



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMESTICAS PARA EL SECTOR LANGASA Y  
JESUS DEL GRAN PODER, PARROQUIA MULLIQUINDIL-  
SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: JORGE LUIS JIMÉNEZ IDROVO**  
**TUTOR: ING. MARIO VILLACRÉS**

**Riobamba – Ecuador**  
**2017**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: el presente trabajo de titulación “**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA EL SECTOR LANGASA Y JESUS DEL GRAN PODER, PARROQUIA MULLIQUINDIL-SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO**” de responsabilidad del señor Jorge Luis Jiménez Idrovo ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada así su presentación.

**Ing. Mario Villacrés** .....  
**DIRECTOR DEL TRABAJO**  
**DE TITULACIÓN**

**Ing. José Usiña** .....  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

“Yo, Jorge Luis Jiménez Idrovo, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

---

JORGE LUIS JIMÉNEZ IDROVO

## **DEDICATORIA**

Gracias a mis padres por estar siempre presente, ya que son los pilares de mi vida, por su amor incondicional, motivándome a ser una persona mejor, sobre todo sus consejos, así, enseñándome el camino correcto a seguir, el estudio es la mejor herencia que un padre y una madre puede dar.  
**LES QUIERO MUCHO.**

Jorge

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirme y llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi padre por estar siempre presente y brindarme su apoyo incondicional, su amor y sus consejos los cuales me encaminaron a ser una persona mejor.

A mi madre por todo el esfuerzo y sacrificio que pudo brindarme, su amor, su comprensión todo el apoyo incondicional y sobre todo la confianza para poder lograr mis estudios universitarios.

A mi hermano y mi hermana por brindarme su apoyo a su manera por estar siempre presente en las buenas y en las malas en cada momento de mi vida.

Me gustaría agradecer al Ing. Mario Villacrés y la Ing. José Usíña por la guía y orientación q me supieron dar en el TRABAJO DE TITULACIÓN.

Jorge

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xiii
SUMMARY .....	xiii
CAPITULO 1.....	1
<b>1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Identificación del problema.....	1
1.2 Justificación del problema.....	1
1.3 Línea base del proyecto.....	2
1.3.1 Estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales .....	2
1.3.2 Métodos y Técnica.....	2
1.3.2.1 Métodos.....	2
1.3.2.2 Técnica.....	3
1.3.3 Método del muestro.....	3
1.3.4 Análisis y Caracterización del agua residual.....	4
1.3.4.1 Caracterización inicial .....	4
1.3.5 Pruebas de Tratabilidad.....	7
1.3.5.1 Filtración con zeolita y grava.....	7
1.3.5.2 Filtración con arena, grava fina, grava gruesa .....	9
1.4 Beneficiarios directos e indirectos .....	13
1.4.1 Directos.....	13
1.4.2 Indirectos.....	13
CAPITULO II.....	14
<b>2 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>14</b>
2.1 General .....	14
2.2 Específicos.....	14
CAPÍTULO III.....	15
<b>3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR.....</b>	<b>15</b>
3.1 Localización del proyecto .....	15
3.1.1 Macrolocalización.....	15
3.1.2 Microlocalización.....	16
3.1.3 Características propias del lugar.....	16
3.1.4 Riesgos naturales .....	17
3.2 Ingeniería del proyecto .....	18
3.2.1 Agua residuales.....	18
3.2.1.1 Aguas residuales según su procedencia .....	18
3.2.1.2 Tratamiento de aguas residuales.....	19

3.2.1.3	<i>Características de aguas residuales</i> .....	21
3.2.2	<b>Determinación de variables de diseño</b> .....	22
3.2.3	<b>Diseño de la cuenca del Río Langasa</b> .....	23
3.2.3.1	<i>Caracterización fisiográfica de la microcuenca del Río Langasa</i> .....	24
3.2.3.2	<i>Curva hipsométrica</i> .....	27
3.2.3.3	<i>Pendiente media</i> .....	29
3.2.3.4	<i>Método racional</i> .....	30
3.2.4	<b>Canal de captación</b> .....	31
3.2.4.1	<i>Dimensionamiento del canal de captación</i> .....	31
3.2.5	<b>Zona de desbaste</b> .....	33
3.2.5.1	<i>Dimensionamiento de rejillas</i> .....	34
3.2.6	<b>Desarenador convencional</b> .....	36
3.2.6.1	<i>Componentes</i> .....	37
3.2.6.2	<i>Dimensionamiento de un desarenador</i> .....	38
3.2.7	<b>Sedimentador con pantalla perforada</b> .....	46
3.2.7.1	<i>Dimensionamiento de un sedimentador con pantalla perforada</i> .....	47
3.2.8	<b>Filtro circular de flujo ascendente</b> .....	51
3.2.8.1	<i>Dimensionamiento de un filtro circular de arena ascendente</i> .....	52
3.2.9	<b>Lecho de secado</b> .....	58
3.2.9.1	<i>Dimensionamiento de un lecho de secado</i> .....	58
3.2.10	<b>Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento</b> .....	62
3.3	<b>Proceso de producción</b> .....	66
3.4	<b>Requerimiento de tecnología</b> .....	68
3.4.1	<i>Requerimientos tecnológicos para la caracterización de AR domésticas</i> .....	68
3.5	<b>Análisis de costo/beneficio del proyecto</b> .....	71
3.5.1	<i>Costos operacionales con respecto a las pruebas de tratabilidad</i> .....	71
3.5.2	<i>Beneficios del proceso de tratamiento físico</i> .....	72
3.5.2.1	<i>Porcentaje de remoción</i> .....	72
3.5.3	<i>Costos/ beneficio de implementación de la planta</i> .....	76
3.5.4	<i>Análisis del proyecto</i> .....	78
3.5.5	<i>Conclusiones</i> .....	80
3.5.6	<i>Recomendaciones</i> .....	81
3.6	<b>Cronograma de ejecución del proyecto</b> .....	82
3.7	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	83
3.8	<b>ANEXOS</b> .....	85

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>TULSMA</b>	Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental
<b>DBO</b>	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno (mg/L)
<b>P<sub>f</sub></b>	Población futura (hab)
<b>C<sub>r</sub></b>	Coefficiente de retorno (adimensional)
<b>Q<sub>diseño</sub></b>	Caudal de diseño (L/s)
<b>RH</b>	Radio hidráulico (m)
<b>h</b>	Altura del canal (m)
<b>b</b>	Ancho o base del canal (m)
<b>h<sub>max</sub></b>	Altura máxima (m)
<b>S<sub>p</sub></b>	Separación entre barras (mm)
<b>θ</b>	Ángulo de inclinación (grados)
<b>h<sub>PR</sub></b>	Pérdida de carga en la rejilla (m)
<b>β</b>	Coefficiente de pérdida (adimensional)
<b>v<sub>D</sub></b>	Velocidad de sedimentación (m/s)
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad (m/s <sup>2</sup> )
<b>d<sub>p</sub></b>	Diámetro de la partícula (m)
<b>μ<sub>agua</sub></b>	Viscosidad del fluido (m/s)
<b>ρ</b>	Densidad del fluido (kg/m <sup>3</sup> )
<b>N<sub>RE</sub></b>	Número de Reynolds (adimensional)
<b>t<sub>D</sub></b>	Tiempo de sedimentación (s)
<b>θ</b>	Periodo de retención (s)
<b>S<sub>t</sub></b>	Pendiente transversal (%)
<b>SS</b>	Sólidos suspendidos (mg/L)
<b>FA</b>	Flujo ascendente
<b>AR</b>	Agua residual
<b>C<sub>L</sub></b>	Contribución per-cápita (gss/hab.día)
<b>M<sub>sd</sub></b>	Masa del lodo (Kgss/día)

## ÍNDICE DE TABLAS



<b>Tabla 1-1</b>	Tipo de muestreo.....	3
<b>Tabla 2-1</b>	Cronograma de muestreo .....	4
<b>Tabla 3-1</b>	Caracterización físico, químico y microbiológico del agua residual cruda .....	4
<b>Tabla 4-1</b>	Caracterización físico, químico y microbiológico (Laboratorio UNACH).....	6
<b>Tabla 5-1</b>	Pruebas de filtración con zeolita y grava .....	8
<b>Tabla 6-1</b>	Primera filtración con arena-grava.....	10
<b>Tabla 7-1</b>	Segunda etapa de filtración con arena-grava .....	11
<b>Tabla 1-3</b>	Información geográfica.....	15
<b>Tabla 9-3</b>	Características principales contenidas en el agua residual.....	21
<b>Tabla 10-3</b>	Condiciones para la dotación de agua.....	23
<b>Tabla 11-3</b>	Parámetros para la caracterización fisiográfica de la microcuenca del Río Langasa .....	24
<b>Tabla 12-3</b>	Forma de la cuenca en los intervalos de Kc.....	25
<b>Tabla 13-3</b>	Datos cuantificados para la curva de hipsométrica .....	28
<b>Tabla 14-3</b>	Datos cuantificados para la pendiente media de la microcuenca del Río Langasa.....	30
<b>Tabla 15-3</b>	Datos cuantificados para estimar el caudal máximo de escorrentía.....	30
<b>Tabla 16-3</b>	Coefficiente de rugosidad.....	32
<b>Tabla 17-3</b>	Criterios de diseño para rejillas manuales.....	34
<b>Tabla 18-3</b>	Coefficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejas .....	36
<b>Tabla 19-3</b>	Propiedades del agua a 20 °C.....	38
<b>Tabla 20-3</b>	Criterio de diseño con respecto al caudal.....	47
<b>Tabla 21-3</b>	Criterios de diseño para un lecho poroso .....	54
<b>Tabla 22-3</b>	Criterios de diseño para el sistema de drenaje .....	55
<b>Tabla 23-3</b>	Criterios de diseño para tuberías .....	56
<b>Tabla 24-3</b>	Propiedades del lodo para el lecho.....	60
<b>Tabla 25-3</b>	Tiempo de digestión.....	60
<b>Tabla 26-3</b>	Criterios de diseño para lecho de secado .....	61
<b>Tabla 27-3</b>	Dimensiones del canal de captación .....	62
<b>Tabla 28-3</b>	Dimensiones de la zona de desbaste .....	62
<b>Tabla 29-3</b>	Dimensiones del desarenador convencional .....	63
<b>Tabla 30-3</b>	Dimensiones de un sedimentador con pantalla perforada.....	64
<b>Tabla 31-3</b>	Dimensiones de un filtro circular con flujo ascendente .....	64
<b>Tabla 32-3</b>	Dimensiones del lecho de secado.....	65
<b>Tabla 33-3</b>	Requerimiento tecnológico para obtener una muestra compuesta .....	71
<b>Tabla 34-3</b>	Requerimiento tecnológico para las pruebas de filtración .....	71
<b>Tabla 35-3</b>	Costos del medio granular.....	71

<b>Tabla 36-3</b>	Porcentajes de remoción con distintos lechos de filtración .....	74
<b>Tabla 37-3</b>	Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Filtración con zeolita y grava .....	8
<b>Figura 2-1</b>	Primera etapa de filtración con arena y grava .....	9
<b>Figura 3-1</b>	Segunda filtración con arena y grava .....	11
<b>Figura 4-1</b>	Límites geográficos .....	15
<b>Figura 5-1</b>	Ubicación específica del lugar de investigación.....	16
<b>Figura 6-1</b>	Aguas residuales por actividades domésticas y de limpieza .....	19
<b>Figura 1-3</b>	Curva hipsométrica.....	27
<b>Figura 8-3</b>	Cuenca hídrica del Río Langasa .....	28
<b>Figura 9-3</b>	Canal de captación hacia el sistema de tratamiento .....	31
<b>Figura 10-3</b>	Rejillas de limpieza manual y mecánica .....	34
<b>Figura 11-3</b>	Formas de rejillas .....	36
<b>Figura 12-3</b>	Desarenador convencional .....	37
<b>Figura 13-3</b>	Sedimentador con pantalla .....	46
<b>Figura 14-3</b>	Esquema de un filtro ascendente .....	52
<b>Figura 15-3</b>	Componentes del lecho .....	58
<b>Figura 16-3</b>	Lecho de secado .....	58
<b>Figura 17-3</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales .....	66
<b>Figura 18-3</b>	Corte longitudinal de la planta de tratamiento de aguas residual .....	67
<b>Figura 19-3</b>	Requerimientos tecnológicos para la caracterización de los parámetros físico químico y microbiológico .....	68
<b>Figura 20-3</b>	Cronograma de actividades para el proyecto de titulación.....	82

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1-1</b>	Caracterización físico, químico del agua residual cruda (Laboratorio ESPOCH) 5
<b>Gráfica 2-1</b>	Caracterización microbiológico del agua residual cruda (Laboratorio ESPOCH) 5
<b>Gráfica 3-1</b>	Caracterización físico, químico del agua residual (Laboratorio UNACH)..... 6
<b>Gráfica 4-1</b>	Caracterización microbiológica del agua residual (Laboratorio UNACH)..... 7
<b>Gráfica 5-1</b>	Filtración con zeolita ..... 9
<b>Gráfica 6-1</b>	Resultados de la primera filtración con arena y grava ..... 10
<b>Gráfica 7-1</b>	Resultados de la segunda filtración con arena y grava ..... 12
<b>Gráfica 8-1</b>	Resultados microbiológicos con las distintas filtraciones..... 12
<b>Gráfica 9-1</b>	Resultados de los parámetros de control..... 13
<b>Gráfica 1-3</b>	Curva hipsométrica ..... 29
<b>Gráfica 11-3</b>	Altitud más frecuente..... 29
<b>Gráfica 12-3</b>	Porcentaje de remoción filtro con arena-grava ..... 75
<b>Gráfica 13-3</b>	Porcentaje de remoción filtro con zeolita-grava ..... 75

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A.** Equipos y dispositivos para la caracterización del agua residual

**Anexo B.** Pruebas de tratabilidad con arena-grava

**Anexo C.** Caracterización inicial del agua residual

**Anexo D.** Caracterización luego de las pruebas de tratabilidad

**Anexo E.** Presupuesto total para construcción e implementación de la planta de tratamiento de AR

**Anexo F.** Planos de la Planta de Tratamiento de aguas residuales

## RESUMEN

El objetivo fue diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el sector Langasa y Jesús del Gran Poder, Parroquia Mulliquindil-Santa Ana, Cantón Salcedo. Las comunidades actualmente carecen de infraestructuras físicas sanitarias como plantas de tratamiento de aguas residuales. La elaboración del estudio y diseño de una planta de tratamiento, se dio de acuerdo a los parámetros físico-químicos y microbiológicos que exige la norma vigente TULSMA. Luego de los análisis se identificó los parámetros fuera de norma: Hierro, Color, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Detergentes, Coliformes fecales y Sólidos Suspendidos, consecuentemente se procedió a las pruebas de tratabilidad con lechos filtrantes arena-grava determinándose implementar una planta de tratamiento de aguas residuales convencional de: canal de captación –zona desbaste, seguida de un proceso de sedimentación mediante un cajón desarenador convencional, sedimentador con pantalla perforada, un filtro circular de flujo ascendente, para cuidado y protección del sistema, un cajón para el secado de lodos, este es uno de los sistemas más adecuados, convenientes al costo económico, para el tratamiento de aguas residuales especialmente para comunidades, urbanizaciones y barrios. El diseño se validó con una caracterización final del agua filtrada estos son: DBO5 64 mg/L, DQO 105 mg/L, Hierro 7 mg/L, Color 181 Und Co/Pt, Detergente 0,41 mg/L, Sólidos suspendidos 1 mg/L y Coliformes fecales 0,027 NMP/100ml, que cumple con todos requerimientos estructurales, estándares de calidad para la obtención de agua tratada que son descargadas directamente al Río Langasa y su entorno, su diseño disminuye la contaminación en los medios hídricos y su ecosistema. Se recomienda hacer un análisis de lodos (CREBIT) basados en la Norma, Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento (REPAMAR).

**Palabras clave:** TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <PLANTA DE TRATAMIENTO>, <AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA> <REJILLAS> <DESARENADOR CONVENCIONAL> <SEDIMENTADOR> <FILTRO CIRCULAR DE FLUJO ASCENDENTE>

## ABSTRACT

This research objective is to design a wastewater treatment plant for *Langasa* and *Jesús del Gran Poder, Mulliquindil Santa Ana* Parish, *Salcedo* Canton. These communities do not have sanitary infrastructure as wastewater treatment plants. This study and plant design is based according to chemical-physical and microbiological parameters demanded by the TULSMA (Unified Text of the Secondary Legislation of the Ministry of Environment) norm. After analyzing, it was possible to identify the parameters out of the norm such as: Iron, Color, Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD), detergents, fecal coliforms and suspended solids. Consequently, the treatability tests with filtering beds made of sand-gravel were carried out determining the implementation of a conventional wastewater treatment plant which consists of collection channel-screening area, sedimentation process by means of a conventional grit chambers, sedimentation tank with perforated screen, a circular rising-flow filter and a mud drying chamber for care and protection of the system. This is one of the cheapest system for communities, urbanizations and neighborhoods. The design was validated with a final characterization about filtered water as follows: BOD5 64mg/L, COD 105 mg/L, color 181 U/Co Pt, detergent 0.41 mg/L, suspended solids 1mg/L and fecal coliforms 0,027 MPN/100ml, structural requirements and quality standards required to get treated water discharged in *Langasa* river and its surroundings. This present design reduces pollution in hydric systems and ecosystem. It is recommended to analyze muds *CREBIT* (*Corrosive, Reactive, Explosive, Biological, Flammable and Toxic*) based on the Norm, Adequate Environmental Management of muds coming from *REPAMAR* (*Panamerican wastewater management net*)

Keywords:<ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES> <CHEMISTRY  
ENGINEERING><TREATMENT PLANT><DOMESTIC WASTEWATER><GRID><CONVENTIONAL  
GRIT CHAMBER><SEDIMENTATION TANK><CIRCULAR RISING-FLOW FILTER >

## **CAPITULO 1**

### **1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Identificación del problema**

El agua residual es un factor de contaminación más común debido a una serie de actividades humanas, de viviendas, servicios de limpieza ente otros, también se considera agua contaminada a un conjunto de agua que contenga materiales o partículas extrañas.

La población del sector Langasa y Jesús del Gran Poder, no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que esté acorde a la necesidad de mejorar la calidad de vida según la Organización Mundial de la Salud y a las normas que la rigen, y éstas aguas contaminadas producto de las actividades domésticas, agrícolas y ganaderas son vertidas directamente al Río Lagansa sin previo tratamiento, lo que ocasiona problemas de salubridad, contaminación del medio en sí, alteración en las fuentes hídricas y por ende la vida acuática por la acumulación de residuos sólidos.

#### **1.2 Justificación del problema**

El agua es el medio donde se desarrolla una infinidad de ecosistemas que pueden ser fácilmente alteradas por la contaminación inescrupulosa por parte del ser humano. Las agua residuales muy contaminadas son fuentes de nutrientes para organismos patógenos que causan múltiples enfermedades mortales, estas aguas no son aptas para consumo porque contienen sustancias tóxicas para la salud humana y de más especies (Metcalf & Eddy, 1995).

Con las especificaciones nombradas el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Salcedo trabaja por el beneficio de la población en cuanto a los recursos hídricos.

El presente trabajo de titulación pretende realizar recolección de datos y análisis parámetros físico-químicos y microbiológicas mediante el método de muestro para con esto proponer alternativas para dar solución a la problemática de aguas residuales generadas por el sector



Langasa y Jesús del Gran Poder mediante el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Por lo expuesto se justifica plenamente la realización “**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA EL SECTOR LANGASA Y JESUS DEL GRAN PODER, PARROQUIA MULLIQUINDIL-SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO**” por el bienestar social y fortalecer el manejo de aguas residuales para disminuir la contaminación del Río Lagansa y su entorno.

### **1.3 Línea base del proyecto**

#### *1.3.1 Estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales*

La evacuación de aguas residuales provenientes de las actividades domésticas y pluviales se desecha a través de los sistemas de alcantarillado del Sector Langasa y Jesús del Gran Poder hacia el Río Langasa sin previo tratamiento, lo que indica que ninguno de los sectores mencionados no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Al no dar una solución ocasionara problemas de diferentes índoles como: contaminación ambiental, ecosistemas y medios hídricos, enfermedades respiratorias y gastrointestinales, malos olores, contaminación visual entre otros.

#### *1.3.2 Métodos y Técnica*

##### *1.3.2.1 Métodos*

El diseño de una Planta de Tratamiento de aguas residuales presenta una serie de etapas para obtener agua tratada con los parámetros físico-químicos y microbiológicos dentro de los límites permisibles de la norma del TULSMA, Anexo 1, Tabla 9 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua según el acuerdo ministerial 097-A. Para el diseño se realizó distintos métodos de tratabilidad en base a métodos de inducción, deducción y experimentales donde se identificaron y se obtuvieron variables que permitieron su dimensionamiento.

El diseño experimental de este estudio se realizó con la toma de muestras de las aguas residuales domésticas, utilizando como métodos la inducción y deducción, ya que es necesario conocer el tipo de contaminantes presentes en las aguas residuales que son descargadas directamente a un cuerpo de agua dulce e identificar así cuales se encuentran fuera de norma para correcta selección del tratamiento que se ajuste a las necesidades del sector.

Para nuestra investigación tenemos una descarga directa del agua residual al Río Langasa, realizando toma de caudales y muestreos como método de inducción para ir de lo particular a lo general considerando factores como: observación, registro, análisis y clasificación de hechos con la finalidad tener una muestra promedio para realizar los análisis en el laboratorio.

(<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>).

El método deductivo en este estudio nos permitió dar solución al problema de los distintos parámetros que se encuentran fuera de la norma establecida en base a la deducción de los resultados de los análisis realizados de las aguas residuales.

La parte experimental es un método de investigación que permitió recopilar datos experimentales para comparar las mediciones de las variables y controlar cualquier cambio y por esta razón se lo hace antes y después del proceso de tratamiento de aguas residuales para el diseño de un sistema de tratamiento más adecuado para el sector Langasa y Jesús del Gran Poder haciendo que los parámetros cumplan con lo establecido en el Anexo 1, Tabla 9 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua según el acuerdo ministerial 097-A

#### *1.3.2.2 Técnica*

La caracterización físico – químico y microbiológica, se basan en las normas y técnicas que se encuentran establecidas en el manual de procedimientos Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, especificados en la última edición y el manual de Análisis de Agua.

#### *1.3.3 Método del muestro*

El tamaño de la muestra es una parte representativa esencial, válida y confiable que represente un costo mínimo para poder llevar a cabo la investigación para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

La selección de la muestra se realizó por un muestreo simple con la final de obtener una muestra compuesta y homogénea, lo que permitió obtener un cronograma de muestreo. Para el muestreo se considera las condiciones del lugar y el objetivo del proyecto.

