



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA**

**OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL DE LA EMPRESA BIOALIMENTAR SECTOR  
PACHANLICA.**

**Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:**

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTOR: MARICELA FERNANDA LALALEO CAMINO**

**TUTOR: ING. MARIO VILLACRÉS**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación "OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA BIOALIMENTAR SECTOR PACHANLICA" de responsabilidad Maricela Fernanda Lalaleo Camino ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación:

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Mario Villacrés	_____	_____
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>		
Ing. Hugo Calderón	_____	_____
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
<b>DOCUMENTALISTA</b>		
<b>SISBIB- ESPOCH</b>		
<b>NOTA DE TESIS</b>	.....	

"Yo, MARICELA FERNANDA LALALEO CAMINO, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO"

---

MARICELA F. LALALEO CAMINO

## **DEDICATORIA**

Todo lo que soy por lo que lucho ser cada día mejor tiene un motivo, ese motivo que impulsa mi vida es el motor fundamental por el cual me levanto le dedico todo este trabajo a la persona que más amo, mi mayor tesoro mi Hijo Jhonathan Josué quien es el que cambio y me dio un giro de 360 grados para ser una persona mejor. A mis padres Fernando y Cecilia que son el sustento del hogar, a mis hermanos por apoyarme cuando más lo necesite.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias al Ser Supremo, por darme la vida la salud para emprender un camino que Él lo guiara día, día.

A mi madre Cecilia Camino por ser el pilar fundamente que gracias a ella soy lo que soy en la vida, por su amor, paciencia y dedicación. Mi padre Fernando Lalaleo que con sus consejos sus reprimendas he sabido moldear mi vida para tratar de no equivocarme.

A mis hermanos Fernando, Cristian que entre peleas y risas hemos sabido el verdadero valor de la familia.

A mi director de tesis el Ing. Mario Villacrés y al miembro del Tribunal el Ing. Hugo Calderón por el apoyo y comprensión de darme una mano amiga para escalar un peldaño más.

A la Empresa Bioalimentar Cia Ltda.. por permitirme dejar una huella por el apoyo incondicional de todas las personas que laboran ahí pero de una manera especial al Ing. Carlos Tuz y la Ing. Patricia Morales por creer en mi mil gracias a todo el departamento de Control de Calidad.

MARICELA LALALEO C.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE ANEXOS.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RESUMEN.....xvii

SUMARY.....xviii

INTRODUCCIÒN.....1

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL. .... 6

1.1. El Agua ..... 6

1.1.1. *Las Funciones del Agua.* ..... 6

1.2. Contaminación del Agua..... 7

1.2.1. *Principales Contaminantes del Agua.* ..... 7

1.3. Aguas Residuales. .... 8

1.3.1. *Clasificación de las Aguas Residuales* ..... 9

1.3.2. *Aguas Negras.* ..... 11

1.3.3. *Características de las Aguas Residuales*..... 12

1.4. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales..... 19

1.4.1. *Niveles de Tratamiento de Aguas Residuales*..... 21

1.5. Optimización del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales ..... 48

1.5.1.	<i>Optimización.....</i>	48
1.5.2.	<i>Ítems principales en procesos de optimización. ....</i>	48
1.5.3.	<i>Caudal.....</i>	49
1.5.4.	<i>Canal.....</i>	50
1.5.5.	<i>Rejillas .....</i>	51
1.5.6.	<i>Lodos Activados.....</i>	54
1.5.7.	<i>Coagulación Floculación.....</i>	57
1.5.8.	<i>Agitadores de Paleta.....</i>	59
1.5.9.	<i>Desinfección. ....</i>	64
1.6.	<b>Normativa Ambiental para la Descarga de Efluentes. ....</b>	67
1.6.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador. ....</i>	67
1.6.2.	<i>Ley de Gestión Ambiental. ....</i>	67
1.6.3.	<i>Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria .....</i>	67
2.	<b>PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	70
2.1.	<b>Muestreo. ....</b>	70
2.1.1.	<i>Medición de Caudal. ....</i>	70
2.1.2.	<i>Planificación de Muestreo. ....</i>	71
2.1.3.	<i>Datos del Monitoreo del Caudal, pH, Temperatura.....</i>	71
2.2.	<b>Metodología .....</b>	74
2.2.1.	<i>Métodos y Técnicas .....</i>	74
2.3.	<b>Datos Experimentales .....</b>	86
2.3.1.	<i>Diagrama de Bloques de la Planta Actual .....</i>	86
2.3.2.	<i>Diagrama de Bloques del Estado Actual de la Planta de Tratamiento. ....</i>	87
2.3.3.	<i>Datos de los Análisis Físicos del Agua Residual.....</i>	89
2.3.4.	<i>Análisis Físico-Químico de los Parámetros a Considerar.....</i>	94
2.3.5.	<i>Proceso de Tratabilidad. “Test de Jarras” .....</i>	94
2.4.	<b>Resultados .....</b>	108
2.5.	<b>Discusión de Resultados. ....</b>	109
3.	<b>DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA. 111</b>	
3.1.	<b>Optimización de la Planta .....</b>	111
3.2.	<b>Cálculos de Ingeniería para la Optimización de la Planta de Tratamiento .....</b>	111
3.2.1.	<i>Caudal Promedio.....</i>	111
3.2.2.	<i>Datos del Canal ya Dimensionado en la Planta de Tratamiento Residual. ....</i>	112
3.2.3.	<i>Cálculos para la Implementación de las Rejillas. ....</i>	113

3.2.4.	<i>Tanque de Igualación.</i>	115
3.2.5.	<i>Tanque de Aireación.</i>	116
3.3.	<b>Resumen del Equipo Diseñado que Formara Parte del Sistema.</b>	126
3.3.1.	<i>Canal.</i>	127
3.3.2.	<i>Implementación de Rejillas al Sistema.</i>	127
3.3.3.	<i>Tanque de Homogenización:</i>	128
3.3.4.	<i>Lodos Activados.</i>	129
3.3.5.	<i>Sedimentador Secundario</i>	129
3.3.6.	<i>Implementación de un Tanque de Floculación.</i>	131
3.4.	<b>Propuesta.</b>	133
3.4.1.	<i>Diagrama de Flujo del Sistema de Tratamiento del Agua Residual.</i>	135
3.4.2.	<b>Análisis y Discusión de Resultados.</b>	136
3.4.2.1.	<i>Costo Aproximado de la Propuesta Establecida.</i>	137
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:</b>	144

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICES DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Comparación entre las Características del Color y Turbiedad .....	25
<b>Tabla 2-1:</b>	Componente Biológico Principal de los lodos Activados .....	31
<b>Tabla 3-1:</b>	Problemas Biológicos producidos por Microorganismos Filamentosos. ....	32
<b>Tabla 4-1:</b>	Información típica para el proyecto de rejillas de barras .....	51
<b>Tabla 5-1:</b>	Coefficientes cinéticos para el proceso de Lodos Activados.....	56
<b>Tabla 6-1:</b>	Cargas de superficie recomendadas para suspensiones químicas.....	57
<b>Tabla 7-1:</b>	Parámetros de Diseño Para Paletas.....	60
<b>Tabla 8-1:</b>	Gradiente de Velocidad (G) y tiempo de detención típico. ....	61
<b>Tabla 9-1:</b>	Valores de CD para Secciones rectangulares .....	63
<b>Tabla 10-1:</b>	Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes .....	64
<b>Tabla 11-1:</b>	Parámetros de Dosificación de Hipoclorito para Aguas Residuales. ....	66
<b>Tabla 12-1:</b>	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	68
<b>Tabla 13-2:</b>	Datos de Medición del Caudal, Temperatura, pH Semanal In situ.....	71
<b>Tabla 14-2:</b>	Datos de Medición del Caudal Como Referencia el Dispositivo .....	72
<b>Tabla 15-2:</b>	Técnicas para el Análisis de los Diferentes Parámetros del Agua.....	76
<b>Tabla 16-2:</b>	Determinación de la DQO método APHA 5220 D .....	81
<b>Tabla 17-2:</b>	Determinación de la DBO método APHA 5210 B.....	82
<b>Tabla 18-2:</b>	Determinación de Coliformes Fecales.....	84
<b>Tabla 19-2:</b>	Datos de los Análisis Físicos del Agua Residual Insitu. ....	89
<b>Tabla 20-2:</b>	Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos del Agua Residual.....	90
<b>Tabla 21-2:</b>	Parámetros fuera de la Normativa. ....	94
<b>Tabla 22-2:</b>	Dosificación de diferentes coagulantes en el agua residual.....	96
<b>Tabla 23-2:</b>	Ensayo del Tratamiento con Sulfato de Aluminio.....	98
<b>Tabla 24-2:</b>	Ensayo del Tratamiento con Policloruro de Aluminio .....	99
<b>Tabla 25-2:</b>	Disminución de los Parámetros con Policloruro de Aluminio .....	100
<b>Tabla 26-2:</b>	Tiempo de Sedimentación. ....	103
<b>Tabla 27-2:</b>	Dosificación del Desinfectante (Hipoclorito de sodio). ....	104
<b>Tabla 28-2:</b>	Disminución de Resultados Microbiológicos.....	104
<b>Tabla 29-2:</b>	Análisis Fisicoquímico después de un Proceso de Aireación.....	105
<b>Tabla 30-2:</b>	Análisis Fisicoquímico después del Policloruro de Aluminio.....	106
<b>Tabla 31-2:</b>	Valores Comparativos antes y después del Tratamiento .....	108
<b>Tabla 32-3:</b>	Dimensiones del Canal .....	112

<b>Tabla 33-3:</b>	Dimensiones del Tanque de Igualación.....	115
<b>Tabla 34-3:</b>	Parámetros para el Tanque de Aireación.....	116
<b>Tabla 35-3:</b>	Dimensiones del Tanque de Aireación.....	117
<b>Tabla 36-3:</b>	Dimensiones del Tanque de Sedimentación.....	120
<b>Tabla 37-3:</b>	Datos de Canal.....	127
<b>Tabla 38-3:</b>	Resumen del Dimensionamiento del Sistema de Rejillas.....	127
<b>Tabla 39-3:</b>	Datos del Tanque Homogeneizador .....	128
<b>Tabla 40-3:</b>	Resumen del Tanque de Aireación.....	129
<b>Tabla 41-3:</b>	Datos del Sedimentador Secundario.....	129
<b>Tabla 42-3:</b>	Resumen del Dimensionamiento del Tanque de Floculación.....	131
<b>Tabla 43-3:</b>	Resumen del Proceso de Desinfección.....	131
<b>Tabla 44-3:</b>	Costos de Inversión de la Propuesta .....	137
<b>Tabla 45-3:</b>	Costo Total de Inversión .....	138
<b>Tabla 46-3:</b>	Costo de Operación .....	138
<b>Tabla 47-3:</b>	Costo Total .....	139
<b>Tabla 48-3:</b>	Costo de la Propuesta de la Empresa PROQUIMARSA.....	139
<b>Tabla 49-3:</b>	Costo de la Propuesta de la Empresa ISA .....	141
<b>Tabla 50-3:</b>	Comparación entre las Propuestas y la Optimización Realizada.....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1 :</b>	Depuradora de Aguas Residuales.....	21
<b>Figura 2-1 :</b>	Diagrama Convencional de Lodos Activados.....	30
<b>Figura 3-1 :</b>	Diagrama de un Proceso de Lodos Activados.....	33
<b>Figura 4-1 :</b>	Diagrama de Flujo Convencional.....	35
<b>Figura 5-1 :</b>	Diagrama de Flujo de un Digestor de lodos.....	41
<b>Figura 6-1 :</b>	Paleta de agitador de paletas planas .....	63
<b>Figura 7-2 :</b>	Diagrama de Bloques Actual de la Planta de Tratamiento.....	87
<b>Figura 8-3 :</b>	Diagrama de Bloques Optimizada la Planta de Tratamiento.....	135

## ÍNDICES DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Variación del Caudal en función del Tiempo.....	73
<b>Gráfico 2-2:</b>	Tipo de Coagulante para Tratar el Agua Residual .....	97
<b>Gráfico 3-2:</b>	Disminución de la Turbidez en el Agua Residual. ....	101
<b>Gráfico 4-2:</b>	Disminución de la DQO en el Agua Residual.....	101
<b>Gráfico 5-2:</b>	Disminución de la DBO en el Agua Residual. ....	102
<b>Gráfico 6 -2:</b>	Disminución de los Solidos Suspendedos.....	102
<b>Gráfico 7-2:</b>	Valores Obtenidos después de un proceso de Aireación.....	105
<b>Gráfico 8-2:</b>	Valores Obtenidos con Policloruro de Aluminio .....	106
<b>Gráfico 9-2:</b>	Comparación entre los procesos para el tratamiento del Agua Residual....	109
<b>Gráfico 10-3:</b>	Tanque de Aireación. ....	118
<b>Gráfico 11-3:</b>	Tanque de Sedimentación.....	121
<b>Gráfico 12-3:</b>	Tanque de Floculación .....	124

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Análisis Físico Químico del Agua Residual de la Empresa Bioalimentar.
- Anexo B:** Análisis del Laboratorio del Agua Residual de la Empresa.
- Anexo C:** Análisis del Laboratorio del Agua Residual de la Empresa.
- Anexo D:** Análisis del Laboratorio del Agua Residual de la Empresa.
- Anexo E:** Propuestas de otras Empresas para la Mejora de la Planta.
- Anexo F:** Propuestas de otras Empresas para la Mejora de la Planta.
- Anexo G:** Estado de la Planta.
- Anexo H:** Pruebas de Tratabilidad.
- Anexo I:** Planos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.
- Anexo J:** Planos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.
- Anexo K:** Planos Actuales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Área
<b>A<sub>f</sub></b>	Área del Tanque de Floculación.
<b>A<sub>n</sub></b>	Ancho del Tanque de Floculación
<b>A<sub>H</sub></b>	Área del tanque Homogenizador
<b>AR</b>	Agua Residual
<b><math>\alpha</math></b>	Factor de correlación para transferencia de oxígeno
<b>B</b>	Ancho de la rejilla
<b>C<sub>sp</sub></b>	Carga de superficie
<b>C</b>	Concentración del Hipoclorito
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>b</b>	Base del canal
<b>e</b>	Espesor de las barras
<b>F/M</b>	Relación alimento/microorganismos
<b><math>\phi</math></b>	Ángulo de inclinación de la rejilla
<b><math>\varphi</math></b>	Diámetro
<b>G</b>	Gradiente de velocidad medio
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad
<b>h<sub>c</sub></b>	Altura del canal
<b>h<sub>H</sub></b>	Altura del tanque Homogenizador

$K_d$	Coeficiente de degradación endógena
$L_{sg}$	Longitud de rejilla sumergida
$L_g$	Longitud del tanque de Floculación.
$l$	Longitud de la Paleta.
$N_b^\circ$	Número de barras
$n_{máx}$	Nivel máximo
$P$	Potencia
$P_X$	Producción de lodo
$Q$	Caudal
$R_{HC}$	Radio Hidráulico del Canal
$S_0$	Concentración de DBO en el afluente
$S$	Concentración de DBO en el efluente
$S_H$	Gradiente Hidráulico
$T$	Temperatura
<b>TSS</b>	Total de sólidos suspendidos
<b>TSD</b>	Total de sólidos disueltos
$T_{RH}$	Tiempo de retención hidráulica
$t$	Tiempo
$\theta_{rc}$	Tiempo medio de retención celular
$\mu$	Viscosidad dinámica
$V$	Volumen
$V_a$	Volumen del tanque de aireación

$V_s$	Volumen del sedimentador
$V_H$	Volumen del Homogenizador
$W$	Separación entre barras
$X$	Concentración de sólidos suspendidos volátiles
$Y$	Coefficiente de producción celular
$Y_{obs}$	Producción observada

## RESUMEN

La investigación se realizó para la Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica cantón Ambato. El estudio empezó por el reconocimiento del lugar, recolección y descarga del agua residual. Posteriormente se realizó la medición del caudal del efluente donde se tomó la muestra y datos, obteniendo el caudal de ingreso a la planta de tratamiento siendo este 1.16 m<sup>3</sup>/h, el proceso que realiza la planta para depurar el agua residual no es la más óptima, consta de un sistema de lodos activado al cual se añadió bacterias a este efluente, conociendo que las bacterias propias del agua pueden realizar esta depuración, los flóculos formados pasaron a un sedimentador secundario en el cual caen al fondo de la cuba el agua clarificada pasa a un proceso de desinfección, y los lodos generados hacia un biodigestor. Al realizar la caracterización del agua se pudo observar que parámetros de Sólidos Suspendidos (113.5 mg/L) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (480mg/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (610 mg/L), Coliformes Totales, Coliformes Fecales se encuentra fuera de los límites permisibles de las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). Se concluyó que los parámetros analizados permitieron determinar los componentes del sistema de tratamiento para la optimización de recursos económicos, el mismo que contara adicionalmente con un sistemas de rejillas de operación manual, un tanque de Floculación- Coagulación y una dosis diferente del desinfectante para eliminar los agentes patógenos, logrando con esta la disminución de los límites establecidos tales como Sólidos Suspendidos (14 mg/L) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (237 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (237 mg/L) Se recomienda a la Empresa Bioalimentar, implementar las rejillas, el tanque de Floculación- Coagulación, para el manejo y control de la contaminación de los efluentes líquidos que son descargados a la sequía aledaña.

**Palabras Claves:** < DEMANDA BIOQUÌMICA DE OXÌGENO [DBO] > < DEMANDA QUÌMICA DE OXÌGENO [DQO] > <FLOCULACIÒN > < COAGULACIÒN > < BIOALIMENTAR > < OPTIMIZACIÒN > <AGUA RESIDUAL> < AMBATO > < TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÒN AMBIENTAL [TULAS] >

## SUMMARY

This research aimed to optimize the Wastewater Treatment Plant of Bioalimantar Company, in Pachanlica, in the city of Ambato. This study started recognizing the area collecting and discharging wastewater. Then, flow measurement where sample and data were taken, water - flow that comes in the plant is  $1.16 \text{ m}^3 / \text{h}$ . Plant procedure to purify wastewater is not so optimum. It has an activated system for sludge and bacteria were added to this water – flow, because the bacteria are able to purify wastewater by themselves. Formed floaters were towards a secondary sedimentation tank, so purified water goes to the bottom and has a disinfection process, and generated sludge goes to bio- manager tank. After water characterization, it was observed that parameters of Suspended Solids ( $113.5 \text{ mg/L}$ ) Biochemical Demand of Oxygen (BDO) ( $480 \text{ mg/L}$ ), Chemical Demand of Oxygen (CDO) ( $610 \text{ mg/L}$ ), Total Coliforms, Fecal Coliforms are over the limits according to Unified Text of Environmental Regulations (UTER). It was concluded that analyzed parameters allowed determining components of treatment system to optimize economic resources which will have a manual grid system, a Flocculation- Coagulation, and a different doses of disinfectant to eliminate the pathogen agent, so it is reached the reduction of established limit such as: Suspended Solids ( $14 \text{ mg/L}$ ) Biochemical Demand of Oxygen (BDO) ( $237 \text{ mg/L}$ ), Chemical Demand of Oxygen (CDO) ( $237 \text{ mg/L}$ ). it is recommended to implement grid, Flocculation – Coagulation tank in order to manage and control contamination of liquids that are discharged to the dry place next to Bioalimantar Company.

Key Word: < BIOCHEMICAL DEMAND OF OXYGEN [DBO] > < CHEMICAL DEMAND OF OXYGEN [CDO] > <FLOCCULATION > < COAGULATION > < BIOALIMENTAR > < OPTIMIZATION> <WASTEWATER> < AMBATO > <UNIFIED TEXT OF ENVIRONMENTAL REGULATIONS [UTER] >

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, la calidad del agua en el medio natural se ve afectado por diversos motivos o factores, uno de ellos y el más contaminante es la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento, ocasionando un problema severo al medio ambiente que a menudo se muestra una degradación o deterioro.

En las diferentes actividades que se realizan ya sean estas a nivel humana y propiamente de la industria es un foco principal para la contaminación del agua, ya que en industrias, el líquido vital es importante para el desarrollo de las diversas actividades (producción, limpieza, consumo humano)

En el cantón Ambato, La Empresa Bioalimentar se dedica a la producción y comercialización de balanceado, siendo también la producción, clasificación y saneamientos de huevos, en donde el consumo de agua es moderado.

El agua es uno de los recursos más utilizados para el desarrollo de diversas actividades que se desempeña en dicho lugar, la empresa cuenta con una planta de tratamiento de Aguas Residuales la misma que no está funcionando en su totalidad, por lo que el agua presenta un cierto grado de contaminación parámetros que se encuentran fuera de normativa. Esta agua es vertida hacia una acequia aledaña a la planta de tratamiento, para luego desembocar en el Río Ambato alterando así el equilibrio natural del ecosistema.

En el presente trabajo se evidencia la problemática que está causando y la alternativa que se propone para su mejora.

## **ANTECEDENTES**

La Provincia de Tungurahua es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador. Se encuentra al centro del país, en la región geográfica conocida como sierra. La ciudad de Ambato es su capital administrativa; El 22 de julio de 1860 adquiere la categoría de provincia y el 21 de mayo de 1861 se crea como tal mediante decreto de la Convención Nacional. Abarca 9 cantones: Ambato, Baños, Cevallos, Mocha, Patate, Pelileo, Píllaro, Quero, Tisaleo.

Ambato, cuarta ciudad en importancia económica del Ecuador, es poseedora de un gran motor industrial y comercial de gran importancia para la economía del centro del país y del Ecuador, gracias a las industrias predominantes que se encuentran en la ciudad.

Ambato cuenta con el principal centro de acopio en el centro del país en lo que se refiere a alimentos de los diferentes puntos del país, ya que cuenta con el Mercado Mayorista, con un área útil actual de 118.383 m<sup>2</sup>, de este centro se distribuye al resto de mercados minoristas de la ciudad, provincia, y en casi su totalidad a la Amazonia.

Aquí se encuentra el CEPIA, Corporación de Empresas del Parque Industrial Ambato, con un área total de 659.389,49 m<sup>2</sup>. Con un sector industrial principalmente enfocado a: textiles - alimentos - construcción - curtiembres - carrocías - plantas de caucho - poliuretano - madera - plásticos - confección - químicos - botas de caucho - balanceados - reencauche - comercializadoras, etc.

Se dedican primordialmente a la curtiduría, es así como en la ciudad se encuentra la fábrica de calzado más grande del país y una de las más importantes de la región. Otro sector industrial que tiene su sede en Ambato es el de la industria metal-mecánica dedicada a la manufactura de vehículos de transporte masivo. Otras industrias que son vitales para el desarrollo industrial de la ciudad son la industria textil, alimenticia, del vidrio, automotriz, entre otras. La banca también considera a Ambato una zona clave para abrir sucursales y agencias debido al comercio de la

ciudad: la gran mayoría de bancos y aseguradoras del Ecuador tienen su sede en Ambato, además las cooperativas de ahorro y crédito más grandes del país tienen su matriz en la ciudad, así como las más grandes financieras del Ecuador.

