica de caudales bajos nos encontramos con diferentes materiales de los cuales tenemos fibra de vidrio, acero carbono, acero inoxidable y concreto. Se realizó la cotización en dos materiales diferentes, la cotización de toda la planta en acero inoxidable tiene un valor de \$180000000(COP), por otro lado, la totalidad de la planta con fibra de vidrio es de \$ 120000000 (COP), lo que quiere decir que la PTAR en acero inoxidable es 1.5% más costosa que en fibra de vidrio; por lo que la Planta de tratamiento del Nuevo hospital de Zipaquirá será construida en fibra de vidrio. Esta información fue suministrada por Comercial de aguas y servicios S.A.S.
- Considerando el impacto ambiental primero se reconoce que la planta se hace para proteger el medio ambiente y la salud humana. Se reconoce la disminución de contaminación, a causa del vertimiento directo de las aguas



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

residuales en los ríos. Con el tratamiento de las aguas se observa que disminuye significativamente varios problemas de contaminación ambiental, como el agotamiento del oxígeno disuelto, si no estuviese la planta estaría entrando a la fuente receptora de agua 400 mg/l de DBO con la planta estarán ingresando 25 mg/l cumpliendo a cabalidad con la normatividad y mejorando la calidad del efluente.

- En los cálculos de las estructuras se tuvieron algunos problemas ya que el caudal para este proyecto es muy pequeño, con ayuda de varios autores se logró que cada uno de los componentes de la planta, cumplieran con las dimensiones establecidas en la Ras 2000, Título E.

6.RECOMENDACIONES

- Realizar las pruebas de laboratorio para verificar que la PTAR esté trabajando dentro de los parámetros de diseño de la misma.
- Controlar que las boquillas de los aireadores cubran la misma área para que el aire distribuido sea homogéneo en la mezcla.
- Hacer mantenimiento periódico de los sistemas de PTAR.

BIBLIOGRAFÍA

Freire, M., Luis, F., Villacis, M., Eduardo, Diseño de una planta para tratamiento de aguas residuales en una industria cartonera

Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2000. Título E. [aut. libro] Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. *RAS 2000.* 2000.

Noyola, A., Morgan, J. M., & Guereca, L.P RONATURA-SUR. OBTENIDO DE PRONATURA-SUR, 24 de marzo de 2015.

M. D. Ministerdio De Ambiente TECNOLOGIAS INNOVADORAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA MUNICIPIOS MAYORES A 500HABITANTES Y MENORES DE 300.000. Bogota. (2014).

MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. DECRETO NÚMERO 1594-1984.

Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento Básico RAS-2000. Bogotá D.C. Noviembre de 2000

Aguas SISTEC, Solución en Tratamientos de agua. Planta de Tratamiento PTAR., de Aguas SISTEC, Solución en Tratamientos de agua.

CÁRDENAS, Yolanda Andía. TRATAMIENTO DE AGUA COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN (2000).

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño. 3-ED. BOGOTA,D.C: Escuela de ingeniería. 2004.

Brown-Salazar D. Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales, PROARCA (Programa Ambiental Regional para Centroamérica) y USAID (United States Agency for International Development) 2004.

Nolasco, D. A. (2010). Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Banco Interamericano de Desarrollo.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, Decretos.

Ministerio del medio ambiente Guía de gestión para el manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales municipales BOGOTÁ, D.C., 2002.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

MINIMOS RÍO DE SALUD, Decreto 1549 de 1984, sobre vertimientos de agua residual y usos del agua

Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación -Floculación M.I. Aguilar, Universidad de Murcia. España 2002

Lozano-Rivas, William. 2012. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Bogotá D.C. : s.n., 2012.

Rodríguez, Carlos Hernán. 2007. IDEAM. Demanda química de oxígeno por reflujos. [En línea] 28 de diciembre de 2007.

Tratamiento y uso de aguas residuales: Una estrategia para el futuro del saneamiento. EMCALI. 2000. 2000.

Andreo, Marisa. CONICET. DBO.

NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO-5667-10 GESTION AMBIENTAL CALIDAD DE AGUA MUESTREO.MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES. INCONTEC. República de Colombia. BOGOTÁ DC, junio de 1995.

NORMA ISO14000

Decreto 0631/2015 – RAS 2000, resoluciones 0631/2015 Ministerio del medio ambiente, marzo 2015.

Giehl, Klaus Ulrich Dipl.-Ing. 2011. Screening grid on an overflow spillway of a rainwater relief system. *Google Academic*. [En línea] 6 de Abril de 2011. <https://www.google.com/patents/EP2038488B1?cl=en&dq=screening+grid+wastewater+treatment+plant+definition&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjqiOO9-o7XAhUJ5iYKHR1QBC4Q6AEILzAB>.

JAIRO ALBERTO, ROMERO ROJAS. 2001. *Tratamiento de aguas residuales Teoría y principios de diseño*. s.l. : ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2001.

Jairo Alberto, ROMERO ROJAS. 2004. *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. BOGOTA D.C. : Escuela de ingeniería, 2004.

JAND, GRAVES. 1982. Wastewater treatment plant. *US 4608157 A*. [En línea] 14 de JUNIO de 1982. <https://www.google.com/patents/US4608157>.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

JORGE ARTURO, PÉREZ. 2012. TRATAMIENTO DE AGUAS. 2012. [En línea] 2012. http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf.

JOSE LUIS, GALLEGOS MORALES. 21. Soplador de aire para planta de tratamiento de aguas residuales. *Blog*. [En línea] 12 de abril de 21. [Citado el: 25 de 10 de 2017.] <http://sopladordeaire.blogspot.com.co/2014/04/la-dimension-optima-de-soplador-de-aire.html>.

Lenntech, Bv. 2016. Historia del tratamiento de agua potable. *water treatment solutions*. [En línea] 7 de diciembre de 2016. <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua.htm>.

Lozano-Rivas, William. 2012. *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Bogotá D.C. : s.n., 2012.

Miguel, Ortiz. 2014. prezi. *CRIBADO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. [En línea] 24 de febrero de 2014. [Citado el: 10 de 10 de 2017.] <https://prezi.com/gp4nhp5aavat/cribado-en-el-tratamiento-de-las-aguas-residuales/>.

Mooney, John. 2016. Sludge drying beds . *Google Academic*. [En línea] 25 de agosto de 2016. <https://www.google.com/patents/US20160244351?dq=drying+beds+wastewater+treatment+plant+definition&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjKr-Sm-l7XAhWLRyYKHU-PD-0Q6AEIJjAA>.

Noyola, A., Morgan, J.M y & Guereca. 2015. L.P. PRONATURA-SUR. [En línea] 24 de marzo de 2015. p.120-130.

RAFAEL, PEREZ CARMONA. 2010. *Instalaciones hidrosanitarias y de gas* . Bogotá : Ecoe Ediciones, 2010.

VERTEDERO RECTANGULAR DE PARED DELGADA. [En línea] [Citado el: 10 de 10 de 2017.] http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/medidores/vert_rect/index.html.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Zebley, D. 1973. Waste water treatment package plant having a modular ditch member. *Google Academic*. [En línea] 11 de septiembre de 1973. https://www.google.com/patents/US3757950?dq=settlement+aerobics+wastewater+treatment+plant+definition&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjf5pX-ji_XAhXK4iYKHWjLDsQQ6AEIjAA.