**Tabla 1-1** Tipo de muestreo

Punto de muestreo	Muestra aleatoria	Muestra Simple	Muestra Compuesta
Descarga del Sector Langaza		XXX	X
Descarga del Sector Jesús del Gran Poder		XXX	X

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 2-1** Cronograma de muestreo

Lugar de muestreo	Descarga	Muestras simples	Muestras compuestas	Fecha Muestreo	Tiempo muestreo
Langaza	Río Langaza	24	2	25 de Octubre 26 de Octubre	7:00 am-7:pm
Jesús del Gran Poder	Río Langaza	24	2	25 de Octubre 26 de Octubre	7:00 am-7:pm
<b>TOTAL</b>		<b>48</b>	<b>4</b>		

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

### 1.3.4 Análisis y Caracterización del agua residual

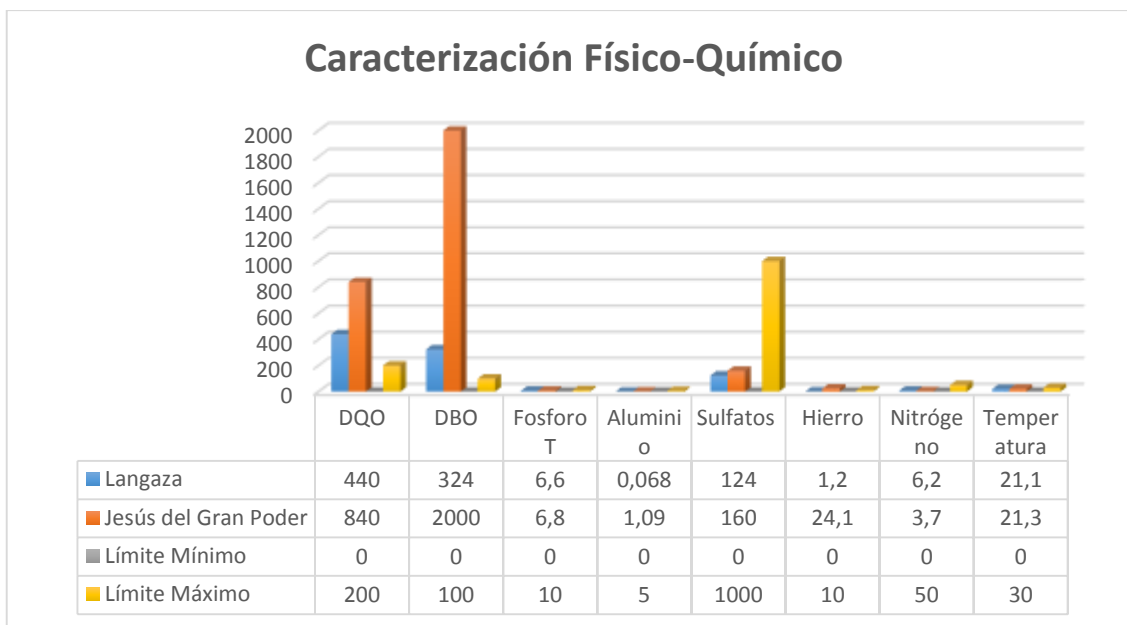
#### 1.3.4.1 Caracterización inicial

**Tabla 3-1** Caracterización físico, químico y microbiológico del agua residual cruda (Laboratorio ESPOCH)

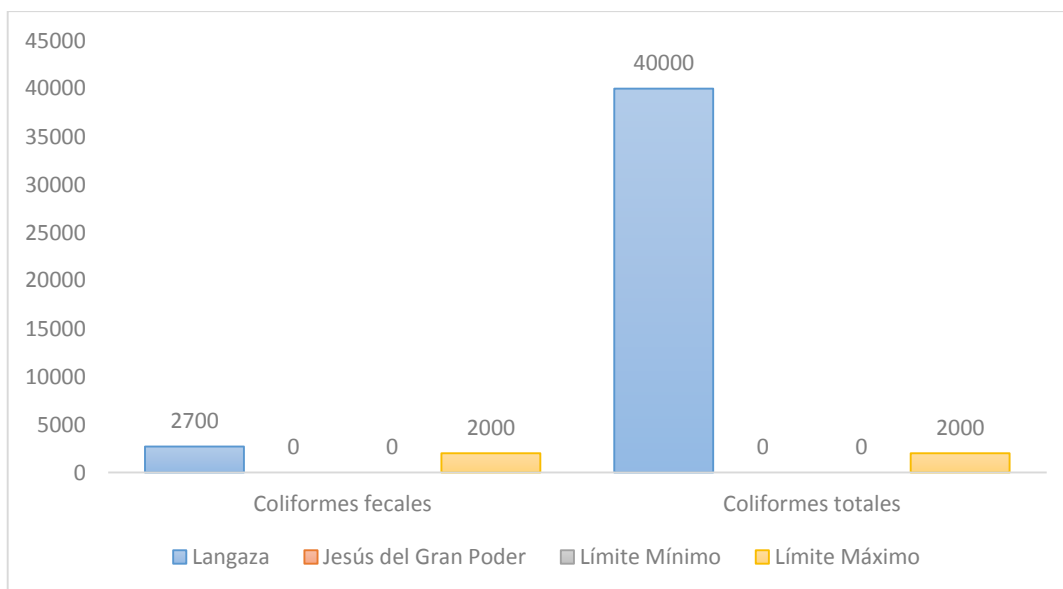
Parámetros	Unidad	Resultado-Langaza	Resultado-Jesús del GP	Límite máximo permisible 097-A
				TULSMA-Tabla 9
Ph	[H+]	7,85	7,37	
Conductividad	µSiems/cm	1,05	340	
Turbiedad	UNT	124	500	
Demanda química de oxígeno	mg/L	440	840	200
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	324	900	100
Fosforo total	mg/L	6,6	6,8	10,0
Aluminio	mg/L	0,068	1,09	5,0
Sulfatos	mg/L	124	160	1000
Hierro	mg/L	1,2	24,1	10,0
Nitrógeno total	mg/L	6,2	3,7	50,0
Temperatura	°C	21,1	21,3	Condición natural ±3

Coliformes fecales	NMP/100ml	2700	No	2000
Coliformes totales	NMP/100ml	40000	No	

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 1-1** Caracterización físico, químico del agua residual cruda (Laboratorio ESPOCH)  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 2-1** Caracterización microbiológico del agua residual cruda (Laboratorio ESPOCH)  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016

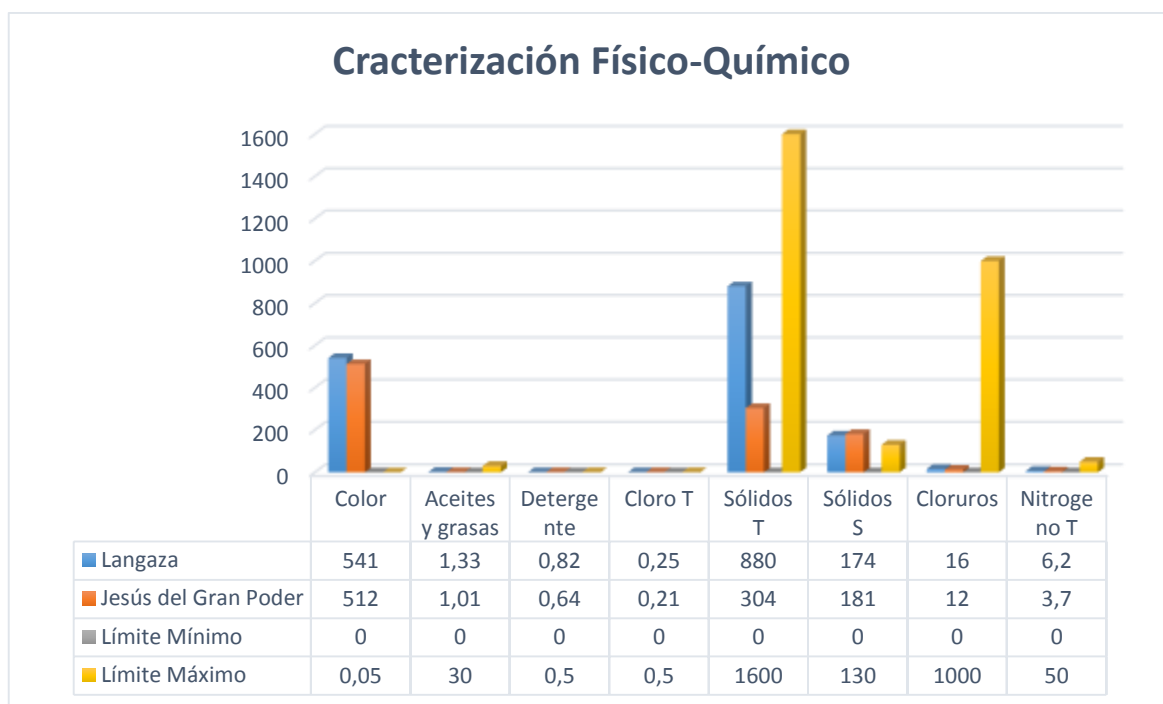
Los análisis realizados en el Laboratorio Técnico de la Facultad de ciencias arrojaron resultados con parámetros fuera de norma, así lo demuestra la Gráfica 1-1, Gráfica 2-1, y la Tabla 3-1. Los parámetros como DBO5, DQO, coliformes fecales (materia orgánica), hierro sobrepasan el rango establecido por la NORMA TULSMA TABLA 9. Acuerdo ministerial 097-A

**Tabla 4-1** Caracterización físico, químico y microbiológico (Laboratorio UNACH)

Parámetros	Unidad	Resultado- Langasa	Resultado- Jesús del GP	Límite máximo permisible, 097-A
				TULSMA-Tabla 9
pH	[H+]	7,85	7,37	
Conductividad	μSiems/cm	1,05	340	
Turbiedad	UNT	124	500	
Color	Und Co/Pt	541	512	Inapreciable en dilución 1/20
Aceites y grasas	mg/L	1,33	1,01	30,0
Detergentes	mg/L	0,82	0,64	0,5
Cloro total	mg/L	0,25	0,21	0,5
Sólidos totales	mg/L	880	304	1600
Sólidos suspendidos	mg/L	174	181	130
Cloruros	mg/L	16	12	1000
Nitrógeno total	mg/L	6,2	3,7	50,0
Coliformes fecales	NMP/100ml	2900	2700	2000
Coliformes totales	NMP/100ml	56000	46700	-

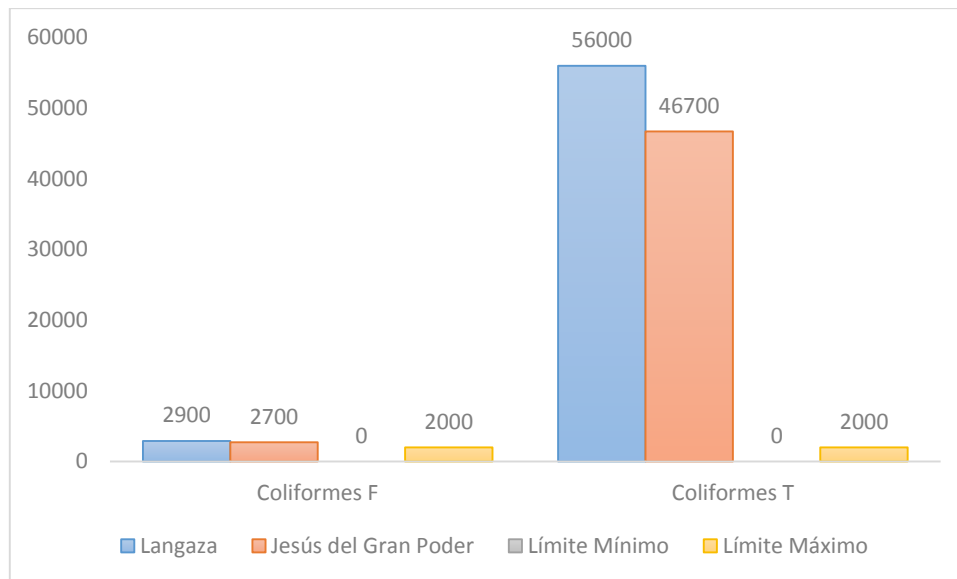
Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2015

Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 3-1** Caracterización físico, químico del agua residual (Laboratorio UNACH)

Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 4-1** Caracterización microbiológica del agua residual (Laboratorio UNACH)  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Los análisis que complementan son los efectuados en el Laboratorio de la UNACH, de igual forma los resultados son prominentes con respecto al Color, Detergentes, Sólidos suspendidos y Coliformes fecales, los valores de cada parámetro sobrepasa los límites permisibles de la NORMA TULSMA TABLA 9. Acuerdo ministerial 097-A. Visualizar Gráfica 3-1, Gráfica 4-1 y Tabla 4-1

### 1.3.5 Pruebas de Tratabilidad

Las pruebas de tratabilidad a nivel laboratorio se realizaron netamente de pruebas físicas. Con los resultados de la caracterización se optó por lechos porosos por el método de filtración.

La filtración consiste en hacer pasar el agua residual por las diferentes capas filtrantes de manera que los residuos contaminante orgánicos e inorgánicos quedan atrapados en el medio granuloso de distintos diámetros y capas de arena, grava y zeolita.

Al final del proceso se obtiene agua mucho más clarificada y menos contaminada lista para su reutilización. El agua tratada se puede usar para cultivos y ganado.

#### 1.3.5.1 Filtración con zeolita y grava

La filtración a nivel laboratorio se realiza en un envase de polietileno con zeolita-arena y se deja pasar el agua través del medio poroso con propósito de que los contaminantes existentes en el agua residual queden adheridos en el medio granuloso.



**Figura 1-1** Filtración con zeolita y grava

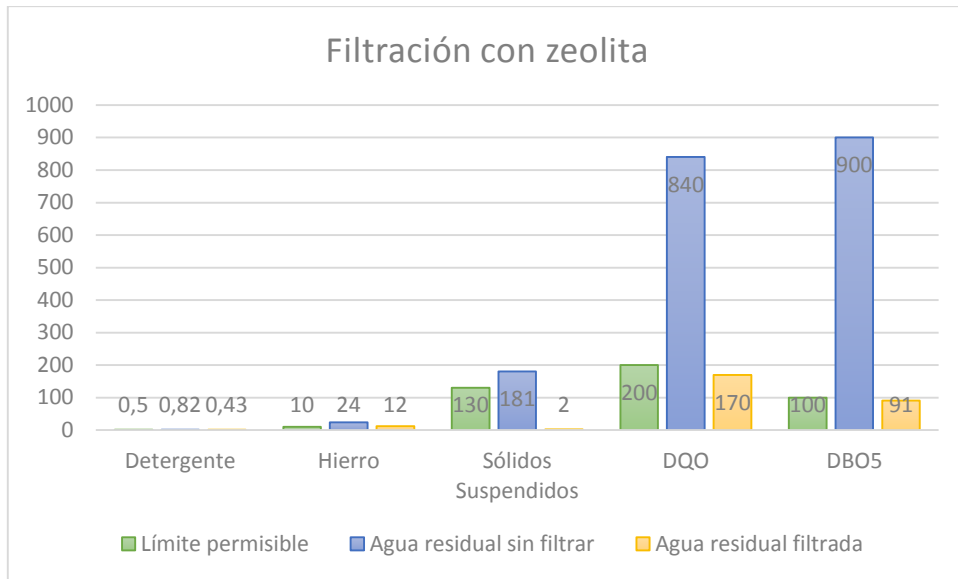
Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 5-1** Pruebas de filtración con zeolita y grava

Parámetros	UNIDADES	Agua residual sin filtrar	Agua residual filtrada	Límite máximo permisible, 097-A TULSMA-Tabla 9
Ph	[H+]	1,37	7,67	-
Turbiedad	UNT	500	100,0	-
Color	Und Co/Pt	512	300	Inapreciable en dilución 1/20
Conductividad	μSiems/cm	340	0,86	-
Detergentes	mg/L	0,82	0,43	0,5
Hierro	mg/L	24	12	10
Solidos suspendidos	mg/L	181	2	130
SAL	mg/L	-	0,4	
DQO	mg/L	840	170	200
DBO	mg/L	900	91	100
Coliformes fecales	NMP/100ml	2900	0,010	2000
Coliformes totales	NMP/100ml	5600	Ausente	-

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias

Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 5-1** Filtración con zeolita  
 Realizado por: Jiménez Jorge 2016

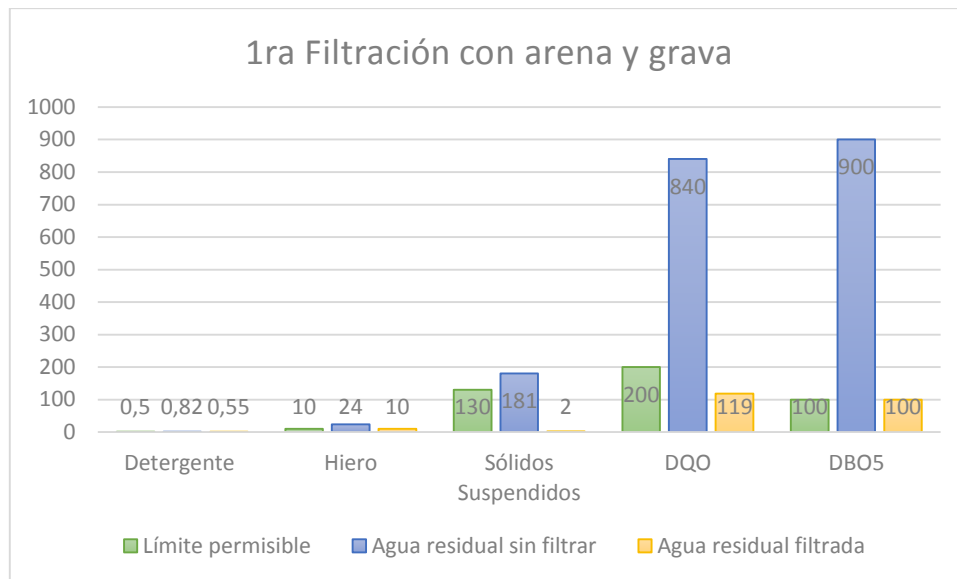
### 1.3.5.2 Filtración con arena, grava fina, grava gruesa

Las pruebas de tratabilidad para el agua residual doméstica se realizó por un proceso físico. En la primera etapa de filtración se colocó en un frasco de polietileno una base de grava gruesa, grava fina y arena fina luego se hizo pasar a través del medio poroso 500 mL de muestra con un tiempo de filtrado de 9: 47 min y la muestra saliente de 479 mL. La pérdida en volumen es de 4,2 % a nivel de laboratorio. Según la Figura 2-1 la turbiedad y el color del agua persiste por lo que requiere una segunda etapa de filtración.



**Figura 2-1** Primera etapa de filtración con arena y grava  
 Realizado por: Jiménez Jorge 2016





**Gráfica 6-1** Resultados de la primera filtración con arena y grava  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 6-1** Primera filtración con arena-grava

Parámetros	UNIDADES	Agua residual sin filtrar	Agua residual filtrada	Límite máximo permisible, 097-A TULSMA-Tabla 9
Ph	[H+]	7,37	7,87	-
Turbiedad	UNT	500	100	-
Color	Und Co/Pt	512	221	Inapreciable en dilución 1/20
Conductividad	μSiems/cm	340	0,77	-
Detergentes	mg/L	0,82	0,55	0,5
Hierro	mg/L	24	10	10
Solidos suspendidos	mg/L	181	2	130
SAL	mg/L	-	0,4	
DQO	mg/L	840	119	200
DBO	mg/L	900	100	100
Coliformes fecales	NMP/100ml	2900	400	2000
Coliformes totales	NMP/100ml	5600	Ausente	-

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Se realizó el mismo procedimiento para la segunda etapa con un volumen de 479 mL en un tiempo de filtración de 9,27 min obteniendo agua tratada 476 mL con pérdida de tan solo el 0,26% del volumen de agua. La clarificación del agua residual es notoria, y los parámetros están dentro de la norma establecida TULSMA.

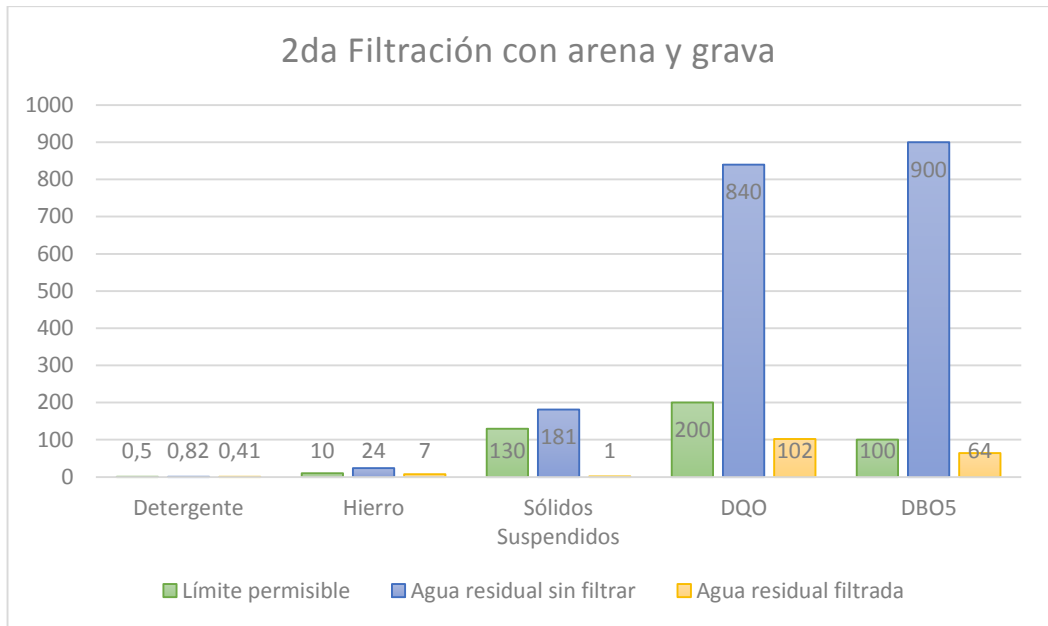


**Figura 3-1** Segunda filtración con arena y grava  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016

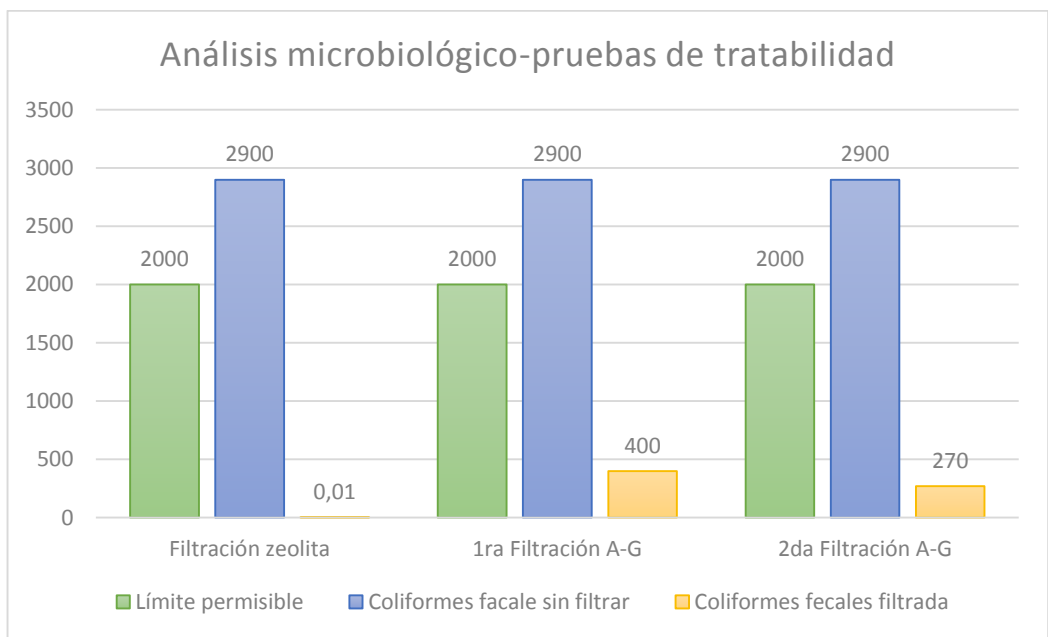
**Tabla 7-1** Segunda etapa de filtración con arena-grava

Parámetros	UNIDADES	Agua residual sin filtrar	Agua residual filtrada	Límite máximo permisible, 097-A TULSMA-Tabla 9
Ph	[H+]	7,37	7,33	-
Turbiedad	UNT	500	12,59	-
Color	Und Co/Pt	512	181	Inapreciable en dilución 1/20
Conductividad	μSiems/cm	340	0,84	-
Detergentes	mg/L	0,82	0,41	0,5
Hierro	mg/L	24	7	10
Solidos suspendidos	mg/L	181	1	130
SAL	mg/L	-	0,4	
DQO	mg/L	840	102	200
DBO	mg/L	900	64	100
Coliformes fecales	NMP/100ml	2900	270	2000
Coliformes totales	NMP/100ml	5600	Ausente	-

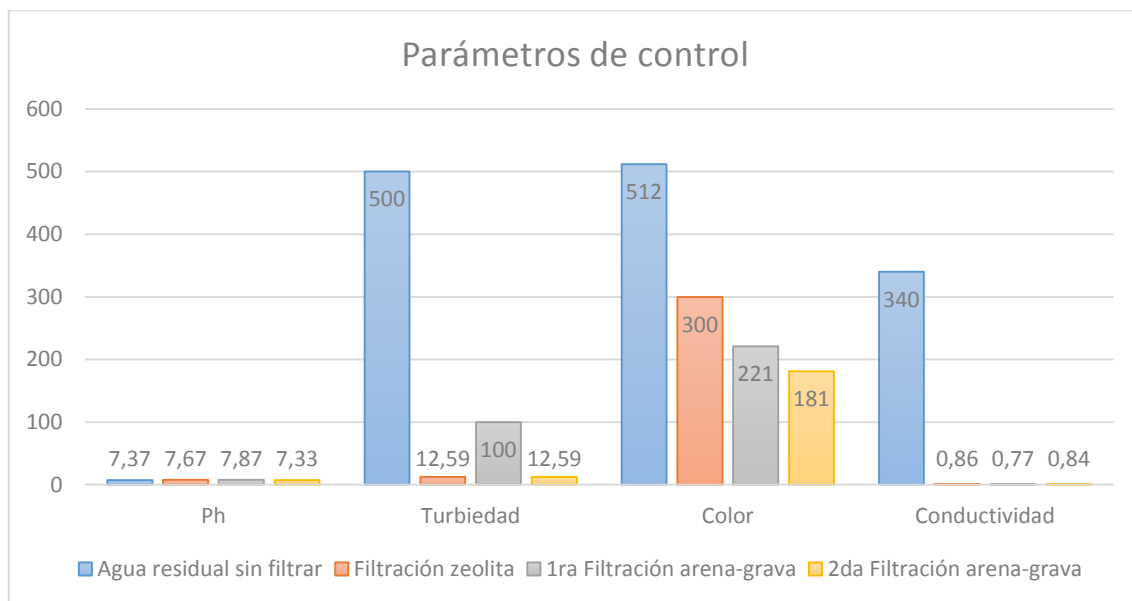
**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 7-1** Resultados de la segunda filtración con arena y grava  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 8-1** Resultados microbiológicos con las distintas filtraciones  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 9-1** Resultados de los parámetros de control  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016

Los parámetros de control son pH, turbiedad y color determina la calidad del agua tratada luego de un proceso de pruebas físicas. En las pruebas de filtración con distintas granulometrías disminuye los parámetros de turbiedad, color y conductividad que denota de manera cuantitativa y cualitativa de la clarificación del agua residual doméstica.