Bioalimentar es una empresa de alimentos que está ubicada en el Parque Industrial de Ambato con sede en Tungurahua, diversificó su producción con una inversión de USD 9 millones en 10 años.

Allí, esta firma fundada en 1965 produce 300 toneladas de comida al día. Se especializa en soluciones alimenticias completas para pollos de engorde, aves ponedoras, cerdos, ganado de engorde y lechero, cuyes, conejos y tilapias. Esta firma, que este año calcula facturar USD 35 millones, registró una notable evolución en su 43 años de vida: pasó de la crianza de aves ponedoras (en sus primeros años tuvo hasta 7 000 aves que producían 30 000 huevos diarios) a trabajar en nutrición humana, nutrición pecuaria y salud animal.

En este crecimiento la inversión fue crucial. En los últimos 10 años, Bioalimentar ha invertido cerca de USD 9 millones en infraestructura y equipos tecnológicos. El equipo más nuevo provino de China y produce alimento en pastillas para perros. Esta trabaja junto con las cinco emparadoras de panel electrónico traídas desde Argentina. La inversión le permitió diversificar su negocio. Hoy tiene las siguientes líneas: HuevosBio para personas; Biocomplex y Avimentos para la nutrición pecuaria; Biohealth para la salud animal. A eso se suma la comida de perro de la marca Cani y la línea agrícola que produce guano (fertilizante orgánico).

La empresa BIOALIMENTAR tiene sus orígenes que se remontan a los años 60 en la en la parroquia de Cotaló, provincia de Tungurahua, cuando aparecía una nueva actividad pecuaria, la avicultura, en 1967 Don Hitler Garzón y Doña Teresa Garzón fundan y establecen una pequeña granja para producir huevos comerciales, decidiéndose a preparar por cuenta propia el alimento balanceado para sus aves.

Hoy en día la empresa BIOALIMENTAR tiene su campus de almacenamiento y producción de biohuevo en el sector de Pachanlica (Vía – Pelileo es una ciudad ecuatoriana, localizada en el centro de la Región Interandina de Ecuador. Es la capital del cantón Pelileo con una población cerca de 58.988 habitantes y forma parte de la Provincia del Tungurahua)

La planta de tratamiento objeto de este estudio está ubicada en el sector de Pachanlica (Vía – Pelileo)

## **JUSTIFICACIÓN.**

El desarrollo de la actividad humana e industrial provoca daños en el medio ambiente y en la sociedad, que en algunos casos son irreparables debido a lo cual se promueve un estudio meticuloso de las aguas residuales de las diferentes industrias de la provincia de Tungurahua y sus posibles soluciones para que la ciudadanía y el entorno no se vean afectados por este problema. El fin es poder contar, en el futuro, con recursos naturales que garanticen una mejor calidad de vida para las sociedades futuras.

Mediante este estudio se busca determinar soluciones factibles que puedan recuperar las propiedades físico -químicas y microbiológicas del agua residual para ser vertidas en su cauce natural o en el mejor de los casos volver a reutilizar en otro proceso sin afectar el medio ambiente cumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa del Ministerio del Ambiente vigente.

La investigación constituye una optimización de la planta de tratamiento de agua residual de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica mediante pruebas de laboratorio para realizar una caracterización de las mismas obteniendo datos confiables.

Esta agua que llega hacia la planta de tratamiento contiene materia orgánica e inorgánica cuya, descomposición genera gases mal olientes lo cual mediante un proceso se busca mitigar, el agua al terminar su tratamiento contiene todavía un porcentaje alto de colibacilos totales, fecales lo que se buscara otras maneras de realizar su tratamiento para que así el agua que finalmente sale de la planta de tratamiento se pueda verter en su cauce natural, o buscar una alternativa con el diseño de un sistema para utilizar el agua en la cancha que posteriormente se construirá.

Es por eso que se propone una “OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA BIOALIMENTAR SECTOR PACHANLICA”, para obtener un medio ambiente sano.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Optimizar el sistema de tratamiento de Aguas Residuales en la planta de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica.

### **ESPECIFICOS.**

- Caracterizar los parámetros físico- químico y microbiológico del agua residual de la planta, comparado con la norma. TULAS libro VI, anexo I (31 Edición Especial N° 2 de marzo de 2003)
- Establecer el sistema de tratamiento de agua más adecuado a nivel operacional, planteando alternativas de viabilidad técnica, en base a los parámetros identificados en la caracterización.
- Realizar la caracterización físico – química y microbiológica del agua en la captación posterior a la optimización del sistema. comparados con la norma. TULAS libro VI, anexo I.
- Determinación de los Costos Totales de la propuesta de la Optimización del Sistema de Tratamiento de Planta de Agua Residual.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

#### 1.1. El Agua

La definición del concepto de agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

El agua es una molécula simple sin embargo tiene un extraño comportamiento, que la convierte en una sustancia diferente a la mayoría de líquidos conocidos, así posee extraordinarias físicas y químicas.

##### *1.1.1. Las Funciones del Agua.*

Las funciones del agua, mantienen una relación con las propiedades, y que se podrían resumir en los siguientes puntos:

- Puede intervenir como reactivo en reacciones del metabolismo aportando hidrogeniones hidroxilos al medio.
- Soporte de las funciones metabólicas.
- Como vehículo de sustancias.
- Favorece la circulación.
- Amortiguador térmico
- Da flexibilidad y elasticidad a los tejido

## **1.2. Contaminación del Agua.**

La contaminación hídrica o contaminación del agua, “Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.” (Aguá., 2003)

El hombre debe contar con agua natural y limpia para proteger su salud. El agua se considera contaminada cuando su composición o estado no reúne las condiciones requeridas para los usos a los que se hubiera destinado en su estado natural. La contaminación de los recursos del agua, tanto los superficiales como los profundos, constituye el foco principal para problemas ambientales.

Varias observaciones enmarcan este cuadro de situación. Existe una extendida percepción de que el agua es un recurso ilimitado, que los cursos pueden asimilar cuanto reciben. O que la contaminación es un inevitable impuesto al desarrollo. Cabe también recalcar la paradoja de que el agua de consumo provenga en muchos casos de los mismos cuerpos de agua en los que se vierten las excretas y los residuos industriales.

### ***1.2.1. Principales Contaminantes del Agua.***

“Los ecosistemas tienen la capacidad de limpiarse si reciben pequeñas cantidades de contaminantes, y retomar el equilibrio. El problema comienza cuando los contaminantes superan la capacidad de absorción del sistema.” (TULAS, 2003)

Existen dos formas principales de contaminación del agua:

Una de las formas de contaminación tiene relación con el ciclo natural, que mientras éste tiene lugar, puede entrar en contacto con ciertos elementos contaminantes que se encuentran presentes en la corteza terrestre, en la atmósfera y en las aguas, como son: sustancias minerales y orgánicas que pueden estar disueltas o en suspensión .

El otro tipo de contaminación del agua, que sin duda es la más importante y perjudicial para el ecosistema es la que está relacionada con las acciones del hombre. Las causas más habituales por las que se da este tipo de contaminación son:

1. Efluentes provenientes de actividades domésticas.
2. El uso de sustancias químicas en la agricultura que se filtran por el subsuelo llegando a contaminar los cauces de agua limpia.
3. La generación de una gran cantidad de basura que es depositada a orillas de los ríos y cuerpos hídricos que durante su recorrido va arrastrando hasta llegar a los océanos.
4. Generación de aguas servidas, que en la mayoría de los casos son descargadas directamente a cuerpos de agua principalmente en sitios que no cuentan con un sistema de tratamiento adecuado.
5. Vertimientos con alto contenido de materia orgánica que al descomponerse consume gran cantidad de oxígeno del agua, limitando la existencia de especies presentes en el lugar.

### **1.3. Aguas Residuales.**

Este tipo de vertidos son, “Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.” (TULAS, 2003)

Las aguas residuales provienen de actividades domésticas o de procesos industriales, las cuales por razones tanto de salud como por consideraciones de recreación e impacto visual, no pueden ser evacuadas directamente al sistema de alcantarillado público ni a cuerpos de agua dulce sin antes haber pasado por un sistema de tratamiento.

Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos, partículas de gran tamaño y otros residuos pueden ser eliminados mediante procesos mecánicos y químicos, mientras que el material de naturaleza orgánica contenido en el agua residual negra es eliminado con la utilización de microorganismos que oxidan la materia orgánica transformándola en CO<sub>2</sub>, he aquí la importancia de los microorganismos en los tratamientos de agua de desecho.

Existen sitios donde viven personas de muy bajos recursos económicos, como son las orillas de los ríos, donde en ocasiones cuentan con un servicio eventual de agua potable, pero no disponen de un sistema de alcantarillado donde puedan desechar el agua residual generada por las actividades propias de cada persona.

Estos vertidos que contienen sustancias fecales, detergentes, grasas, entre otros son descargados directamente a los ríos y otras fuentes de agua dulce, situación que ocasiona una gama importante de enfermedades. Por lo que es necesaria la implementación de sistemas de depuración de las aguas residuales generadas tanto en el sector urbano cuanto en el industrial, para disminuir considerablemente la carga contaminante del agua.

Las aguas residuales aparecen sucias y contaminadas: llevan grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y de los ganados, herbicidas y plaguicidas y en ocasiones algunas sustancias muy tóxicas.

Es una mezcla de: (a) desechos líquidos evacuados de residencias, locales públicos, educacionales y comerciales; (b) desechos líquidos evacuados de locales industriales; y, (c) agua freática, superficial y de lluvia que entra al alcantarillado como infiltración.

Estas aguas residuales, antes de volver a la naturaleza, deben ser depuradas. Para ello se conducen a las plantas o estaciones depuradoras, donde se realiza el tratamiento más adecuado para devolver el agua a la naturaleza en las mejores condiciones posibles. Todavía existen muchos pueblos y ciudades de nuestro país que vierten sus aguas residuales directamente a los ríos, sin depurarlas. Esta conducta ha provocado que la mayoría de los seres vivos que vivían en esos ríos hayan desaparecido.

### ***1.3.1. Clasificación de las Aguas Residuales***

Es común clasificar a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema

de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. No obstante, muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado.

Así de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificados como:

- ✓ **Domésticas:** Son aquellas aguas utilizadas con fines higiénicos (sanitarios, cocinas, lavanderías, etc.) Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de las descargas de las instalaciones hidráulicas de la edificación y también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.
- ✓ **Industriales:** Son residuos líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- ✓ **Pluviales:** Son aguas lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y el resto escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Otra forma de denominar a las aguas residuales es en base al contenido de contaminantes que esta porta, así se conocen como:

- ✓ **Aguas negras** a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- ✓ **Aguas grises** a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.
- ✓ **Aguas Industriales.** El tratamiento de aguas residuales de origen industrial incluye el mecanismo y proceso usado para tratar aguas residuales que han sido contaminadas por algún medio por actividades de origen antropogénico industrial o comercial y luego son liberadas al medio ambiente o re-utilizados.

### *1.3.2. Aguas Negras.*

La naturaleza procesa la contaminación mediante procesos geoquímicos, pero actualmente le resultan insuficientes para procesar tanto la contaminación que es generada por las actividades propias del hombre.

En todos los grandes centros urbanos del planeta Tierra se generan grandes cantidades de aguas negras como consecuencia del desarrollo de las actividades humanas, por lo que las principales fuentes de aguas negras son la industria, la ganadería, la agricultura y las actividades domésticas que se incrementan con el crecimiento de la población humana.

Por otra parte, en la mayoría de los países los sistemas de aguas negras domésticas es el mismo para recibir las aguas pluviales lo cual provoca mayores problemas de contaminación porque acelera la distribución de aguas negras a lugares no previstos para ello.

Las aguas negras son generadas por las actividades propias de los humanos y sólo en países desarrollados son tratadas parte de ellas para eliminarles los componentes considerados peligrosos y para reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) antes de ser arrojados a las fuentes como ríos, acequias, lagos etc. Sin embargo, en casi todos los países todavía las industrias arrojan las aguas de desecho a los desagües sin ningún tratamiento previo y en la mayoría de los países subdesarrollados son pocas las industrias que les dan algún tratamiento antes de ser desechadas, lo que a nivel global hace que el problema de la generación de las aguas negras aumente a medida que crece la población, la industria y las demás actividades humanas.

Los contaminantes biodegradables de las aguas negras pueden ser degradados mediante procesos naturales o en sistemas de tratamientos hechos por el hombre, en los que acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica con microorganismos propios para dicho proceso.

Aunque el tratamiento de las aguas negras municipales es una práctica bien establecida es un área del tratamiento de agua que experimenta cambios revolucionarios debido al aumento en la severidad de las limitaciones para la calidad del efluente así como al valor potencial del efluente tratado como una fuente de agua para la industria, la agricultura y las municipalidades.

### ***1.3.3. Características de las Aguas Residuales.***

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química, y biológica las principales propiedades físicas del agua así como sus principales constituyentes químicos.

#### ***1.3.3.1. Características Físicas.***

##### ***1.3.3.1.1. Sólidos.***

#### **Sólidos Totales**

Es la suma de todos los sólidos disueltos y en suspensión que se encuentran en el agua residual líquida.

#### **Sólidos Sedimentables**

Se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de un período de 60 minutos.

#### **Sólidos Disueltos.**

Los sólidos disueltos totales es la medida de la cantidad total de materias disueltas en el agua; por ejemplo, calcio, magnesio, cloro, estos sólidos están compuestos por moléculas que se encuentran disueltas en el agua.

La medida TDS (Total de Sólidos Disueltos) tiene como principal aplicación el estudio de la calidad del agua de los ríos, lagos y arroyos. No se considera un contaminante grave, a decir es un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos.

### **Sólidos Suspendidos.**

Formado por partículas que se mantienen dispersas en el agua en virtud de su naturaleza coloidal. No sedimentan por gravedad poseen carga eléctrica semejante, propiedad que la mantienen en suspensión. Los factores que influyen para que una partícula no se decante en el fondo son: Tamaño, densidad y forma de la partícula; Velocidad del agua. Todas las corrientes residuales tienen algunos sólidos en suspensión. Las aguas residuales domésticas, dependiendo de su concentración tienen de 15 a 250 mg/L.

### **Sólidos Volátiles.**

Representan la fracción de sólidos suspendidos que se volatizan a 600°C. Si los sólidos totales se someten a combustión bajo una temperatura de 600°C durante 20 min, la materia orgánica se convierte a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Esta pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica o volátil. Los sólidos que no se volatizan se denominan sólidos fijos.

#### *1.3.3.1.2. Olor.*

Son debido a gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, el agua residual tiene un olor desagradable pero más tolerable que el agua residual séptica (debido al sulfuro de hidrógeno resultante de la reducción de sulfatos a sulfitos por microorganismos anaerobios). Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento. **Efectos de los Olores:** a bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan que por el daño que pueden producir al organismo.

#### *1.3.3.1.3. Color.*

Históricamente, para la descripción de un agua residual, se empleaba el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. El agua residual reciente

suele tener un color grisáceo, sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Llegado a este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas.

#### *1.3.3.1.4. Temperatura.*

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de consumo, la temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y velocidades de reacción y en la aplicación del agua a sus usos.

El aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases.

#### *1.3.3.1.5. Turbiedad.*

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz, impidiendo su transmisión.

#### *1.3.3.1.6. Densidad.*

La densidad de un agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en  $\text{Kg/m}^3$ . Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad de fangos de sedimentación.

#### *1.3.3.1.7. Conductividad.*

Es la habilidad de transportar una corriente eléctrica, debido a la concentración de sustancias ionizadas disueltas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia implica un cambio.

#### *1.3.3.1.8. Dureza.*

Se entiende por dureza total la suma de las durezas individuales debidas a los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato. La dureza total de las aguas es un componente con bastante significación en la calidad físico-química.

#### *1.3.3.2. Características Químicas.*

##### *1.3.3.2.1. Materia Orgánica.*

En un agua residual de intensidad media, un 75% de lo sólidos en suspensión y el 40% de lo sólidos filtrables de un agua residual son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos se forman por combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno en presencia de nitrógeno y en pocos casos pueden también estar presentes al azufre, fósforo y hierro. Los componentes orgánicos constituyen las proteínas (40-60%), carbohidratos (25-50%), la urea como principal componente de la orina se encuentra en aguas residuales frescas.

El agua residual puede contener pequeñas cantidades de un gran número de diferentes moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede variar desde muy simple hasta sumamente complejas como son agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas.

#### *1.3.3.2.2. DBO.*

Es la cantidad de oxígeno necesaria para que un determinado microorganismo pueda oxidar la materia orgánica del agua. Los datos de DBO se utilizan en ingeniería para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales. La DBO se basa en la reducción del oxígeno disuelto por organismos aclimatados, consumiendo carbono orgánico en el agua residual.

#### *1.3.3.2.3. DQO.*

La cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes que contiene el agua residual líquida o como la cantidad de oxígeno para oxidar en medio ácido todas las formas reductoras cuyos potenciales de electrodo así lo permitan. La DQO se basa en la oxidación química de todos los carbonos orgánicos mediante la oxidación. El incremento de la DBO y DQO inciden en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua. La DQO es siempre mayor que la DBO, y la DQO siempre oxidará cosas que la DBO no puede oxidar o que no medirá.

#### *1.3.3.2.4. Materia Inorgánica.*

Varios componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales tienen importancia para el establecimiento y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan por la formación geológica con la que el agua entra en contacto y también por las aguas residuales tratadas o sin tratar que se descargan a ella.

Comprenden nutrientes como amoníaco, nitritos, nitratos, fósforo, los cuales han sido identificados como los causantes del crecimiento indeseable de plantas acuáticas.

Las aguas residuales, a excepción de algunos residuos industriales, son raramente tratadas para la eliminación de los constituyentes inorgánicos.

#### *1.3.3.2.5. Alcalinidad.*

La alcalinidad del agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco.

La concentración de la alcalinidad en aguas residuales es importante en aquellos casos en los que se empleen tratamientos químicos, en la eliminación biológica de nutrientes y cuando haya que eliminar el amoníaco.

#### *1.3.3.2.6. pH.*

Es un parámetro de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales, el intervalo de concentraciones adecuado para la proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico, el agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si esta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

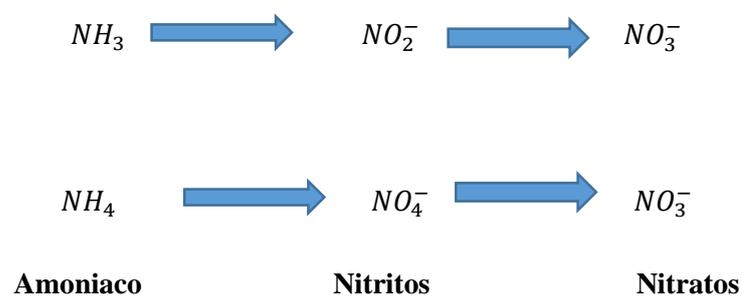
#### *1.3.3.2.7. Cloruros.*

Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua y, en las regiones costeras. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas, industriales en las superficies. En lugares donde la dureza del agua sea elevada los ablandadores del agua aportan grandes cantidades de cloruros.

#### 1.3.3.2.8. Nitritos y Nitratos.

El nitrógeno es un elemento importante en las aguas residuales ya que es necesario para el crecimiento de los microorganismos. Si el agua residual no contiene suficiente nitrógeno pueden ocurrir problemas por deficiencia de nutrientes durante el tratamiento secundario.

En las aguas residuales el nitrógeno se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio nítrito, nítrito, nítrato, si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteicos pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana. A medida que el agua se estabiliza por oxidación bacteriana en medio aerobio se generan nítritos y posteriormente nítratos. El predominio de la forma de nítrato en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amonio nítrito, nítrito, nítrato.



#### 1.3.3.3. Características Biológicas.

Las características biológicas de las aguas residuales son de vital importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos y por el importante papel que tienen las bacterias y otros microorganismos en la descomposición y estabilización de la materia.

#### *1.3.3.3.1. Microorganismos.*

Los principales grupos en aguas residuales son organismos Eucarióticas (están dentro las algas, hongos y protozoos), eubacterias y arqueobacterias.

#### *1.3.3.3.2. Organismos Patógenos.*

Todas las formas de microorganismos patógenos se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas e incluyen: bacterias, virus, protozoarios y helmintos .Algunos de estos microorganismos son descargados al ambiente. Aunque es raro que estén presentes los microorganismos que causan algunas de las enfermedades más severas, por seguridad se asume que lo están en número significativo y que representan un peligro para la salud. Un determinado número de microorganismos patógenos en estado viable sobreviven al tratamiento.

#### **Grupo Coliforme.**

Son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, suelos, animales y el hombre, las bacterias coliformes se encuentran en mayor proporción en la capa de la superficie del agua o en los sedimentos en el fondo.

#### **Coliformes Fecales.**

El Coliforme Fecal (*Escherichia Coli*) es un grupo de los coliformes asociado a la contaminación fecal producida por animales de sangre caliente. Es un indicador potencial de la presencia de organismos patógenos.

### **1.4. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales**

“La prevención de la polución del agua y del suelo solo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. Sin embargo ningún programa

de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente” (Romero, 2004, pág. 129).

El tratamiento de las aguas de desecho más conocidas como aguas residuales se fundamenta en una cadena de procesos de diferente tipo como los físicos, químicos y biológicos, cuyo objetivo es el de eliminar o disminuir al máximo las sustancias contaminantes presentes en el agua a tratar, con el fin de proteger la salud y promover el bienestar de todos quienes formamos parte de la sociedad. Otro de los fines de la depuración de las aguas es obtener un flujo de agua reutilizable en diversos fines y con características que permitan descargar directamente a la alcantarilla o bien devolverlo a un cuerpo hídrico.

El tratamiento de aguas negras se refiere al procesamiento de las aguas residuales, sobre todo domésticas, producidas por las actividades típicas de la sociedad, las características de las aguas negras crudas tienden a enrudecerse en esta definición. Cuanto más crecen las ciudades y más se industrializan, el volumen y las características de alguna industria en particular pueden afectar la composición de las aguas negras. Además, estas pueden provenir de sistemas de drenaje sanitario separado o bien combinado. Con los sistemas combinados, el agua lluvia escurre hasta las líneas del alcantarillado y se vuelve parte del flujo que va a la planta de tratamiento de aguas negras.

Los tratamientos para la aguas de desecho, pueden reconocerse en base a su ubicación en el proceso de limpieza, como primarios, secundarios y avanzados. La teoría fundamental para un adecuado control de la contaminación por aguas residuales ha sido tratar estas aguas en plantas de tratamiento que permitan remover en gran parte y la mayoría de los contaminantes y luego dejar que sea la naturaleza quien lo complete en el cuerpo receptor.

Los contaminantes presentes en el agua residual se pueden eliminar por mecanismos de tipo físico, químico o biológico. Los métodos se clasifican en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios. En los sistemas de tratamiento se realizan combinaciones de estas operaciones y procesos.

Los procesos de tratamiento en los cuales predomina la aplicación de fuerzas físicas se denominan como operaciones físicas unitarias, las más comunes son: floculación, sedimentación, flotación, filtración, tamizado, transferencia de gases.



**Figura 1-1:** Depuradora de Aguas Residuales  
Fuente: Contenidos. Educarex.es

#### 1.4.1. Niveles de Tratamiento de Aguas Residuales.

Los niveles de tratamiento dependen del grado de contaminación y de las características de los contaminantes que presente el agua residual. Las etapas son Pre –Tratamiento, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario y Tratamiento Terciario o Avanzado.

##### 1.4.1.1. Pre- Tratamiento.

Es la primera operación que se somete los residuos líquidos que consiste en retener los sólidos y grasas que arrastra el agua.

Las aguas residuales pueden venir con desechos muy grandes y voluminosos que no pueden llegar a las plantas de tratamiento y sirven de igual manera para aumentar la efectividad de estos procesos. Para estos procesos son utilizados las rejillas, los tamices y los microfiltros.

✓ **Las Rejillas:** Con éstas se retiene todo el material grueso, su principal objetivo es retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas, válvulas, aireadores, etc. Se utilizan solamente en los desbastes previos, y sirven para que los desechos no dañen las máquinas. Se construyen con barras de 6 mm de grosor y son acomodadas aproximadamente a 100 mm de distancia.

✓ **Los tamices:** Luego de las rejillas se colocan tamices, con aberturas menores para remover un porcentaje más alto de sólidos, con el fin de evitar atascamiento de tuberías, filtros biológicos, con una abertura máxima de 2.5 mm. Tienen una inclinación particular que deja correr el agua y hace deslizar los desechos por fuera de la malla.

✓ **Los microfiltros:** Son planillas giratorias plásticas o de acero por las cuales circula el agua y recogen los desechos y las basuras en su interior, los microfiltros tiene sistemas de lavado para que así puedan mantener las mallas limpias. Dependiendo de la aplicación que tengan se selecciona el tamaño de las mallas.

#### *1.4.1.2. Tratamiento Primario.*

Consiste en la remoción de una cantidad considerable de sólidos suspendidos, contenidos en el agua residual, mediante procesos físicos o físico químicos.

##### *1.4.1.2.1. Desbaste.*

En esta etapa se consigue retener la mayor cantidad de sólidos gruesos, no solo con el fin de reducir la carga contaminante del agua residual a la entrada del sistema, sino también con el propósito de preservar la integridad y el funcionamiento de los equipos posteriores por donde va a pasar el flujo de agua. Pueden emplearse varios tipos de equipos como rejillas, tamices autolimpiantes, microfiltros.

#### *1.4.1.2.2. Remoción de Arena.*

En esta etapa se da la eliminación de arenas mediante el empleo de desarenadores o por centrifugación de lodos. Este proceso ayuda a la separación de la arena propiamente dicha y a otros materiales cuya velocidad de sedimentación sea mayor al material sólido degradable contenido en el agua de desecho.

#### *1.4.1.2.3. Sedimentación.*

“La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión de las mismas” (RAMALHO, 1993, pág. 92).

Los sedimentadores primarios diseñados y operados pacientemente, remueven entre el 50% y 70% de los sólidos suspendidos y entre el 25% y 40% de DBO<sub>5</sub>. En las grandes plantas de tratamiento la remoción de SST se realiza en tanques de sedimentación circular o rectangular con limpieza mecánica y diseño estandarizado. “Los tanques de sedimentación primaria bien dimensionados y explotados con eficiencia eliminan entre el 50% y el 70% de los sólidos suspendidos y entre el 25% y el 40% de la DBO<sub>5</sub>” (METCALF-EDDY, 1995, pág. 228)

#### *1.4.1.2.4. Tanques de Homogenización.*

El objetivo de la homogenización es amortiguar las variaciones del caudal para lograr un caudal aproximadamente constante. Tiene entre otros, los siguientes propósitos:

- ✓ Superar los problemas operacionales causados por las variaciones del pH.
- ✓ Proveer un control adecuado de pH.
- ✓ Permitir descargar caudales muy variables al alcantarillado municipal.

“El igualamiento tiene las siguientes ventajas: mejora la tratabilidad del agua residual, diluye sustancias inhibitoras, estabiliza el pH mejora la eficiencia por lo tanto la calidad del efluente, con tratamiento químico hace más fácil la dosificación de los reactivos y mejora la confiabilidad y rendimiento del proceso” (ROMERO, 2002, pág. 129)

Puede ser de profundidad variable, para proveer un caudal constante, o de volumen constante y efluente igual al afluente, cuando el propósito es igualar características del afluente, como su acidez, alcalinidad y pH, para optimizar tratamiento químico o biológico posterior

El volumen del depósito depende del caudal vertido y del régimen de trabajo. En general se ha de calcular un volumen al menos igual al caudal diario vertido.

#### *1.4.1.2.5. Floculación Coagulación.*

El agua en su forma molecular pura no existe en la naturaleza, por cuanto contiene sustancias que pueden estar en suspensión o en solución verdadera según el tamaño de disgregación del material acarrea, por otra parte, de acuerdo con el tipo de impurezas presentes, el agua puede aparecer como turbia o coloreada o ambas.

La turbiedad, que no es más que la capacidad de un líquido de diseminar un luz luminoso, puede deberse a partículas de arcilla provenientes de la erosión del suelo, a algas o a crecimientos bacterianos.

#### **A. Naturaleza del Color.**

Según Christman y Ghassemi (1961) la aparición del color en el agua puede deberse a:

- ✓ La extracción producida por el agua de sustancias provenientes de maderas.
- ✓ La solución de productos de descomposición de las maderas.
- ✓ La solución de materia orgánica del suelo.
- ✓ Una combinación de estos procesos.

Cualquiera que sea su origen, el conjuntos de compuestos responsables de color, recibe el nombre de sustancias húmicas. Si bien la estructura molecular de dichas sustancias no es bien conocida, se sabe que básicamente contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en porcentajes variables.

## B. Relación entre el color y el pH.

Conocido es el hecho de que el color presenta un “efecto indicador” esto es que su intensidad cambia con el pH. En general, al subir el pH se incrementa el color, pero el mayor incremento se obtiene con aguas que tienen originalmente un color bajo.

## C. Comparación entre las características del Color y Turbiedad.

El color y la turbiedad tienen características bastantes diferentes que deben tenerse muy en cuenta cuando se requiere remover del agua por medio del procesos de coagulación.

No solo el fenómeno óptico se percibe en forma distinta, sino sus características físicas, químicas difieren gradualmente:

**Tabla 1-1:** Comparación entre las Características del Color y Turbiedad

Ítem	Color	Turbiedad
Composición Física.	Sustancias disueltas parcialmente coloidales.	Arcillas Coloidales
Composición Química.	Ácidos Orgánicos con pesos moleculares entre 200 y 50000 o mas	Cristales de Silicatos
Origen.	Orgánico	Mineral
Tamaño de la dispersión	87 % menor 0.01	Entre 0.1 y 10 u
Intensidad	Aumenta con el pH	no varía con el pH
Comportamiento Químico	Se comporta preferentemente como sustancias disueltas.	Se comportan únicamente como suspensiones coloidales

**Realizado por:** Maricela Lalaleo.

**Fuente:** Contenido. educarex.es.

Es muy importante distinguir entre color verdadero y color aparente. El primero es el que existe cuando se ha removido toda la turbiedad por medio de filtración o centrifugación, el segundo es el valor que resulta de medir el color sin remover la turbiedad. Lo que nos da una indicación muy precisa de las características del agua.

Se llama coagulación – floculación al proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua llamadas floc dicho proceso se usa para:

- ✓ Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no se puede sedimentar rápidamente.
- ✓ Remoción de color verdadero y aparente.
- ✓ Eliminación de bacterias, virus, organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- ✓ Destrucción de algas plancton en general.
- ✓ Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánico entre otros.

Hay que distinguir dos aspectos fundamentales en la coagulación – floculación del agua:

- I. La desestabilización de las partículas suspendidas. O sea la remoción de las fuerzas que las mantienen separadas.
- II. El transporte de ellas dentro del líquido para que hagan contacto, generalmente estableciendo puentes entre si y formando una malla tridimensional de coágulos porosos.

Al primer aspecto suelen referirse como coagulación y al segundo como la floculación.

La coagulación comienza en el mismo instante en que se agrega los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Básicamente consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua mismo.

La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro (cloruro férrico) y aluminio.

Se pueden considerar dos mecanismos básicos en este proceso:

#### **D. Neutralización de la carga del coloidal**

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ion coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los iones Ba (bario) y Mg (magnesio), bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el Na (sodio), monovalente; y, a su vez, el Fe (hierro) y Al (aluminio), trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ion cloruro, Cl<sup>-</sup>, monovalente, el sulfato, (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup>, divalente, y el fosfato, (PO<sub>4</sub>)<sup>-3</sup>, trivalente.

#### **E. Inmersión en un precipitado o flóculo de barrido.**

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

La Floculación es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores.

Tres mecanismos pueden actuar en el primer fenómeno. El de adsorción – desestabilización basado en las fuerzas electrostáticas de atracción y repulsión, el de puente químico que establece una relación de dependencia entre las fuerzas químicas y de la superficie de los coloides, y el de sobresaturación de la concentración de coagulantes en el agua.

En el segundo aspecto debe distinguirse entre: floculación ortocinética y pericinetica. La primera es la inducida por la energía comunicada al líquido por fuerzas externas (paletas giratorias) la segunda es la promovida, internamente dentro del líquido, por el movimiento de agitación que las partículas tienen dentro de aquel movimiento, y se realiza en un tiempo muy corto después de desestabilizada la partícula.

Los procesos de coagulación y de floculación se emplean para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidos siempre que su rapidez natural de asentamiento sea demasiado baja para proporcionar clarificación efectiva. La clarificación del agua, el ablandamiento, el

espesamiento del lodo y el desecamiento, dependen de una correcta aplicación de las teorías de coagulación y floculación para que puedan efectuarse con éxito.

Tomando como un ejemplo la clarificación del aguas superficial, el agua cruda turbia contiene material suspendido, tanto sólidos que pueden asentarse como partículas lo bastante grande que se asientan en reposo o sólidos dispersados que no se asentarán con facilidad. Una parte considerable de estos sólidos que no se asientan pueden ser coloides.

#### **F. Factores que afectan el proceso de Coagulación.**

Los siguientes factores afectan el proceso de coagulación.

1. Dosis de coagulantes.
2. pH.
3. Concentración de coloides o turbiedad.
4. Color o concentración de sustancias orgánicas en el agua.
5. Aniones o cationes presentes en el agua.
6. Intensidad de la mezcla rápida y gradiente de velocidad de la mezcla lenta.
7. Movilidad electroforesis de las partículas
8. Temperatura del agua.

Como se ve se trata de un fenómeno complejo en el que intervienen por lo menos ocho factores que pueden modificarlo. Los tres primeros factores se interrelacionan íntimamente. La dosis que se aplique depende del pH terminal y de la concentración de los coloides. Las aguas de más difícil coagulación son las que tienen baja concentración de estos (turbiedades menores de 20 UNT) ya sea en presencia de color o no. Por otra parte conviene que haya partículas livianas como pesadas que le den peso al floc. Cuando solo hay partículas finas se dificulta la coagulación.

#### *1.4.1.3. Tratamiento Secundario.*

El tratamiento secundario de las aguas residuales consiste en una serie de procesos microbiológicos, los cuales pueden ser aerobios y anaerobios. La eliminación de la carga contaminante (materia orgánica), transformándola en dióxido de carbono y gas metano, reduciendo de esta manera la cantidad de la DBO y la DQO a valores inferiores a 100 mg/l.

La eliminación de la carga contaminante mediante el tratamiento biológico se consigue, debido a que la materia orgánica presente en el agua residual muchas de las veces es rica en nutrientes conteniendo especialmente compuesto de N y P, y además constituye La fuente de energía y de carbono que requieren los microorganismos para su crecimiento.

Cabe indicar que los procesos biológicos aerobios se basan en la transformación de los contaminantes orgánicos en biomasa bacteriana, dióxido de carbono y agua, mientras que los procesos anaerobios los convierte en gas metano y dióxido de carbono.

#### *1.4.1.3.1. Tratamientos Aerobios.*

Existen dos métodos básicos de tratamiento secundario que pueden aplicarse en los cuales se emplean cultivos biológicos para conseguir una descomposición aerobia y una oxidación de la materia orgánica, pasando a compuestos más estables. Y estos tratamientos son:

Lechos Bacterianos.

Lodos o fangos Activados

##### *1.4.1.3.1.1. Lechos Bacterianos*

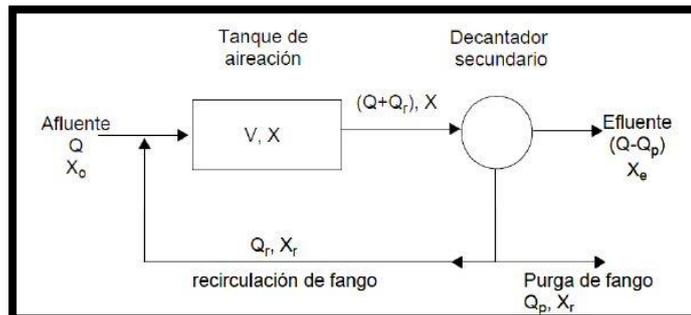
Lechos Bacterianos, también denominados filtros biológicos o filtros percoladores. Están basados en los procesos biológicos aerobios.

Consiste en poner el agua residual en contacto con un material inerte o soporte donde se adhieren los microorganismos. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie sobre el que se rocía el agua a tratar.

#### 1.4.1.3.1.2. Lodos Activados.

Los lodos o fangos activados, es un bioproceso utilizado para el tratamiento natural de las aguas residuales. La base de un sistema de lodos activados está en el consumo de la DBO<sub>5</sub> soluble que tiene lugar en el reactor es un proceso de degradación biológica de la materia orgánica y la separación de la DBO<sub>5</sub> insoluble por sedimentación en los clarificadores.

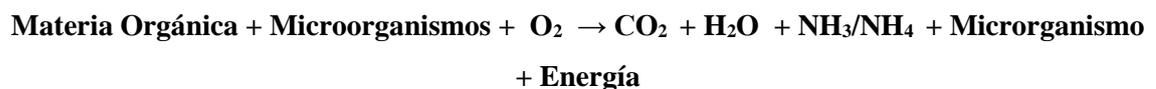
#### Consideración del Proceso Convencional de Lodos Activados



**Figura 2-1:** Diagrama Convencional de Lodos Activados  
Fuente: RAMALHO, R, Tratamiento de Aguas Residuales.

En la figura 2-1 se muestra un diagrama de flujo convencional de este bioproceso, donde el agua a tratar entra a un sistema de aireación, proceso en el cual está en un contacto con los microorganismos que oxidan y degradan la materia orgánica, este efluente pasa a un tanque clarificador en la cual separa por la parte superior el efluente clarificado del lodo formado, este fango se recirculara por la parte inferior del sedimentador hacia el reactor con la finalidad de mantener la concentración adecuado de lodos y garantizar el efectividad del mismo.

El mecanismo general del sistema de fangos activados viene representado por la siguiente reacción biológica.



La biodegradación (oxidación de materia orgánica disuelta en el agua) la llevan a cabo los microorganismos presentes en la cuba de activación que forman de flóculo.

El flóculo individual es la unidad estructural del fango activo, y constituye el núcleo alrededor del cual se desarrolla el proceso de depuración biológica. El tamaño medio del flóculo oscila entre las 100 y 500 micras. A medida que aumenta el tamaño del flóculo, el oxígeno en su interior disminuye, y se pueden formar zonas de anoxia donde pueden crecer bacterias anaerobias metanogénicas y que pueden arrancar el proceso de digestión anaerobia de fangos.

En el flóculo de fangos activos existen 2 componentes denominados biológico y no biológico. El componente biológico principal está constituido por una amplia variedad de microorganismos como:

**Tabla 2-1:** Componente Biológico Principal de los lodos Activados

<b>BACTERIAS</b>		
Es el componente principal y fundamental del floculo. básicamente son heterótrofas		
<b>Bacilos Gram negativos del grupo de las Pseudomonas como</b>		
<b>Zoogloea</b> (principalmente la especie <b>ramigera</b> )	<b>Pseudomonas o Comamonas;</b> bacterias filamentosas sin septos como <b>Flavobacterium- Cytophaga</b>	Proteobacterias oxidantes del hidrógeno como <b>Alcaligenes</b> (con capacidad desnitrificante)
<b>Entre las bacterias Gram positivas se pueden encontrar:</b>		
<b>Artrobacter</b> (Corineformes con morfogénesis cocobacilo, muy abundantes en el suelo.)		
<b>Bacillus</b> (Bacilo esporógeno aerobio)		

Continúa...

Por otra parte, un flóculo “ideal” contiene una serie de bacterias filamentosas desarrollándose en equilibrio con el resto de las bacterias.

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

**Tabla 3-1:** Problemas Biológicos producidos por Microorganismos Filamentosos.

<b>PROBLEMAS BIOLOGICOS</b>	
<b>Esponjamiento filamentososo o “bulking”</b>	El fango activo sólo sedimenta lentamente y no se compacta, o lo hace pobremente, debido a que en él se ha producido un hinchamiento o esponjamiento provocado por una excesiva proliferación de bacterias Filamentosas. Es un fallo de la Macroestructura flocular.
<b>Espumamiento biológico o “foaming”.</b>	Los microorganismos filamentosos producen una espesa espuma coloreada (en colores del blanco al marrón) y en muchos casos abundantes flotantes en decantación secundaria

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., 1995

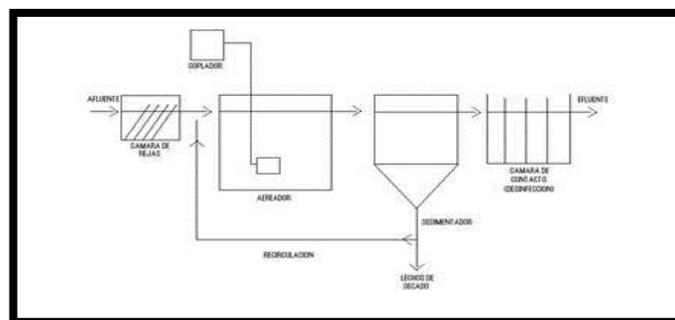
El proceso de lodos activados para el tratamiento de aguas negras está basado en proporcionar un contacto íntimo entre las aguas negras y lodos biológicamente activos. Los lodos se desarrollan inicialmente por una aireación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de microorganismos que tiene la habilidad especial de oxidar materia. Cuando los lodos que contienen estos organismos entran en contacto con las aguas negras, los materiales orgánicos se oxidan, y las partículas en suspensión y los coloides tienden a coagularse y formar un precipitado que se sedimenta con bastante rapidez. Es necesario un control de operación muy elevado para asegurar que se tenga una fuente suficiente de oxígeno, que exista un contacto íntimo y un mezclado continuo de las aguas negras y de los lodos.

### Funcionamiento

En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de alimento para su producción. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectúa por medios mecánicos (aireadores superficiales, sopladores, etc.) los cuales tiene doble función:

- I. Producir mezcla completa y
- II. Agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle.

La representación esquemática del proceso se muestra en el diagrama mostrado a continuación.



**Figura 3-1:** Diagrama de un Proceso de Lodos Activados  
**Fuente:** Contenidos.educarex.es

- **Principios del proceso de lodos activados**

Los elementos básicos de las instalaciones del proceso de lodos activados son:

- **Tanque de Aireación:** Estructura donde el desagüe y los microorganismos son mezclados. Se produce reacción biológica que se detalló con anterioridad.
- **Tanque Sedimentador:** El desagüe mezclado procedente del tanque de aireación pasara a un sedimentador, separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.
- **Equipo de Aireación:** Inyección de oxígeno para activar las bacterias heterotróficas.
- **Sistema de Retorno de Lodos:** El propósito de este sistema es el de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aireación. Una gran parte de sólidos biológicos sedimentables en el tanque sedimentador son retornados al tanque de aireación.
- **Exceso de Lodos y su Disposición:** El exceso de lodos, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aireación es eliminado, tratado y dispuesto.

- ✓ **Operación Básica**

- **Pre tratamiento/Ajuste de Aguas Residuales:** En algunos casos las aguas residuales deben ser acondicionadas antes de procederse con ellos el proceso de lodos activados, esto debido a que ciertos elementos inhiben el proceso biológico (grandes cantidades sólidos, aguas residuales con valores anormales de pH, etc.).
- **Remoción de DBO en un Tanque de Aireación:** Las aguas residuales crudas mezcladas con el lodo activado retornado del tanque de sedimentador final es aireado hasta obtener 2mg/L de oxígeno disuelto o más, en donde una parte de materia orgánica contenida en los desagües es mineralizada y gasificada, y la otra parte, es asimilada como nuevas bacterias.
- **Operación Sólido-Líquido en el tanque de sedimentación:** Los lodos activados deben ser separados del licor mezclado provenientes del tanque de aireación, proceso que se realiza en el tanque de sedimentación, concentrándolos por gravedad. Las finalidades de este proceso es: Conseguir un efluente clarificado con un mínimo de sólidos suspendidos, y, asegurar el lodo de retorno.

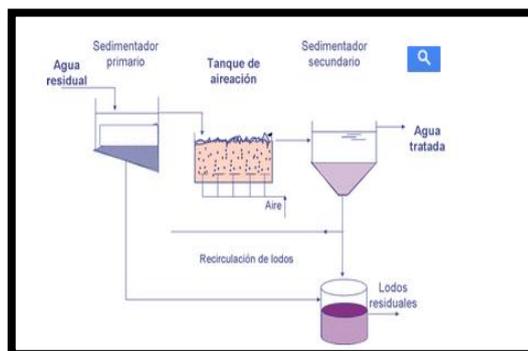
- **Descarga de Lodos:** Con la finalidad de mantener la concentración de los lodos activados en el licor mezclado a un determinado valor, una parte de los lodos son eliminados del sistema a lechos de secado seguidos de filtros mecánicos (filtros prensa, de cinta, etc.) para posteriormente disponer el lodo seco como residuo sólido.

#### 1.4.1.3.1.2.1. Tipos de lodos activados

##### a. Convencional

Este proceso se caracteriza por operar con régimen de flujo pistón, fue el primer tipo de lodos que se dio a conocer, pero dado que los microorganismos se adaptan mejor al medio homogéneo. Este proceso consiste de un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una recirculación del lodo.

El sistema de aireación puede estar constituido por difusores o aireadores mecánicos, obteniéndose eficiencia en la remoción de DBO5 entre el 85% y 95% para un tiempo de retención hidráulico que varía de 4 a 8 horas. Este proceso es sensible a sobrecargas.