## 1.4 Beneficiarios directos e indirectos

### 1.4.1 Directos

El GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SALCEDO, PARROQUIA MULLIQUINDIL SANTA ANA es el beneficiario directo de la investigación técnica de una Planta de Tratamiento de aguas residuales por ser la institución que otorga el aval.

### 1.4.2 Indirectos

Los beneficiario indirectos, son los habitantes del sector Langasa y Jesús del Gran Poder de la parroquia Mulliquindil-Santa Ana, con 125 viviendas y cada familia está conformada de 5 integrantes dando un total 625 habitantes.

## **CAPITULO II**

### **2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1 General**

- Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el sector Langasa y Jesús del Gran Poder, Parroquia Mulliquindil-Santa Ana, Cantón Salcedo.

#### **2.2 Específicos**

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual proveniente del sector Langasa y Jesús Gran Poder, Parroquia Mulliquindil-Santa Ana, Cantón Salcedo basada en los límites establecidos por la norma TULSMA. Libro VI Anexo I. Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A
- Identificar las variables de diseño mediante los distintos métodos de tratabilidad más adecuado de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Desarrollar los cálculos de Ingeniería para el dimensionamiento de la Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Validar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales con la caracterización del agua tratada según las normas del TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A
- Estimar los costos que se requiere para la implementación y ejecución del proyecto del sistema de tratamiento de aguas residuales y los planos correspondientes.

## CAPÍTULO III

### 3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

#### 3.1 Localización del proyecto

##### 3.1.1 Macrolocalización

El sector Langasa y Jesús del Gran Poder en la parroquia Mulliquindil-Santa Ana la cual se encuentra ubicada en la parte Nor-Este del cantón Salcedo y su Centro Parroquial está a escasos 3.5 Km de la Cabecera Cantonal.

Los límites jurisdiccionales de la parroquia Mulliquindil son: por el Norte la parroquia Belisario Quevedo, al Este, Sur y Oeste limita con la parroquia de San Miguel de Salcedo. Sus límites geográficos son:

**Tabla 8-3** Información geográfica

<b>País</b>	<b>Ecuador</b>
<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Cantón</b>	Salcedo
<b>Parroquia</b>	Mulliquindil-Santa Ana
<b>Sector</b>	Langasa Jesús del Gran Poder

Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Figura 4-3** Límites geográficos

Fuente: ([https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n\\_Salcedo#/media/File:Parroquias\\_de\\_Salcedo.JPG](https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_Salcedo#/media/File:Parroquias_de_Salcedo.JPG))

### 3.1.2 *Microlocalización*

La ubicación geográfica que corresponde a las coordenadas de Longitud 776758.56 E-9883947.21N, comunidad Langasa y 776013.96E-9883572.59N, comunidad Jesús del Gran Poder mismas que se sitúan dentro de las estribaciones de las cordilleras oriental, debido a su cercanía con la cabecera cantonal de Salcedo se presume que la densidad poblacional se incrementara notablemente con el pasar del tiempo por ser zonas libres de riesgo especialmente por el volcán Cotopaxi que hace un año atrás atemorizo a los cantones de Latacunga y Salcedo.



**Figura 5-3** Ubicación específica del lugar de investigación

Fuente: (<https://www.google.com.ec/maps/@-1.0415411>)

Las dos comunidades Langasa y Jesús del Gran Poder se encuentran juntas geográficamente hablando, pertenecen a la parroquia San Miguel de Salcedo en el que se marcan con topografías similares alta, por tal motivo y aprovechando este tipo de topografía se puede hacer un diseño para una sola planta de tratamiento de aguas residuales y con esto optimizar recursos económicos.

Las dos comunidades son netamente agrícola del cantón Salcedo, está ubicada al lado nororiental dentro del cantón, ubicado a una cota promedio de 3000 msnm, sus habitantes han desarrollado actividades agrícolas principalmente ganaderas en menor escala.

### 3.1.3 *Características propias del lugar*

Flora: Las principales especies nativas de la zona son: eucaliptos, chilcos, yaguales y básicamente se encuentra pastos, cultivos de vicia, papas, habas, etc.

*Fauna:* En cuanto a la fauna encontramos las especies siguientes: entre las aves silvestres tenemos tórtolas, mirlo, pájaros y curiquingues. Aves domésticas gallinas, patos, palomas entre otros de corral y en animales vacunos, lanares y porcinos.

*Clima:* El clima general de la zona se considera de clima frío, para la zona del proyecto hemos obtenido los siguientes datos.

- Temperatura promedio 12°C
- Topografía predominante de la zona alta con pendiente máxima de hasta 18%.
- Teniendo una cota promedio de 3000msnm.

#### **3.1.4 Riesgos naturales**

El Cantón y la Provincia se encuentran marcadas morfológicamente por dos Cordilleras: la Occidental al Oeste y la Real al Este, que van definiendo una depresión entre las dos denominado el valle Interandino IAV.

Esta depresión presenta grandes fallas reactivadas debido a la sucesiva acreción de terrenos (Winkler, 2002). El análisis de Amenazas tiene por objetivo principal, identificar con cierto nivel de certeza las amenazas “reales” y potenciales, considerando parámetros antropogénicos y naturales relacionales como son: la frontera agrícola, infraestructura vial, riesgos volcánicos, Sismo tectónicas, hidrometeoro lógicas, inestabilidad de suelos, por movimiento de tierras influenciados por factores litológicos, pendiente y suelos.

Estas características hacen que las dos comunidades tengan una serie de riesgos naturales que se pueden resumir en:

- Lluvias fuertes que pueden provocar deslaves en ciertos sectores.
- Caída de ceniza como consecuencia de erupciones volcánicas, debido a la cercanía con el volcán Cotopaxi.



## **3.2 Ingeniería del proyecto**

### **3.2.1 Agua residuales**

Las aguas residuales también se conocen como aguas servidas, fecales o cloacales, son aquellas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, que fueron alteradas por diversas actividades y usos.

Las aguas residuales se puede definir, considerando las fuentes de generación, como la combinación de los desperdicios líquidos y los desperdicios acarreados por aguas que se remueven de residencias, instituciones y establecimientos comerciales, junto con agua escurrimientos de pantano, subterránea.

Las aguas residuales domésticas están constituidas por un elevado porcentaje de agua (cerca del 99%), y un pequeño porcentaje de solidos suspendidos (aproximadamente 0.1%). Aunque el porcentaje de los sólidos es pequeño es uno de los mayores problemas que se pueden presentar durante el tratamiento de las aguas.

#### **3.2.1.1 Aguas residuales según su procedencia**

Las aguas residuales tienen diversos orígenes de acuerdo a las distintas actividades:

Aguas residuales domésticas: Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales y establecimientos (<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>). Y estas se subdividen en:

- Aguas negras (provenientes de inodoros)
- Aguas grises (provenientes de la limpieza en general)



**Figura 6-3** Aguas residuales por actividades domésticas y de limpieza  
**Fuente:** (<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>)

Aguas residuales industriales: Estas aguas se caracterizan por ser provenientes de los diferentes procesos industriales, por lo cual su composición varía según el tipo de proceso industrial. (<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>)

Aguas residuales agrícolas y ganaderas: Estas aguas provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas y se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. (<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>)

Aguas lluvia: Se considera aguas residuales por mezcla que se efectúa al momento de mantener contacto con residuos líquidos y sólidos durante el arrastre hacia los sistemas de alcantarillado (<https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>)

### 3.2.1.2 Tratamiento de aguas residuales

Los procesos comunes para tratar el agua residual son: procesos físicos, químicos y biológicos.

Para un tratamiento físico tenemos:

- Desbastes o rejillas. Son unidades para separar partículas flotantes de gran tamaño, que podrían causar posibles obstrucciones y daños a los equipos de bombeo, válvula, accesorios y tuberías.
- Decantación o sedimentación. Tenemos desarenadores y sedimentadores cuya estructura geométrica generalmente es rectangular o circular para facilitar el depósito de materia en suspensión por acción de la gravedad. Las aguas en movimiento arrastran partículas

granulares y materia floculante. La efectividad de este proceso depende a la velocidad que ingresa el agua a la unidad.

- Filtración. Se considera con un proceso físico y biológico porque tiene como función remover compuestos orgánicos y de suspensión para clarificar y disminuir la turbiedad del agua. La filtración consiste en hacer pasar el agua a través de un medio poroso que pueda o retener algunas de sus impurezas. Este equipo es multifuncional cumple procesos de filtración, sedimentación, floculación de partículas y las formación de partículas gelatinosas producidas por microorganismo que se producen en el lecho filtrante. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 2002)

Para tratamientos físico-químico:

- Coagulación. Tiene como finalidad anular la carga eléctrica de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y partículas disueltas. Las sustancias químicas usadas en las coagulación son coagulantes (sulfato de aluminio y policloruro de aluminio), alcalinizantes (cal viva, carbonato de sodio, hidróxido de calcio y sodio), estas sustancias reducen la turbidez y la concentración bacteriológica (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 2002).
- Floculación. Ocurre luego del proceso de coagulación, las partículas gelatinosas se aglomeran y forman flóculos. Luego de la adición de sustancias químicas existen dos fases de floculación: mezcla rápida, distribuir de manera rápida uniforme por toda la masa líquida, con mezcladores mecánicos o hidráulicos y mezcla lenta con floculadores destinados a realizar una agitación moderada para que los flóculos se desarrollen bien (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 2002).
- Desinfección. También definida como cloración por el uso de cloro para eliminar organismos microbiológicos. La cloración se da con: cloro líquido, cal clorada e hipocloritos.

Para tratamientos biológicos

- Aireación. El tratamiento consiste en incrementar el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases. La aireación remueve gases disueltos (gas carbónico, gas sulfhídrico y cloro en exceso), sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos, sabores debido al hierro y magnesio, y descomposición de materia orgánica (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 2002).

- Pantanos artificiales. Son estructuras construidas por la mano del hombre con características semejantes a la de un ecosistema constituida de vegetación hidrófila, suelos y condiciones hídricas. Estos pantanos no están sujetas a limitaciones de vertidos de aguas residuales. El lecho impermeable es de grava arena, grava, arcilla y vegetación.
- Lecho de secado. Se trata de un proceso de deshidratación en un periodo de tiempo tomando en consideración las condiciones y temperaturas climáticas, es un proceso que se da luego de cualquier proceso sea físico o químico.

### 3.2.1.3 Características de aguas residuales

Las aguas residuales presentan diferentes características Físico-químicas que permiten un mejor manejo del agua para ser tratadas, de acuerdo a esto un adecuado y un preciso tratamiento para su diseño.

**Tabla 9-3** Características principales contenidas en el agua residual

<b>Características organolépticas</b>	
<b>Color</b>	Su color cambia de gris a negro por la descomposición de compuestos orgánicos.
<b>Olor</b>	Generación de gases por la descomposición de materia orgánica. Olores característicos Agua residual gris-olor peculiar Agua residual séptica-olor a sulfuro de hidrógeno.
<b>Características físicas</b>	
<b>Sólidos totales</b>	El método por evaporación y secado en una determinada muestra y a una temperatura de 130°C permite obtener sólidos totales.
<b>Sólidos suspendidos</b>	Una cantidad considera de sólidos suspendidos genera lodos sin previo tratamiento del agua residual.
<b>Sólidos sedimentables</b>	La cantidad de materia que se puede remover luego de tiempo de reposo de una hora en un cono imhoff.
<b>Turbidez</b>	La presencia de materia coloidal hace que el agua se torne poco clara y turbia.
<b>Temperatura</b>	Factor que influye en el desarrollo de los microorganismos mediante reacciones químicas en el medio acuático.
<b>Potencial de hidrogeno pH</b>	Parámetro que regula el crecimiento de biológico y la depuración de las aguas residuales.
<b>Características químicas</b>	
<b>Componentes orgánicos</b>	
<b>Aceites y grasas</b>	La presencia de grasas en el agua puede impedir procesos biológicos importantes.

<b>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)</b>	Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para su degradación. Generalmente la digestión de estos es durante los 5 días a una temperatura de 20°C.
<b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>	La cantidad de oxígeno necesario para oxidarse. Su oxidante químico más común el permanganato de potasio y/o el dicromato de potasio.
<b>Detergentes</b>	Tienen la capacidad de obstruir el paso del oxígeno, impidiendo el transporte del oxígeno hacia la superficie del agua
<b>Componentes inorgánicos</b>	
<b>Nitrógeno</b>	Las reacciones biológicas se dan únicamente con la presencia de nitrógeno. Así tenemos: Nitrógeno amoniacal, orgánico, nitritos nitratos entre otros.
<b>Fosfatos</b>	Es el elemento principal para el crecimiento de algas, su presencia se debe a los vertidos urbanos y domésticos.
<b>Hierro</b>	Es elemento responsable de la coloración del agua, frecuentemente esta como ion ferroso.
<b>Características biológicas</b>	
<b>Coliformes Fecales</b>	Los más comunes es <i>Escherichia coli</i> y ciertas especies como <i>Klesbiella</i> . Capaces de generar enfermedades sí, el agua residual pasa a ser una séptica.

Fuente: (Peña, 2015)

### 3.2.2 Determinación de variables de diseño

- Cálculo de la población futura por el método geográfico

El área de influencia del proyecto está para cubrir alrededor de 150 familias mismas que en promedio contarían con 5 miembros, resultando una población actual de 750 habitantes. La tasa de crecimiento es de 2,21% y los años de vida útil para la planta de tratamiento es 25 años recomendaciones de las normas EX – IEOS (GAD-SALCEDO, 2010).

$$P_f = P_a \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

**Ecuación 1**

**Dónde:**

$P_a$  = Población actual: 750 (*habitantes*)

$r$  = Tasa de crecimiento poblacional: 2,21 (%)

$n$  = Vida útil; 25 (*años*)

$$P_f = 750 \text{ habitantes} \left(1 + \frac{2,21}{100}\right)^{25}$$

$$P_f = 1295,37 = 1295 \text{ habitantes}$$

- Cálculo del caudal de diseño

Según la Tabla 10-3 de dotaciones notamos que para las dos comunidades objeto de nuestro estudio tenemos una dotación de agua potable que va entre 120 – 150 L/hab/día, se adoptara la dotación de 135 L/hab/día resultado de una media aritmética entre los dos valores mayor y menor y se adoptara un coeficiente de retorno del 70-85% dato tomado saneamiento ambiental del EX - IEOS.

$$Q_{diseño} = \frac{P_f * C_r * D_{agua}}{86400}$$

**Ecuación 2**

**Dónde:**

$P_f$  = Población actual (*habitantes*)

$C_r$  = Coeficiente de retorno: 70 (%)

$D_{agua}$  = Dotación de agua: 135 (*L/hab. día*), Tabla 10-3

$$Q_{diseño} = \frac{1295 \text{ hab} * 0,70 * 135 \text{ L/hab. día}}{86400}$$

$$Q_{diseño} = 1,41 \text{ L/s}$$

**Tabla 10-3** Condiciones para la dotación de agua

POBLACIÓN FUTURA	CLIMA	DOTACIÓN FUTURA (L/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 – 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

**Fuente:** (SENAGUA, Co. 10,70-610), Dotación de agua potable

Caudal total calculado = 1,41 L/s caudal estimado tomando en consideración que existe población flotante y se añadirá un valor de 10% como factor de seguridad dato tomado Dirección de Agua Potable y Alcantarillado GAD MUNICIPAL DE SALCEDO el caudal a ser tratado es de 1,55 L/S.

### 3.2.3 Diseño de la cuenca del Río Langasa

### 3.2.3.1 Caracterización fisiográfica de la microcuenca del Río Langasa

- Cálculo del ancho de la cuenca

$$W_C = A_C/L_C$$

**Ecuación 3**

**Dónde:**

$W_C$  = Ancho de la cuenca (Km)

$A_C$  = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

$L_C$  = Longitud de la cuenca (Km)

$$W_C = 19,3978 \text{ Km}^2 / 4,79 \text{ Km}$$

$$W_C = 4,11 \text{ Km}$$

**Tabla 11-3** Parámetros para la caracterización fisiográfica de la microcuenca del Río Langasa

Parámetros	Valor	Unidad
Área	19,3978	Km <sup>2</sup>
Longitud	4,79	Km
Perímetro	30	Km
Ancho máximo	5,74	Km
Longitud de las corrientes	16,35	Km
Cota máxima	3595,00	m.s.n.m
Cota mínima	2680,00	m.s.n.m
Elevación media	3137,5	m.s.n.m
Posición y orientación	ESTE-OESTE	

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

- Cálculo del coeficiente de forma para la cuenca hídrica

Las condiciones que deben cumplir son: Sí,  $R_f > 1$  Forma achatada, tiempos cortos (en minutos) para la formación de avenidas, y Sí,  $R_f > 1$  Forma alargadas, tiempos largos (días, semanas) para la formación de avenidas.

$$R_f = A_C/L_C^2$$

**Ecuación 4**

**Dónde:**

$R_f$  = Coeficiente de forma (*adimensional*)

$A_C$  = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>), Tabla 11-3

$L_C$  = Longitud de la cuenca (Km), Tabla 11-3

$$R_f = 19,3978 \text{ Km}^2 / (4,79 \text{ Km})^2$$

$$R_f = 0,871 \text{ adimensional}$$

El coeficiente de forma calculado es  $0,871 < 1$  entonces serán Forma alargadas, tiempos largos (días, semanas) para la formación de avenidas.

- Cálculo del coeficiente de compacidad

Es factor se conoce como índice de compacidad o de Gravelius, da una idea de la forma de la cuenca, se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo de la misma superficie.

$$K_C = 0,282 * P_C / (A_C)^{0,5}$$

**Ecuación 5**

**Dónde:**

$K_C$  = Coeficiente de compacidad (*adimensional*)

$A_C$  = Área de la cuenca (*Km*), Tabla 11-3

$P_C$  = Perímetro (*Km*), Tabla 11-3

$$K_C = 0,282 * 30 \text{ km} / (19,3978 \text{ Km})^{0,5}$$

$$K_C = 1,92 \text{ adimensional}$$

**Tabla 12-3** Forma de la cuenca en los intervalos de  $K_C$

<b>Kc</b>	<b>Forma</b>
<b>1-1,25</b>	Redonda a Oval Redonda
<b>1,25-1,5</b>	Oval Redonda a Oval Oblonda
<b>1,5-1,75</b>	Oval Oblonda a Rectangular Oblonda

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

Si  $K_C$  tiende a 1 habrá mayor tendencia a concentrar fuertes volúmenes de escurrimiento

- Cálculo del índice de alargamiento

Las condiciones que debe cumplir son las siguientes:

Sí,  $l_c > 1$  se trata de una cuenca alargada

Sí,  $l_c$  se aproxima a 1 presenta una red en forma de abanico



$$l_a = L_c/l_c$$

### Ecuación 6

**Dónde:**

$l_a$  = Índice de alargamiento (*adimensional*)

$l_c$  = Longitud máxima de la cuenca (*Km*), Tabla 11-3

$L_c$  = Longitud de la cuenca (*Km*), Tabla 11-3

$$l_a = 4,72 \text{ Km}/5,74 \text{ Km}$$

$$l_a = \mathbf{0,8 \text{ adimensional}}$$

El índice de alargamiento calculado es 0,8 se aproxima a 1 por lo que presentará una red en forma de abanico.

- Cálculo de la densidad de drenaje

Las condiciones para la densidad de drenaje son:

Sí,  $D_d$  se aproxima a 0,5 Km/Km<sup>2</sup> cuenca pobremente drenada

Sí,  $D_d > 0$  a 3,5 Km/Km<sup>2</sup> indica una red de drenaje eficiente

$$D_d = L_D/A_C$$

### Ecuación 7

**Dónde:**

$D_d$  = Densidad de drenaje (*Km/Km<sup>2</sup>*)

$A_C$  = Área de la cuenca (*Km*), Tabla 11-3

$L_D$  = Longitud de las corrientes (*Km*), Tabla 11-3

$$D_d = 16,35 \text{ Km}/19,3978 \text{ Km}^2$$

$$D_d = \mathbf{0,84 \text{ Km/Km}^2} = \mathbf{0,84 \text{ Km}^{-1}}$$

La densidad de drenaje obtenido es 0,84, este valor se encuentra entre 0,5-3,5 Km/Km<sup>2</sup> por lo que se considera pobremente drenada siendo una valor más cercano a 0,5.

- Cálculo de la constante de estabilidad del río

Este cálculo es inverso a la densidad de drenaje.

$$C_R = A_C/L_D$$

**Ecuación 8**

**Dónde:**

$C_R$  = Constante de estabilidad del río (Km)

$A_C$  = Área de la cuenca (Km), Tabla 11-3

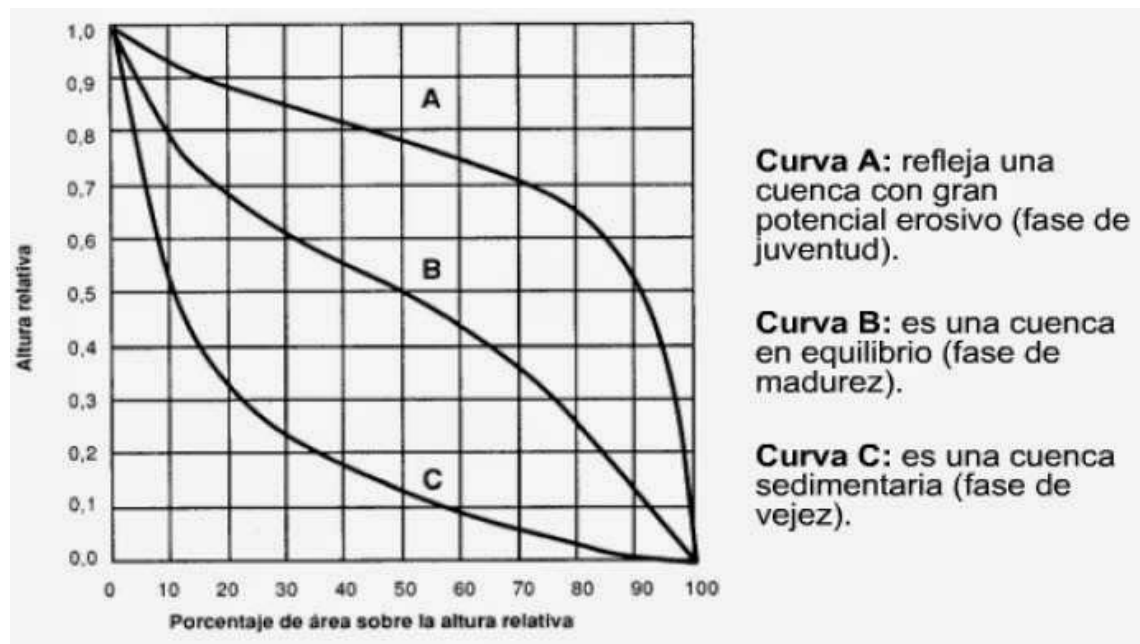
$L_D$  = Longitud de las corrientes (Km), Tabla 11-3

$$C_R = 19,3978 \text{ Km}^2 / 16,35 \text{ Km}$$

$$C_R = 1,19 \text{ Km}$$

### 3.2.3.2 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica consiste indica el porcentaje del área de la cuenca a diferentes niveles topográficos para comparar características de almacenamiento y flujo entre las cuencas existentes. La curva se describe de tres formas más sencillas en la siguiente figura.