**Figura 4-1:** Diagrama de Flujo Convencional  
**Fuente:** Contenidos.educarex.es

## **b. De Mezcla Completa**

Este proceso consiste básicamente en una mezcla completa de bacterias y agua residual en un tanque de aireación de micro burbuja. A medida que la población de microorganismos aumenta, se agrupan y forman flóculos para producir una masa activa llamada lodo activado que sedimentara en la unidad subsiguiente del sistema. Este tipo de tratamiento es el más comúnmente utilizado a nivel mundial para tratar aguas residuales de ciudades de población media, además de ser uno de los procesos más estudiados y seguros, con el cual es posible lograr eficiencias en la remoción de los contaminantes entre 85% y 95% para un tiempo de retención hidráulico de 3 a 5 horas; muestra particular resistencia a los choques y sobrecargas.

Este proceso se realiza en tanques en forma simétrica; en cualquier punto del estanque, hay igual proporción de líquidos y lodos e igual DBO.

## **c. Lodos de Aireación Prolongada o Extendida**

Conocido también como Oxidación Total. Su diagrama de flujo es esencialmente la misma que un sistema de mezcla completa excepto que no tiene sedimentador primario. El tiempo de retención hidráulico varía de 18 a 36 horas. Este período de aireación permite que las aguas residuales y lodo sean parcialmente digeridos en el tanque aireador, permitiendo su disposición sin ser necesaria una gran capacidad de digestión. Es posible lograr eficiencias en la remoción de los contaminantes entre el 90% y 95% para un tiempo de retención hidráulico superior a 18 horas.

### *1.4.1.3.1.2.2. Aireación de Lodos Activados*

La aireación es el proceso mecánico por el cual se procura un contacto íntimo del aire con el agua. Aplicada al tratamiento de agua, la aireación transfiere moléculas gaseosas, principalmente oxígeno, del aire (fase gaseosa) al agua (fase líquida) aunque a menudo la meta es disolver oxígeno en agua, la aireación incluye también la remoción del agua de gases indeseables como CO<sub>2</sub> y metano; este proceso se cita algunas veces como desgasificación.

La aireación está casi siempre acompañada de otros procesos o reacciones que pueden ser de naturaleza física, química o bioquímica. Con mucho, el mayor uso del equipo de aireación se encuentra en el campo de la oxidación bioquímica de desechos orgánicos, domésticos o industriales. Pero la aireación también se usa ampliamente para la oxidación de impurezas inorgánicas como; por ejemplo hierro, manganeso, sulfuro de hidrógeno, y para la remoción u oxidación cuyo objetivo es aumentar solo el contenido de oxígeno en el agua se lleva a cabo algunas veces en el último paso en una planta de tratamiento de agua o de desecho.

#### *Principio de Transferencia de Oxígeno.*

La aireación se desarrolla en tres pasos separados:

1. El aire se pone en contacto íntimo con el agua por exposición de una superficie de gran área. Esta se genera mecánicamente en forma de innumerables gotas o pequeñas burbujas, dependiendo del tipo de aireador empleado.
2. Las moléculas de gas pasan a través de esta superficie a la fase líquida, el gas debe pasar a través de una barrera delgada en la superficie líquida, una película líquida, antes de que llegue al grueso de la fase líquida. El líquido se encuentra por debajo de la película llega rápidamente a saturarse con oxígeno.
3. Las moléculas de gas se difunden alejándose de la película líquida hacia el grueso del líquido hasta que la saturación completa.

Es obvio que una gran superficie y condiciones turbulentas, que rompen la película liquidan y agitan el grueso del líquido, aumenta la velocidad de transferencia.

En el área de tratamiento de agua de desecho, se requieren mayores capacidades y eficiencias elevadas. Los tipos de equipo más ampliamente utilizados son: Aireadores por difusión, Aireadores por superficie (de velocidad alta y baja) Aireadores de turbina sumergida.

En la aireación por difusión o sumergida, el aire es forzado a través del difusor, liberando pequeñas burbujas cerca del fondo del recipiente de aireación. Esto establece un contacto entre el oxígeno y el agua a una presión mayor a la atmosférica. Crea una gran entre cara líquido – gas y produce burbujas de diámetro pequeño a través de los pequeños poros del difusor.

Las eficiencias y los requerimientos de potencia para los aireadores sumergidos están íntimamente relacionados con el tipo de difusores empleados. Estos pueden ser porosos, no porosos o de tubo perforado. El tipo de difusores utilizados se selecciona sobre la base de las características de la transferencia de oxígeno y de los requerimientos de mantenimiento.

Los difusores del tipo poroso han encontrado un uso mayor en los sistemas de tratamiento de desecho municipal que emplean un tratamiento convencional con lodo activado. Pueden lograrse eficiencias para las transferencias de oxígeno tan elevadas como 10 -12 %. El mayor problema es la tendencia al atascamiento del lodo del agua pueden también ser un problema si se deja a las unidades en el licor sin pasar aire al sistema.

- *Aireación de Lodos Activados a Través de Difusores*

Los procesos de tratamiento biológico aerobio, como los procesos de lodos activados requieren concentraciones de oxígeno disuelto generalmente de 0,2 a 2 mg/ L con el fin de asegurar un suministro apropiado de oxígeno para el consumo de los microorganismos responsables del tratamiento.

Este tipo de aireación presenta dos fases, una continua que en este caso sería el agua y una fase discontinua gaseosa. Existe una amplia gama de difusores entre ellos tenemos de disco, domo, tubo y de placa. Un sistema de difusores bien distribuido en el tanque promueve una buena mezcla y es idóneo en el tratamiento de aguas residuales como en lodos activos ya que no destruye el floc biológico, permitiendo que este mantenga su peso y sea fácil de sedimentar. A demás los difusores pueden ser empleados en la etapa de homogenización, para realizar una pre-aireación, evitando malos olores.

Para relaciones de alimento/microorganismo superiores a 0.3 las necesidades del aire para el proceso convencional se sitúa 30 y 55 m<sup>3</sup>/ kg de DBO<sub>5</sub> eliminada en sistemas de difusores de

burbuja gruesa (no porosa), y entre 24 y 36 m<sup>3</sup>/ kg de DBO<sub>5</sub> eliminada para sistemas de difusores de burbuja fina (porosa).

En cambio cuando los valores de relación/microorganismo, son más bajos aumenta las necesidades de aire entre 75 y 115 m<sup>3</sup>/ kg de DBO<sub>5</sub> eliminada. Comúnmente se usan difusores porosos ya que la eficiencia de transferencia de oxígeno es alta, hay un sin número de forma de los difusores y pueden ser de placa, domo, disco y de tubo. Para que la aireación sea uniforme en todo el tanque.

#### *1.4.1.3.1. Tratamientos Anaerobios*

Proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO<sub>2</sub> en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes tipos de bacterianas. La digestión anaerobia es un proceso que se produce en ambientes naturales como los pantanos, la digestión anaerobia es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido.

#### *1.4.1.3.2. Sedimentadores Secundarios*

El sedimentador secundario es parte fundamental del proceso de lodos activados, cumple la función de clarificar el efluente mezclado para la descarga final y el lodo activado formado retorna al proceso. Los tanques de sedimentación para el proceso de lodos activados pueden ser rectangulares o circulares, y en pocas ocasiones se emplean tanques cuadrados los cuales tiene poca retención de sólidos.

#### 1.4.1.3.3. *Digestores de Lodos Aerobios.*

En la mayoría de los procesos de tratamiento primario así como secundarios, se producen lodos, de los que hay que deshacerse de forma adecuada. Los lodos que resultan únicamente de los procesos de separación sólido-líquido, se conocen como lodos primarios, y aquellos que se generan de procesos biológicos se designan lodos secundarios. Los primarios consisten en partículas sólidas, básicamente de naturaleza orgánica. Mientras que los secundarios son fundamentalmente biomasa en exceso producida en los procesos biológicos.

Una fracción importante de las sustancias contaminantes que se separan en los procesos de tratamiento de aguas residuales se encuentran finalmente en los lodos, por este motivo dichos lodos no deben evacuarse sin un tratamiento adecuado previo, ya que estarían en contradicción con los objetivos de los procesos de tratamiento considerados.

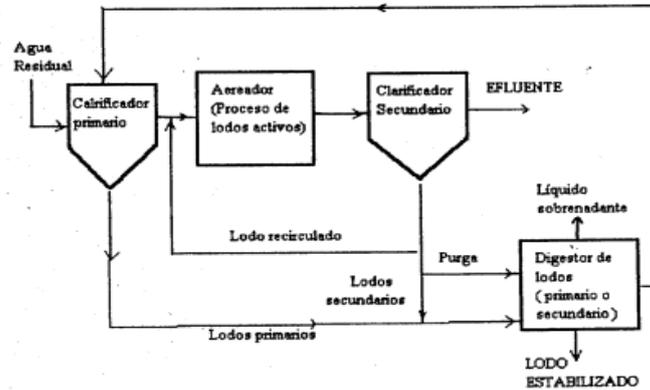
Una posibilidad, en la secuencia de procesos considerados es la reducción de las cantidades de compuestos orgánicos y volátiles contenidos sometiendo los lodos a una digestión ya sea una digestión aerobia o anaerobia, el lodo resultante de la digestión, con un contenido considerablemente inferior de materia orgánica, se conoce como lodo estabilizado. Los objetivos principales de la estabilización son:

- ✓ Reducción o eliminación de olores molestos.
- ✓ Reducción del volumen de líquido o peso de sólidos a traer en operaciones sucesivas.
- ✓ Reducción de microorganismos patógenos en los lodos.

Es un proceso en el cual se produce una aireación, por medio de un periodo significativo de tiempo, de una mezcla de lodos digerible de la clarificación primaria y lodo del tratamiento biológico aerobio, con el resultado de una destrucción de células y una disminución de sólidos suspendidos volátiles.

El fundamento principal de la digestión aerobia, es reducir el total de lodos que se debe evacuar posteriormente. Esta reducción es el resultado de la conversión, por oxidación, de una parte

sustancial del lodo en productos volátiles ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ), si conocemos que las células bacterianas por la fórmula  $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ , dicha oxidación tiene lugar cuando el sustrato de un sistema aerobio no es suficiente para mantenimiento energético y síntesis, corresponde está a la fase de respiración endógena.



**Figura 5-1:** Diagrama de Flujo de un Digestor de lodos.

Fuente: RAMAIHO, R, Tratamiento de Aguas Residuales

En la figura se puede observar un diagrama de un proceso de un digestor de lodos continuo para la secuencia de tratamiento que incluye sedimentación primaria y un proceso de lodos activados. Cuando la cantidad de lodo a digerir es pequeña se utiliza digestión en discontinuo.

#### 1.4.1.3.3.2. Ventajas y Desventajas de la Digestión Aerobia

Es una alternativa viable con respecto a la digestión anaerobia para la estabilización de los lodos. Dichas ventajas y desventajas se muestran a continuación.

#### **Ventajas.**

- ✓ Una reducción de sólidos volátiles aproximadamente igual a la obtenida por vía anaerobia
- ✓ El sobrenadante obtenido tiene un contenido menor de DBO que el obtenido por la digestión anaerobia. El sobrenadante aerobio tiene comúnmente DBO menor de 100 mg/lit.

- ✓ Formación de un producto final inodoro, parecido al humus, que es biológicamente estable y que puede ser fácilmente eliminado.
- ✓ Producción de lodo con buenas características de deshidratación.
- ✓ Recuperación de los valores fertilizantes básicos del lodo
- ✓ Hay menos problemas de operación debido a que el sistema es más estable. Por aquella razón se requiere menores costos de mantenimiento y menor mano de obra para la operación de la planta.
- ✓ Menor inversión de capital.

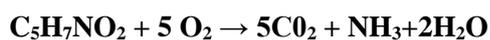
**Desventajas.**

- ✓ El primordial inconveniente es el elevado costo de energía asociado al suministro de oxígeno necesario
- ✓ La eficiencia en la reducción de sólidos varía con las fluctuaciones de temperatura.
- ✓ El espesamiento por gravedad seguido de una digestión aerobio, generalmente se tiene un sobrenadante con alta concentración de sólidos.
- ✓ El que un subproducto útil; como el gas metano, no se recupera puede ser otro inconveniente.
- ✓ Al comparar las ventajas y las desventajas se llega a la siguiente conclusión que el proceso de digestión aerobia es un método que se tendrá que considerar con mayor frecuencia pues es un método de fácil operación.

*1.4.1.3.3.3. Descripción del Proceso.*

La digestión aerobia es semejante al proceso de lodos activados. Cuando la aportación de substrato disponible (alimento) se haya agotado, los microorganismo comenzaran a consumir su propio protoplasma a fin de conseguir energía para las reacciones de mantenimiento de las células.

Cuando esto ocurre se dice que los microorganismo se encuentra en fase endógena. Como se muestra a continuación la reacción, el tejido celular, representado por la fórmula (C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub>) es aerobiamente oxidado a bióxido de carbono, agua y amoniaco.



Cabe indicar que solo del 75% al 80% del tejido celular puede realmente ser oxidado. El 25 a 20% restante lo constituyen compuestos orgánicos y compuestos inertes que no son biodegradables, el amoníaco procedente de esta oxidación es seguidamente oxidado a nitrato al continuar con la digestión.

La velocidad de destrucción de células disminuye cuando la relación alimento/microorganismos aumenta. En consecuencia a mayor proporción de lodos primarios en el proceso, más lenta es la digestión, ya que los lodos primarios tienen una DBO relativamente alta y bajo los sólidos suspendidos volátiles.

El objetivo principal de la digestión aerobia es la reducción del lodo a evacuar, más que la reducción de la DBO soluble.

La temperatura y el pH juegan un papel importante en la operación de los digestores aerobios se ha establecido que la operación de los digestores aerobios depende de la temperatura especialmente cuando esta es inferior a 20°C. En pocas estadísticas parece que un coeficiente de temperatura, comprendido entre 1.08 y 1.10 podría ser adecuado para justar los tiempos de retención hidráulica. Cuando aumenta el tiempo de retención hidráulico a unos 60 días, el efecto de la temperatura es despreciable. En climas sumamente fríos se tendrá en cuenta la factibilidad de calentar el lodo o el suministro de aire o cubrir los tanques.

Según la capacidad tamponadora del sistema, el pH puede descender a un valor muy bajo (5.5) con tiempos de retención hidráulica largos. Las razones que se aducen para este tipo de comportamiento incluyen la presencia creciente de iones de nitrato en la solución y la disminución de la capacidad reguladora debida al arrastre de aire. Aunque esto no parezca inhibir el proceso, deberá comprobarse el pH periódicamente y ajustarlo, si los valores emitidos son muy bajos.

Este proceso se lleva a cabo normalmente en tanques sin calentar similares a los que se utilizan en el proceso de lodos activados.

#### 1.4.1.4. *Tratamiento Terciario.*

El tratamiento terciario tiene como objetivo eliminar contaminantes más específicos, como las sustancias tóxicas o compuestos que no son biodegradables, que no han sido eliminados o removidos en el tratamiento anterior. Con esta etapa se asegura un efluente de mayor calidad con características que permiten devolver al medio ambiente.

##### 1.4.1.4.1. *Lagunaje.*

El tratamiento en lagunas se trata de una imitación de autodepuración natural que tiene lugar en ríos, lagos y otros cuerpos hídricos. La agitación en esta etapa también es importante para mantener los lodos en suspensión.

Este proceso “se puede realizar en grandes lagunas aireadas, con largos tiempos de retención de 1 a 3 días, que les hace prácticamente insensible a las variaciones de carga, pero requieren terrenos muy extensos.” (RIGOLA PEÑA, 2005, pág. 148)

##### 1.4.1.3.2. *Filtración.*

La Filtración es una operación unitaria de gran importancia que debe formar parte de un sistema de depuración de aguas residuales. Esta operación unitaria se usa con el objetivo de retener la mayor cantidad de sólidos presentes en el agua que no se ha podido eliminar en la etapa de sedimentación. Este proceso se emplea con mayor frecuencia después de existir un proceso de sedimentación. Existen diferentes tipos de filtración se nombra los más utilizados.

- ✓ **Filtración en Grava y Arena** La filtración de arena remueve gran parte de residuos de materia suspendida, cuando el agua pasa a través de algunas capas de este material, para

que esta operación tenga éxito es necesario someter el agua a un tratamiento de coagulación- floculación ya que en este proceso se logra obtener flóculos de mayor tamaño, con la posibilidad de ser retenidos en el material filtrante.

- ✓ **Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente.** En este tipo de filtro tiene lugar un proceso de crecimiento adherido y es empleado para retener toda sustancia que se encuentre soluble en el agua. Los lechos filtrantes que se usa en el filtro que pueden ser: esferas plásticas, anillos de plástico, piedras, arenas dispuestas de maneras distintas.

#### *1.4.1.3.3. Desinfección del Agua.*

El objetivo de la desinfección es asegurar la calidad microbiana del agua. El desinfectante ideal debe tener elevada toxicidad bacteriana, bajo coste, y no ser demasiado peligroso de manejar; además, es necesario disponer de un medio fiable de detección de la presencia de residuos.

Los procesos de mezcla, coagulantes, sedimentación y filtración remueven, con mayor o menor eficiencia, la mayoría de las bacterias y virus presentes en el agua. Desde el punto de vista pueden ser considerados como procesos preparatorios para la desinfección, pues cumplen dos objetivos.

1. Disminuyen la carga bacteriana del agua.
2. Hacen más eficiente los métodos de desinfección.

Debe considerarse que los microorganismos son partículas coloidales y que tales quedan sometidos a los mismos procesos de remoción que afectan a los otros coloides.

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella. Los principales son:

- Bacterias.
- Protozoarios.
- Virus.
- Trematodos.

Las condiciones que debe tener un desinfectante ideal para poder ser usado en las plantas de purificación son:

- a. Debe ser capaz de destruir los organismos causantes de enfermedades.
- b. Debe realizar esta labor a la temperatura del lugar y en tiempo adecuado.
- c. No debe hacer el agua tóxica peligrosa para la salud o de un sabor desagradable.
- d. Debe ser de fácil obtención, sencillo manejo y bajo costo.
- e. Su concentración en el agua debe poderse determinar prontamente.
- f. Debe dejar un efecto residual, para que proteja el agua contra posteriores contaminaciones.

La efectividad de un proceso de desinfección se mide por el porcentaje de organismos muertos dentro de un tiempo, una temperatura y un pH prefijados. La resistencia de estos microorganismos varía, sin embargo, según sus características morfológicas.

#### *1.4.1.3.3.1. Factores que influyen en la Desinfección.*

Por ser la desinfección una reacción, depende de los siguientes factores:

- Relación concentración tiempo.
- Temperatura.
- pH
- Número y tipo de organismos.

#### **a.- Relación Concentración Tiempo.**

La eficiencia de la desinfección depende de la relación entre el tiempo de contacto y la cantidad de desinfectante dosificado. Una alta concentración necesitara menos tiempo para matar el 100 % de los organismos que una concentración débil. Según sea el desinfectante decrecerá más o menos rápidamente el poder bactericida, a medida que se va disminuyendo la concentración.

### **b.- Temperatura.**

Las bacterias pueden vivir solo a determinadas temperaturas, generalmente entre 5 °C y 80 °C. Igualmente estas influyen en la rapidez con que una sustancia reacciona. Es lógico, por lo tanto, que la desinfección sea afectada por este factor, en términos generales, cuanto más caliente este el agua tanto más eficiente y rápida será la desinfección.

### **c.- pH**

Las bacterias son altamente susceptibles al pH a la temperatura. Los potenciales muy altos o muy bajos le son fatales los virus a un pH menor a 4 y mayor a 10 sobreviven solamente horas. El pH óptimo de los microorganismos esta alrededor de 7.

En igual forma la actividad de los desinfectantes químicos depende del pH del agua. Generalmente cada desinfectante presenta un rango de pH en el cual tiene su máxima efectividad. Lo cual constituye su característica. A partir de este punto la eficiencia decrecerá para una dosis, un mismo tiempo de contacto y una misma temperatura.

### **d.- Número y tipo de Organismo.**

El número de organismo presente en el agua no afecta el proceso de desinfección. La misma concentración y tiempo de contacto del desinfectante se necesitan para matar gran cantidad de microorganismos que una pequeña, siempre y cuando la temperatura y el pH sean los mismos. El tipo de microorganismos en cambio sí influye notablemente en los resultados, pues sensibilidad de cada especie varía según el desinfectante.

#### *1.4.1.3.3.2. Métodos de desinfección del Agua.*

La desinfección la podemos dividir en natural y artificial.

- ✓ **La desinfección Natural:** La primera se refiere a la muerte progresiva de las bacterias, producida por agentes naturales tales como la luz, la sedimentación, la filtración en las capas arenosas del suelo, o la estabilización de la materia orgánica que disminuye la reserva de alimento para los microorganismos.
- ✓ **La desinfección artificial** puede realizarse mediante agentes físicos o químicos.
- **Los agentes físicos** más importantes son: El calor, y los rayos ultravioletas.
- **Los agentes químicos** más importantes son: los halógenos (cloro, bromo, y yodo) la plata ionizada y el ozono.

## 1.5. Optimización del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

### 1.5.1. Optimización.

Implementar medidas de eficiencia en las plantas de tratamiento de aguas ya sean estas residuales o potabilizadoras es sumamente importante, ya que con la optimización existe una regulación al máximo de materia prima, energía, todo tipo de insumos de buena calidad y al menor costo.

### 1.5.2. Ítems principales en procesos de optimización.

Para un proceso de optimización en planta de tratamiento de aguas residuales es de mucha importancia realizar un diagnóstico para verificar la efectividad de funcionamiento de la mencionada, para lo cual se debe analizar los siguientes ítems.

- ✓ Canales de transporte.
- ✓ Volúmenes de efluentes en todos sus puntos
- ✓ Puntos de muestreo
- ✓ Caudales existentes
- ✓ Estado de tanques de sedimentación y aireación
- ✓ Estado de dispositivos utilizados en proceso de tratamiento
- ✓ Químicos utilizados en proceso.

### 1.5.3. Caudal.

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

La medición de caudales se encuentra incluida en las operaciones físicas unitarias más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.

- **Método volumétrico**

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido

Para determinar el caudal podemos utilizar la siguiente ecuación:

$$Q = V/t \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**V** = Volumen (m<sup>3</sup>)

**t** = Tiempo (s)

- **Método velocidad/superficie**

Este es un método que depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal.

$$Q = A \times v \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**v** = Velocidad media de corriente (m/s)

$A$  = Área de la sección transversal del canal ( $m^2$ )

#### 1.5.4. Canal.

Los canales son necesarios en las plantas de tratamiento ya que por el mismo recorre el agua hacia la estación depuradora y en muchas ocasiones se implementa rejillas para un mejor tratamiento.

##### 1.5.4.1. Radio Hidráulico.

Cálculo del Radio Hidráulico en función de los datos establecidos del canal.

$$R_{HC} = \frac{bc \times h_c}{bc + 2h_c} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

$R_{HC}$  = Radio hidráulico del canal (m)

$bc$  = Base del canal (m) Dato tomado de la planta de tratamiento.

$h_c$  = Altural del canal (m) Dato tomado de la planta de tratamiento.

- **Velocidad de Aproximación de la Rejilla.**

Cálculo de la velocidad de aproximación del agua residual

$$V_{ap} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_H^{1/2} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$V_{ap}$  = Velocidad de aproximacion(m/s)

$n$  = Coeficiente de maning(0,013 para hormigón)

$R$  = Radio hidráulico (m)

$$S_H = \text{Gradiente hidr\u00e1ulico (m/m)}(0.00057)$$

### 1.5.5. *Rejillas*

“Las rejillas tienen aberturas (separaci\u00f3n de barras) superiores a 1/2 pulg (12.5 mm) en los procesos de tratamiento de agua residual, se utilizan para proteger bombas v\u00e1lvulas, tuber\u00edas, y otros elementos, contra posibles da\u00f1os y obstrucciones ocasionados por objetos de gran tama\u00f1o como guantes palos, basura en general. De acuerdo con el m\u00e9todo de limpieza las rejillas se clasifican como limpieza manual y mec\u00e1nica.

Las rejillas de limpieza manual se usan con bastante frecuencia en plantas de tratamiento peque\u00f1as. Los s\u00f3lidos son removidos por las rejillas se colocan sobre la bandeja perforada para su deshidrataci\u00f3n. Las barreras pueden ser rectangulares o cuadradas con uno o dos extremos redondeados. Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para caudales menores que 0.053 m<sup>3</sup>/s las plantas de tratamiento peque\u00f1as poseen un canal donde su profundidad depende de las condiciones propias de cada proyecto

Las rejas presentan aberturas entre barras de 15mm o m\u00e1s, reteniendo por ejemplo hojas, trozos de madera, trapos, trozos de cer\u00e1mica, que posteriormente son retirados para ser tratados o bien dispuestos de la mejor manera.

#### 1.5.5.1. *Caracter\u00edsticas para el Dise\u00f1o.*

Los factores que se debe tomar en consideraci\u00f3n para la implementaci\u00f3n de rejillas en un sistema de tratamiento, tanto de tipo mec\u00e1nico como manual se indica en la tabla siguiente.

**Tabla 4-1:** Informaci\u00f3n t\u00edpica para el proyecto de rejas de barras de limpieza manual y mec\u00e1nica

Caracter\u00edsticas	Unidades	Limpieza Manual	Limpieza Mec\u00e1nica
<b>Tama\u00f1o de la Barra:</b>			

Continúa...

Anchura	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm		25-37,5
Continúa... barras	mm	25-50	15-75
Pendiente con la vertical	Grados	25-50	50-82,5
Velocidad de aproximación	m/s	0,45	0,60
Perdida de carga admisible	mm	150	150
<b>Criterios</b>		<p>Mayormente empleada en plantas de tratamiento de pequeño tamaño.</p> <p>La longitud no debe exceder de 3m, las barras que conforman la reja no debe ser mayor a 10mm de ancho por 50mm de profundidad</p>	<p>Se dividen en 4 tipologías:</p> <p>a) Rejas mediante cadenas.</p> <p>b) De movimiento oscilatorio.</p> <p>c) Cantenarias.</p> <p>d) Rejas accionadas mediante cables.</p>

Fuente: METCALF-EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, Vol. II

a. *Área entre Barras de la Rejilla.*

Para encontrar el área entre barra y barra en una reja, espacio por el cual pasara el flujo de agua residual, se utiliza la siguiente expresión.

$$A_p = \frac{Q}{v_{ap}} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**v<sub>ap</sub>** = Velocidad de aproximación (m/s)

**A<sub>p</sub>** = Área de paso entre barras(m<sup>2</sup>)

b. *Determinación de la Longitud Sumergida de la Rejillas en el Agua Residual*

Para la determinación de la longitud de la rejilla que va a estar sumergida en el agua a tratar se empleara la ecuación expresada de la siguiente manera.

$$L_{sg} = \frac{n_{m\acute{a}x}}{\text{sen}\varphi} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

$L_{sg}$  = Longitud de rejilla sumergida (m)

$n_{m\acute{a}x}$  = Nivel máximo (m)

$\varphi$  = ángulo de inclinación de la rejilla (grados)(Dato tomado de la tabla N°4)

Pero antes se debe encontrar en nivel máximo del agua ( $n_{m\acute{a}x}$ ) mediante la ecuación que sigue.

$$n_{m\acute{a}x} = \frac{Q}{V_{ap} \times B} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

$n_{m\acute{a}x}$  = Nivel máximo (m)

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$B$  = Ancho de la rejilla (m) (Dato tomado de la Tabla 4)

$V_{ap}$  = Velocidad de aproximación (m/s)

c. *Determinación del Número de Barras en la Rejilla.*

Para determinar el número de barras que forman la rejilla se emplea la siguiente expresión:

$$N_b^{\circ} = \frac{B}{W + e} \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde:

$N_b^{\circ}$  = Número de barras

$W$  = Separación entre barras (m) (Dato tomado de la Tabla4)

$B$  = Ancho del canal (m) (Dato tomado de la Tabla 4)

**e** = Espesor máximo de las barras(m) (Dato Tomado de la Tabla 4)

d. *Pérdida de Carga a Través de la Reja.*

Las pérdidas de carga a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden estimar mediante la ecuación de Metcalf y Eddy.

$$h_l = \frac{1}{0.7} \left( \frac{V^2 - v^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

**h<sub>l</sub>** = Perdida de carga (m)

**0.7** = Coeficiente empírico que incluye los efectos de la turbulencia (Metcalf y Eddy)

**V** = Velocidad de circulación entre las barras de la reja (m/s)

**v** = Velocidad de aproximación a la reja (m/s)

**g** = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

#### **1.5.6. Lodos Activados.**

Lodos o fangos activados es un bioproceso utilizado para el tratamiento de las aguas residuales.

a. **Criterios de Carga**

La materia suspendida en el licor mezclado está compuesta de sólidos volátiles u orgánicos y sólidos inorgánicos o sólidos fijos. Además los sólidos volátiles están constituidos de materia orgánica viva y no viva. Nos interesa saber cuántos microorganismos son activos en el tanque de aeración, sin embargo la materia viva es difícil de cuantificar, por lo tanto la concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado (SSVLM) comúnmente es considerada como materia orgánica viva. Para el control de proceso se usa principalmente los sólidos suspendidos volátiles de licor mezclado, sin embargo si no se cuenta con el equipo necesario para determinar

los SSVSM, se puede utilizar la información de los SSTLM son una estimación menos precisa de los microorganismo que hay en el sistema.

En este punto se puede determinar la relación que debe existir entre el alimento y los microorganismos para garantizar la efectividad del proceso. Para esto la relación alimento/microorganismos viene dada por:

$$F/M = \frac{(S_o)}{T_{RH}X} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

$F/M =$  Relación alimento/microorganismos ( $d^{-1}$ )

$S_o =$  Concentración de DBO o DQO en el afluente ( $Kg/m^3$ ). (Dato analizado en el laboratorio)

$X =$  Concentración de solidos suspendidos volatiles en el tanque de aireación (Dato proporcionado por le empresa) ( $Kg/m^3$ ).

$T_{RH} =$  Tiempo de retención hidraulica en el tanque de aireación ( $d$ )(Dato proporcionado por la empresa)

Si  $F/M < 0.05$  nos indica que los lodos generados están en exceso por lo que deben ser purgados y,

Si  $F/M > 0.15$  entonces es necesario aumentar la concentración de los SST en el tanque aireado, esto se logra con la recirculación del lodo.

b. Producción de Lodo.

La cantidad de lodo que será necesario purgar cuando la producción sea excesiva se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_X = Y_{obs}Q(S_o - S)(10^3 \text{ g/Kg})^{-1} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

$P_x =$  Producción diaria neta de lodo activado medido en terminos de SS volátiles  
(Kg/d)

$Y_{obs} =$  Producción observada (Kg/Kg).

$S, S_o, Q =$  Datos obtenidos en el laboratorio

Ahora la producción observada se logra obtener de la siguiente expresión:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+K_d\theta_c} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

$Y$

= Coeficiente de producción celular (Kg<sub>celulas producidas</sub>/Kg<sub>materia organica eliminada</sub>)

$K_d =$  Coeficiente de degradación endogena ( $d^{-1}$ ). (Datos proporcionados por la empresa)

**Tabla 5-1:** Coeficientes cinéticos para el proceso de Lodos Activados

Coeficientes	Unidades para SSV	Rangos	Típico
<b>Y</b>	Mg SSV/mg DBO <sub>5</sub>	0,4-0,8	0,6
<b>Kd</b>	d <sup>-1</sup>	0,0025-0,0075	0,06
<b>K</b>	mg/ L DBO <sub>5</sub>	25-100	60

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp. 408

### 1.5.7. Coagulación Floculación.

Mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión y de la DBO<sub>5</sub> que no se consigue en etapas anteriores, sobre todo de las partículas coloidales; además permite “acondicionar el agua residual que contenga vertidos industriales, mejorar la eficiencia de los sedimentadores secundarios especialmente cuando se trata del proceso de lodos activados.” El primer paso consiste en desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivos químicos que reciben el nombre de coagulantes. Una vez han sido desestabilizadas, ya pueden unirse o agregarse, viéndose este proceso favorecido por los compuestos denominados floculantes, que dan lugar a flóculos de mayor tamaño y densidad que precipitan con mayor rapidez.

#### 1.5.7.1. Consideración de Diseño.

##### a. Área del Tanque de Floculación.

El área se utiliza la expresión publicada por Metclaf - Eddy, se determina en base a la carga superficial expuesta en la Tabla 6.

$$A_F = \frac{Q}{C_s} \quad \text{Ec. 13}$$

**Dónde:**

**Q** = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

**C<sub>s</sub>** =Carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día) (La carga superficial que se utiliza para realizar los cálculos correspondientes será tomado de la Tabla 6 para esta investigación se tomara el valor de 24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día).

**Tabla 6-1:** Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*día).

Suspensión	Intervalo	Caudal punta
Flóculo de alúmina	14 – 24	24

Continúa...

Floculo de hierro	21 – 32	32
Flóculo de cal	21 – 48	32
Agua residual cruda	24- 48	48

Fuente: METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. (2006)

### b. Cálculo del diámetro del Floculador.

Luego se calcula el diámetro del tanque, con la siguiente ecuación:

$$\varphi = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Ec. 14}$$

**Dónde:**

$\varphi$  = Diametro del tanque

$A_F$  = Área del tanque

### c. Radio del Floculador

Para encontrar el radio partimos de la siguiente expresión:

$$r = \frac{\varphi}{2} \quad \text{Ec. 15}$$

Con los valores anteriores se calcula el volumen de un tanque de forma circular con la ecuación:

$$V_s = \pi r^2 h_s \quad \text{Ec. 16}$$

**Donde:**

$V_s$  = Volumen del tanque homogeizador ( $m^3$ ).

$r$  = Radio del tanque (m).

$h_s$  = Altura del tanque (m) (La altura del tanque de floculación será en relación a los equipos ya diseñados de la planta de Tratamiento)

**d. Cálculo del Área de la Sección Transversal.**

Se puede determinar usando la siguiente ecuación:

$$A_{st} = \frac{V_s}{l_s} \quad \text{Ec. 17}$$

**Dónde:**

$A_{st}$  = área de la sección transversal del floculador, (m<sup>2</sup>)

$l_s$  = largo del Floculador, (m).

$V_s$  = volumen del floculador, (m)

**e. Tiempo de Retención Hidráulica.**

En base al caudal a tratar y volumen del tanque se determina el tiempo de retención hidráulico.

$$T_r = \frac{V_F}{Q} \quad \text{Ec. 18}$$

**Donde:**

$T_r$  = Tiempo de retención hidráulico (h)

$V_F$  = Volumen del Tanque de floculación (m<sup>3</sup>)

$Q$  = Caudal a tratar (m<sup>3</sup>/h)

**1.5.8. Agitadores de Paleta.**

Se basan en una o más series de brazos instalados sobre un eje vertical, cada serie puede llevar dos, tres o más paletas, que entran en contacto con el líquido de manera frontal, se emplean frecuentemente por la simplicidad con que se puede cambiar su longitud y número de paletas, cabe indicar que también se pueden construir de diversos materiales y tamaños distintos.

Para la agitación, se puede utilizar los siguientes sistemas:

- ✓ Agitadores mecánicos de rotación lenta (50 a 100 rpm).
- ✓ Aire a presión. En este caso, además de la mezcla se obtiene una pre-aireación que favorece la floculación de los sólidos que coagulan a causa de la mezcla.

**Tabla 7-1:** Parámetros de Diseño Para Paletas

Características	Valor	
	Intervalo	Típico
Tiempo de retención (min)	20 – 60	30
Floculación inducida por paletas, máxima velocidad periférica de la paleta, con reductor de velocidad de hasta el 30 % de la velocidad máxima (m/s)	0,45 - 1,00	0,6
Agitación de paletas (rpm)	50 – 80	60
Ancho de la paleta	0,50 – 2	0,80

Fuente: METCALF – EDDY., Tratamiento y depuración de aguas residuales.

#### 1.5.8.1. Gradiente de Velocidad de un Fluido

La gradiente de velocidad se lo puede hallar con la siguiente ecuación:

$$G = 0,25 \times n^{1,25} \quad \text{Ec. 19}$$

**Dónde:**

$G$  = gradiente de velocidad medio, (1/s).

$n$  = velocidad de rotacion (rpm).

**Tabla 8-1:** Gradiente de Velocidad (G) y tiempo de detención típico de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Intervalo de Valores			
Proceso		Tiempo de Detención	Valor de G, s <sup>-1</sup>
Mezclado	Operaciones de mezcla rápida típicas	5-20 s	250-1500
	Mezcla rápida en procesos de filtración de contacto	< 1-5 s	1500-7500
Floculación	Procesos de floculación típicamente empleados en el tratamiento del agua residual	10-30 min	20-80
	Floculación en procesos de filtración directa	2-10 min	20-100
	Floculación en procesos de filtración de contacto	2-5 min	30-150

**Fuente:** METCALF-EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, Volumen I, 3er edición, Editorial Mc Graw-Hill, España 1995, Pp. 245

#### 1.5.8.2. Energía Disipada en el Mezclado

Mientras mayor sea la energía transferida desde una fuente hacia el mezclador se generará mayor turbulencia en un fluido, consiguiéndose de esta manera una mezcla completa y homogénea en todos los puntos del tanque o reactor.

Para la determinación de los gradientes de velocidad o de potencia si se quiere se emplea la siguiente expresión:

$$P = G^2 \times \mu \times V \quad \text{Ec. 20}$$

**Dónde:**

**G** = gradiente de velocidad medio, (1/s).

**P** = potencia necesaria, (W).

**μ** = viscosidad dinámica, (N.s/m<sup>2</sup>)(1.102× 10<sup>-3</sup>) A una temperatura de 20°C

**V<sub>F</sub>** = volumen del floculador, (m<sup>3</sup>)

Para operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual el tiempo de retención hidráulico comprende entre 10 – 30 segundos, y los valores del gradiente medio de velocidad (G) oscilan entre 500 – 1500.

*1.5.8.3. Área de la Palas*

Con la finalidad de una agitación adecuada el área requerida de las paletas se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{C_D * A * \rho * v^3}{2} \quad \text{Ec. 21}$$

Se despeja el área de la sección transversal requerida de las paletas:

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3} \quad \text{Ec. 22}$$

**Dónde:**

**A** = Área de la sección transversal de las paletas (m<sup>2</sup>)

**P** = Potencia necesaria (Kw)

**C<sub>D</sub>** = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas. (Datos tomado de la Tabla 9)

**ρ** = Densidad del Fluido (Kg/m<sup>3</sup>) (998 Kg/m<sup>3</sup>) a una temperatura de 20°C

**v** = Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (m/s), en general se asumen valores entre 0,6 y 0,75 veces la velocidad tangencial de las paletas.

Se ha encontrado que con una velocidad tangencial de paletas de 0.6 a 0.9 m/s, se alcanza suficiente turbulencia sin romper el flóculo (ROUSE, 2003)

El valor del coeficiente de resistencia al avance de las paletas se estima:

**Tabla 9-1:** Valores de CD para Secciones rectangulares

$l/b$	$C_D$
1	1.16
5	1.20
20	1.50
$\infty$	1.95

FUENTE: ROUSE, 2003

#### 1.5.8.4. Longitud de la Pala

El cálculo de la longitud de la paleta representa el área transversal de la misma

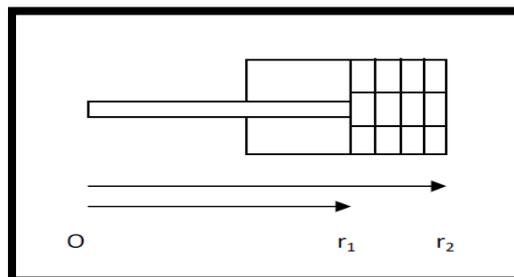
$$A = l \times b \quad \text{Ec. 23}$$

$$l = \frac{A}{b} \quad \text{Ec. 24}$$

**Donde:**

$l$  = Longitud de la paleta (m)

$b$  = Ancho de la paleta (m)



**Figura 6-1:** Agitador de paletas planas

Fuente: ERAZO, P., Diseño y construcción de mezcladora industrial

### 1.5.9. Desinfección.

Las aguas residuales contiene organismo patógenos, razón por lo cual se emplean distintivo métodos de desinfección, entre el que se destaca la desinfección por contacto con cloro, ya que el método más utilizado, efectivo y de menor costo, garantizando una mejor depuración del efluente.

Un buen desinfectante debe ser tóxico para los microorganismos a concentraciones mucho menores que sus límites de toxicidad para los humanos y animales superiores. Además, debe tener una tasa rápida de eliminación y persistir lo suficiente para evitar que se reproduzcan nuevamente los microorganismos.

Al momento de aplicar este tratamiento se debe considerar la dosis necesaria tomando en cuenta el siguiente criterio.

**Tabla 10-1:** Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes

Producto	Tipo de almacenamiento (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3-6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3-6	1.4	4.3	10000 – 50000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1.7	23.1	10000 – 50000

Fuente: Rodríguez Ayara, 2000.

### 1.5.9.1. Dosificación del Hipoclorito de sodio

Para conocer la dosificación que debemos suministrar al agua después de los diferentes procesos es:

$$D_{CL} = Q_{ENT} + C \quad \text{Ec. 25}$$

**Donde:**

$D_{CL}$  = Dosis de cloro por día que se necesita para la desinfección (ml/min)

$Q_{ent}$  = Caudal de entrada

$C$  = Concentración de hipoclorito (mg/L)

### 1.5.9.2. Reducción de Coliformes.

Para conocer la aproximada reducción de contaminantes microbiológicos en el agua aplicamos la ecuación:

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0.23 * C * t)^{-3} \quad \text{Ec. 26}$$

**Donde:**

$\frac{N}{N_0}$  = Número de unidades por muestra

$C$  = Concentración de hipoclorito (mg/L)

$t$  = Tiempo de contacto (s)

1.5.9.3. Demanda de Cloro Libre.

$$D_L = \frac{\text{ml solución Na(OCl)} \times 100}{\text{ml de muestra}} \quad \text{Ec. 27}$$

**Donde:**

$D_L$  = Cantidad de Cloro Libre.

**Tabla 11-1:** Parámetros de Dosificación de Hipoclorito para Aguas Residuales.

<b>REFERENCIA</b>	<b>DOSIS DE CLORO (mg/L)</b>	<b>TIEMPO CONTACTO (min)</b>
Ramalho (precloración)	6 – 25	30
Metcalf & Eddy	3 – 5	30
Henry Glynn y Gary Heinke	6 – 9	30 – 45
Tchonobanoglous &Schoreder	3 -8	30

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

## **1.6. Normativa Ambiental para la Descarga de Efluentes.**

La normativa ambiental tiene como objetivo prevenir y controlar la contaminación que pueda generarse en lo que tiene que ver en este caso al recurso agua. Las normas tienen como fin principal proteger la calidad de este recurso para garantizar y preservar la salud de las personas, de los ecosistemas, especies que habitan en nuestro planeta y del ambiente en general.

### ***1.6.1. Constitución de la República del Ecuador.***

En el Art. 264 y 415 se menciona acerca del tratamiento de aguas residuales, obligando a un adecuado manejo de desechos líquidos de manera que no sea perjudicial para otras redes de agua, logrando mantener un ambiente sano conservando la calidad del agua Art. 276.

### ***1.6.2. Ley de Gestión Ambiental.***

Mediante un desarrollo sustentable Art. 7 se pretende no comprometer los recursos disponibles de la naturaleza, aplicando estrategias de protección y manejo ambiental Art. 18, cuyas medidas adoptadas para el control de impactos negativos son sometidos a evaluación por el Ministerio de Ambiente previa a su obtención de la licencia ambiental.

### ***1.6.3. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS)***

El libro VI Anexo 1 trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso Agua. “La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua” (TULAS, Recurso Agua, 2003)

En la tabla 12-1 del libro VI, Anexo I del TULAS. Se encuentra los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, los cuales son la base para la caracterización físico-química de la muestra compuesta.

**Tabla 12-1:** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

<i>Parámetro</i>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<i>Potencial de hidrógeno</i>	pH		5-9
<i>Materia flotante</i>	Visibles		Ausencia
<i>Aceites y Grasas.</i>	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
<i>Coliformes fecales</i>	Nmp/100ml		Remoción > 99.9%
<i>Color real</i>	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</i>	D.B.O5.	mg/l	100
<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	D.Q.O.	mg/l	250
<i>Sólidos Sedimentables</i>		ml/l	1,0
<i>Sólidos Suspendedos Totales</i>		mg/l	100

Continúa...

<b><i>Sólidos totales</i></b>		mg/l	1 600
<b><i>Temperatura</i></b>	°C		< 35
<b><i>Tensoactivos</i></b>	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
<b><i>Cloruros</i></b>	Cl-	mg/l	1 00 0
<b><i>Nitratos + Nitritos</i></b>	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Fuente: TULAS, Libro VI, Anexo I. Recurso Agua. Tabla N° 12

## CAPÍTULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1. Muestreo.

El muestreo de aguas residuales es una actividad que se realizara con el objetivo de identificar la composición de dichas aguas, es primordial que la muestra recolectada sea realmente representativa en los puntos necesarios, para obtener resultados reales y optimizar los recursos económicos.