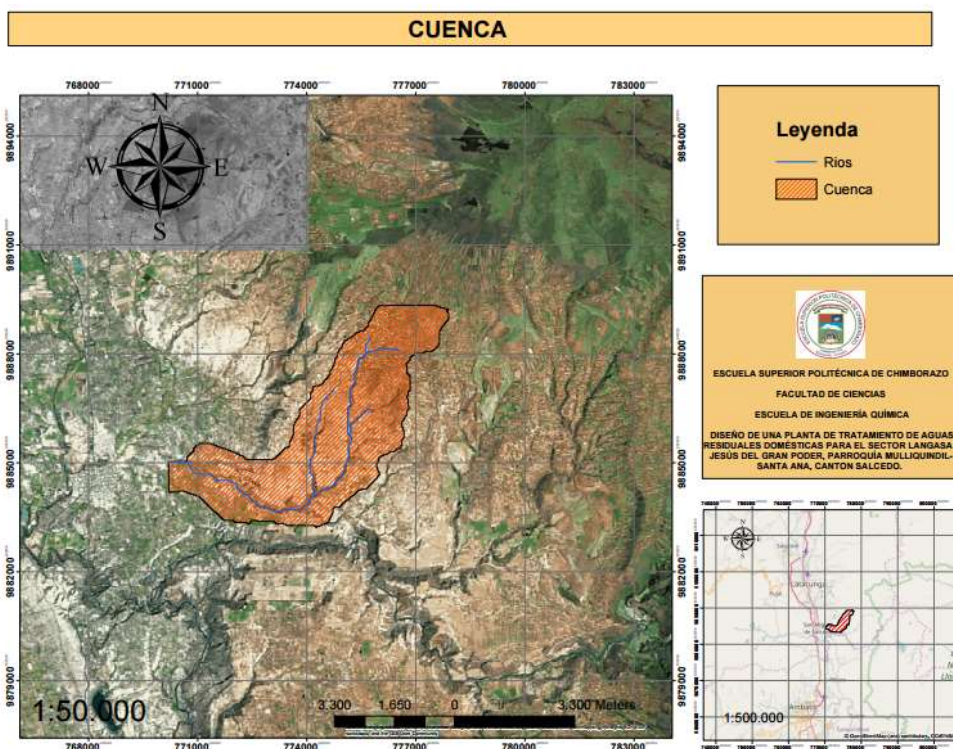


**Figura 7-3** Curva hipsométrica

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: <http://www.ingeciv.com/que-es-una-curva-hipsometrica/>

Para la obtención de áreas entre curvas aplicamos una estadística zonal a través Spatial Analyst Tools, seguido de Zonal y por último Zonal Statistics as Table. Ya con los datos que arroja el programa se procede a la elaboración de las respectivas gráficas con el uso de Excel.



**Figura 8-3** Cuenca hídrica del Río Langasa

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

**Tabla 13-3** Datos cuantificados para la curva de hipsométrica

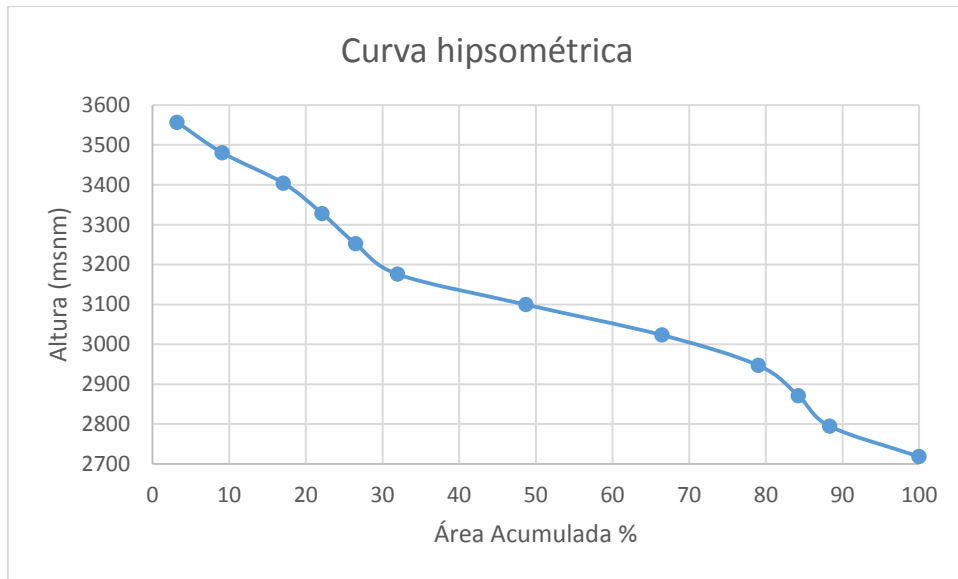
No	Cotas			Área			
	Minima	Maxima	Promedio	Área etre curvas	Acumulado	% Acum	% Intervalo
1	2680,00	2756,23	2718,11	2253335,46	19358164,7825	100,00	11,6
2	2756,25	2832,49	2794,37	795157,70	17104829,3196	88,36	4,1
3	2832,73	2908,67	2870,70	1010464,33	16309671,6174	84,25	5,2
4	2908,92	2985,00	2946,96	2434441,76	15299207,2843	79,03	12,6
5	2985,04	3061,25	3023,14	3430915,05	12864765,5216	66,46	17,7
6	3061,27	3137,48	3099,37	3245145,07	9433850,4704	48,73	16,8
7	3137,60	3213,66	3175,63	1057878,43	6188705,4005	31,97	5,5
8	3213,77	3289,97	3251,87	848790,04	5130826,9717	26,50	4,4
9	3290,02	3366,19	3328,10	977041,28	4282036,9318	22,12	5,0
10	3366,26	3442,47	3404,36	1546787,71	3304995,6497	17,07	8,0
11	3442,52	3518,73	3480,63	1132497,33	1758207,9397	9,08	5,9
12	3518,80	3595,00	3556,90	625710,61	625710,6063	3,23	3,2

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

La cueca del Río Langasa está en la etapa o fase de madurez, es decir, es una cuenca en equilibrio así lo afirma la descripción en la Figura 7-3

La altura de frecuencia en la curva hipsométrica en el punto de 50% del área acumulada es de 3122,17 m.s.n.m.

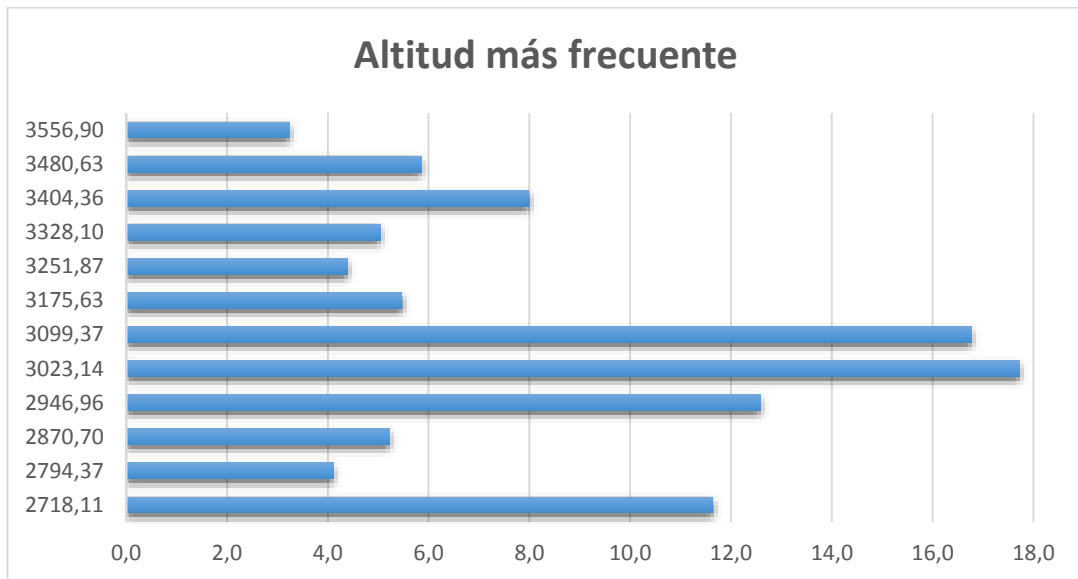


**Gráfica 10-3** Curva hipsométrica

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

La altitud más frecuente y máxima en la curva hipsométrica es de 3023,14 m.s.n.m y 3430915,0512 m.s.n.m.



**Gráfica 11-3** Altitud más frecuente

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

### 3.2.3.3 Pendiente media

Según datos topográficos no es suficiente medir la pendiente media de la cuenca principal, sin embargo es necesario medir la pendiente media de toda la superficie. En esencia indica el grado de rugosidad que tiene el suelo de la cuenca.

**Tabla 14-3** Datos cuantificados para la pendiente media de la microcuenca del Río Langasa

No	Rango de pendientes			Número de ocurrencias	Número de ocurrencias prom.
	Inferior	Superior	Promedio		
1	0,00	3,64	1,820	7369	13409,04341
2	3,64	7,28	5,460	3896	21270,32283
3	7,28	10,92	9,099	5204	47353,30264
4	10,92	14,56	12,739	3343	42585,0992
5	14,56	18,20	16,377	1883	30838,08377
6	18,20	21,84	20,020	1173	23483,55898
7	21,84	25,48	23,658	785	18571,71491
8	25,48	29,11	27,297	581	15859,83123
9	29,12	32,74	30,928	433	13391,64787
10	32,76	36,37	34,565	151	5219,274471
11	36,43	39,91	38,171	67	2557,475243
12	40,15	43,68	41,912	20	838,2400513
			<b>TOTAL</b>	<b>24905,000</b>	<b>235377,5946</b>
			<b>Pendiente media %</b>		<b>9,45</b>

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

### 3.2.3.4 Método racional

Es un método hidrometeorológico que estima el caudal máximo de escorrentía de una cuenca en un determinado periodo de tiempo.

Se obtiene como resultado un caudal máximo para cada periodo de retorno.

**Tabla 15-3** Datos cuantificados para estimar el caudal máximo de escorrentía

coef. Escorrentía	tr años	idtr	tc (min)	itr (mm/h)	caudal pico (m <sup>3</sup> /s)
0,39	2	1,1	24,73	32,93	69,21
0,42	5	1,39		41,62	94,18
0,44	10	1,62		48,50	114,99
0,48	25	1,88		56,29	145,58
0,51	50	2,07		61,97	170,31
0,54	100	2,25		67,36	196,01

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

Fuente: Ing. Stalin Flores

### 3.2.4 Canal de captación

La captación de aguas residuales hacia un sistema de tratamiento o depuradora se hace mediante un canal rectangular considerando las características topográficas de la zona.

Se implementa el diseño para un tratamiento preliminar, es decir, antes de cualquier otro sistema, para su dimensionamiento se toma en cuenta algunos elementos como: coeficiente de rugosidad, tipo de material, velocidad de flujo, pendiente del canal y una sección geométrica.



**Figura 9-3** Canal de captación hacia el sistema de tratamiento  
Fuente: (Lozano-Rivas, 2007)

#### 3.2.4.1 Dimensionamiento del canal de captación

- Cálculo del radio hidráulico

Estas dimensiones se han adoptado de acuerdo a los diseños de la Dirección de Agua Potable del Gad Salcedo

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

**Ecuación 9**

**Dónde:**

$RH$ = Radio hidráulico (m)

$h$ = Altura del canal: 0,50 (m)

$b$ =Ancho del canal: 0,40 (m)

$$RH = \frac{0,50 \text{ m} * 0,40 \text{ m}}{0,50 \text{ m} + 2 * 0,40 \text{ m}}$$

$$RH = 0,15 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad del flujo

$$v = \frac{1}{n} RH^{2/3} S^{1/2}$$

**Ecuación 10**

**Dónde:**

$RH$  = Radio hidráulico ( $m$ )

$S$  = Pendiente: 0,02 (%)

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning: 0,013 (*adimensional*), Tabla 16-3

$$v = \frac{1}{0,013} (0,15m)^{2/3} (0,0002)^{1/2}$$

$$v = 0,31 \text{ m/s}$$

**Tabla 16-3** Coeficiente de rugosidad

Material	n	1/n
Ladrillos de mortero de cemento	0,020	50,00
Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes rugosas	0,015	66,67
Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas	0,013	76,92
Ladrillos, paredes rugosas	0,015	66,67
Ladrillos, paredes bien construidas	0,013	76,92
Tablas, con crecimiento de algas/musgos	0,015	66,67
Tablas bastante derechas y sin vegetación	0,013	76,92
Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas	0,011	90,91
Membrana de plástico sumergida	0,027	37,04

Fuente: ([ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6708s/x6708s08.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6708s/x6708s08.htm))

- Cálculo del área del canal de captación

El caudal de diseño es de 1,55 L/s o 0,00155 m<sup>3</sup>/s

$$A = b * h$$

**Ecuación 11**

**Dónde:**

$b$  = Ancho del canal: 0,50 ( $m$ )

$h$  = Altura del canal: 0,40 ( $m$ )

$$A = 0,50 \text{ m} * 0,40 \text{ m}$$

$$A = 0,2 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la altura máxima de agua

Para la dimisión de un canal abierto tenemos  $h=b/2$ , en tanto que,  $b=2h$ , entonces:

$$A = b * h$$

$$A = 2h * h$$

$$A = 2h^2$$

$$h_{max} = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

**Ecuación 12**

**Dónde:**

$A$  =Área del canal ( $m^2$ )

$b$  =Ancho del canal ( $m$ ),

$$h_{max} = \sqrt{\frac{0,20 m^2}{2}}$$

$$h_{max} = 0,32 m$$

### 3.2.5 Zona de desbaste

Los elementos flotantes de gran tamaño como palos, piedras, trozos de madera, desechos plasticos deben ser retenidos en la zona de desbaste, su instalación son de características metálicas acorde al tipo de agua que pasará a través de ella. “El tamaño de los barrotes usados en las rejillas, dependerá del tamaño de los materiales que se pretende retener, con el fin de que sean lo suficientemente fuertes para que no se deformen” (UNAD). Las rejillas son empleadas para proteger contra obstrucciones de los accesorios, bombas, tuberías y el resto de los equipos en la planta.

Las rejillas se clasifican en:

*Rejillas de limpieza manual:* “Se instalan en depuradoras pequeñas y son inclinadas para facilitar las labores de limpieza del operario, quien retira los sólidos retenidos en la rejilla con ayuda de un rastrillo u otra herramienta similar dentada y los dispone temporalmente en una lámina perforada o canastilla, conocida como depósito escurridor, para eliminar el agua. Posteriormente, estos desechos se llevan a incineración o a un relleno sanitario” (UNAD).



*Rejillas de limpieza mecánica:* “Suelen instalarse en depuradoras grandes cuyos grandes caudales arrastran ingentes cantidades de materiales gruesos de forma permanente, que no podrían ser evacuados manualmente” (UNAD).



**Figura 10-3** Rejillas de limpieza manual y mecánica

Fuente: ([http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_8\\_desbaste.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_8_desbaste.html))

### 3.2.5.1 Dimensionamiento de rejillas

- Cálculo del número de barras

$$N_B = \frac{b - S_p}{e + S_p}$$

**Ecuación 13**

**Dónde:**

$N_{BR}$  = Número de barras ( $m$ )

$b$  = Ancho del canal: 50 ( $m$ )

$e$  = Espesor de barra: 10 ( $mm$ ), Tabla 17-3

$S_p$  = Separación entre barras: 20 ( $mm$ ), Tabla 17-3

$$N_B = \frac{0,50 m - 0,02 m}{0,010 m + 0,02 m}$$

$$N_B = 16 \text{ unidades}$$

**Tabla 17-3** Criterios de diseño para rejillas manuales

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:			
Anchura	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras	Mm	25-50	15-75

Pendiente en relación a la vertical	Grados	30-45	0-30
Velocidad de aproximación	m/s	0,30-0,60	0,6-1,1
Perdida admisible	Mm	150	150

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

- Cálculo de la longitud de barras

$$L_B = \frac{h_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

**Ecuación 14**

**Dónde**

$h_{max}$  = Altura máxima de agua (m)

$\theta$  = Angulo de inclinación: 45 (gardos), Tabla 17-3

$$L_B = \frac{0,32 \text{ m}}{\text{Sen } 45}$$

$$L_B = 0,45 \text{ m}$$

- Cálculo del nivel máximo de agua en la rejilla

$$N_{max} = \frac{Q_{diseño}}{v * b}$$

**Ecuación 15**

**Dónde:**

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$N_{max} = \frac{0,00155 \text{ m}^3/s}{0,31 \text{ m/s} * 0,50 \text{ m}}$$

$$N_{max} = 0,010 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud sumergida

$$L_{SR} = \frac{N_{max}}{\text{Sen}\theta}$$

**Ecuación 16**

**Dónde**

$N_{max}$  = Nivel máxima de agua (m)

$\theta$  = Angulo de inclinación: 45 (gardos), Tabla 17-3

$$L_{SR} = \frac{0,010 \text{ m}}{\text{Sen}45}$$

$$L_{SR} = 0,014 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida de carga en la rejilla

$$h_{PR} = \beta \left( \frac{e}{S_p} \right)^{3/2} \frac{v^2}{2g} \text{sen}\theta$$

Ecuación 17

**Dónde:**

$g$  = Gravedad ( $m/s^2$ )

$\beta$  = Coeficiente de pérdida, Tabla 18-3

$h_{PR}$  = Pérdida de carga en la rejilla (*adimensional*)

$e$  = Espesor de barra ( $m$ ), Tabla 17-3

$S_p$  = Separación entre barras ( $m$ ), Tabla 17-3

$v$  = Velocidad de aproximación del flujo hacia las rejillas ( $m/s$ )

$\theta$  = Pendiente en relación a la vertical (*grados*), Tabla 17-3

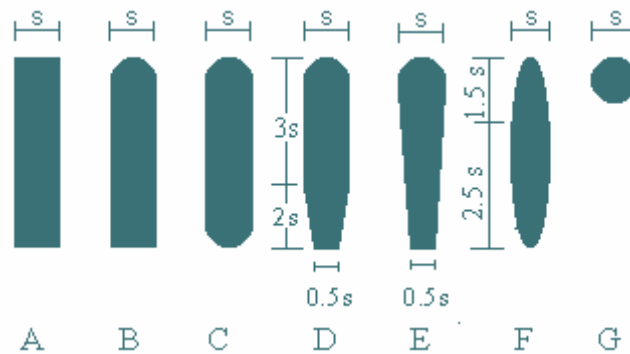
$$h_{PR} = 1,79 \left( \frac{0,01 \text{ m}}{0,020 \text{ m}} \right)^{3/2} \frac{(0,31 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \text{sen}45$$

$$h_{PR} = 0,0039 \text{ m}$$

**Tabla 18-3** Coeficiente de pérdida de acuerdo a la forma de las rejas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (RAS, 2000)



**Figura 11-3** Formas de rejillas

Fuente: (RAS, 2000)

### 3.2.6 Desarenador convencional

El desarenador tiene como finalidad la separación de sólidos relativamente gruesos, el agua cruda transporta básicamente arcilla, arena y grava fina hacia la planta de tratamiento desde la fuente de captación.

La implementación del desarenador evita que se depositen en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento (UNATSABAR, 2005).



**Figura 12-3** Desarenador convencional

Fuente: (<http://angeltanatos.blogspot.com/p/acueducto.html>)

#### 3.2.6.1 Componentes

- Zona en la cámara de quietamiento o de control: Disipa la energía y reduce la velocidad del flujo en la tubería de entrada
- Zona de entrada: Ubicada entre la cámara de quietamiento y una cortina, que obliga a las líneas de flujo a descender con rapidez, sedimentando el material más grueso (UNATSABAR, 2005).
- Zona de desarenación: Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad (UNATSABAR, 2005).
- Zona de salida: Constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección, que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas (UNATSABAR, 2005).
- Zona de lodos: El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado (UNATSABAR, 2005).

El sistema de desarenadores debe estar constituido por un mínimo de dos módulos que funcionen en paralelo, con el fin de permitir una mejora en la operación del sistema cuando alguno de ellos esté fuera de servicio por razones de limpieza. Para caudales pequeños, se podrá emplear una unidad la misma que debe ajustarse a un canal de by-pass para mantenimiento” (BETIN, 2009).

### 3.2.6.2 Dimensionamiento de un desarenador

- Cálculo de la velocidad de sedimentación de la partícula

En un caudal de régimen laminar se aplica la fórmula general de Stokes, esencialmente para partículas de arena <01 mm.

$$v_D = \frac{90 (d_p)^2}{\mu_{agua}}$$

**Ecuación 18**

**Dónde:**

$g$  = Aceleración de la gravedad: 981 ( $cm/s^2$ )

$d_p$  = Diámetro de la partícula: 0,003 ( $cm$ ), Tabla 19-3

$\mu_{agua}$  = Viscosidad del fluido a 20 °C: 0,01009 ( $g/cm.s$ ), Tabla 19-3

$$v_D = \frac{90 (0,003 \text{ cm})^2}{0,01009 (g/cm.s)}$$

$$v_D = 0,0803 \text{ cm/s} = 0,000803 \text{ m/s}$$

**Tabla 19-3** Propiedades del agua a 20 °C

Condiciones	Temperatura °C	Valor
Densidad del agua ( $g/cm^3$ )	20	0,9982
Viscosidad del agua ( $g/cm.s$ )	20	0,01009
*Diámetro de la partícula ( $cm$ )	-	0,003

**Fuente:** Separata de Operaciones Básicas de Ingeniería Química UCE, 1993 \* (UNATSABAR, 2005)

- Cálculo del número de Reynolds

$$N_{RE} = \frac{v_s * d_p * \rho}{\mu}$$

**Ecuación 19**

**Dónde:**

$v_s$  = Velocidad de sedimentación ( $cm/s$ )

$d_p$  = Diámetro de la partícula: 0,003 ( $cm$ ), Tabla 19-3

$\mu_{agua}$  = Viscosidad del fluido a 20 °C: 0,01009 ( $g/cm \cdot s$ ), Tabla 19-3

$\rho$  = Densidad del fluido a 20 °C: 0,9982 ( $g/cm^3$ ), Tabla 19-3

$$N_{RE} = \frac{0,0803 \text{ cm/s} * 0,03 \text{ cm} * 0,9982 \text{ g/cm}^3}{0,01009 \text{ g/cm} \cdot s}$$

$$N_{RE} = 0,024 \text{ flujo laminar}$$

La sedimentación de arena fina ( $d < 0,01 \text{ cm}$ ) se realiza en régimen laminar con valores del número de Reynolds menores de 1 ( $Re < 1$ ) (UNATSABAR, 2005).