##### 2.1.1. *Medición de Caudal.*

Conociendo donde se iba hacer el muestreo del agua residual de la empresa Bioalimentar S.A. sector Pachanlica. Se procedió a determinar el caudal generado por las instalaciones de dicha empresa. Para medir el caudal se basa en el método volumétrico en que consiste en llenar un determinado valor de agua en un recipiente tomando el tiempo en el que se demora en llenar. Este método se lo hizo tres veces en la semana (Lunes, Miércoles, Viernes) tres veces en el día, por el difícil acceso hacia el lugar donde se unen las aguas generadas. Con los datos obtenidos se realizó la gráfica correspondiente. El método volumétrico se lo hace en recipiente de 20 litros tomando en cuenta el tiempo en que se demora llenar. Esto nos servirá para tomar una muestra de agua compuesta.

Se tomó 3 muestras simples para obtener una muestra compuesta, en donde el caudal es mucho mayor y la contaminación del agua es la real, la muestra obtenida se la llevo de al laboratorio de la ESPOCH para la caracterización de la misma. Este procedimiento se lo realizó para la entrada y salida del agua residual.

### 2.1.2. Planificación de Muestreo.

Se tomaron 3 muestras en la semana donde se unen las aguas residuales mediante el método volumétrico en distintas horas dándonos como resultado un caudal similar los tres días. Además se mira en el dispositivo que posee la planta de tratamiento.

### 2.1.3. Datos del Monitoreo del Caudal, pH, Temperatura

El monitoreo se hizo durante una semana tomando el caudal tres veces mediante el método volumétrico pues existe un difícil acceso para poder ingresar a tomar dicho caudal, Los datos de temperatura y del pH se tomó in situ. Los datos son expresados en la siguiente tabla.

**Tabla 13-2:** Datos de Medición del Caudal, Temperatura, pH Semanal In situ

<b>Hora / Día</b>	<b>Volumen (L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Caudal a la entrada (L/min)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>
<b>Lunes</b>					
8:00	20	1.01	19.80	7.2	19
13:00	20	1.02	19.60	7.10	18
17:00	20	1.1	18.01	8	20
<b>Miércoles</b>					
8:00	20	1	20	7.5	20
13:00	20	1.02	19.60	7	18

Continúa...

17:00	20	1	20	7.5	20
Viernes					
8:00	20	1.01	19.80	7	18
13:00	20	1.05	19.04	7.10	20
17:00	20	1.04	19.23	7	20
Promedio			19.45	7.2	19.22

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

El caudal promedio es de  $1.16\text{m}^3/\text{h}$  en ciertos intervalos de tiempo el caudal disminuye pues depende de la producción o la necesidad que se tenga en la clasificadora de Huevos que es donde más se genera agua residual

La planta de tratamiento cuenta con un dispositivo ya que el momento que las bombas se activan y el caudal lleva a un tope máximo empieza el proceso de tratamiento el caudal máximo es de  $2\text{m}^3/\text{h}$ .

Observando en el dispositivo que tiene la planta de tratamiento podemos constatar los siguientes valores:

**Tabla 14-2:** Datos de Medición del Caudal Como Referencia el Dispositivo

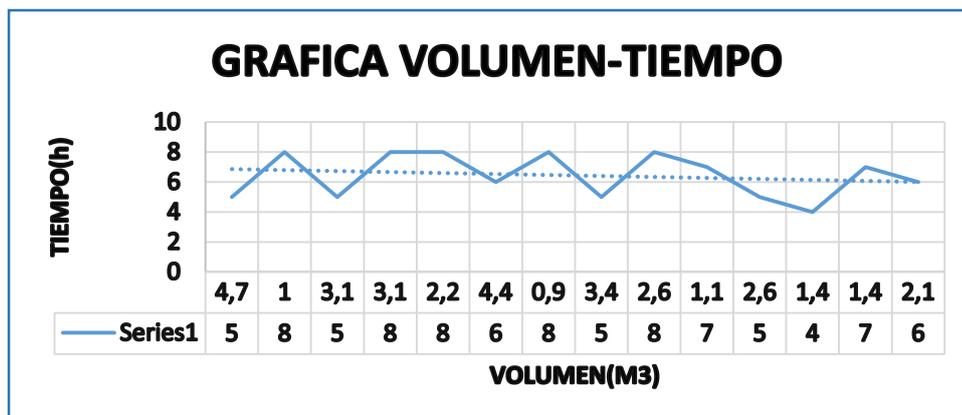
Caudal ( $\text{m}^3$ )	Tiempo (h)	Caudal (L/min)
4,7	5	15.6
1	8	2.04
3,1	5	10.32

Continuara...

Continúa...

3,1	8	6
2,2	8	4.56
4,4	6	12
0,9	8	1.86
3,4	5	10.8
2,6	8	33
1,1	7	2.58
2,6	5	8.4
1,4	4	11.4
1,4	7	3.3
2,1	6	5.4

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



**Gráfico 1-2:** Variación del Caudal en función del Tiempo

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

## **2.2. Metodología**

### **2.2.1. Métodos y Técnicas**

#### **2.2.1.1. Métodos.**

En este estudio se aplicó el denominado método experimental, utilizando como procesos lógicos la inducción y la deducción ya que es necesario conocer los hechos más importantes que se dan en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Planta de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica, las cuales se descargan en un receptor de agua dulce (acequia) que posteriormente su curso llegara al río , es decir las variables que se presentan en el análisis del problema de estudio para poder llegar a un adecuado y óptimo tratamiento del agua para poder así descargar el agua bajo los parámetros vigentes de la normativa.

##### **2.2.1.1.1. Método Inductivo.**

En este trabajo de investigación se tomó el caudal en el desfogue principal o pozo séptico donde se unen todas las aguas provenientes de: inodoros, lavamanos, planta Biohuevo durante una semana 3 días en la semana, con el objetivo de saber el consumo total de agua que ingresa a planta de tratamiento de agua residual. Posteriormente se realizó la toma de la muestra compuesta del agua residual que fueron llevadas al laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para ser analizados y constatar que parámetros están fuera de la normativa ambiental, los resultados obtenidos fueron tabulados y analizados para en su posterioridad realizar los cálculos de ingeniería, los que permitirán el dimensionamiento del sistema de tratamiento adecuado y óptimo de la planta.

##### **2.2.1.1.2. Método Deductivo**

Una vez optimizado el tratamiento de aguas residuales, el mismo que cuenta con un sistema de rejillas, una aireación prolongada un tanque de Coagulación Floculación y una adecuada dosificación de cloro.

Con este sistema se asegura que las propiedades del efluente a la salida de la planta de tratamiento se encontraran dentro de los parámetros establecidos por la normativa ambiental TULAS y así el efluente tratado sea útil para el riego en la cancha a construirse.

#### *2.2.1.1.3. Método Experimental.*

Posterior a la toma de muestras representativas, se utilizaron métodos experimentales para realizar el análisis físico químico y microbiológico del agua residual de la planta de tratamiento de la empresa Bioalimantar sector Pachanlica.

Se realizó pruebas de jarras con previa oxigenación y su posterior una cloración para que de esta manera encontrar las condiciones óptimas para la optimización de dicha planta, el agua ya tratada se podrá descargar hacia un medio de agua dulce bajo la normativa del Texto Unificado de Legislación Ambiental.

#### *2.2.1.2. Técnicas.*

##### *2.2.1.2.1. Análisis del Agua*

En el agua residual se analizaran los siguientes ensayos basados en las normas y técnicas de la APHA / AWWA / WEF, ASTM, EPA, DIN, INEN con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los resultados y con el fin de cumplir con los organismos

1.5.7.1. Técnicas.

**Tabla 15-2:** Técnicas para el Análisis de los Diferentes Parámetros del Agua.

PARÁMETRO	CONCEPTO	MATERIALES	DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	UNIDADES	MÉTODO
<b>COLOR</b>	El término color se asocia aquí al concepto de color puro, esto es, el color del agua cuya turbidez ha sido eliminada.	Espectrofotómetro hach. Celda de 10 ml.	Tomar 10 ml de muestra en celda hach realizar blanco con agua destilado colocar la celda de la muestra y realizar la medición.	Und Co/Pt	Espectrofotométrico  METODO HACH
<b>POTENCIAL DE HIDRÓGENO</b>	El pH es la medida de potencial de hidrógeno el cual nos indica la alcalinidad o acidez del agua en una escala de 0 a 14. Si el pH del agua es menor a 7 se la considera acida, si es mayor a 7 se la considera básica y si es igual a 7 se la considera neutra.	pHmetro digital. Vaso de precipitación de 600 ml.	Se utiliza un electrodo de cristal para su medición.	Unid	STANDARD METHODS* 4500-HB

Continuara...

Continúa...

<p><b>CONDUCTIVIDAD</b></p>	<p>Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición.</p>	<p>Conductímetro digital. Vaso de precipitación de 600 ml</p>	<p>Colocar la muestra en un vaso de 600ml. Añadimos el conductímetro y esperamos hasta que se estabilice. Tomamos la lectura la cual viene dada en <math>\mu\text{s/cm}</math></p>	<p><math>\mu\text{Siems/cm}</math></p>	<p>STANDARD METHODS* 2510</p>
<p><b>TURBIEDAD</b></p>	<p>Mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación del agua cruda y agua tratada, el turbidímetro consiste en un nefelómetro en una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior para indicar la intensidad de la luz dispersada a <math>90^\circ</math>.</p>	<p>Turbidímetro hach. Celda hach Papel absorbente</p>	<p>Utilizar el Turbidímetro para el análisis</p>	<p>UNT</p>	<p>MÉTODO HACH* 2510</p>

Continuara...

Continúa...

<p><b>CLORUROS</b></p>	<p>El cloruro en la forma de iones <math>\text{Cl}^-</math>, es uno de los principales aniones presentes en el agua, el mismo que se puede encontrar</p>	<p>Bureta Probeta de 50ml. Pipeta de 1ml. Erlenmeyer de 100ml. Pizeta</p>	<p>25 ml de muestra agregar 4 gotas de <math>\text{K}_2\text{CrO}_4</math>, titular con nitrato de plata 0,01 N hasta color ladrillo.</p>	<p>mg/L</p>	<p>STANDARD MSTANDARD METHODS  Volumétrico</p>
<p><b>DUREZA</b></p>	<p>La dureza del agua se entendió como una medida de su capacidad para precipitar el jabón. La dureza total se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio en miligramos por litro.</p>	<p>Erlenmeyer de 250ml Pipeta de 1ml.  Pera</p>	<p>Tomar 25 ml de muestra en el Erlenmeyer. Agregar 1ml de cianuro de potasio  Agregar 2ml de Buffer pH10. Adicionar una pizca de indicador Negro Eriocromo T. Titular con EDTA 0,02M hasta cambio de color de rojo a azul.</p>	<p>mg/L</p>	<p>STANDARD METHODS* 2340 C</p>
<p><b>AMONIOS</b></p>	<p>El amonio se incorpora al agua procedente de las redes de saneamiento y es otro compuesto significativo a la</p>	<p>Balón de 50ml. Probeta de 25ml. Pipeta de 1ml. Espectrofotómetro</p>	<p>Tomar 25 ml de muestra en el balón. Agregamos 4ml de amonio molibdato y 0,5ml de glicerina, cambia de color</p>	<p>mg/L</p>	<p>METODO HACH* 2510</p>

Continuara...

Continúa...

	hora de evaluar la calidad del agua ya que va a contribuir al proceso de eutrofización.		a azul. Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.		
<b>NITRITOS</b>	Los nitritos aparecen en la naturaleza mediante la oxidación biológica de las áminas y amoníaco o por reducciones de los nitratos por oxidaciones anaeróbicas, los nitritos en concentraciones de 0,2 -0,4 mg/l resultan ser tóxicos para los peces.	Balón de 50ml. Probeta de 25ml. Pipeta de 1ml. Espectrofotómetro.	Colocar en un balón aforado de 50ml unos 25ml de la muestra. Añadir 2ml de solución A y 2ml de reactivo B. Aforar la muestra y dejar reposar por 30 minutos. Medir en el fotómetro a 510 nanómetros	mg/L	METODO HACH* ESPECTROFOTÓMET RO HACH 2800
<b>NITRATOS</b>	El nitrato representa el estado de oxidación más alto en el ciclo del nitrógeno y generalmente alcanza concentraciones importantes al final de la oxidación biológica. Las aguas de fuentes superficiales se encuentran en cantidades muy pequeñas, pero en aguas	Balón de 50ml. Probeta de 25ml. Pipeta de 1ml. Espectrofotómetro.	Colocar 10ml de la Encerar el fotómetro en el programa para leer nitritos. Colocar en la celda hach 10ml de la muestra y añadir el sobre de Nitrover.  Agitar durante el tiempo indicado y tomar la lectura.	mg/L	ESPECTROFOTÓMET RO HACH 2800

Continuara...

Continúa...

	profundas puede alcanzar concentraciones importantes				
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	Los sólidos totales son todos aquellos residuos de materia que queda en un recipiente luego de su evaporación y secado en una estufa a una temperatura de 103-105°C	Caja Petri. Baño maría. Estufa Desecador Balanza analítica.	Tomar 25 ml de muestra en el balón. Agregamos 4ml de amonio molibdato y 0,5ml de glicerina, cambia de color a azul. Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.	Los ml valorados por el factor correspondiente. (mg/L)	STANDARD METHODS *
<b>SÓLIDOS DISUELTOS</b>	El calcio es un elemento de abundancia en la corteza terrestre es un metal alcalinotérreo. Este elemento es necesario para la vida de las plantas y animales. Los iones de calcio que se encuentran disueltos en el agua llegan a formar depósitos en las tuberías cuando el agua es dura es decir cuando contiene exceso de calcio.	Balón de 50ml. Probeta de 25ml. Pipeta de 1ml. Espectrofotómetro.	Tomar 25 ml de muestra en el balón. Agregamos 4ml de amonio molibdato y 0,5ml de glicerina, cambia de color a azul. Aforar la muestra y medir en el fotómetro a 4120 nanómetros.	Los ml valorados por el factor correspondiente.	METODO HACH* 2540

**Fuente:** Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5220 D.,

*Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

**Tabla 16-2:** Determinación de la DQO método APHA 5220 D

FUNDAMENTO	OBJETO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Una muestra se somete a reflujo con una solución de dicromato de potasio en medio ácido al 50%, y el exceso de bicromato se titula con sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al bicarbonato de potasio que se consume.</p>	<p>Determinar la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparato de reflujo</li> <li>- Probeta graduada</li> <li>- Vaso de precipitación</li> <li>- Pipetas volumétricas</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Reactivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bicarbonato de potasio</li> <li>- Ácido sulfúrico</li> <li>- Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0,25 N.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner 50 ml de muestra en el matraz esférico, junto con 25 ml de bicarbonato de potasio.</li> <li>- Luego, con cuidado adicionar 75 ml de ácido sulfúrico, mezclando después de cada adición.</li> <li>- Fijar el matraz al refrigerante y someter la mezcla a 2 horas de reflujo.</li> <li>- Diluir la mezcla a unos 350 ml y titular el exceso de bicarbonato</li> </ul>	<p>Se determina a partir de la siguiente ecuación:</p> $\frac{mg}{l} DQO = \frac{(a - b)8000}{ml \text{ de muestra}} - d$ <p>Dónde:</p> <p>DQO = Demanda química de oxígeno al bicromato.</p> <p>a = ml de sulfato ferroso amoniacal usado para el testigo.</p> <p>a = ml de sulfato ferroso amoniacal usado para la muestra.</p>

Continuara...

Continúa...

		- Indicador de ferroín	con sulfato ferroso amoniacal valorado.	c = Normalidad del sulfato ferroso amoniacal
		- Sulfato de plata en cristales		d = Corrección por Cl = mg/L de Cl × 0,23

Fuente: Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5220 D., Pp. 356 – 35

### *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*

**Tabla 17-2:** Determinación de la DBO método APHA 5210 B

FUNDAMENTO	OBJETO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La muestra de agua es incubada por cinco días a 20 C en la obscuridad, el progreso de la descomposición o estabilización de la materia orgánica en el agua se refleja en un lento agotamiento del oxígeno disuelto durante el periodo de incubación.	<p>Conocer la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable.</p> <p>Determinar la carga contaminante del agua residual analizada.</p> <p>Conocer la eficiencia del sistema de tratamiento aplicado.</p>	<p>Frascos de incubación de 250-300 ml de capacidad.</p> <p>Incubadora de aire o baño maría.</p> <p><b>Reactivos</b></p> <p>Agua destilada</p> <p>Solución amortiguadora de fosfato.</p>	<p>Preparación del agua de dilución.</p> <p>Inoculación, adición de una población adecuada de microorganismos, para que oxiden la materia orgánica biodegradable.</p> <p>Pretratamiento, tratamientos específicos según la muestra a analizar.</p> <p>Dilución, de acuerdo a la muestra.</p>	<p>Se determina de la siguiente forma:</p> <p>- Cuando no se requiere inoculación:</p> $\frac{ml}{L} DBO = \frac{D_1 - D_2}{P}$ <p>- Cuando se emplea agua de dilución inoculada:</p> $\frac{ml}{L} DBO = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$

Continúa...

		<p>Solución de sulfato de magnesio.</p> <p>Solución de cloruro de calcio.</p> <p>Solución de cloruro férrico.</p> <p>Solución de sulfito de sodio 0,025 N.</p> <p>Inóculo.</p>	<p>Determinación del OD,</p> <p>Incubación, por cinco días a 20 C.</p> <p>Corrección por el inóculo.</p> <p>Control del agua por dilución.</p>	<p>Donde:</p> <p><math>D_1</math> = OD de la muestra diluida, después de 15 min de su preparación.</p> <p><math>D_2</math> = OD de la muestra diluida, después de la incubación.</p> <p><math>P</math> = Fracción decimal, de la muestra usada.</p> <p><math>B_1</math> = OD de la disolución de control del inóculo, antes de la incubación.</p> <p><math>B_2</math> = OD de la disolución de control del inóculo, después de la incubación.</p> <p><math>f</math> = Relación del inóculo en la muestra al inóculo en el control.</p>
--	--	--	--	--

**Fuente:** Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables., método APHA 5210 B., Pp.282 – 288

*Determinación de Coliformes Fecales.*

**Tabla 18-2:** Determinación de Coliformes Fecales

FUNDAMENTO	OBJETO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de temperatura óptima de desarrollo son variables.</p> <p>Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incuba durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se cuenta el número de colonias que se obtienen.</p>	<p>Este método describe el procedimiento usado para la determinación de Coliformes fecales (CF) sobre muestras acuosas, mediante la técnica del filtro de membrana.</p>	<p>-Sistema de filtración</p> <p>-Mechero Bunsen</p> <p>-Estufa de incubación</p> <p>-Nevera</p> <p>-Contador de colonias</p> <p>-Pipeta automática MV/20</p>	<p>Una cantidad predeterminada de muestra es filtrada a través de un filtro membrana el cual retiene las bacterias encontradas en la muestra.</p> <p>En el procedimiento de enriquecimiento de dos pasos, los filtros que contienen las bacterias son colocados en cartón absorbente saturado de caldo m-FC con ácido rosàlico, e incubado invertido a <math>44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}</math> por 24 horas + 2, las colonias azules son contadas bajo magnificación y reportadas en 100 ml de muestra; en algunos casos las colonias pueden ser de color rosa, debido a una insuficiente cantidad</p>	<p>Cálculo de La Densidad de Coliformes Fecales:</p> <p>Reporte la densidad como Coliformes fecales en/100 ml calcule usando la siguiente ecuación:</p> $\text{Coliformes fecales} / 100\text{ml} = \frac{CC*100+f}{M}$ <p>Donde:</p>

Continuara...

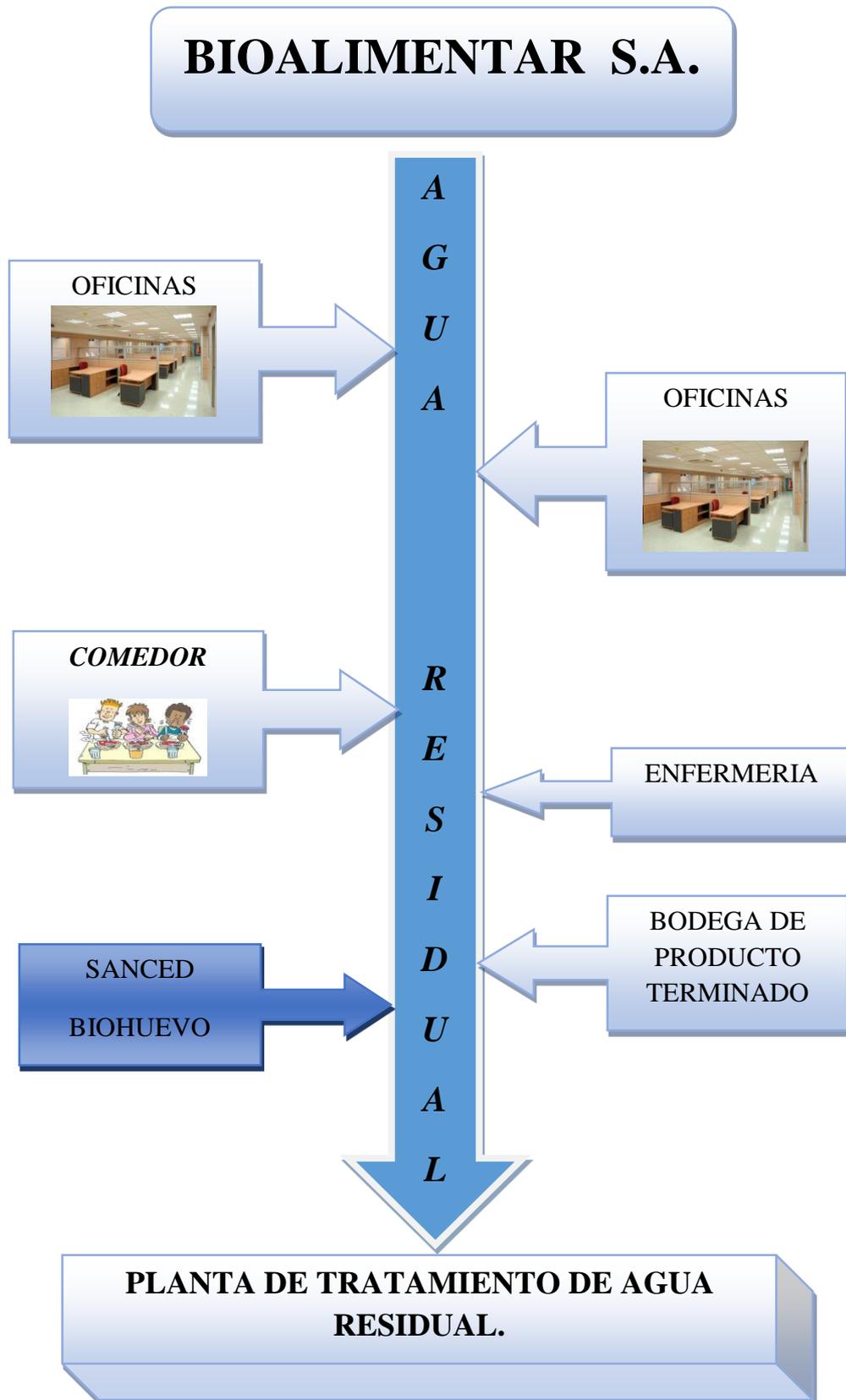
Continúa...

		<p>-Pipeta automática MV/21</p> <p>-Cajas Petri 60x15 mm MV/53</p> <p>-Pinzas metálicas</p> <p>-Puntas desechables de 5 y 1 ml</p> <p>-Filtros de membrana estériles de <math>0,45 \pm 0,02 \mu\text{m}</math></p>	<p>de medio de cultivo o una inadecuada dilución.</p>	<p>Cc: colonias de Cf contadas en la placa (o promedio de duplicados)</p> <p><i>f</i>: factor de dilución</p> <p>M: volumen c</p> <p>Continuara...</p>
--	--	--	---	--

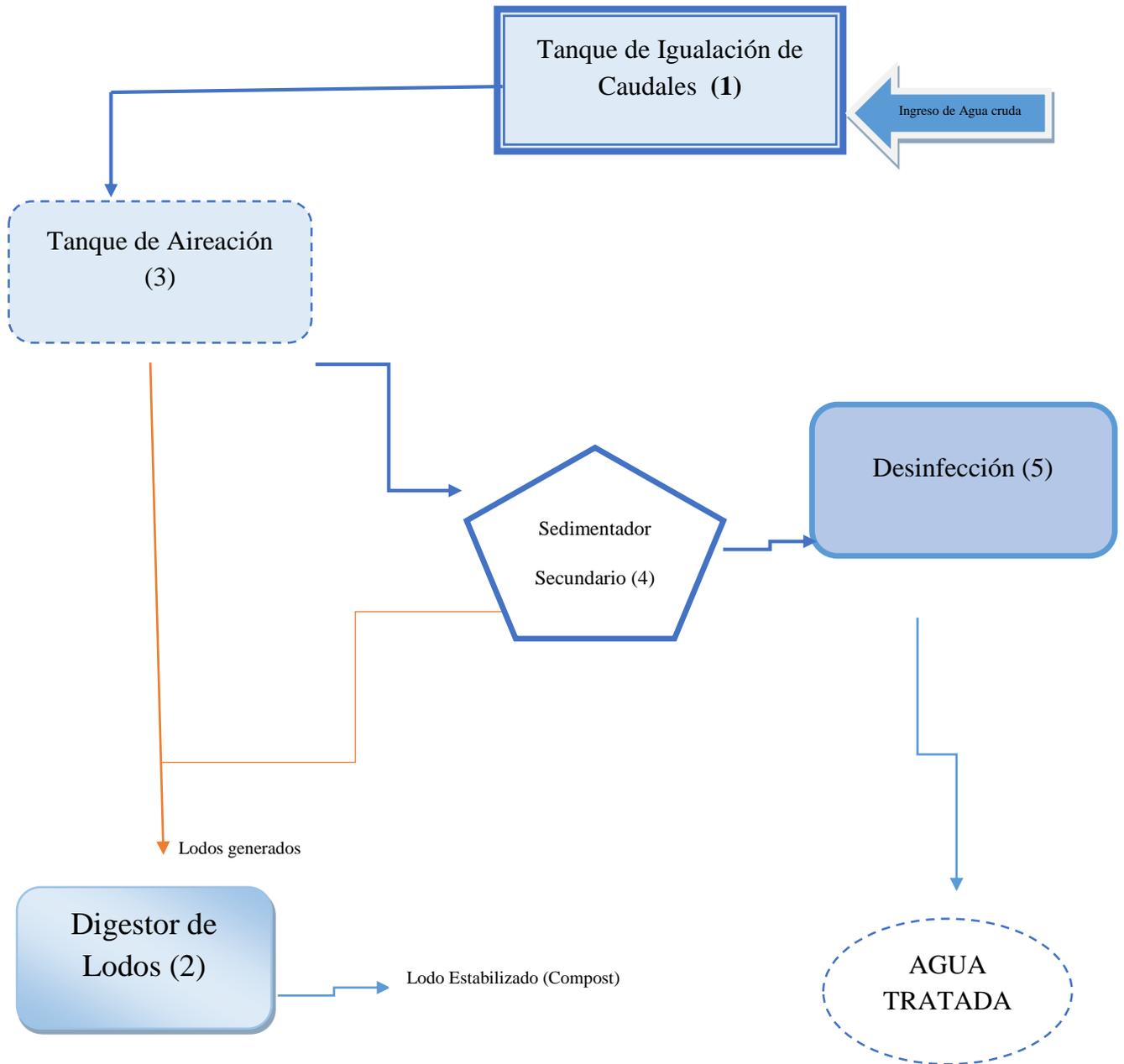
**Fuente:** Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables

## 2.3. Datos Experimentales

### 2.3.1. Diagrama de Bloques de la Planta Actual



2.3.2. Diagrama de Bloques del Estado Actual de la Planta de Tratamiento.



**Figura 7-2:** Diagrama de Bloques Actual de la Planta de Tratamiento.  
Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

2.3.2.1. Diagnóstico.

2.3.2.1.1. Esquema Actual de la Planta de Tratamiento

Todos los diferentes caudales generados por uso de baños, cocina, duchas, inodoros productos de la actividad normal en las oficinas y naves industriales en BIOALIMENTAR son descargados directamente a la planta de tratamiento de aguas residuales a través de un tanque de homogenización, el agua ingresa a una malla de retención con el fin de eliminar material solido fino. Este material deberá ser evacuado manualmente a un vagón donde se acumulara todo el material de una jornada de trabajo.

El agua residual es biodegradable en el tanque de aireación a través del proceso de lodo activado. El biorreactor donde se desarrolla el proceso de lodos activados. Se ha dividido en dos zonas, una zona de intensa aireación y otra donde se produce la clarificación del agua. En el tanque de aireación, el licor mixto se mantiene los sólidos suspendidos. Se proporciona aire a través de 1 blower localizado exteriormente en una caseta. Este blower proporciona aire de burbuja fina a través de difusores y a la vez provocan una mezcla completa para mantener las partículas en suspensión y que la digestión biológica se lleva a cabo adecuadamente.

Del tanque de aireación los flujos mixtos pasan por gravedad al tanque clarificador o sedimentador secundario construido adjunto. Los sólidos suspendidos del licor mezclado presentes en el tanque de aireación son separados en el tanque clarificador y se provoca un asentamiento del material más pesado al fondo del clarificador conocido como lodos activados.

Los lodos en exceso generados en el sedimentador secundario de la planta de tratamiento, son evacuados directamente hacia un digestor de lodos que se encuentra adjunto a dicha planta.

Actualmente la planta no se encuentra funcionando de la manera correcta pues el agua que se descarga se lo está haciendo con algunos parámetros fue de la Normativa del TULAS cuenta un dosificador de cloro pero no está en funcionamiento. Por este motivo microbiológicamente el agua está muy contaminada.

Los desechos sólidos orgánicos como los plásticos (fundas, pedazos de guantes) y desechos inorgánicos (las cáscaras de huevos) que se obtienen después de la limpieza de la Empacadora de huevos son motivo para que las bombas que funcionan en dicha planta de tratamiento se dañan constantemente.

Al ser aguas negras que se descargan tienen altos índices de DBO, DQO, Sólidos Suspendidos que la planta de tratamiento no los está depurando.

### 2.3.3. Datos de los Análisis Físicos del Agua Residual.

**Tabla 19-2:** Datos de los Análisis Físicos del Agua Residual Insitu.

<b>Color</b>	El agua residual que se descarga al receptor de agua dulce presenta un color gris.
<b>Olor</b>	Posee un olor desagradable
<b>Aspecto</b>	Turbio, existe la presencia de sólidos, algas.
<b>Caudal</b>	1.16 m <sup>3</sup> /h
<b>Ph</b>	7.27
<b>Temperatura</b>	19.22

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

2.3.3.1. *Ensayos de Laboratorio.*

2.3.3.2. *Análisis Físico –Químicos y Microbiológicos del Agua Residual.*

Después de obtener las Muestras Compuestas del Agua Residual se procedió a realizar la caracterización de las mismas.

**Tabla 20-2:** Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos del Agua Residual.

Parámetros	Unidad	Método	Resultados				Límites normativa
			Muestra 1 (Agua Cruda)	Muestra 2 (Muestra Aireada )	Muestra 3 (Muestra Aireada)	Promedio	
Color	Und Co/Pt		164	36	60	48	Inapreciable
pH	Unid	4500-B	7.19	7.02	6.99	7.05	5-9
Temperatura	°C		16	19	20	20	
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	1322	539	550	544.5	

Continuara...

Continúa...

Turbiedad	UNT	2130-B	110	29.1	34.4	<b>63.5</b>	
Cloruros	mg/L		8.5	34	35	34.5	1000
Dureza	mg/L		392	168	224	196	
Calcio	mg/L		51.2	22.4	147.2	84.8	
Magnesio	mg/L		64.2	27.2	-	-	
Alcalinidad	mg/L	2320-C	460	300.0	370	335	
Bicarbonatos	mg/L		469	306.0	440	373	
DQO	mg/L	5220-C	2200.0	540	680	<b>610</b>	250
DBO5	mg/L	5210-B	1700.0	460	500	<b>480</b>	100
Sulfatos	mg/L		14.5	5.0	-	-	

Continuara...

Continúa...

Nitritos	mg/L		0.10	0.010	0.010	0.01	Nitritos más Nitratos 10 mg/L
Nitratos	mg/L		0.30	0.20	0.19	0.195	Nitritos más Nitratos 10 mg/L
Fluoruros	mg/L		0.810	0.72	-	-	5
Fosfatos	mg/L		11.90	7.778	9.6	8.69	
Sólidos Totales	mg/L	2530-B	1320	168	980	574	1600
Sólidos Suspendidos	mg/L	2530-D	248	112.0	115	<b>113.5</b>	100
Sólidos Disueltos.	mg/L	2530-D	819	334.2	680	507.1	
Coliformes totales	UFC/ml	Membranas Filtrantes	115x10 <sup>5</sup>	116x10 <sup>5</sup>	<b>Incontable</b>		Remoción > 99.9%

Continuara...

Continúa...

Coliformes fecales	UFC/ml	Membranas Filtrantes	$68 \times 10^5$	$67 \times 10^5$	<b>Incontable</b>		Remoción > 99.9%
--------------------	--------	-------------------------	------------------	------------------	-------------------	--	------------------

Fuente: SAQUIMIC Laboratorio – ESPOCH, 2014

#### 2.3.4. Análisis Físico-Químico de los Parámetros a Considerar

Después de haber realizado las pruebas de caracterización del Agua residual podemos confirmar los parámetros que se encuentran fuera de la normativa ambiental y así poder las posibles soluciones para que los mismos se encuentren dentro de los límites permisibles.

**Tabla 21-2:** Parámetros fuera de la Normativa.

<b>Determinación</b>	<b>Resultados</b>	<b>Límite</b>	<b>Condición</b>
DBO5	<b>480</b>	100	No Cumple
DQO	<b>610</b>	250	No Cumple
Solidos suspendidos	<b>113.5</b>	100	No Cumple
Coliformes Fecales	<b>68 x105</b>	Remoción > 99.9%	No Cumple
Coliformes Totales.	<b>115x105</b>	Remoción > 99.9%	No Cumple

Fuente: SAQMIC Laboratorio ESPOCH, 2015

#### 2.3.5. Proceso de Tratabilidad. “Test de Jarras”

Este tipo de ensayo se realiza con el propósito de determinar, a nivel de laboratorio la dosis adecuada de sustancias químicas que deberá aplicarse en una planta de tratamiento de agua residual, con el fin de mejorar los parámetros y por ende la calidad del agua a descargar al ambiente, además este proceso es de mucha ayuda como una herramienta para el diseño de un sistema de tratamiento de agua en general.

### 2.3.5.1. Ensayo de Jarras.

#### **Equipos y Materiales:**

- Equipo de Jarras
- Balón aforado (100ml)
- Vasos de precipitación (100ml; 500ml; 1000ml)
- Pipetas graduadas (5ml, 10ml)
- Probeta graduada (1000ml)
- pH-metro
- Turbidímetro
- Jarras (2L)
- Balanza analítica
- Espátula

#### **Sustancias y Reactivos utilizados en el Tratamiento**

- Agua destilada
- Coagulantes:
  - Policloruro de Aluminio al 1 %
  - Policloruro de Aluminio al 3 %
  - Solución de Sulfato de Aluminio al 10%
  - Solución de Cloruro Férrico al 10%
- Agua Residual

#### **Procedimiento:**

1. Medir el pH y la turbidez de la muestra de agua residual.
2. Colocar un litro de agua residual cruda en cada una de las 5 jarras contenidas en el equipo.
3. Añadir dosis progresivas de coagulante.
4. Ejecutar la mezcla rápida a 100 rpm por un minuto.
5. Disminuir la velocidad a 30 rpm por 10 minutos.
6. Suspender la agitación y extraer las paletas.
7. Dejar que las muestras sedimenten durante 30 minutos.
8. Luego tomar una muestra de cada una de las jarras y determinar el pH y turbidez.
9. Repetir el procedimiento descrito para cada uno de los coagulantes.

2.3.5.1.1. Pruebas de Tratabilidad para Escoger el Coagulante más óptimo.

Dosificación del Coagulante más óptimo, como parámetros a considerar se toma la turbiedad y el color, pues el pH es el ideal para un proceso de coagulación y es una variable constante por lo que no se necesita modificarla, conociendo esto se opta por establecer tres tipos de coagulantes:

- ✓ Policloruro de Aluminio.
- ✓ Sulfato de Aluminio
- ✓ Cloruro férrico.

En la siguiente Tabla se puede observar las variaciones de los parámetros a considerar con los diferentes coagulantes a la misma concentración.

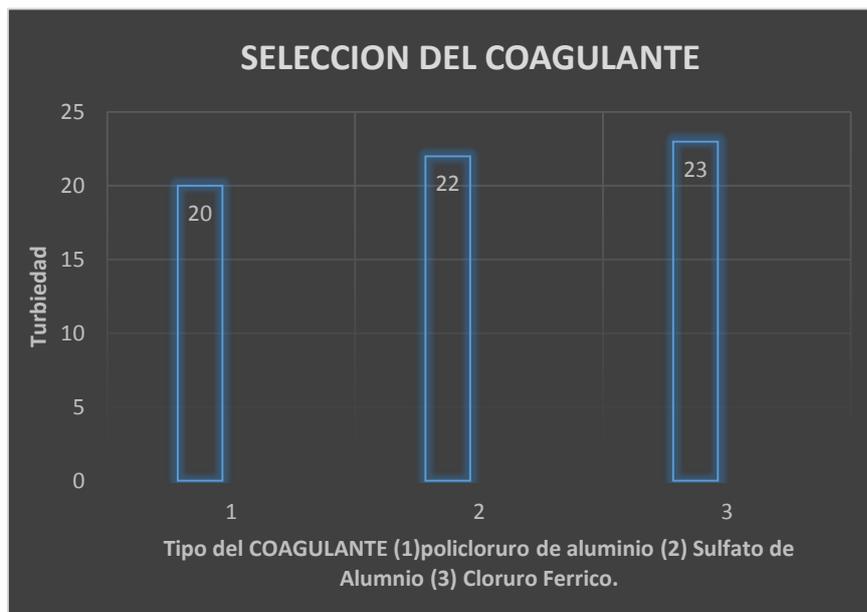
**Tabla 22-2:** Dosificación de diferentes coagulantes en el agua residual.

<b>Jarra</b>	<i>(Policloruro de Aluminio)</i>  <i>(1%)</i>		<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Color</b>
			<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>
<b>#</b>	<b>Ppm</b>	<b>ml</b>	<b>Unid</b>	<b>NTU</b>	
<b>1</b>	100	10	7.19	20	210
<b>Jarra</b>	<i>Polímero</i> <i>(Sulfato de Aluminio)</i>  <i>(1%)</i>		<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Color</b>
			<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>
<b>#</b>	<b>Ppm</b>	<b>Unid</b>	<b>Unid</b>	<b>NTU</b>	

Continúa...

<b>2</b>	100	10	7.25	22	230
<b>Jarra</b>	<b>(Cloruro Férrico)</b> <b>(1%)</b>		<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Color</b>
			<b>Luego de 30 minutos de reposo</b>	<b>Luego de 30 minutos de reposo</b>	<b>Luego de 30 minutos de reposo</b>
<b>#</b>	<b>Ppm</b>	<b>Unid</b>	<b>Unid</b>	<b>NTU</b>	
<b>3</b>	100	10	6.10	28	250

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



**Gráfico 2-2:** Tipo de Coagulante para Tratar el Agua Residual.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

En base a estos resultados se optó por tomar los tipos de coagulantes que presentan la menor turbidez y determinar en base a costo beneficio el mejor coagulante para la tratabilidad del Agua Residual.

**A. Tratamiento con Sulfato de Aluminio.**

**Tabla 23-2:** Ensayo del Tratamiento con Sulfato de Aluminio

<i>Jarra</i>	<i>Polímero</i> <i>(Sulfato de Aluminio)</i>  <i>(1%)</i>		<i>pH</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Color</i>
			<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>
<i>#</i>	<i>Ppm</i>	<i>ml</i>	<i>Unid</i>	<i>NTU</i>	
<b>1</b>	100	10	7.57	10.20	110
<b>2</b>	200	20	6.84	6.87	60
<b>3</b>	250	25	6.33	12.18	50
	<i>(Sulfato de Aluminio)</i>  <i>(4 %)</i>		<i>pH</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Turbidez</i>
			<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>
	<i>Ppm</i>	<i>ml</i>	<i>Unid</i>	<i>NTU</i>	<i>NTU</i>
<b>1</b>	100	5	7.25	53.4	120
<b>2</b>	200	10	6.84	72.8	230
<b>3</b>	250	20	4.10	70.2	150

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

Una observación que se hace es que en todas las adiciones del Coagulante hacia el agua residual tiende a subir el parámetro de la turbidez más que el valor inicial y la formación de espuma. Conociendo así que la adición del coagulante a concentraciones altas el agua tiende a volverse acida.

### B. Tratamiento con Policloruro de Aluminio.

Conociendo que la Planta de Tratamiento consta con un tanque de aireación ya diseñada se sometió el agua a tratar a este proceso de aireación para proceder a dosificar el coagulante.

**Tabla 24-2:** Ensayo del Tratamiento con Policloruro de Aluminio

<i>Jarra</i>	<i>Polímero</i> <i>(Policloruro de Aluminio)</i>  <i>(1%)</i>		<i>pH</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Color</i>
			<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>
<i>#</i>	<i>Ppm</i>	<i>ml</i>	Unid	<i>NTU</i>	
<b>1</b>	100	10	7.53	9.00	70
<b>2</b>	200	20	7.08	8.3	30
	<i>Polímero</i> <i>(Policloruro de Aluminio)</i>  <i>(3%)</i>		<i>pH</i>	<i>Turbidez</i>	<i>Color</i>
			<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo</i>
	<i>Ppm</i>	<i>ml</i>	Unid	<i>NTU</i>	
<b>1</b>	3000	30	7.53	2.14	20

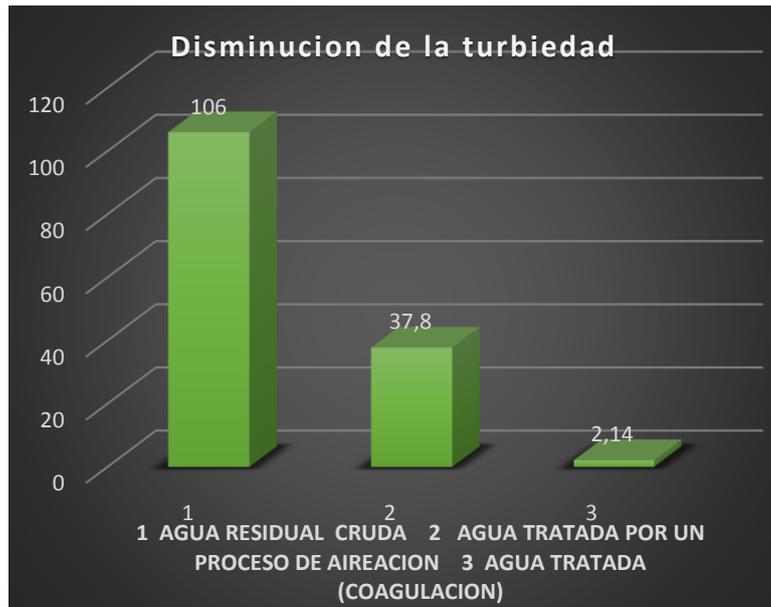
Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

Cabe recalcar que las tablas descritas arribas son las que presentaron los valores más bajos de turbidez luego de realizar varios ensayos para cada uno de los tratamientos, así también indicar que los parámetro fue determinado inmediatamente luego del tratamiento. El resto de parámetros considerados como la DBO, DQO, Sólidos se los determino después de unos días.

**Tabla 25-2:** Disminución de los Diferentes Parámetros con el Coagulante Policloruro de Aluminio

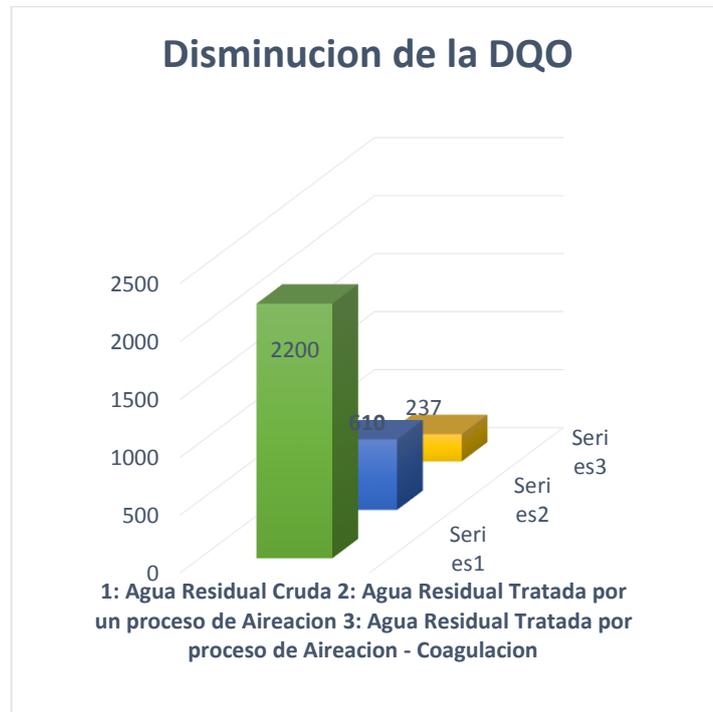
<i>Parámetros a Considerar</i>	<i>Agua residual Cruda</i>	<i>Agua Tratada (por un proceso de Aireación)</i>	<i>Agua Tratada (por un proceso de Aireación - Coagulación)</i>
<b>Turbidez (mg/ml)</b>	106	37.8	2.14
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/ml)</b>	1700	480	50
<b>DQO (mg/ml)</b>	2200	610	237
<b>Sólidos Suspendidos (mg/ml)</b>	248	113.5	14

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



**Gráfico 3-2:** Disminución de la Turbidez en el Agua Residual.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



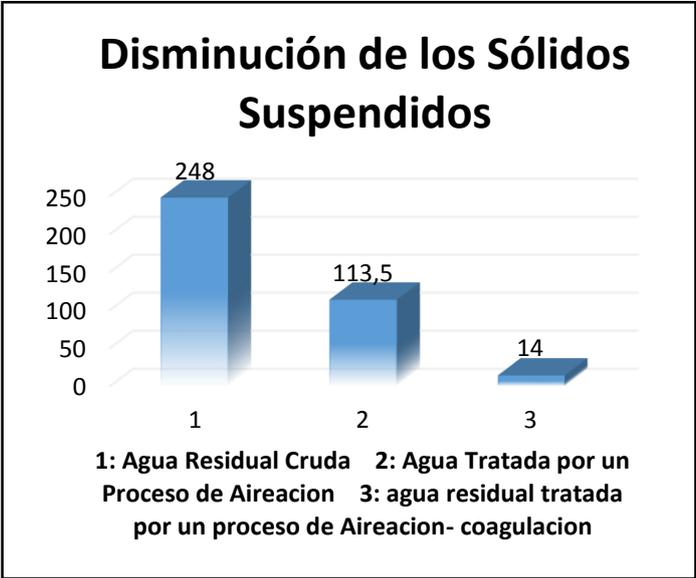
**Gráfico 4-2:** Disminución de la DQO en el Agua Residual.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



**Gráfico 5-2:** Disminución de la DBO en el Agua Residual.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



**Gráfico 6-2:** Disminución de los Sólidos Suspendidos.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 2.3.5.2. Prueba de Sedimentación.