- Cálculo del tiempo de sedimentación de la partícula

La altura de la unidad será de 1,80 m asumida de acuerdo a las sugerencias de GAD de Salcedo

$$t_D = \frac{H_D}{v_D}$$

**Ecuación 20**

**Dónde:**

$v_D$  = Velocidad de sedimentación ( $m/s$ )

$H_D$  = Altura de la unidad: 1,80 ( $m$ )

$$t_D = \frac{1,80 \text{ m}}{0,000803 \text{ m/s}}$$

$$t_D = 2241,59 \text{ s} = 37 \text{ min}$$

- Cálculo del periodo de retención

Tiempo en que tarda la partícula del agua en entrar y salir.

$$\theta = 3 * t_D$$

**Ecuación 21**

**Dónde:**

$t_D$  = Tiempo de sedimentación ( $h$ )

$$\theta = 3 * 37 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$\theta = 1,85 \text{ h}$$

- Cálculo del volumen del tanque

$$V_D = \theta * Q_{diseño}$$

**Ecuación 22**

**Dónde:**

$\theta$  = Periodo de retención (h)

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$V_D = 1,85 \text{ h} * 5,58 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_D = 10,32 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área superficial del tanque

$$A_D = \frac{V_D}{H_D}$$

**Ecuación 23**

**Dónde:**

$V_D$  = Velocidad de sedimentación ( $m^3$ )

$H_D$  = Altura de la unidad: 1,80 (m)

$$A_D = \frac{10,32 \text{ m}^3}{1,80 \text{ m}}$$

$$A_D = 5,73 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del desarenador

$$b_D = \sqrt{\frac{A_D}{4}}$$

**Ecuación 24**

**Dónde:**

$A_D$  = Área del desarenador ( $m^2$ )

$$b_D = \sqrt{\frac{5,73 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b_D = 1,20 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del desarenador

$$L_D = 4 * b_D$$

**Ecuación 25**

**Dónde:**

$b_D$  = Ancho del desarenador (m)

$$L_D = 4 * 1,20 \text{ m}$$

$$L_D = 4,80 \text{ m}$$

- Cálculo de pérdida en la unidad de área superficial

$$q_D = \frac{Q_{diseño}}{A_D}$$

**Ecuación 26**

**Dónde:**

$A_D$  = Área del desarenador ( $m^2$ )

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$q_D = \frac{0,00155 \text{ m}^3/s}{5,73 \text{ m}^2}$$

$$q_D = 0,00027 \text{ m/s}$$

- Cálculo de tirante de agua sobre el vertedero

Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero.

$$H_{tv} = \left( \frac{Q_{diseño}}{1,84 * b_D} \right)^{2/3}$$

**Ecuación 27**

**Dónde:**

$b_D$  = Ancho del desarenador ( $m$ )

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$H_{tv} = \left( \frac{0,00155 \text{ m}^3/s}{1,84 * 1,20 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$H_{tv} = 0,0079 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad de fluido en el vertedero

$$v_v = \frac{Q_{diseño}}{b_D * H_{tv}}$$

**Ecuación 28**

**Dónde:**

$b_D$  = Ancho del desarenador ( $m$ )

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$H_{tv}$  = Tirante de agua sobre el vertedero ( $m$ )



$$v_v = \frac{0,00155 \text{ m}^3/\text{s}}{1,20 \text{ m} * 0,0079 \text{ m}}$$

$$v_v = \mathbf{0,16 \text{ m/s}}$$

- Cálculo del ancho de la cresta

$$X_c = 0,36 * v_v^{\frac{2}{3}} + 0,6 H_{tv}^{\frac{4}{7}}$$

**Ecuación 29**

**Dónde:**

$v_v$  = Velocidad en el vertedero ( $m/s$ )

$H_{tv}$  = Tirante de agua sobre el vertedero ( $m$ )

$$X_c = 0,36 * 0,16 \text{ m/s}^{\frac{2}{3}} + 0,6 (0,0079)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_c = \mathbf{0,14 \text{ m}}$$

- Cálculo de la longitud de la cresta

$$L_c = X_c + 0,1$$

**Ecuación 30**

**Dónde:**

$X_c$  = Ancho del cresta ( $m$ )

$$L_c = 0,14 \text{ m} + 0,1$$

$$L_c = \mathbf{0,24 \text{ m}}$$

- ✓ Pantalla de salida

- Cálculo de la profundidad de la pantalla

$$P_{ps} = \frac{H_D}{2}$$

**Ecuación 31**

**Dónde:**

$H_D$  = Altura de la unidad: 1,80 ( $m$ )

$$P_{ps} = \frac{1,80 \text{ m}}{2}$$

$$P_{ps} = \mathbf{0,90 \text{ m}}$$

- Cálculo de la distancia al vertedero de salida

$$D_V = 15 * H_{tv}$$

**Ecuación 32**

**Dónde:**

$H_{tv}$  = Tirante de agua sobre el vertedero (m)

$$D_V = 15 * 0,0079 \text{ m}$$

$$D_V = 0,12 \text{ m}$$

✓ Pantalla de entrada

- Cálculo de la profundidad de la pantalla de entrada

$$P_{pe} = \frac{H_D}{2}$$

**Ecuación 33**

**Dónde:**

$H_D$  = Altura de la unidad: 1,80 (m)

$$P_{pe} = \frac{1,80 \text{ m}}{2}$$

$$P_{pe} = 0,90 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia de la cámara de quietamiento o de control

$$D_{ca} = \frac{L_D}{4}$$

**Ecuación 34**

**Dónde:**

$L_D$  = Longitud del desarenador

$$D_{ca} = \frac{4,79 \text{ m}}{4}$$

$$D_{ca} = 1,20 \text{ m}$$

✓ Zona de lodos

- Cálculo de la distancia hacia la de quietamiento o de control

Distancia desde el punto de salida hacia la cámara de quietamiento o de control.

$$D_{ha} = \frac{L_D}{3}$$

**Ecuación 35**

**Dónde:**

$L_D$  = Longitud del desarenador

$$D_{ha} = \frac{4,79}{3}$$

$$D_{ha} = 1,60 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia hacia el vertedero

$$D_{hv} = \frac{2 * L_D}{3}$$

**Ecuación 36**

**Dónde:**

$L_D$  = Longitud del desarenador

$$D_{hv} = \frac{2 * 4,79}{3}$$

$$D_{hv} = 3,19 \text{ m}$$

- ✓ Pendiente para el desarenador

- Cálculo de la pendiente transversal

Para la pendiente transversal se toma un valor asumido de 1 y 0,5 m de profundidad

$$S_t = \frac{P_{max} - P_{min}}{b_D} * 100$$

**Ecuación 37**

**Dónde:**

$b_D$  = Ancho del desarenador (m)

$P_{max}$  = Profundidad máxima: 1 (m)

$P_{min}$  = Profundidad mínima: 0,50 (m)

$$S_t = \frac{1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{1,20 \text{ m}} * 100$$

$$S_t = 41,67 \%$$

- Cálculo de la pendiente longitudinal en  $L_D/3$

$$S_l = \frac{P_{max} - P_{min}}{D_{ha}} * 100$$

**Ecuación 38**

**Dónde:**

$D_{ha}$  = Distancia hacia la cámara de control (m)

$P_{max}$  = Profundidad máxima: 1 (m)

$P_{min}$  = Profundidad mínima: 0,50 (m)

$$S_l = \frac{1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{1,60 \text{ m}} * 100$$

$$S_l = 32,25 \%$$

- Cálculo de la pendiente longitudinal en  $2L_D/3$

$$S_{ld} = \frac{P_{max} - P_{min}}{D_{hv}} * 100$$

**Ecuación 39**

**Dónde:**

$D_{hv}$  = Distancia hacia el vertedero (m)

$P_{max}$  = Profundidad máxima: 1 (m)

$P_{min}$  = Profundidad mínima: 0,50 (m)

$$S_t = \frac{1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{3,19 \text{ m}} * 100$$

$$S_t = 15,67 \%$$

- ✓ Cámara de aquietamiento o de control

- Cálculo de la profundidad de la cámara

$$P_{ca} = \frac{H_D}{3}$$

**Ecuación 40**

**Dónde:**

$H_D$  = Altura de la unidad: 1,80 (m)

$$P_{ca} = \frac{1,80 \text{ m}}{3}$$

$$P_{ca} = 0,60 \text{ m}$$

- Cálculo del ancho de la cámara

$$b_{ca} = \frac{b_D}{3}$$

**Ecuación 41**

**Dónde:**

$b_D$  = Ancho del desarenador (m)

$$b_{ca} = \frac{1,20 \text{ m}}{3}$$

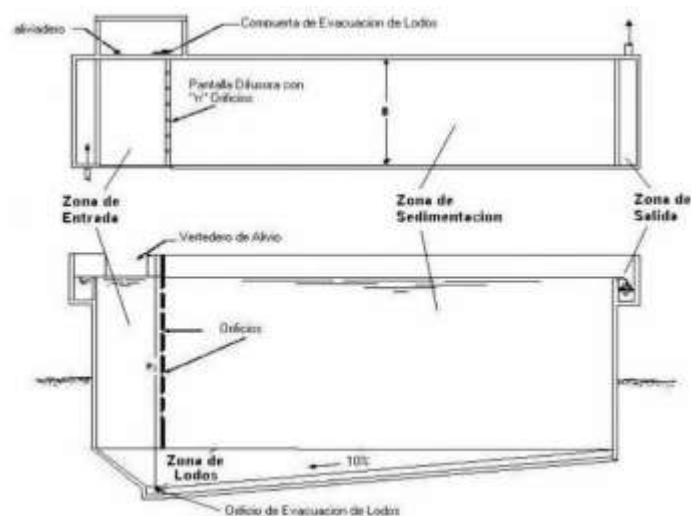
$$b_{ca} = 0,40 \text{ m}$$

### 3.2.7 Sedimentador con pantalla perforada

La sedimentación o presedimentación como le denominan otros autores es un proceso de clarificación del agua, reduce la turbiedad y elimina las partículas suspendidas. Las condiciones críticas de lluvia aumentan la turbiedad dificultando el tratamiento del agua.

La sedimentación rápida forma una interface sólido-líquido con partículas mayores a 0,02 mm sin la intervención de sustancias químicas (coagulantes-floculantes). Esta unidad de sedimentación se divide en cuatro componentes:

- Zona de entrada: “Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador” (UNATSABAR, 2005).
- Zona de sedimentación: “Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón” (UNATSABAR, 2005).
- Zona de salida: “Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas” (UNATSABAR, 2005).
- Zona de recolección de lodos: “Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica” (UNATSABAR, 2005).



**Figura 13-3** Sedimentador con pantalla  
Fuente: (Morales, 2015)

### 3.2.7.1 Dimensionamiento de un sedimentador con pantalla perforada

- Cálculo de la altura del sedimentador

La velocidad de sedimentación adoptada es de 0,01 cm/s.

$$H_s = v_s * t_s$$

**Ecuación 42**

**Dónde:**

$v_s$  = Velocidad de sedimentación: 0,0001 (m/s)

$t_s$  = Tiempo de retención: 3 (h), Tabla 20-3

$$H_s = 0,0001 \text{ m/s} * 3 \text{ h} * 3600 \text{ s}$$

$$H_s = 1,08 \text{ m}$$

**Tabla 20-3** Criterio de diseño con respecto al caudal

Tiempo de retención	Valor mínimo (h)	Valor típico (h)	Valor máximo (h)
Caudal medio	1,5	2,00	3,00
Caudal máximo	1,0	1,5	2,0

Fuente: (Uralita)

- Cálculo del área de la zona de sedimentación

El caudal de diseño es de 1,55 m<sup>3</sup>/s

$$A_s = \frac{Q_{diseño}}{v_s}$$

**Ecuación 43**

**Dónde:**

$v_s$  = Velocidad de sedimentación: 0,0001 (m/s)

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

$$A_s = \frac{0,00155 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0001 \text{ m/s}}$$

$$A_s = 15,5 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del sedimentador

$$b_s = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

**Ecuación 44**

**Dónde:**

$A_s =$  Área del sedimentador ( $m^2$ )

$$b_s = \sqrt{\frac{15,5 m^2}{3}}$$

$$\mathbf{b_s = 2,27 m}$$

- Cálculo de la longitud del sedimentador

$$L_s = \frac{A_s}{b_s}$$

**Ecuación 45**

**Dónde:**

$b_s =$  Ancho del sedimentador ( $m$ )

$A_s =$  Área del sedimentador ( $m^2$ )

$$L_s = \frac{15,5 m^2}{2,27 m}$$

$$\mathbf{L_s = 6,81 m}$$

Se verifica la relación de longitud-ancho ( $L_s/b_s$ , 3-8)

$$\frac{L_s}{b_s} = \frac{6,81 m}{2,27 m} = 3 \text{ cumple con lo especificado}$$

Se verifica la relación de longitud –altura ( $L_s/H_s$ , 5-20)

$$\frac{L_s}{b_s} = \frac{6,81 m}{1,08 m} = 6,30 \text{ cumple con lo especificado}$$

- Cálculo de la longitud total del sedimentador

El ancho de zona de entrada se establece de 0,70-1 m OPS/CEPIS/05.158 UNATSABAR

$$L_{Ts} = L_s + b_{ze}$$

**Ecuación 46**

**Dónde:**

$b_{ze}$  = Ancho de zona de entrada (m)

$L_s$  = Longitud del sedimentador (m)

$$L_{Ts} = 6,81 \text{ m} + 0,70 \text{ m}$$

$$L_{Ts} = 7,51 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad horizontal de escurrimiento

$$v_h = \frac{Q_{diseño}}{b_s * H_s}$$

**Ecuación 47**

**Dónde:**

$b_s$  = Ancho del sedimentador (m)

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$H_s$  = Altura del sedimentador (m)

$$v_h = \frac{0,00155 \text{ m}^3/s}{2,27 \text{ m} * 1,08 \text{ m}}$$

$$v_h = 0,000632 \text{ m/s}$$

- Cálculo de la altura del agua

$$h_v = \left( \frac{Q_{diseño}}{1,84 * b_s} \right)^{2/3}$$

**Ecuación 48**

**Dónde:**

$b_s$  = Ancho del sedimentador (m)

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$h_v = \left( \frac{0,00155 \text{ m}^3/s}{1,84 * 2,27 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$h_v = 0,00516 \text{ m} = 0,52 \text{ cm}$$

- ✓ Pantalla con orificios

- Cálculo de área total del orificio

La velocidad entre los orificios debe ser  $< 0,15 \text{ m/s}$  (UNATSABAR, 2005).

$$A_{op} = \frac{Q_{diseño}}{v_{os}}$$

**Ecuación 49**



**Dónde:**

$v_{os}$  = Velocidad en los orificios: 0,10 (m/s)

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$A_{op} = \frac{0,00155 \text{ m}^3/s}{0,10 \text{ m/s}}$$

$$A_{op} = 0,02 \text{ m}^2$$

- Cálculo del área de cada orificio

El diámetro de orificios de cada orificio es de 0,03 m.

$$A_{oc} = \pi \left( \frac{D_{os}}{2} \right)^2$$

**Ecuación 50**

**Dónde:**

$D_{os}$  = Diámetro de cada orificio: 0,03 (m)

$$A_{oc} = \pi \left( \frac{0,03 \text{ m}}{2} \right)^2$$

$$A_{oc} = 0,00071 \text{ m}^2$$

- Cálculo del número de orificios

$$n_{op} = \frac{A_{op}}{A_{oc}}$$

**Ecuación 51**

**Dónde:**

$A_{op}$  = Área total del orificio ( $m^2$ )

$A_{oc}$  = Área de cada orificio ( $m^2$ )

$$n_{op} = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,00071 \text{ m}^2}$$

$$n_{op} = 28,17 \text{ unidades} \pm 1$$

- Cálculo de la altura de la pantalla

$$H_p = H_s + 2/5 H_s$$

**Ecuación 52**

**Dónde:**

$H_s$  = Altura del sedimentador (m)

$$H_p = 1,08 \text{ m} + 2/5 * 1,08 \text{ m}$$

$$H_p = 0,65 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia entre filas

$$\phi_{sp} = \frac{H_p}{n_f}$$

**Ecuación 53**

**Dónde:**

$H_p$  = Altura de la pantalla (*m*)

$n_f$  = Número de filas (*unidades*)

$$\phi_{sp} = \frac{0,65 \text{ m}}{4}$$

$$\phi_{sp} = 0,16 \text{ m}$$

- Cálculo de la distancia entre columnas

$$\phi_{sp} = \frac{H_p}{n_c}$$

**Ecuación 54**

**Dónde:**

$H_p$  = Altura de la pantalla (*m*)

$n_c$  = Número de columnas (*unidades*)

$$\phi_{sp} = \frac{0,65 \text{ m}}{7}$$

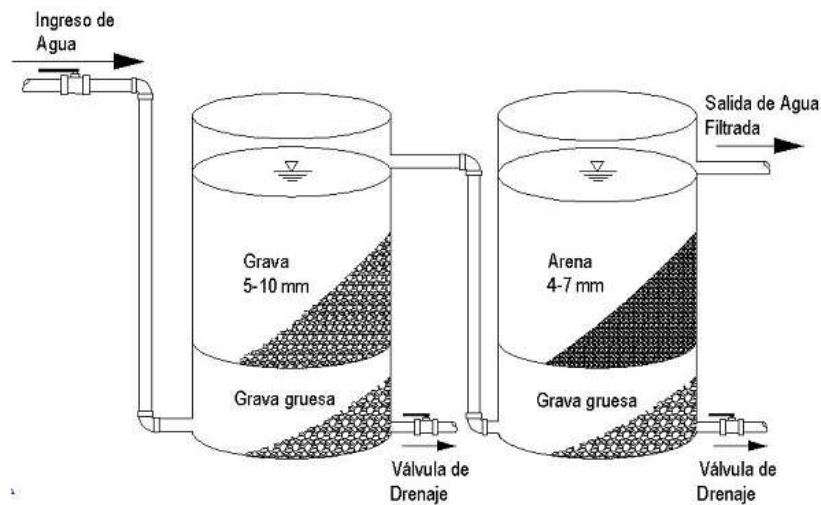
$$\phi_{sp} = 0,092 \text{ m}$$

### **3.2.8 Filtro circular de flujo ascendente**

El filtro en sí, consiste en retener partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de arena) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla o de anillas).

El filtro de arena es eficiente en remover materia orgánica (algas, bacterias, DBO5, DQO y restos orgánicos) e inorgánicos contenida en el agua ya sean para potabilización o para tratar aguas residuales que contiene mayor cantidad de contaminantes orgánicos. La eficacia del filtrado depende del tamaño de la arena que, a su vez, determina el tamaño de los poros entre las partículas.

“Los sólidos removidos del agua son retenidos en el lecho del filtro, los mismos deben ser removidos cuando se realiza el lavado en contra corriente, mediante el proceso de drenado por el fondo falso” (C.A.S.A, 2016).



**Figura 14-3** Esquema de un filtro ascendente

Fuente: (<http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3626>)

“Recomendaciones para el funcionamiento adecuado del FA cuando existe presencia de sólidos o turbiedad en el efluente del filtro, es un indicador de que se debe retrolavar el filtro abriendo la llave de drenaje. Es importante mantener los filtros en operación continua para evitar crecimiento de algas en la superficie del relleno. Las llaves de drenaje deben tener diámetros mayores o iguales a 1½ pulgadas (en este ejemplo) para facilitar el drenado” (C.A.S.A, 2016).

### 3.2.8.1 Dimensionamiento de un filtro circular de arena ascendente

- Cálculo del área del filtro ascendente

Los datos adoptados para nuestros cálculos son de CÉSAR MARRON, LIMA, 1999. Y el caudal de diseño es de 1,55 L/s o 5,58 m<sup>3</sup>/h, la velocidad de filtración se elige en función de la calidad de agua en un rango de 1-1,5 m/h

$$A_F = \frac{Q_{diseño}}{n_F * v_F}$$

**Ecuación 55**

**Dónde:**

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h)

$n_F$  = Número de filtros: 2 (unidades)

$v_F$  = Velocidad de filtración: 1,5 (m/h), Tabla 16-3

$$A_F = \frac{5,58 \text{ m}^3/h}{2 * 1,5 \text{ m/h}}$$

$$A_F = 1,86 \text{ m}^2$$

- Cálculo del diámetro del filtro ascendente

$$D_F = \sqrt{\frac{4 * A_F}{\pi}}$$

**Ecuación 56**

**Dónde:**

$A_F = \text{Área del filtro (m}^2\text{)}$

$$D_F = \sqrt{\frac{4 * 1,86 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D_F = 1,54 \text{ m}$$

- Cálculo del radio del filtro ascendente

$$r_F = \sqrt{\frac{A_F}{\pi}}$$

**Ecuación 57**

**Dónde:**

$A_F = \text{Área del filtro (m}^2\text{)}$

$$r_F = \sqrt{\frac{1,86 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r_F = 0,77 \text{ m}$$

- Cálculo de la altura del filtro

La altura del filtro es conformada por las distintas composiciones del lecho filtrante basados en la fuente bibliografía de CÉSAR MARRON, LIMA, 1999.

$$h_F = F_S(h_{\text{agua}} + h_{\text{borde.agua}} + h_{\text{lecho.f}} + h_{\text{grava}} + h_{\text{grava fina}} + h_{\text{drenaje}})$$

**Ecuación 58**

**Dónde:**

$F_S = \text{Factor de seguridad: 10 (\%)}$

$h_{agua}$  = Altura de la capa de agua sobrenadante: 0,40 (m), Tabla 16-3

$h_{borde.agua}$  = Altura del borde libre: 0,20 (m), Tabla 16-3

$h_{lecho.f}$  = Altura del lecho filtrante: 0,90 (m), Tabla 16-3

$h_{grava}$  = Altura de grava: 0,10 (m), Tabla 21-3

$h_{grava\ fina}$  = Altura de soporte de grava: 0,10 (m), Tabla 21-3

$h_{drenaje}$  = Altura del lecho de soporte para el drenaje: 0,15 (m), Tabla 21-3

$$h_F = 1,10 * (0,40\ m + 0,20\ m + 0,90\ m + 0,10\ m + 0,10 + 0,15\ m)$$

$$h_F = 1,85\ m$$

**Tabla 21-3** Criterios de diseño para un lecho poroso

Parámetro	Valor
Primera capa: Grava	
Tamaño (cm)	1,0-1,5
Espesor de la capa (cm)	10
Segunda capa: Grava fina	
Tamaño (cm)	0,5-1
Espesor de la capa (cm)	10
Tercera capa: Arena fina	
Tamaño (mm)	0,3-1,0
Espesor de la capa (cm)	90 mínimo
Altura del borde libre (cm)	20-40
Altura del agua sobre la superficie de lecho (cm)	$\geq 40$
Pendiente del fondo del lecho (%)	$\geq 12,5$
Separación de las losas/ladrillos (cm)	2-3
Ancho de las losas/ladrillos (cm)	10-15
Velocidad de descarga de lavado (m/s)	0,02
Velocidad en el canal de lavado (m/s)	1-1,5

Fuente: (Marron, 1999)

✓ Sistema de drenaje

- Cálculo del número de laterales perforadas, ( $N_L$ )

La distancia entre laterales, se asume un valor de 0,70 m.

$$N_L = \frac{2D_F}{S_{EL}}$$

**Ecuación 59**

**Dónde:**

$D_F$  = Diámetro del filtro: 1,54 (m)

$S_{EL}$  = Separación entre laterales: 0,70 (m), Tabla 22-3

$$N_L = \frac{2 * 1,54 \text{ m}}{0,70 \text{ m}}$$

$$N_L = 4,4 \pm 1 \text{ unidades}$$

**Tabla 22-3** Criterios de diseño para el sistema de drenaje

Parámetro	Valor
Separación de los laterales (m)	1-2
Diámetros de los orificios laterales (m)	6,5-15,8
Espaciamiento de los orificios de laterales (cm)	7,5-25
Altura entre tubo y fondo del filtro (cm)	3,5

Fuente: (ROMERO, 2002)

- Cálculo del área de los orificios laterales

El agua atraviesa de la zona de filtración de forma ascendentes es recogida por la tubería de salida, que tiene un orificio de 12,7 mm a 50 mm de diámetro de centro a centro, se sugiere que sea de mayor tamaño para facilitar la salida del agua.

$$A_{oL} = \frac{\pi D_{oL}^2}{4}$$

**Ecuación 60**

**Dónde:**

$D_{oL}$  = Diámetro de orificio: 0,013 (m), Tabla 22-3

$$A_{oL} = \frac{\pi(0,013 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{oL} = 0,00012 \text{ m}^2$$

$$A_{oL} = 1,2 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del caudal en cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

**Ecuación 61**

**Dónde:**

$A_o$  = Área de los orificios laterales ( $\text{m}^2$ )

$v_o$  = Velocidad de mínimo en los orificios: 0,3 (m/s), Tabla 23-3

$$Q_o = 0,00012 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m/s}$$

$$Q_o = 0,000036 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla 23-3** Criterios de diseño para tuberías

Parámetro	Valor (m/s)
Velocidad de diseño (afluente)	0,3-12
Velocidad de diseño (efluente)	0,9-1,8

Fuente: (ROMERO, 2002)

✓ Sistema de lavado de filtro

- Cálculo del caudal de lavado

$$Q_{lavado} = A_F * v_{lavado}$$

**Ecuación 62**

**Dónde:**

$A_F$  = Área del filtro ( $\text{m}^2$ )

$v_{lavado}$  = Velocidad de lavado: 0,02 ( $\text{m/s}$ ), Tabla 21-3

$$Q_{lavado} = 1,86 \text{ m}^2 * 0,02 \text{ m/s}$$

$$Q_{lavado} = 0,037 \text{ m}^3/\text{s} = 37 \text{ L/s}$$

- Cálculo del área de canal

$$A_{CL} = \frac{Q_{lavado}}{v_{CD}}$$

**Ecuación 63**

**Dónde:**

$Q_{lavado}$  = Caudal de lavado ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$v_{CD}$  = Velocidad en el canal de descarga: 1,5 ( $\text{m/s}$ )

$$A_{CL} = \frac{0,037 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5 \text{ m/s}}$$

$$A_{CL} = 0,025 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del canal de lavado

$$b_{CL} = \sqrt{A_{CL}}$$

**Ecuación 64**

**Dónde:**

$A_{CL}$  = Área del canal de lavado ( $\text{m}^2$ )

$$b_{CL} = \sqrt{0,025 \text{ m}^2}$$

$$b_{CL} = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

- Cálculo de alto del canal de lavado

$$H_{CL} = \frac{A_{CL}}{b_{CL}}$$

**Ecuación 65**

**Dónde:**

$A_{CL}$  = Área del canal de lavado ( $m^2$ )

$b_{CL}$  = Ancho del canal de lavado ( $m$ )

$$H_{CL} = \frac{0,025 \text{ m}^2}{0,16 \text{ m}}$$

$$H_{CL} = 0,16 \text{ m} = 0,16 \text{ cm}$$

- Cálculo de la velocidad óptima del lavado de filtro

$$v_{optima} = C_u * D_e$$

**Ecuación 66**

**Dónde:**

$C_u$  = Coeficiente de uniformidad: 1,8

$D_e$  = Coeficiente de uniformidad: 0,4 ( $mm$ )

$$v_{optima} = 1,8 * 0,4$$

$$v_{optima} = 0,72 \text{ m/min}$$

- Cálculo del volumen de agua requerida para el lavado del filtro

$$V_{LF} = A_F * v_{optima} * t_{LF}$$

**Ecuación 67**

**Dónde:**

$A_F$  = Área del filtro ( $m^2$ )

$v_{optima}$  = Velocidad óptima del lavado de filtro ( $m/min$ )

$t_{LF}$  = Tiempo óptimo de lavado: 15 ( $min$ )

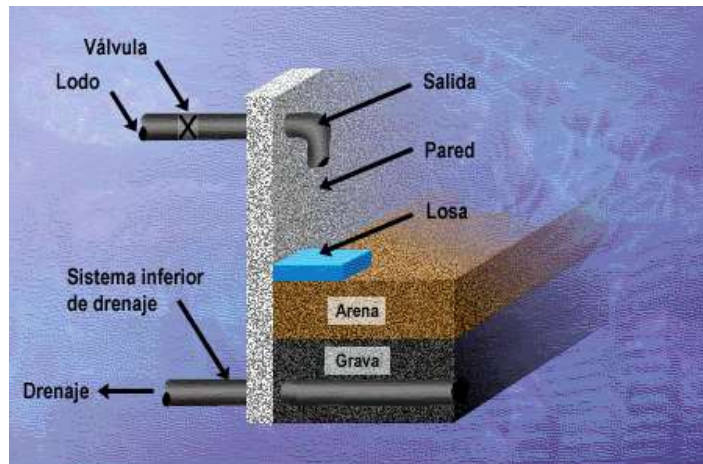
$$V_{LF} = 9,3 \text{ m}^2 * 0,72 \text{ m/min} * 15 \text{ min}$$

$$V_{LF} = 100,44 \text{ m}^3$$



### 3.2.9 Lecho de secado

Los lechos de secado son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para el que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %. Los elementos estructurales se componen de muros laterales y tuberías de drenaje.



**Figura 15-3** Componentes del lecho

**Fuente:** ([http://aulacidta1.usal.es/EDAR/modulos/Edar05/unidades/CURSO/UNI\\_08/u8c5s8.htm](http://aulacidta1.usal.es/EDAR/modulos/Edar05/unidades/CURSO/UNI_08/u8c5s8.htm))

- Medio: El medio de drenaje se compone de arena y grava
- Espesor: Capa de grava 200-460 mm y capa de arena 300-460 mm
- Granulometría: El diámetro de la grava 3-25 mm. La arena debe estar libre de arcilla, limpio, y durable con diámetros entre 0,3-0,75 mm.
- La recolección de percolados se efectuará a través de tuberías de drenaje de plástico o de teja de arcilla vitrificada con junta abierta (ROMERO, 2002).



**Figura 16-3** Lecho de secado

**Fuente:** (<https://chinndelacruz1.wordpress.com/2013/12/07/agua-para-lima-y-tilapias-bien-servidas/>)

#### 3.2.9.1 Dimensionamiento de un lecho de secado

- Cálculo de la contribución per-cápita

Se determina la cantidad de sólidos que se acumula en estado de lodo por habitante y por día. Se toma un valor de 181 mg/L como resultado de los análisis físicos del agua residual doméstica. El caudal es de 1,55 L/s o 66,96 m<sup>3</sup>/día.

$$181 \frac{mg}{L} * \frac{1}{1295 \text{ hab}} * \frac{66,96 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} * \frac{1000L}{\text{m}^3} * \frac{1g}{1000mg} = 9,36 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}$$

**Ecuación 68**

- Cálculo de carga de lodo en función de la contribución per-cápita

$$C_L = \frac{Pf * \text{contribución per cápita}}{1000}$$

**Dónde:**

$Pf$  = Población futura: 1295 (*habitantes*)

$$C_L = \frac{1295 \text{ hab} * 9,36 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}}{1000}$$

$$C_L = 12,12 \text{ Kg}_{SS}/\text{hab. día}$$

- Cálculo de la cantidad de lodo

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C_L) + (0,5 * 0,3 * C_L)$$

**Ecuación 69**

**Dónde:**

$C_L$  = Carga de lodo ( $\text{Kg}_{SS}/\text{día}$ )

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 12,12) + (0,5 * 0,3 * 12,12)$$

$$M_{sd} = 3,94 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

- Cálculo del volumen da lodos digeridos

$$V_L = \frac{M_{sd}}{\rho_{\text{lodo}} \left( \frac{\% \text{sólidos}}{100} \right)}$$

**Ecuación 70**

**Dónde:**

$M_{sd}$  = Cantidad de lodo ( $\text{Kg}_{SS}/\text{día}$ )

$\rho_{\text{lodo}}$  = Cantidad de lodo ( $\text{Kg}_{SS}/L$ ), Tabla 24-3

$\% \text{sólidos}$  = Porcentaje de sólidos (%), Tabla 24-3

$$V_L = \frac{3,94 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}}{1,04 \text{ Kg}_{SS}/L \left( \frac{12}{100} \right)}$$

$$V_L = 31,57 \text{ L/día} = 0,032 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Tabla 24-3** Propiedades del lodo para el lecho

Parámetro	Valor
Densidad del lodo (Kg/L)	1,04
Porcentaje de sólidos (%)	8-12

Fuente: OPS/CEPIS/05.163

- Cálculo del volumen del lodo a extraerse

El proceso de deshidratación de lodos en el lecho de secado depende del tiempo de digestión y la temperatura.

$$V_{LE} = \frac{V_L t_D}{1000}$$

**Ecuación 71**

**Dónde:**

$V_L$  = Volumen de lodos digeridos (L//día)

$t_D$  = Tiempo de digestión a 20°C: 40 (día), Tabla 25-3

$$V_{LE} = \frac{31,57 \text{ L/día} * 40 \text{ día}}{1000}$$

$$V_{LE} = 1,26 \text{ m}^3$$

**Tabla 25-3** Tiempo de digestión

Temperatura °C	Tiempo de digestión (día)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (UNATSABAR, 2005)

- Cálculo del área del lecho de secado

Asumimos un valor de 0,70 m de profundidad, ésta no debe ser mayor a 1m para un mejor proceso de deshidratación.

$$A_L = \frac{V_{LE}}{H_L}$$

**Ecuación 72**

**Dónde:**

$V_{LE}$  = Volumen de lodos a extraerse ( $m^3$ )

$H_L$  = Profundidad del lecho, 0,40 (m), Tabla 26-3

$$A_L = \frac{1,26 m^3}{0,40 m}$$

$$A_L = 3,15 m^2$$

- Cálculo de la longitud del lecho de secado

$$L_L = \frac{A_L}{b_L}$$

**Ecuación 73**

**Dónde:**

$A_L$  = Área del lecho de secado ( $m^2$ )

$b_L$  = Ancho del lecho de secado: 3 (m), Tabla 26-3

$$L_L = \frac{3,15 m^2}{3 m}$$

$$L_L = 1,05 m$$

**Tabla 26-3** Criterios de diseño para lecho de secado

Parámetro	Valor
Ancho	
Plantas pequeñas (m)	3-6
Plantas de gran tamaño (m)	Hasta 10
Profundidad (m)	Menor 1

Fuente: (UNATSABAR, 2005)

- Cálculo del volumen del tanque

$$V_{TL} = L_L * b_L * H_L$$

**Ecuación 74**

**Dónde:**

$L_L$  = Longitud del lecho de secado (m)

$b_L$  = Ancho del lecho de secado: (m)

$H_L$  = Profundidad del lecho (m)

$$V_{TL} = 1,05 \text{ m} * 3 \text{ m} * 0,40 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 1,26 \text{ m}^3$$

- Cálculo del tiempo de remoción del lodo

$$t_{RL} = \frac{V_{TL}}{Q_{diseño}}$$

**Ecuación 75**

**Dónde:**

$V_{TL}$  = Volumen del tanque (m)

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$$t_{RL} = \frac{1,26 \text{ m}^3}{0,00155 \text{ m}^3/s}$$

$$t_{RL} = 812,90 \text{ s} = 13,55 \text{ min}$$

### 3.2.10 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento

**Tabla 27-3** Dimensiones del canal de captación

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Altura del canal	$h$	m	0,40
Ancho del canal	$b$	m	0,50
Longitud	$L$	m	1,00
Pendiente	$S$	%	0,02
Área del canal	$A$	m <sup>2</sup>	0,2
Altura máxima del agua	$h_{max}$	m	0,32

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 28-3** Dimensiones de la zona de desbaste

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Número de barras	$N_B$	Unidades	16
Ancho del canal	$b$	m	0,50
Espesor de barra	$e$	mm	10
Separación entre barras	$S_p$	mm	20
Longitud de las barras	$L_B$	m	0,45
Ángulo de inclinación	$\theta$	grados	45
Longitud sumergida	$L_{SR}$	m	0,014

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 29-3** Dimensiones del desarenador convencional

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Altura	$H_D$	m	1,80
Volumen del tanque	$V_D$	m <sup>3</sup>	10,32
Área superficial	$A_D$	m <sup>2</sup>	5,73
Ancho del desarenador	$b_D$	m	1,20
Longitud	$L_D$	m	4,80
Tirante de agua sobre el vertedero	$H_{tv}$	m	0,0079
Ancho de la cresta	$X_c$	m	0,14
Longitud de la cresta	$L_c$	m	0,24
<b>Pantalla de salida</b>			
Profundidad	$P_{ps}$	m	0,90
Distancia al vertedero de salida	$D_V$	m	0,12
<b>Pantalla de entrada</b>			
Profundidad	$P_{pe}$	m	0,90
Distancia de la cámara de aquietamiento o de control	$D_{ca}$	m	1,20 m
<b>Zona de lodos</b>			
Distancia hacia la de aquietamiento o de control	$D_{ha}$	m	1,60
Distancia hacia el vertedero	$D_{hv}$	m	3,19
<b>Pendientes</b>			
Profundidad máxima	$P_{max}$	m	1
Profundidad mínima	$P_{min}$	m	0,50
Pendiente transversal	$S_t$	%	41,67
Pendiente longitudinal ( $L_D/3$ )	$S_l$	%	32,35
Pendiente longitudinal $2L_D/3$	$S_{ld}$	%	15,67
<b>Cámara de aquietamiento o de control</b>			
Profundidad de la cámara	$P_{ca}$	m	0,60
Ancho de la cámara	$b_{ca}$	m	0,40

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 30-3** Dimensiones de un sedimentador con pantalla perforada

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Altura	$H_s$	m	1,08
Área	$A_s$	m <sup>2</sup>	15,5
Ancho	$b_s$	m	2,27
Longitud	$L_s$	m	6,81
Longitud total	$L_{TS}$	m	7,81
Ancho de la zona de entrada	$b_{ze}$	m	0,70
Altura del agua	$h_v$	m	0,00516
<b>Pantalla con orificios</b>			
Área total del orificio	$A_{op}$	m <sup>2</sup>	0,02
Diámetro del orificio	$D_{os}$	m	0,03
Área de cada orificio	$A_{oc}$	m <sup>2</sup>	0,00071
Número de orificios	$n_{op}$	unidades	28,17 ± 1
Altura	$H_p$	m	0,65
Distancia entre filas	$\phi_{sp}$	m	0,16
Número de filas	$n_f$	unidades	4
Distancia entre columnas	$\phi_{sp}$	m	0,092
Número de columnas	$n_c$	unidades	7

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 31-3** Dimensiones de un filtro circular con flujo ascendente

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Área	$A_s$	m <sup>2</sup>	1,86
Diámetro	$D_F$	m	1,54
Radio del filtro	$r_F$	m	0,77
Altura	$h_F$	m	1,85
<b>Medio filtrante</b>			
Altura de la capa de agua sobrenadante	$h_{agua}$	m	0,40
Altura del borde libre	$h_{borde.agua}$	m	0,20
Altura del lecho filtrante	$h_{lecho.f}$	m	0,90
Altura de grava fina	$h_{grava}$	m	0,10
Altura de soporte de grava	$h_{grava\ fina}$	m	0,10
Altura del lecho de soporte para el drenaje	$h_{drenaje}$	m	0,15
Pendiente del fondo del lecho		%	12,7
<b>Sistema de drenaje</b>			
Distancia entre laterales	$S_{EL}$	m	0,70
Número de laterales	$N_L$	unidades	4,4 ± 1
Diámetro del orificio	$D_{OL}$	m	0,013
<b>Sistema del filtro</b>			
Área del canal de lavado	$A_{CL}$	m <sup>2</sup>	0,025

Ancho del canal de lavado	$b_{CL}$	m	0,16
Alto del canal de lavado	$H_{CL}$	m	0,16

**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016

**Tabla 32-3** Dimensiones del lecho de secado

Parámetros	Simbología	Unidad	Valor
Volumen	$V_{TL}$	m <sup>3</sup>	1,26
Área del lecho	$A_L$	m <sup>2</sup>	3,15
Longitud del lecho	$L_L$	m	1,05
Ancho del lecho	$b_L$	m	3
Profundidad	$H_L$	m	0,40
<b>Lecho</b>			
Capa de grava		m	0,10
Capa de arena		m	0,20

**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016



### 3.3 Proceso de producción

## PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS ( PROCESO FÍSICO )

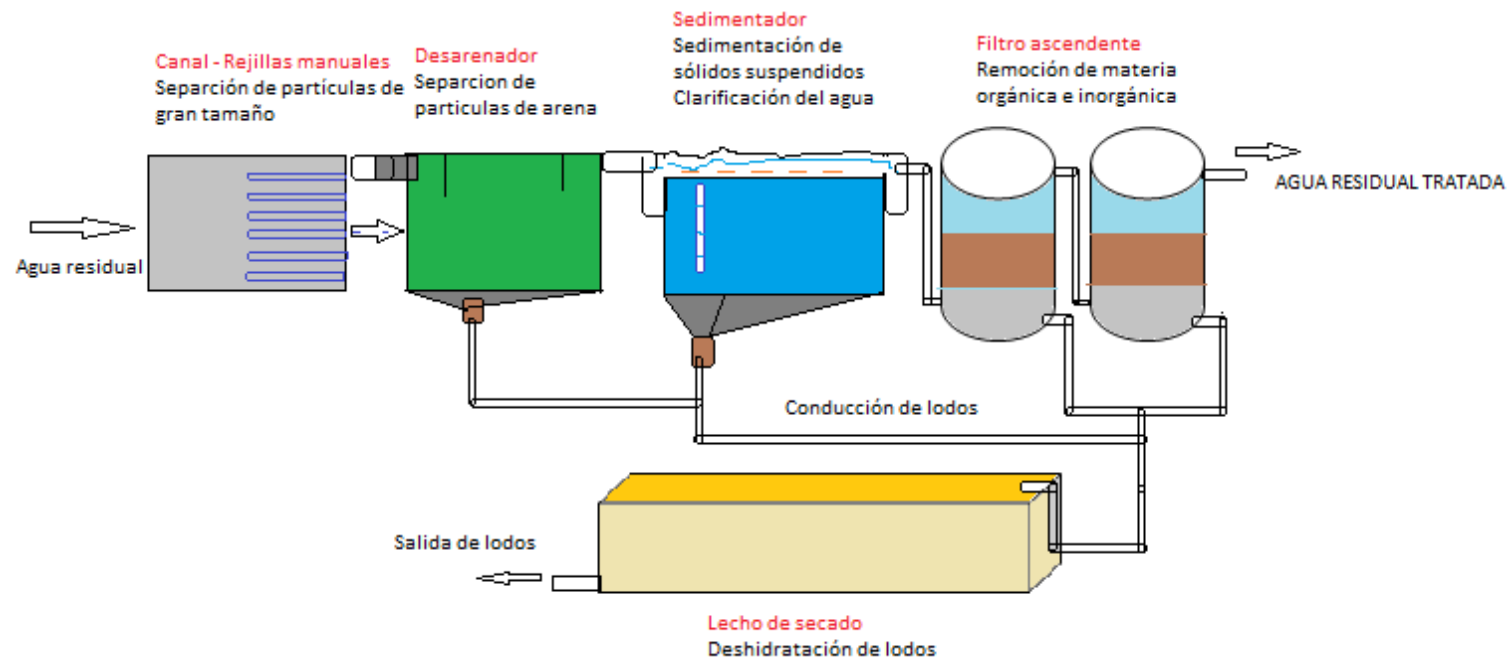
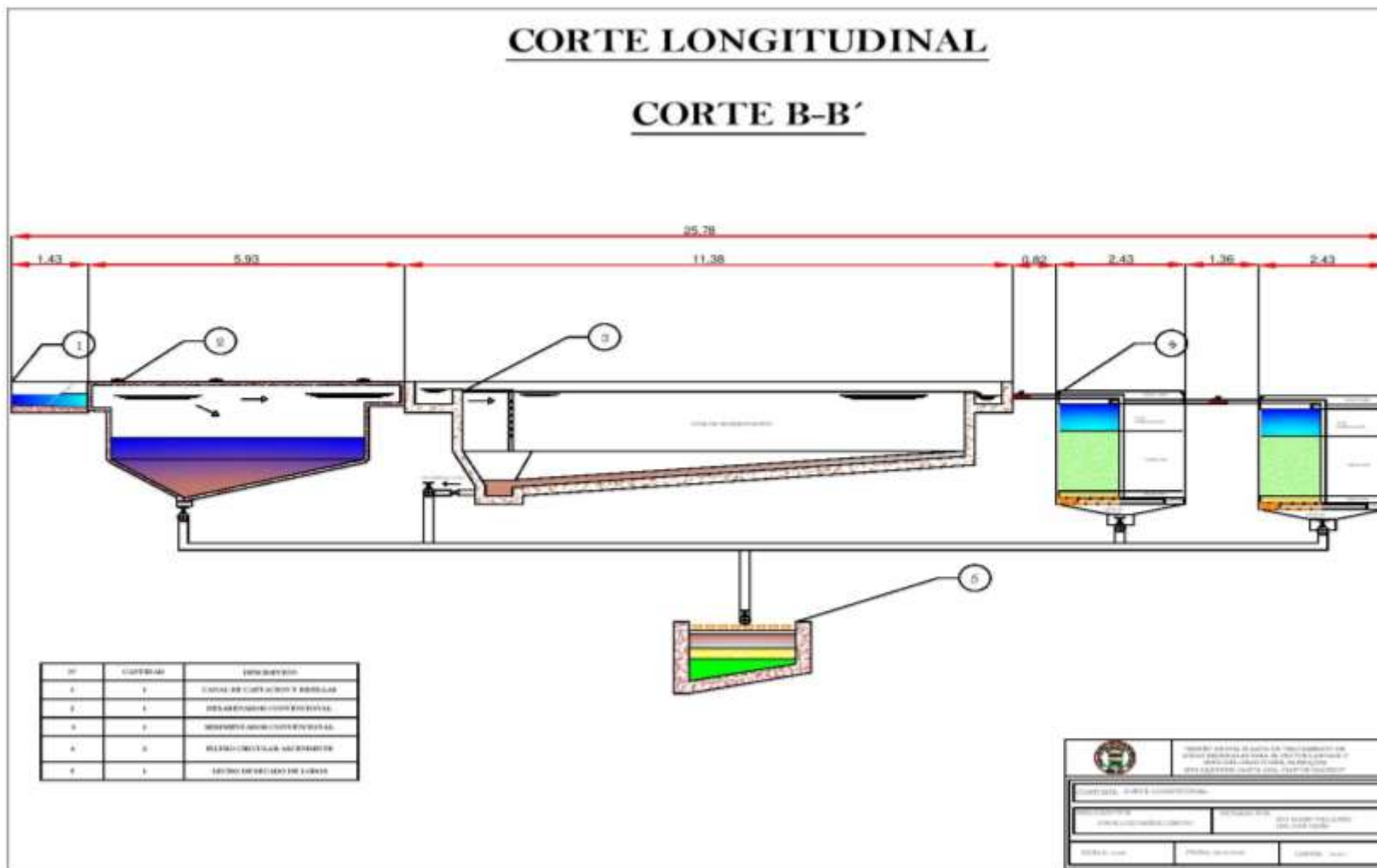


Figura 17-3 Planta de tratamiento de aguas residuales  
Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Figura 18-3** Corte longitudinal de la planta de tratamiento de aguas residual  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016

### 3.4 Requerimiento de tecnología

#### 3.4.1 Requerimientos tecnológicos para la caracterización de AR domésticas

El requerimiento de la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales se efectúa con el nivel de contaminación del agua para eso se realiza un estudio a nivel de laboratorio con el uso de reactivos y equipos con el fin de determinar tales contaminantes.

**Figura 19-3** Requerimientos tecnológicos para la caracterización de los parámetros físico químico y microbiológico

Parámetro	Materiales	Reactivo y equipos	Procedimiento
DBO5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Botella de incubación</li> <li>- Tampones de copa</li> <li>- Capsula magnética</li> <li>- Termómetro y Embudo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soluciones de tampón de sulfato</li> <li>- Solución de sulfato de magnesio</li> <li>- Solución de cloruro férrico</li> </ul>	<p>Preparar la disolución y la muestra blanca</p> <p>Determinar mediante electrodo selectivo el oxígeno disuelto</p> <p>Incubar durante 5 días en oscuridad a 20°C±1</p>
DOQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubo de digestión</li> <li>- Pipeta volumétrica</li> <li>- Viales con reactivos Gradilla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema Ftalato Ácido de Potasio (KHP).</li> </ul>	<p>Homogeneizar 100 ml de muestra durante 30 segundos en una mezcladora. Conectar el reactor de DQO y precalentar a 150°C.</p> <p>Preparar el reactivo para la curva patrón y luego se realizar diluciones del patrón (KHP). Sostener el tubo en un ángulo de 45 grados y adicionar 2 ml de cada dilución a los tubos. Para el punto cero de la curva se utiliza 2 ml de agua destilada. Se tapan los tubos y se los invierte cuidadosamente para mezclarlos completamente.</p>
Sólidos sedimentable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cono Imhoff</li> <li>- Vaso 250 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema</li> <li>- Hexano</li> </ul>	<p>Agitar la muestra y llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra.</p> <p>Dejar sedimentar durante 50 minutos, luego rotar el cono por su eje vertical para que sedimenten también partículas adheridas a la pared, esperar 10 minutos más y realizar la lectura (ml/1).</p>
Sólidos totales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vasos de precipitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua problema</li> </ul>	<p>Pesar una caja Petri previamente tarada (vacía).</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caja Petri</li> <li>- Estufa y Desecador</li> <li>- Balanza Analítica</li> </ul>		<p>Agitar la muestra y colocar 25 mL en la caja. Someter a baño maría hasta sequedad. Introducir a la estufa luego decantar. Dejar por 15 min y pesar.</p>
pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaso de precipitación 250 ml</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema</li> <li>- Potenciómetro</li> </ul>	<p>Calibrar el potenciómetro. Introducir el electrodo de cristal, esperar que se estabilice el lector. Limpiar el electrodo con agua destilada para un posterior uso.</p>
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vasos de precipitación</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema</li> <li>- Conductímetro</li> </ul>	<p>Colocamos un 100 mL de muestra en un vaso de precipitación de 250 mL. Limpiar varias veces el área de la celda conductométrica con agua destilada. Sumergir en la muestra, tomara nota del valor y limpiar el electro con agua destilada.</p>
Color	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubeta de análisis 10 mL</li> <li>- Pipeta</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HACH DR 2800 (Espectrofotómetro)</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema</li> </ul>	<p>Seleccionar el test 125 color 465 nm</p> <p><b>Muestra preparada</b></p> <p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p><b>Solución blanca</b></p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra. Limpiar bien en el exterior de la cubeta (el blanco), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en pantalla: 0</li> <li>- La pantalla indicara: 0 units PtCo</li> </ul> <p>Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra), y colocar en el soporte con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en pantalla: medición</li> <li>- La pantalla indicara: 0 units PtCo</li> </ul>
Sulfatos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubeta de análisis 10 mL</li> <li>- Pipeta</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulfato AV</li> <li>- HACH DR 2800 (Espectrofotómetro)</li> </ul>	<p>Seleccionar el test 285 Sulfato AV</p> <p><b>Muestra preparada</b></p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema</li> </ul>	<p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Añadir el contenido de un sobre de reactivo FerroVer en polvo y agitar.</p> <p>Seleccionar en la pantalla del temporizador, pulsar OK y comienza un periodo de reacción.</p> <p><b>Solución blanca</b></p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Colocar la solución blanca en espectrofotómetro y su lectura sera de 0</p> <p>Colocar la muestra preparada con las mismas indicaciones y proceder a leer.</p> <p>Cada lectura tiene un tiempo de espera de 5 min.</p>
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubeta de análisis 10 mL</li> <li>- Pipeta</li> <li>- Limpiadores Estufa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hierro Ferrover</li> <li>- HACH DR 2800 (Espectrofotómetro)</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Agua problema</li> </ul>	<p>Seleccionar el test 265 hierro ferro ver</p> <p><b>Muestra preparada</b></p> <p>Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Añadir el contenido de un sobre de reactivo FerroVer en polvo y agitar.</p> <p>Luego se forma un color anaranjado si existe hierro.</p> <p>Seleccionar en la pantalla del temporizador, pulsar OK y comienza un periodo de reacción.</p> <p><b>Solución blanca</b></p> <p>Llenar otra cubeta de una pulgada de 10mL hasta la marca de 10 mL con muestra.</p> <p>Colocar la solución blanca en espectrofotómetro y su lectura sera de 0</p> <p>Colocar la muestra preparada con las mismas indicaciones y proceder a leer.</p> <p>Cada lectura tiene un tiempo de espera de 5 min.</p>
Coliformes facales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caja Petri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua problema</li> </ul>	<p>Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.</p>

**Fuente:** Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed

**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016

**Tabla 33-3** Requerimiento tecnológico para obtener una muestra compuesta

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales</b>	<b>Procedimiento</b>
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recipientes de vidrio.</li> <li>- Borosilicato para caracterizaciones físico - químico.</li> <li>- Bolsas estériles Whirl - Pak para caracterizaciones bacteriológicas.</li> </ul>	Recolección de dos muestras durante las siguientes 12 horas, en un intervalo de tiempo 1 h obteniendo 24 muestras por días.

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

**Tabla 34-3** Requerimiento tecnológico para las pruebas de filtración

<b>Fundamento</b>	<b>Materiales</b>	<b>Procedimiento</b>
La filtración es un proceso que da en aguas subterráneas y vertientes de forma natural. El agua pasa por medio poroso como rocas, arena, grava y otros materiales granulados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envases de polietileno</li> <li>- Arena</li> <li>- Grava fina y gruesa</li> <li>- Zeolita</li> </ul>	<p>Debes colocar todo en el siguiente orden:</p> <p>Capa de unos 12 cm de piedras pequeñas.</p> <p>Capa de unos 6 cm de grava</p> <p>Capa de unos 2 cm de grava fina.</p> <p>Capa de unos 6 cm de arena fina.</p>

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

### 3.5 Análisis de costo/beneficio del proyecto

#### 3.5.1 Costos operacionales con respecto a las pruebas de tratabilidad

El tratamiento del agua residual no requiere de ningún reactivo químico pues se basa en un proceso físico que solo costea el medio granuloso como la zeolita-grava, arena-grava, el costo de zeolita es alto en comparación al costo de arena y grava.

**Tabla 35-3** Costos del medio granular

<b>Medio granular</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Costo \$</b>
<b>Zeolita</b>	50	15,20
<b>Arena</b>	50	8,85
<b>Grava</b>	50	1,25

Fuente: Mercado Libre

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

### 3.5.2 Beneficios del proceso de tratamiento físico

#### 3.5.2.1 Porcentaje de remoción

El porcentaje de remoción se obtiene por la diferencia de las cargas contaminantes de entrada (agua cruda) y cargas contaminantes de salida (agua tratada) dividido para cargas contaminantes de entrada y por 100.

$$x = \frac{C_o - C}{C_o} * 100$$

**Ecuación 76**

**Dónde:**

$C_o$  = Cargas contaminantes de entrada

$C$  = Cargas contaminantes de salida

Pruebas de tratabilidad con zeolita y grava

- Turbiedad

$$x = \frac{500 - 100}{500} * 100$$
$$x = 80,00 \%$$

- Color

$$x = \frac{512 - 300}{512} * 100$$
$$x = 41,40 \%$$

- Detergentes

$$x = \frac{0,82 - 0,43}{0,82} * 100$$
$$x = 47,56 \%$$

- Sólidos suspendidos

$$x = \frac{181 - 2}{181} * 100$$
$$x = 98,90 \%$$

- Coliformes fecales

$$x = \frac{2900 - 0,010}{2900} * 100$$

$$x = \mathbf{100,00 \%}$$

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

$$x = \frac{900 - 91}{900} * 100$$

$$x = \mathbf{89,89\%}$$

- Demanda química de oxígeno (DQO)

$$x = \frac{840 - 170}{840} * 100$$

$$x = \mathbf{79,76 \%}$$

- Hierro

$$x = \frac{24,1 - 12}{24,1} * 100$$

$$x = \mathbf{50,21 \%}$$

Porcentaje de remoción con arena grava

- Turbiedad

$$x = \frac{500 - 12,59}{500} * 100$$

$$x = \mathbf{97,48 \%}$$

- Color

$$x = \frac{512 - 181}{512} * 100$$

$$x = \mathbf{64,65 \%}$$

- Detergentes

$$x = \frac{0,82 - 0,41}{0,82} * 100$$

$$x = \mathbf{50,00 \%}$$

- Sólidos suspendidos

$$x = \frac{181 - 1}{181} * 100$$



$$x = 99,45 \%$$

- Coliformes fecales

$$x = \frac{2900 - 270}{2900} * 100$$

$$x = 90,69 \%$$

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

$$x = \frac{900 - 64}{900} * 100$$

$$x = 92,88\%$$

- Demanda química de oxígeno (DQO)

$$x = \frac{840 - 102}{840} * 100$$

$$x = 87,86 \%$$

- Hierro

$$x = \frac{24,1 - 7}{24,1} * 100$$

$$x = 70,95 \%$$

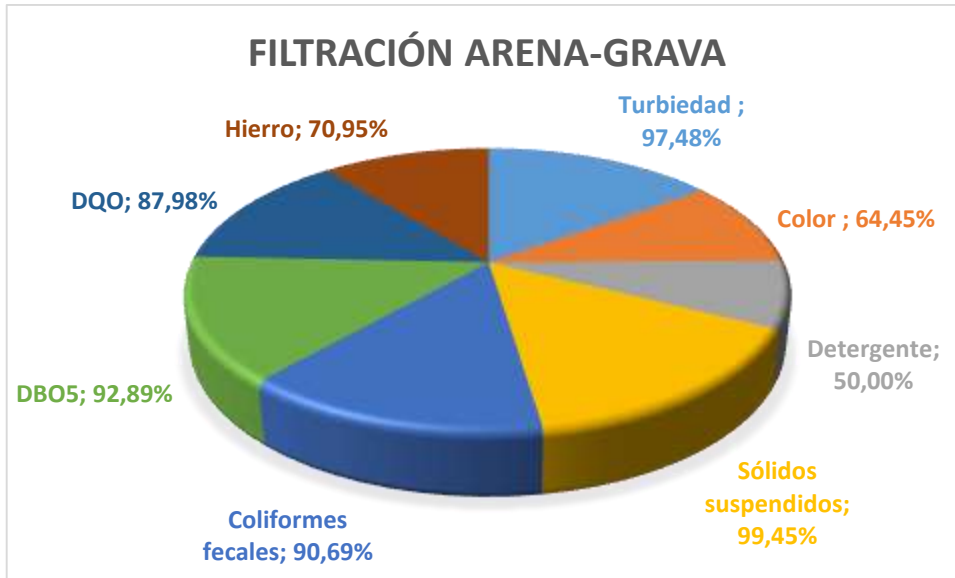
El proceso de filtración más efectivo y a petición del GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SALCEDO, PARROQUIA MULLIQUINDIL SANTA ANA, es el Filtro con arena-grava y con el respaldo de los análisis de cada una de las pruebas se determinó el porcentaje de cada uno de los parámetros. Visualizar Tabla 36-3 y las Gráficas 12-3 y Gráfica 13-3.

**Tabla 36-3** Porcentajes de remoción con distintos lechos de filtración

Parámetro	Unidad	Filtración zeolita-grava			Filtración arena-grava			TULSMA
		Inicial	Final	%re	Inicial	Final	%re	Tabla 9
Turbiedad	UNT	500	100	80,00	500	12,59	97,48	-
Color	Und Co/Pt	512	300	41,41	512	182	64,45	Inapreciable en dilución 1/20
Detergente	mg/L	0,82	0,43	47,56	0,82	0,41	50,00	0,5
Sólidos suspendidos	mg/L	181	2	98,89	181	1	99,45	130

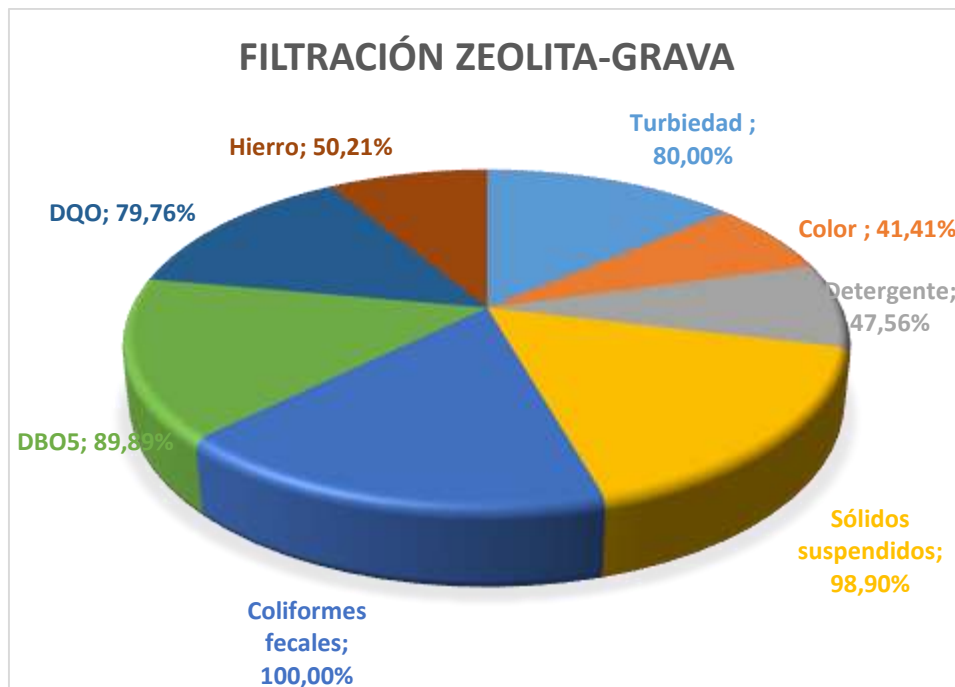
Coliformes fecales	NMP/100m l	2900	0,010	100,0	2900	270	90,69	2000
DBO5	mg/L	900	91	89,89	900	64	92,89	100
DQO	mg/L	840	170	79,76	840	101	87,98	200
Hierro	mg/L	24,1	12	50,21	24,1	7	70,95	10

Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 12-3** Porcentaje de remoción filtro con arena-grava

Realizado por: Jiménez Jorge 2016



**Gráfica 13-3** Porcentaje de remoción filtro con zeolita-grava

Realizado por: Jiménez Jorge 2016

### 3.5.3 Costos/ beneficio de implementación de la planta

El beneficio es netamente social para los sectores de Langasa y Jesús del Gran Poder, no hay ninguna retribución económica por parte de los habitantes. La prioridad con este proyecto es reducir la contaminación ambiental y mantener la sanidad y por consiguiente evitar enfermedades que pueden causar la descarga de aguas residuales sin tratamiento alguno.

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas cuenta con un proceso físico, los beneficios que aporta a esta planta es el ahorro económico y de sustancias químicas, no existe intervención de productos químicos para la obtención de agua tratada, así lo demuestra las distintas pruebas de tratabilidad realizadas a nivel laboratorio y los análisis respectivos.

El costo está relacionado con cada uno de las unidades de la planta con valor de TREINTA Y TRES MIL QUINIENTOS SETENTA Y UN, 84/100 DÓLARES. La descripción de los rubros, cronogramas, APUS, listado de materiales, mano de obra para la construcción e implementación de la planta de tratamiento, se encuentra en Anexo E.

**Tabla 37-3** Presupuesto de la implementación de la planta de tratamiento

<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA EL SECTOR LANGASA Y JESUS DEL GRAN PODER				
<b>UBICACION:</b>	PARROQUIA MULLQUINDIL DE SANTA ANA - CANTON SALCEDO				
<b>ELABORADO:</b>	EGDO. Jorge Jimenez				
<b>TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS</b>					
<b>No.</b>	<b>Rubro / Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio global</b>
<b>1.00000</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.00001	Demolición de estructura existente	m3	175,00	3,50	612,50
1.00002	Limpieza y desbroce	m2	253,00	0,92	232,76
1.00003	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	200,00	1,80	360,00
1.00004	Cerramiento ( postes, alambres de puas, malla y puerta)	m	510,00	10,01	5.105,10
1.00005	Excavación con maquinaria 0-2m en suelo sin clasificar	m3	200,00	3,75	750,00
1.00006	Desalojo de tierra y material	m3/km	300,00	4,01	1.203,00
			<b>SUBTOTAL 1:</b>		<b>8.263,36</b>
<b>2.00000</b>	<b>DESBASTE O REJILLAS</b>				
2.00001	Adecuación de canal	m2	2,50	8,11	20,28
2.00002	Encofrado recto	m2	2,50	10,84	27,10
2.00003	Compuerta de volante de acero inoxidable	u	1,00	210,01	210,01
2.00004	Hormigon simple f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>	m3	1,00	110,38	110,38

2.00005	Malla electrosoldada 6mm 15*15cm	m2	2,00	7,25	14,50
2.00006	Barras de acero inoxidable	u	4,00	9,68	38,72
2.00007	Costo de instalacion de rejillas en el actual canal	glob	1,00	10,01	10,01
<b>3.00000</b>	<b>MALLA POROSA</b>				
3.00001	Malla perforada según el diseño (acero inoxidable 1.5*0.5m)	u	1,00	59,97	59,97
3.00002	Costo de instalacion de malla en el canal actual	glob	1,00	10,01	10,01
3.00003	Barras laterales de acero	m	3,00	5,00	15,00
3.00004	Soldadura de la malla	glob	2,00	5,00	10,00
			<b>SUBTOTAL 2:</b>		<b>525,98</b>
<b>4.00000</b>	<b>DESARENADOR CONVENCIONAL</b>				
4.00001	Trazo y replanteo	m2	6,00	10,01	60,06
4.00002	Excavación con maquinaria suelo sin clasificar	m3	8,00	3,75	30,00
4.00003	Eliminación de material de excavacion	m3	8,00	17,00	136,00
4.00004	Malla electrosoldada 6mm 15*15cm	m2	6,23	7,25	45,17
4.00005	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PISO) e=15cm	m3	4,00	194,48	777,92
4.00006	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PAREDES) e=15cm	m3	5,00	194,48	972,40
4.00007	Tapa metálica tool e= 4 mm 1.00x1.00m incl. candado	u	3,00	85,28	255,84
4.00008	Capa impermeabilizante	m2	12,00	8,26	99,12
4.00009	Tubería PVC D=110 mm *6m	ml	6,00	5,51	33,06
4.00010	Codo 90° PVC D=110 mm	u	7,00	4,73	33,11
4.00011	Compuerta metálica con tornillo sin fin de 1" y volante hf	u	1,00	200,97	200,97
			<b>SUBTOTAL 3:</b>		<b>2.643,65</b>
<b>5.00000</b>	<b>SEDIMENTADOR CONVENCIONAL</b>				
5.00001	Excavación a máquina de 0 a 2.0 m suelo sin clasificar	m3	2,00	3,75	7,50
5.00002	Adecuación del fondo de zanja	m2	2,75	7,55	20,76
5.00003	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	2,80	4,50	12,60
5.00004	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PISO) e=20cm	m3	2,00	194,48	388,96
5.00005	Hormigón simple f'c= 210kg/cm2 (LOSAS) e=15cm incl. Encof	m3	5,00	202,74	1.013,70
5.00006	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof (PANTALLAS) e=15cm	m3	3,00	194,48	583,44
5.00007	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 vigas incl.encofrado	m3	3,00	196,46	589,38
5.00008	Compuerta de volante de acero inoxidable	u	1,00	210,01	210,01
5.00009	Malla electrosoldada 6mm 15*15cm	m2	5,30	7,25	38,43
5.00010	Tubería PVC D=160 mm *6m	ml	5,00	8,42	42,10
5.00011	Codo 90° PVC D=160 mm	u	2,00	5,46	10,92
5.00012	Tapa metálica tool e= 4 mm 1.00x1.00m incl. candado	u	3,00	85,28	255,84
			<b>SUBTOTAL 4:</b>		<b>3.173,64</b>
<b>6.00000</b>	<b>FILTRO CIRCULAR ASCENDENTE ( 2 UNIDADES)</b>				

6.00001	Excavación a máquina de 0 a 2.0 m	m3	4,00	3,75	15,00
6.00002	Adecuación del fondo de zanja	m2	5,50	7,55	41,53
6.00003	Estructura circular de acero inoxidable	m3	8,00	417,45	3.339,60
6.00004	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	4,00	4,50	18,00
6.00005	Malla electrosoldada 6mm 15*15cm	m2	4,60	7,25	33,35
6.00006	Grava media fina	m3	1,00	21,78	21,78
6.00007	Grava media (2-3)cm	m3	1,00	20,57	20,57
6.00008	Arena de 30mm	m3	2,40	9,08	21,79
6.00009	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof e=15cm	m3	2,00	194,48	388,96
6.00010	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.60x0.60m incl. candado	u	2,00	76,23	152,46
6.00011	Tubería PVC D=200 mm *6m 0.50MPA	ml	72,00	24,26	1.746,72
6.00012	Tee PVC E/C 200 mm	u	8,00	114,82	918,56
6.00013	Codo 90° PVC D=200 mm presión	u	16,00	105,97	1.695,52
6.00014	Codo 45° PVC D=200 mm presión	u	4,00	128,13	512,52
6.00015	Válvula de gatillo media vuelta 200 mm incl. accesorios	u	18,00	197,70	3.558,60
			<b>SUBTOTAL 5:</b>		<b>12.484,96</b>
<b>7.00000</b>	<b>LECHO DE SECADO DE LODOS</b>				
7.00001	Excavación a máquina de 0 a 2.0 m	m3	4,00	3,75	15,00
7.00002	Desalojo dematerial con maquinaria	m3	4,00	4,01	16,04
7.00003	Estructura con Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	3,00	194,48	583,44
7.00004	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	3,50	4,50	15,75
7.00005	Malla electrosoldada 6mm 15*15cm	m2	3,50	7,25	25,38
7.00006	Grava media (2-3)cm	m3	38,00	20,57	781,66
7.00007	Arena de 30mm	m3	40,00	9,08	363,20
7.00008	Compuerta metálica con tornillo sin fin de 1" y volante hf	u	1,00	200,97	200,97
7.00009	Tubería PVC D=90 mm	ml	75,00	3,85	288,75
7.00010	Codo 90° PVC D=90 mm	u	20,00	3,36	67,20
			<b>SUBTOTAL 6:</b>		<b>2.357,39</b>
				<b>SUBTOTAL:</b>	<b>29.448,98</b>
				<b>IVA 14%:</b>	<b>4.122,86</b>
				<b>TOTAL:</b>	<b>33.571,84</b>
	<b>SON : TREINTA Y TRES MIL QUINIENTOS SETENTA Y UN, 84/100 DÓLARES</b>				
	<b>PLAZO TOTAL: 60 DÍAS</b>				

Realizado por: Jorge Jiménez, 2016

### 3.5.4 Análisis del proyecto

El proyecto para una Planta de Tratamiento de aguas residuales requirió un reconocimiento de lugar de investigación, el agua residual del sector Langasa y Jesús del Gran Poder se descarga por las líneas del alcantarillado de forma independiente hacia el Río Langasa, el objetivo del GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SALCEDO, PARROQUIA MULLIQUINDIL SANTA ANA, es unificar ambas descargas para su tratamiento.

El muestreo se realizó en dos puntos estratégicos para una futura unión de los alcantarillados lo que conlleva a una caracterización físico-química y microbiológica de los dos sectores. Langasa descarga aguas residuales menos contaminadas que el sector Jesús del Gran Poder con mayor cantidad de contaminantes orgánico e inorgánico (Ver Tabla 3-1 y 4-1).

Las pruebas de tratabilidad fueron netamente físicas con lechos filtrantes de zeolita, arena y gravase. El primer intento con zeolita-grava el agua resulto demasiado turbia (100 UNT) y parámetros Hierro (12 mg/L) y Color (300 Und Co/Pt) no están dentro de los valores considerado en la norma TULSMA aunque se observa el agua mucha más clarificada que el agua residual cruda. También se filtró el agua a través de arena-grava, en la primera etapa de filtración el agua tratada tiene el mismo problema de turbiedad (100 UNT) y parámetros Hierro (10 mg/L) y Color (221 Und Co/Pt) con estos resultados optamos por una segunda filtración con el mismo medio granuloso obteniendo agua clarificada y de mejor calidad la Turbiedad (12,59 UNT), Hierro (7 mg/L) y Color (181 Und Co/Pt). En cualquier proceso se debe considerar los parámetros de control como pH, Turbiedad, Color.

La eficiencia del proceso se determina en porcentajes de remoción de los contaminantes del agua residual cruda vs agua residual cruda mediante una caracterización inicial y final, así tenemos: Turbiedad (97,48%), Hierro (70,95 %), Color (64,45 %), Detergentes (50,0 %), DBO5 (92,89 %), DQO (87,98 %), SS (99,45), Coliformes fecales (90,69 %) (Ver la Tabla 36-3).

Las distintas pruebas realizadas en el laboratorio el diseño de más adecuado para el tratamiento de aguas residuales, el proceso consta de unidades como: Canal de captación con altura (0,40 m), ancho (0,50 m), largo (1,0 m), Rejilla con número de barras (16 unidades), longitud de barras (0,45), y ángulo de inclinación (45), un Desarenador convencional con altura (1,80 m), ancho (1,20), longitud (4,80) volumen (10,32 m), Sedimentador con pantalla perforada con altura (1,08 m), ancho (2,27 m), y longitud total (7,81 m), Filtro circular de flujo ascendente con diámetro (1,54 m), altura (1,85 m), y radio (0,77 m), Lecho de secado con altura (0,40 m), ancho (3 m), volumen (1,26 m), y longitud (1,05 m)

La caracterización del agua tratada con el tratamiento propuesto analizados en un laboratorio certificado son: los resultados de cada parámetro son: DBO5 64 mg/L, DQO 105 mg/L, Hierro 7 mg/L, Color 181 Und Co/Pt, Detergente 0,41 mg/L, Sólidos suspendidos 1 mg/L y Coliformes fecales 270 NMP/100ml todos ellos están dentro de los límites establecidos por la Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A (TULSMA).

### 3.5.5 Conclusiones

- Se Diseñó una Planta de Tratamiento de Aguas que cumple con todos requerimientos estructurales, estándares de calidad para la obtención de agua tratada que son descargadas directamente al Río Langasa y su entorno, su diseño disminuye la contaminación en los medios hídricos y su ecosistema.
- Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del agua residual proveniente del sector Langasa y Jesús Gran Poder, Parroquia Mulliquindil-Santa Ana, Cantón Salcedo con un cronograma de muestreo simples y compuestas, los parámetros analizados como: DBO5 900 mg/L, DQO 840 mg/L, Hierro 24,1 mg/L, Color 512 Und Co/Pt, Detergente 0,82 mg/L, Sólidos suspendidos 181 mg/L y Coliformes fecales 2900 NMP/100ml están fuera de los límites máximos permisibles según lo establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Norma de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI Anexo I, Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A
- Las variables de diseño identificadas para el diseño de la planta con las distintas pruebas a nivel de laboratorio, se utilizó medios filtrantes con zeolita, arena y grava, con este proceso físico se obtuvo una mejora importante en la calidad del agua tratada, el filtro circular de flujo ascendente será la unidad encargada de eliminar todos los parámetros orgánicos e inorgánicos con las dimensiones de: diámetro 1,54 m, radio 0,77 m, altura 1,85 m y una área 1,86 y las variables que se consideran son: población futura 1295 habitantes, caudal de diseño 1,55 L/s, temperatura 20 °C, vida útil de la plana 25 años y los parámetros fuera de norma (DBO5, DQO, Hiero, Color, Detergentes, Sólidos suspendidos, y Coliformes fecales).
- Se desarrolló los cálculos de Ingeniería para el dimensionamiento de la Planta de tratamiento de aguas residuales acorde a las necesidades y pruebas físicas realizadas experimentalmente, el diseño sigue una línea de proceso: Canal de captación, Zona de desbaste, Desarenador, Sedimentador con pantalla perforada, y dos Filtros circulares de flujo ascendente.

- La validación del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se realiza con una caracterización final del agua tratada según las normas TULSMA, Normas de Calidad y Descarga de Efluentes: Libro VI, Anexo 1, Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A los resultados de cada parámetro son: DBO5 64 mg/L, DQO 105 mg/L, Hierro 7 mg/L, Color 181 Und Co/Pt, Detergente 0,41 mg/L, Sólidos suspendidos 1 mg/L y Coliformes fecales 270 NMP/100ml todos ellos están dentro de los límites establecidos.
- Se estimó los costos de implementación y ejecución del proyecto de la Planta de Tratamiento de aguas residuales con un presupuesto de 36657,44 dólares que incluye excavación, remoción de escombros, materiales de construcción entre otros, y en los planos de construcción civil constan las dimensiones obtenidas mediante cálculos de ingeniería con área total de la planta de 252,84 m<sup>2</sup>.

### **3.5.6 Recomendaciones**

- Es recomendable la implementación del Diseño de la Planta de Tratamiento de aguas residuales unificando los sectores de Langasa y Jesús del Gran Poder para reducir el impacto ambiental.
- Realizar nuevos análisis físico-químicos y microbiológicos luego de la implementación y construcción de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.
- Monitorear el caudal para evitar desbordamientos en épocas invernales, o el sobredimensionamiento.
- Luego de la implementación de la planta recolectar una cantidad suficiente de lodos para su análisis de lodos (CREBIT) basados en la Norma, Manejo Ambientalmente Adecuado de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento (RPAMAR).



### 3.6 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO (MES)																											
	1				2				3				4				5				6							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión de la Bibliografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Realización del borrador del Anteproyecto		■	■																									
Revisión del borrador del Anteproyecto			■	■																								
Obtención de Información		■	■	■																								
Corrección de anteproyecto			■	■																								
Presentación y Aprobación del Anteproyecto				■	■	■																						
Muestreo del agua potable y residual de proceso					■	■																						
Caracterización del agua potable y residual de proceso						■	■																					
Identificación de Variables para el diseño								■	■	■																		
Calculos de ingeniería								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Validación del Diseño																				■	■	■	■					
Caracterización final de agua potable y residuales de proceso																					■	■	■	■	■	■	■	■
Revisión y Corrección																								■	■	■	■	
Presentación final																											■	■

**Figura 20-3** Cronograma de actividades para el proyecto de titulación  
**Realizado por:** Jiménez Jorge 2016

### 3.7 BIBLIOGRAFÍA

**EX – IEOS.** *Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales., Décima Parte., Quito – Ecuador., 1993.

**CAWST.** *Centre for Affordable Water and Sanitation Technology: “Manual para el Filtro de Bioarena, Diseño, Construcción, Instalación, Operación y mantenimiento”* [En línea]. Cochabamba-Bolivia, 2008. [Consulta: 15 septiembre 2016]. Disponible en: [https://www.calvin.edu/academic/engineering/senior-design/SeniorDesign09-10/team02/web/Biosand\\_Manual\\_Spanish.pdf](https://www.calvin.edu/academic/engineering/senior-design/SeniorDesign09-10/team02/web/Biosand_Manual_Spanish.pdf)

**C.A.S.A.** *Calidad del agua en Sistemas de Abastecimientos en poblaciones rurales.* [En línea]. Cochabamba-Bolivia, 2008. [Consulta: 12 septiembre 2016]. Disponible en: <http://casa.fcyt.umss.edu.bo/docs/MENU%20DE%20ALTERNATIVAS%20DE%20TRATAMIENTO%20Texto%20Final.pdf>

**HAMMEKEN, A., & ROMERO, G.** *Análisis y Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de San Andrés Cholupa* (En línea). (Tesis de pregrado). Universidad de Las Américas, México. 2005. pp. 34-37. <http://www.revistaelagro.com/2013/04/25/industria-lactea-importante-eslabon-en-la-produccion-pecuaria/>

**MARTINEZ, LEONCIO.** *Manual de Mantenimiento y Operaciones de equipos de riego Presurizado.* Vallenar-Chile, 2001., pp 5-75.

**MARRÓN, S.** *Planta de Tratamiento por Filtración Lenta: Diseño y Operación y Mantenimiento*”. Lima-Perú: ISBN, 1999, pp. 14-16.

**METCALF & EDDY, INC.** *Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, vertido y reutilización.* Volumen II. Madrid-España: McGraw-Hill, 1995, pp. 507-577, 521-525.

**NTE INEN 2 169:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.*

**NTE INEN 2 176:98.** *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*

**ROJAS, R.** *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.158 -OMS. Curso internacional: “Guía para el Diseño De Desarenadores y Sedimentadores,”*. Lima-Perú, 2005. pp. 3-27

**RAS.** *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sección 2, Título E, Tratamiento de aguas residuales*

**ROMERO, J.** *Tratamiento de aguas residuales Teoría y principios de diseño*. 2ª ed. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.

**RITES, Ron & TCHOBANOGIOUS, George.** *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Santa Fé de Bogotá: McGraw-Hill, 2000. pp. 246

**TULSMA-2015.** *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I. Tabla 9. Acuerdo ministerial 097-A*

**ENOHSA.** *Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento: “Tratamiento preliminar”*. Capítulo III. [En línea]. [Consulta: 12 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf>

**SPARROW, E.** *El Desarenador (En línea)* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ciencias, Escuela Académica Profesional, Ingeniería Civil. Nuevo Chimbote Perú. 2008. Consulta: Disponible en:.....[http.](http://)

### 3.8 ANEXOS

#### ANEXO A. Equipos y dispositivos para la caracterización del agua residual



a) Digestor de DQO y DBO5



b) Equipo turbidimetro y fotómetro



c) Multiparámetro

**ANEXO B. Pruebas de tratabilidad con arena-grava**



d) Filtros de arena-grava a nivel laboratorio



e) Resultados de la primera y segunda filtración

**ANEXO C. Caracterización inicial del agua residual**

**ANEXO D.** Caracterización luego de las pruebas de tratabilidad

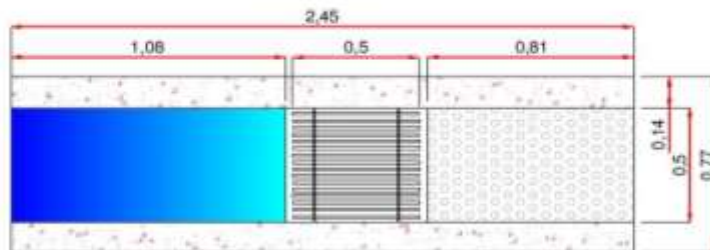
**ANEXO E.** Presupuesto total para construcción e implementación de la planta de tratamiento de AR



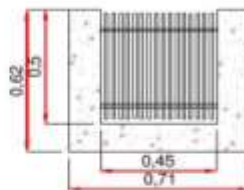
**ANEXO F. Planos de la Planta de Tratamiento de aguas residuales**

## CANAL DE CAPTACIÓN Y REJILLAS

VISTA PLANTA



CORTE B-B'

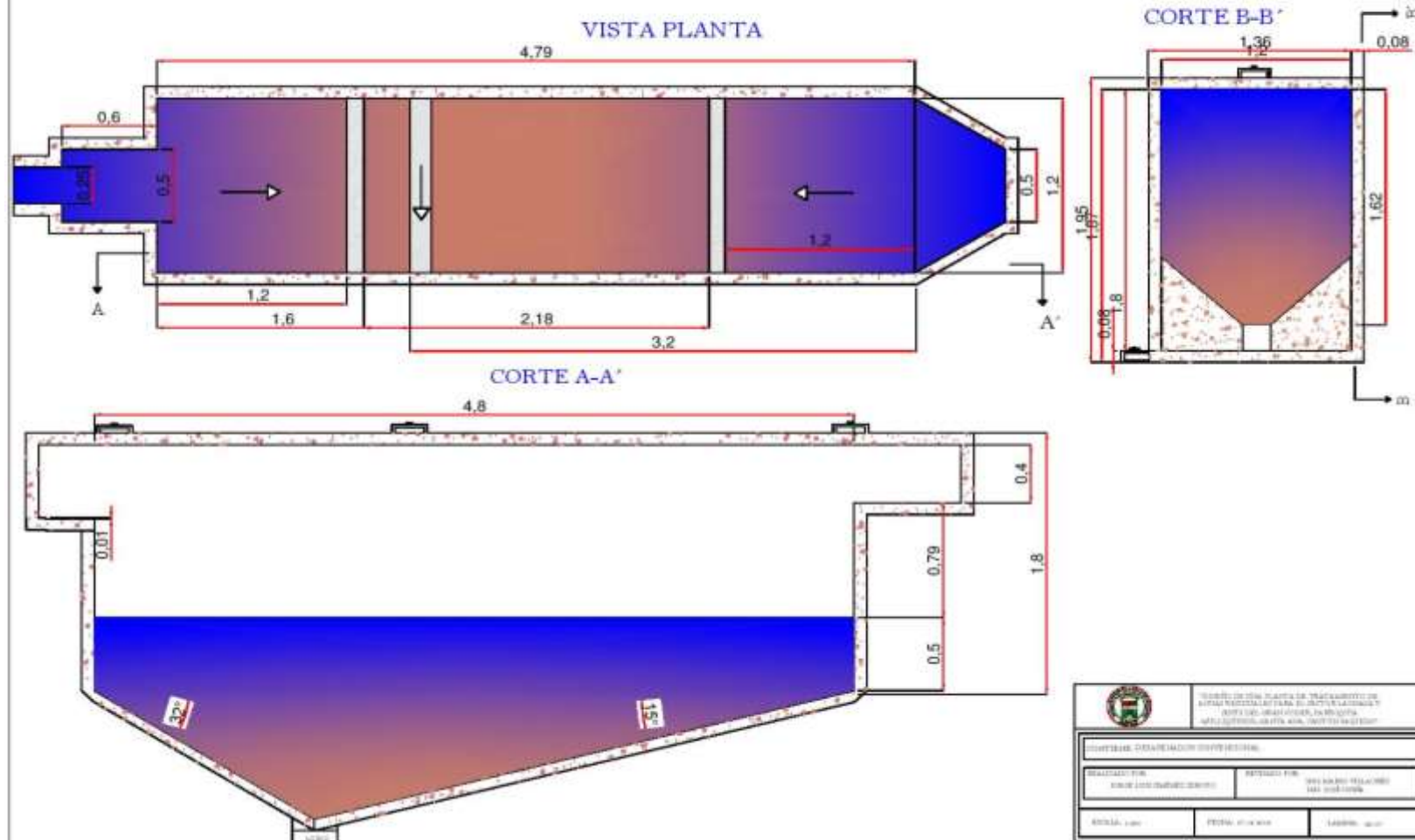


CORTE A-A'



	"DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL SECTOR LAPOASA Y ZONA DEL ORAJI" POOER, PARROQUIA MULLICHINI DEL CANTÓN SAACREO"	
CONTIENE: CANAL DE CAPTACIÓN Y REJILLAS		
REALIZADO POR:	REVISADO POR:	
ANDRÉS LUIS AMBROSIO IBARRO	DIEGO MARIANO VILLACRÉS D.E. 3082181074	
ESCUELA: 4404	FECHA: 07/10/2016	LARGURA: 41/10"

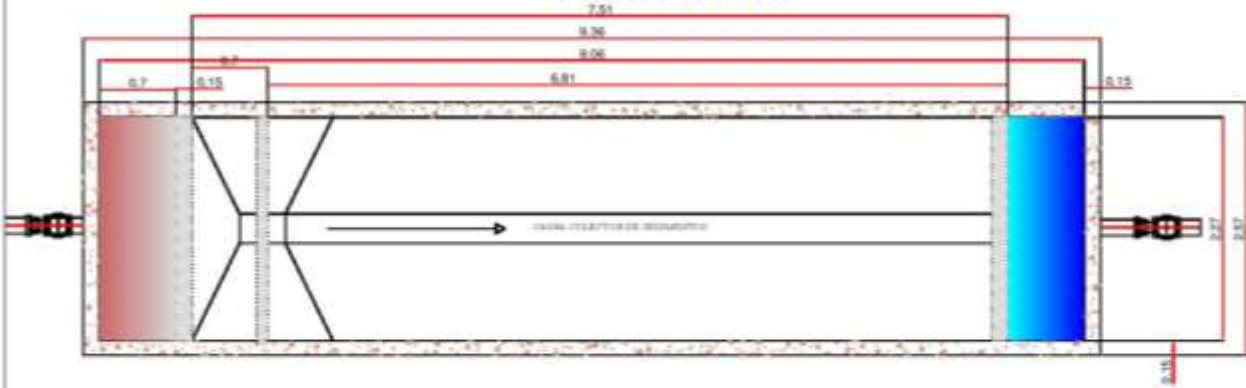
## DESARENADOR CONVENCIONAL



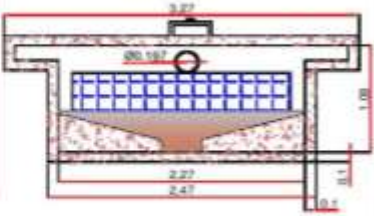
		
<small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS          INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS          INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</small>		
<b>CONTENIDO: DESARENADOR CONVENCIONAL</b>		
<small>DESARROLLADO POR:</small> [ ]	<small>REVISADO POR:</small> [ ]	<small>FECHA DE ELABORACIÓN:</small> [ ]
<small>ESCALA:</small> 1:50	<small>FECHA DE CALIFICACIÓN:</small> [ ]	<small>LUGAR DE CALIFICACIÓN:</small> [ ]

# SEDIMENTADOR CONVENCIONAL

VISTA PLANTA



CORTE B-B'



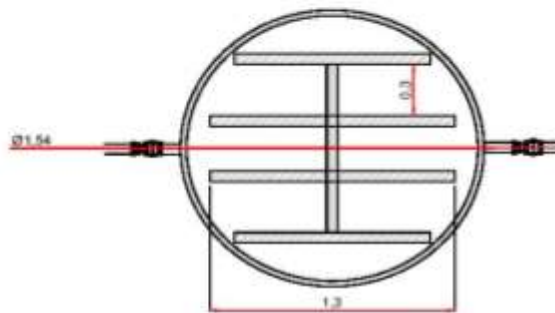
CORTE A-A'



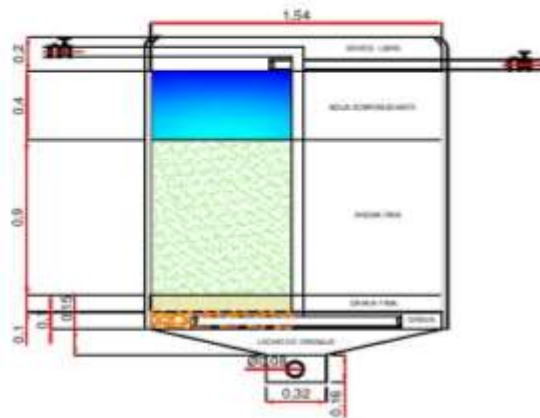
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIVISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		
TÍTULO DEL PROYECTO: SEDIMENTADOR CONVENCIONAL	FECHA DEL DISEÑO: 01/08/2024	
AUTOR DEL DISEÑO: MARIA GUADALUPE GARCIA	REVISOR DEL DISEÑO: DR. JOSE ANTONIO GARCIA	
NOMBRE DEL ALUMNO: MARIA GUADALUPE GARCIA	NOMBRE DEL TUTOR: DR. JOSE ANTONIO GARCIA	FECHA DEL DISEÑO: 01/08/2024

## FILTRO CIRCULAR ASCENDENTE

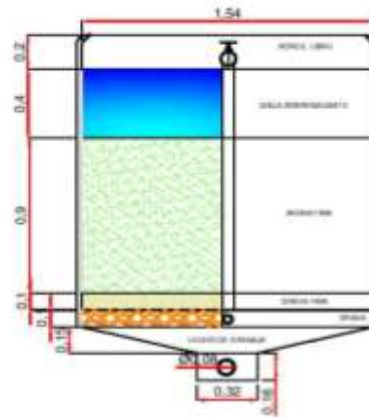
VISTA PLANTA



CORTE A-A'



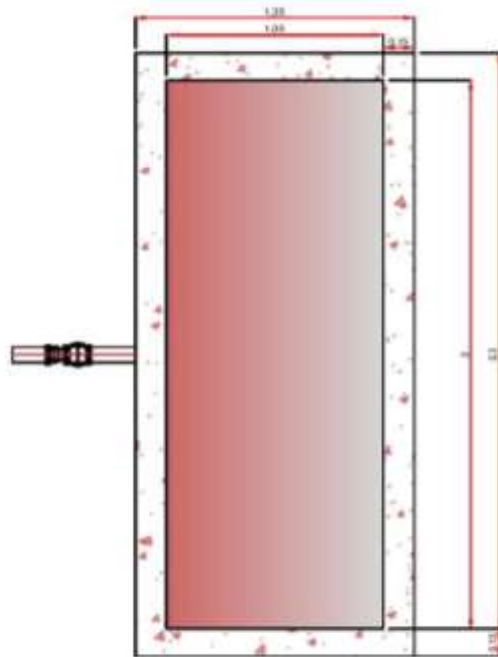
CORTE B-B'



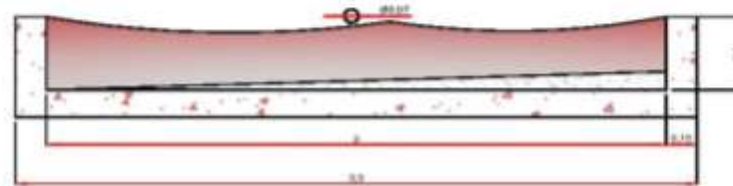
	MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE LOS RÍOS PLAN DE SECTOR URBANO Y ZONA DEL OVAL PUEBLO, CANTÓN SAN JESÚS DE LOS RÍOS, PROVINCIA DE LOS RÍOS
TÍTULO: FILTRO CIRCULAR ASCENDENTE	
ELABORADO POR: JHONATAN BARRERA BARRERA	REVISADO POR: RAÚL JARAMA CALDERÓN ING. CIVIL URM
ESCALA: 1:50	TIPO DE DISEÑO: LÍNEAS: 3/4"

# LECHO DE SECADO DE LODOS

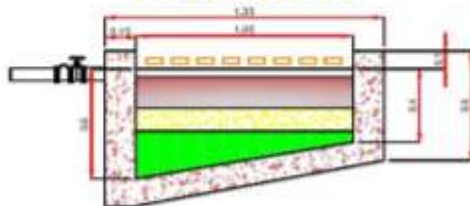
## VISTA PLANTA



## CORTE B-B'



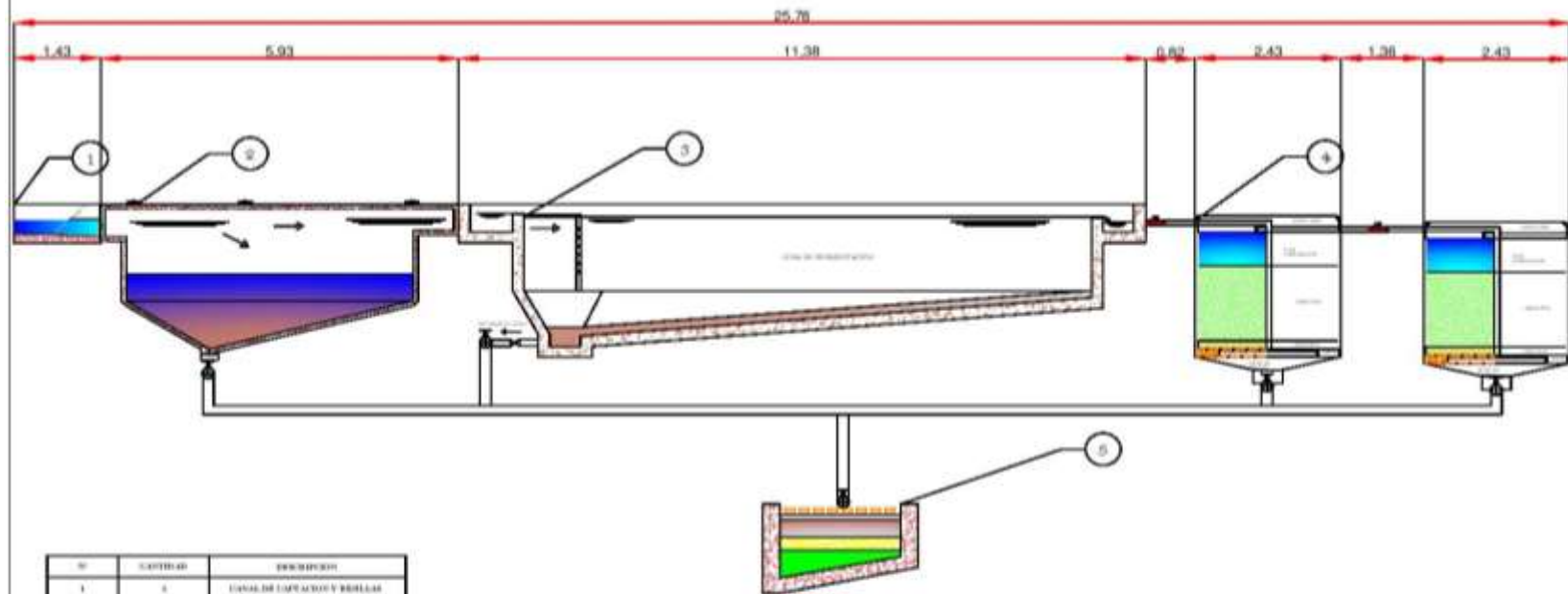
## CORTE A-A'



PROYECTO DE LECHO DE SECADO DE LODOS		
PROYECTISTA	REVISOR	
AYUDANTE	ELABORADOR	
FECHA	ESCALA	HOJA

# CORTE LONGITUDINAL

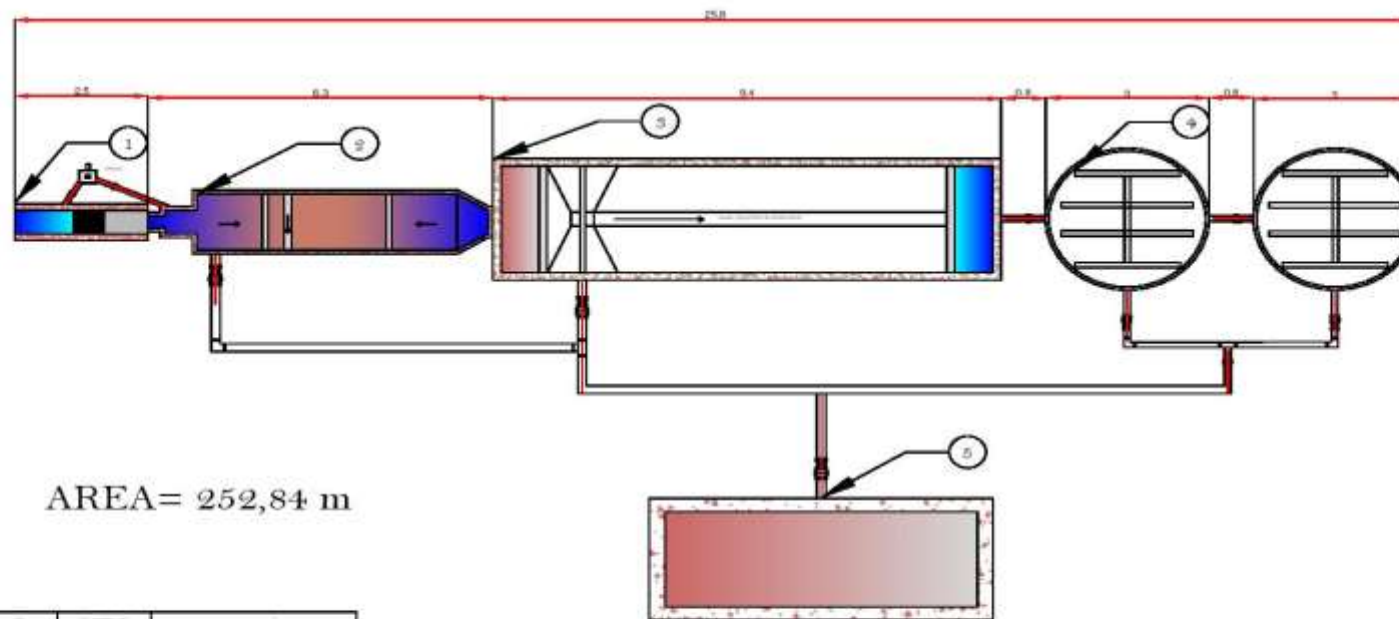
## CORTE B-B'



Nº	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	CANAL DE CAPTACIÓN Y BOMBEO
2	1	DESARENADOR CONVENCIONAL
3	1	SEDIMENTADOR CONVENCIONAL
4	1	BAÑO DE OXIGENO DISUELTOS
5	1	SEDIMENTADOR DE LODO


INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		
TÍTULO DEL PROYECTO:		
AUTOR:	FECHA:	ESCALA:

## VISTA PLANTA CORTE A-Á



AREA= 252,84 m

Nº	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	CANAL DE CAPTACION Y REJILLA
2	1	DEBARRADOR CONVENCIONAL
3	1	DEBARRADOR CONVENCIONAL
4	2	REDONDECULAR ASCENDENTE
5	1	LECHO DE SECADO DE Lodos

		INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	
AUTOR: [ ]		FECHA: [ ]	
PROYECTO: [ ]		ESCALA: [ ]	
DISEÑO: [ ]		REVISIÓN: [ ]	
AUTOR: [ ]		REVISOR: [ ]	
DISEÑO: [ ]		REVISOR: [ ]	