#### Procedimiento:

1. Colocar el agua que ha sido sometida al proceso de coagulación-floculación dentro de la probeta de 1000 ml de capacidad.
2. Dejar en reposo y registrar cada cierto tiempo el volumen que va ocupando el lodo en la probeta hasta alcanzar un tiempo en el cual el volumen de lodo se constante.

**Tabla 26-2:** Tiempo de Sedimentación.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>35</b>
<b>Volumen (ml)</b>	1000	800	600	500	400	300	200

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 2.3.5.3. Proceso de Desinfección con Hipoclorito de Sodio.

La desinfección se hará con hipoclorito de sodio al (6%), se realizara la siguiente dosificación con la siguiente concentración del desinfectante.

**Tabla 27-2:** Dosificación del Desinfectante (Hipoclorito de sodio).

<i>Jarra</i>	<i>Hipoclorito de sodio</i>		<i>Color inicial</i>	<i>Color final</i>
			<i>Coloración al principio de la dosificación</i>	<i>Luego de 30 minutos de reposo la cantidad de color en el Agua</i>
<i>#</i>	<i>Ppm</i>	<i>ml</i>	<i>Unid</i>	<i>NTU</i>
<b>1</b>	100	10	2.2	0.8
<b>2</b>	800	8	1.03	0.4

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

Con esta cantidad de desinfectante se obtiene los siguientes resultados microbiológicos:

**Tabla 28-2: Disminución de Resultados Microbiológicos**

<b>Parámetros a Considerar</b>	<i>Agua residual (UFC/mL)</i>	<i>Agua Residual Con un Proceso de Desinfección</i>
<b>Coliformes Fecales</b>	$68 \times 10^5$	0
<b>Coliformes Totales</b>	$115 \times 10^5$	0

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

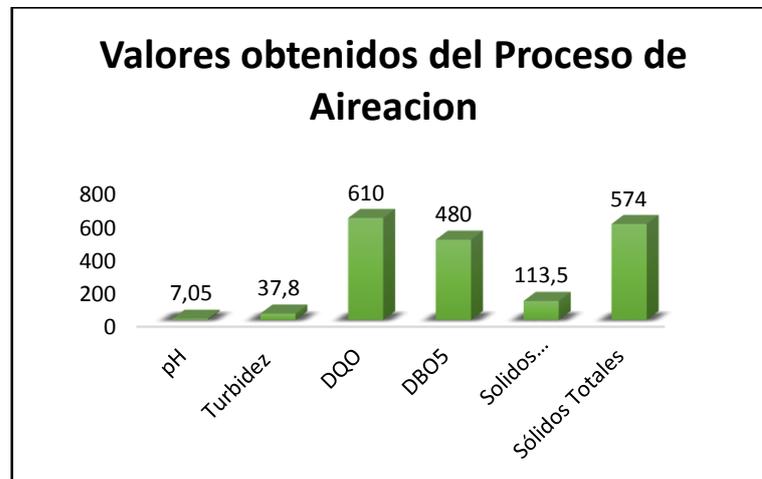
#### 2.3.5.4. Análisis Físico-Químico del Agua Después del Tratamiento.

Luego de una serie de pruebas de tratabilidad, el agua del efluente ya clarificado se llevó al laboratorio para la caracterización fisicoquímica y los parámetros de análisis que se encontraban fuera de la normativa vigente, se puede notar que bajaron considerablemente hasta el punto que ya se encuentran dentro del rango establecido por el TULAS

**Tabla 29-2:** Análisis Fisicoquímico después de un Proceso de Aireación

Determinaciones	Unidades	Resultado
pH	pH	7.05
Turbidez	UFT	37.8
DQO	mg/L	610
DBO <sub>5</sub>	mg/L	480
Sólidos Suspendedos	mg/L	113.5
Sólidos Totales	mg/L	574

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015



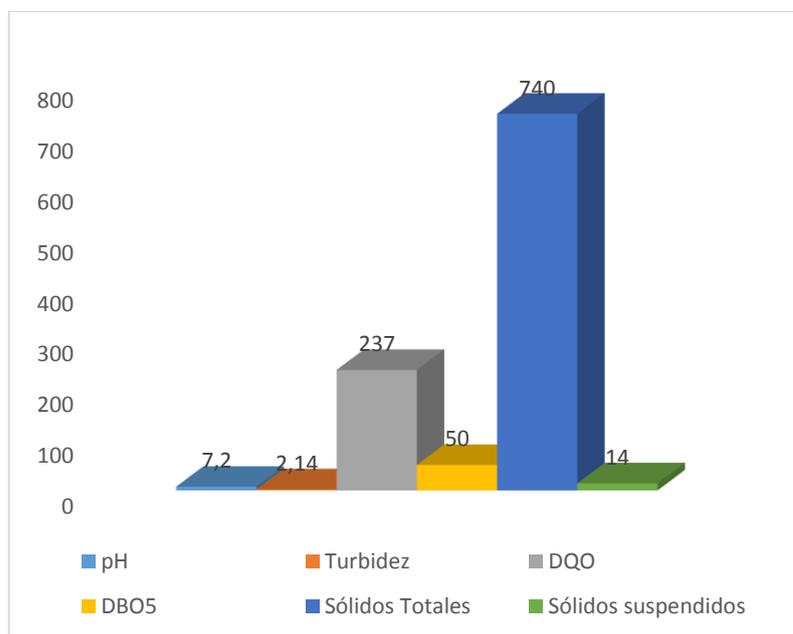
**Gráfico 7-2:** Valores Obtenidos después de un proceso de Aireación

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

**Tabla 30-2:** Análisis Fisicoquímico después del tratamiento con Policloruro de Aluminio

Determinaciones	Unidades	Resultado
<b>pH</b>	pH	7.20
<b>Turbidez</b>	UFT	2.14
<b>DQO</b>	mg/L	237
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	50
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	740
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	14

Fuente: SaQimc Laboratorio ESPOCH 2014.



**Gráfico 8-2:** Valores Obtenidos con Policloruro de Aluminio.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 2.3.5.5. *Químico Requerido Policloruro de Aluminio.*

$$V_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})} = \frac{\text{Dosis} \times V \text{ Agua a Tratar}}{C_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})}}$$

Donde:

$V_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})}$  = Volumen de Policloruro de Aluminio requerido, ( $\text{m}^3 / \text{d}$ )

$C_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})}$  = Concentración de Policloruro de Aluminio, (ppm)

Vagua a tratar = volumen de agua residual a tratar ( $\text{m}^3 / \text{d}$ )

$$V_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})} = \frac{3000\text{ppm} \times 27.84\text{m}^3}{3000000\text{ppm}}$$

$$V_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})} = 0.02784 \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$V_{(\text{POLICLORURO DE ALUMINIO})} = 27.84 \text{ litros por día}$$

#### 2.3.5.5.1. *Kilogramos Necesarios de Policloruro (PAC) al día.*

Una vez calcula la cantidad de la solución de policloruro de aluminio al 3% necesaria para la dosificación en el floculador, debemos determinar la cantidad en kilogramos necesaria de policloruro de aluminio al día.

$$27.84 \frac{\text{L PAC } 3\%}{\text{día}} * \frac{900 \text{ gr PAC}}{1 \text{ L PAC } 3\%} * \frac{1 \text{ Kg PAC}}{1000 \text{ gr PAC}} = 25.05 \text{ Kg PAC} / \text{día}$$

La cantidad del PAC es de 25 Kg/día esta cantidad se lo ira dosificando en función al caudal generado por hora.

$$0.9 \text{ gr/L} * 1160 \text{ L/h} = 1044 \text{ gr/h} = 1.044 \text{ KgPAC/h}$$

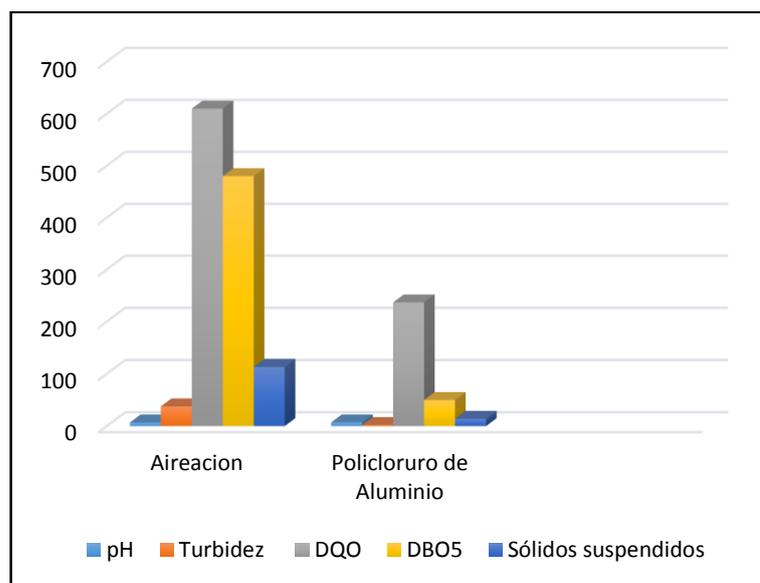
## 2.4. Resultados

El caudal de Agua Residual que produce la planta de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica es de 27.84 m<sup>3</sup> / día promedio. El tratamiento se lo hará continuamente es decir se ira dosificando el coagulante por el caudal hora que ingrese. Los parámetros más importantes que se considera para observar el cambio y poder comparar antes y después de utilizar el proceso de coagulación se los encuentra tabulados de la siguiente manera.

**Tabla 31-2:** Valores Comparativos de los parámetros antes y después del Tratamiento

Determinaciones	Unidades	Resultados	
		Antes del Tratamiento	Después del Tratamiento
		Sin Químicos solo con Aireación	Con PAC
pH	pH	7.05	7.20
Turbidez	UFT	37.8	2.14
DQO	mg/L	610	237
DBO <sub>5</sub>	mg/L	480	50
Sólidos suspendidos	mg/L	113.5	14

Fuente: SAQMIC Laboratorio ESPOCH, 2015



**Gráfico 9-2:** Comparación para el Tratamiento del Agua Residual.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

El gráfico 9-2 se observa de manera clara la diferencia del efecto causado por la sustancia química adicionada al agua residual el coagulante que mejor resultado se obtuvo (policloruro de aluminio), ya que solo con un proceso de aireación no son los resultados óptimos.

## 2.5. Discusión de Resultados.

La empresa Bioalimantar sector Pachanlica descarga un caudal promedio de 0.32 L / s correspondiente a una generación de 27.84 m<sup>3</sup>/d, no se utiliza un factor de mayorización pues los equipos que ya se encuentran diseñados tiene ya su capacidad máxima establecida.

Los parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua residual que se analizó se encontraban fuera de las especificaciones establecidas en la ley de legislación ambiental (TULAS) dicha agua se está descargando en un receptor de agua dulce (acequia) la cual en estas condiciones se encuentra contaminado dicho efluente.

El tratamiento que se realiza no es el óptimo por lo que se considera agregar otro proceso denominado coagulación-floculación y que los parámetros del agua estén dentro del límite permisible o en el mejor de los casos inferiores.

En este tratamiento se utiliza coagulante como el policloruro de aluminio no se llega a modificar el pH del agua residual ya que perfectamente forma el flóculo que sedimentará posteriormente.

La planta de tratamiento cuenta con un proceso de aireación luego de esto el agua ya clarificada pasa a un tanque de sedimentación secundaria donde el flóculo formado sedimentará. Para que los lodos formados en exceso pasen a un digestor aerobio para su posterior tratamiento, pero el agua que se descarga todavía contiene unos elevados valores de la DBO, DQO, sólidos y microbiológicamente valores altos de coliformes fecales, coliformes totales. Por lo que se requiere adicionar un tanque de floculación donde se adicionará mediante una bomba dosificadora automática el coagulante respectivo, y posterior se procederá a una desinfección con hipoclorito de sodio.

El tratamiento se lo hizo con Policloruro de Aluminio (PAC), Sulfato de Aluminio y Cloruro Férrico dando como mejor resultado el del Sulfato de Aluminio y Policloruro de Aluminio.

Se logró tratar el agua residual aireada con Policloruro de Aluminio sin modificar el pH del agua residual, la dosis adecuada para obtener valores bajos de los parámetros como la Turbidez, DQO, DBO y los Sólidos Suspendidos, fue de 3000 ppm de Policloruro de Aluminio (PAC) que corresponde a un consumo de 25 Kg/día a una dosificación en función del caudal generado hora será la cantidad de 1.044 Kg/h de (PAC). El tiempo de sedimentación fue 30 minutos promedio, la desinfección se lo hará con hipoclorito de sodio eliminando así los microorganismos perjudiciales.

## CAPÍTULO III

### 3. DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA SU OPTIMIZACIÓN BIOALIMENTAR – SECTOR PACHANLICA.

#### 3.1. Optimización de la Planta

Luego de haber realizado un reconocimiento y un diagnóstico actual de la planta y conforme a los resultados obtenidos en las caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas del agua residual, se visualizó la necesidad de dar unos tratamientos adicionales al que ya consta la planta de tratamiento de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica, para que así los parámetros que se encuentran fuera de la normativa cumplan con las expectativas para que se pueda descargar en un receptor de agua dulce.

En la planta, se llevan a cabo los siguientes pasos de tratamiento:

- ✓ Tratamiento preliminar mediante tanque de igualación.
- ✓ Malla de retención de sólidos finos.
- ✓ Aireación
- ✓ Sedimentación.
- ✓ Desinfección.

#### 3.2. Cálculos de Ingeniería para la Optimización de la Planta de Tratamiento

##### 3.2.1. Caudal Promedio.

$$\text{CAUDAL PROMEDIO} = 19.45 \text{ L}/\text{min}$$

El caudal se lo realiza por el método volumétrico, para la toma de la muestra compuesta y poder realizar los análisis respectivos mediante la Ecuación 1

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

$$Q = \frac{1.16m^3}{h} \times \frac{24 h}{d}$$

$$Q = 27.84 \frac{m^3}{d}$$

Con este caudal encontrado se trabajara para la presente investigación.

### 3.2.2. Datos del Canal ya Dimensionado en la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

El canal es necesario ya que en él se implementara el sistema de rejillas manuales.

**Tabla 32-3:** Dimensiones del Canal

Dimensiones del canal	Unidades	Medida
Base del Canal	m	0.40
Altura del canal	m	0.30
Distancia del canal	m	0.50

**Fuente:** Datos tomados de sistema actual de la planta de tratamiento, 2014.

#### a. Radio Hidráulico.

Es necesario conocer el Radio Hidráulico en función de la Ecuación 3

$$R_{HC} = \frac{bc \times h_c}{bc + 2h_c}$$

$$R_{HC} = \frac{0.40 \times 0.30}{1}$$

$$R_{HC} = 0.12 \text{ m}$$

**b. Velocidad de Aproximación de la Rejilla.**

Calculo de la velocidad de aproximación del agua residual mediante la Ecuación 4

$$V_{ap} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_H^{1/2}$$

$$V_{ap} = \frac{1}{0.013} \times (0.12)^{2/3} \times (0.00057)^{1/2}$$

$$V_{ap} = 0.450 \text{ m/s}$$

**3.2.3. Cálculos para la Implementación de las Rejillas.**

En el diseño de rejillas que formaran parte del sistema de tratamiento, se utilizaran los siguientes datos tomados de la Tabla 4-1

$$Q_p = 1.16 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{ancho} = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{Separacion entre barras} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Pendiente con relacion a la vertical} = 45^\circ$$

$$\text{Espesor de la barra} = 5 \text{ mm}$$

*a. Área Entre Barras de la Rejilla.*

Una vez obtenida la velocidad de aproximación y con el caudal de agua a tratar se calcula mediante la (Ec. 5) tenemos

$$A_p = \frac{Q}{V_{ap}}$$

$$A_p = \frac{0.000322 \text{ m}^3/\text{s}}{0.452 \text{ m/s}}$$

$$A_p = 0.000714 \text{ m}^2$$

b. *Longitud Sumergida de la Rejilla en el Agua Residual.*

Para la determinación de la longitud de la rejilla que va a estar sumergida en el agua primeramente se debe determinar el nivel máximo de agua mediante la (Ec.7)

$$n_{m\acute{a}x} = \frac{Q}{V_{ap} \times b}$$

$$n_{m\acute{a}x} = \frac{0.000322 \text{ m}^3/\text{s}}{0.451 \text{ m/s} \times 0.4\text{m}}$$

$$n_{m\acute{a}x} = 0.00178 \text{ m}$$

Ahora si podemos calcular la longitud sumergida de la rejilla mediante la (Ec.6)

$$L_{sg} = \frac{n_{m\acute{a}x}}{\text{sen}\varphi}$$

$$L_{sg} = \frac{0.00178\text{m}}{\text{sen}45}$$

$$L_{sg} = 0.00252 \text{ m}$$

c. *Determinación del Número de Barras en la Rejilla.*

El número de barras que se tendrá en el sistema de rejillas se calcula mediante la (Ec.8)

$$N_b^\circ = \frac{B}{W + e}$$

$$N_b^\circ = \frac{0.40}{15 \times 10^{-3} + 5 \times 10^{-3}}$$

$$N_b^\circ = 20 \text{ barras}$$

d. *Pérdida de Carga a través de la Rejilla.*

Para calcular la pérdida de carga a través de la reja ocupando la siguiente (Ec.9)

$$h_l = \frac{1}{0.7} \left( \frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

$$h_l = \frac{1}{0.7} \left( \frac{0.6^2 - 0.453^2}{2(9.8)} \right)$$

$$h_l = 0.0230m$$

#### 3.2.4. *Tanque de Igualación.*

El tanque de igualación absorbe los caudales en horas picos de tal manera que a la planta de tratamiento ingrese un caudal homogéneo y constante.

**Tabla 33-3:** Dimensiones del Tanque de Igualación.

DIMENSIONES	MEDIDA
Largo	1 m
Ancho	2.44 m
Alto	1.80 m
Volumen	4.39 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Datos tomados de sistema actual de la planta de tratamiento, 2014.

### 3.2.5. Tanque de Aireación.

En la zona de aireación, se desarrolla el proceso biológico de digestión aerobia conocida como Lodos Activados mediante aireación extendida. La aireación extendida se produce cuando un sistema de lodos activados se lo somete a un tiempo de retención mayor a 24 horas.

**Tabla 34-3:** Parámetros para el Tanque de Aireación.

Parámetros a Considerar	Unidades	Medida
Concentración de DBO en el afluente ( $S_0$ )	Kg/m <sup>3</sup>	1.7
Concentración de DBO en el efluente (S)	Kg/m <sup>3</sup>	0.48
Eficiencia	%	71.76
Tiempo de Retención Hidráulica	Día	0.552
$\theta_{rc}$	Día	1
Y	$Kg_{celulas\ producidas} / Kg_{materia\ organica\ eliminada}$	0.6
$K_d$	d	0.06

Continuara...

Continúa...

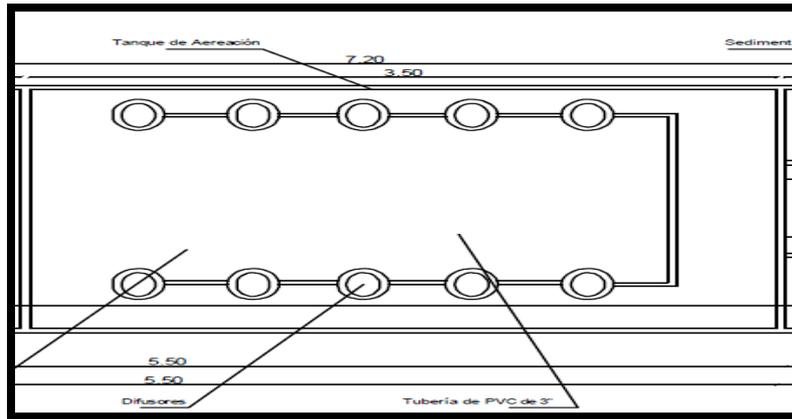
Tiempo de Residencia	$m^3/m^2/día$	19.7
Sólidos Suspendidos Volátiles (X)	$Kg/m^3$	1.6

**Fuente:** Datos Proporcionado por la misma empresa y del laboratorio 2014.

**Tabla 35-3:** Dimensiones del Tanque de Aireación.

<b>DIMENSIONES</b>	<b>MEDIDA</b>
Largo	3.50 m
Ancho	2.44 m
Alto	1.80 m
Volumen	15.37 $m^3$

**Fuente:** Datos Proporcionado por la misma empresa 2014.



**Gráfico 10-3:** Tanque de Aireación.  
**Fuente:** Maricela Lalaleo, 2015

### 3.2.6. *Lodos Activados*

- a. Criterios de Carga (Relación Alimento / Microorganismos).

En este punto se puede determinar la relación que existió entre el alimento y los microorganismos para garantizar la efectividad del proceso. Para esto la relación alimento/microorganismos viene dada por la (Ec.10) y datos tomados de la Tabla N°34

$$F/M = \frac{S_0}{T_{RH}X}$$

$$F/M = \frac{1.7Kg/m^3}{0.552 \text{ dia} \times 1.6Kg/m^3}$$

$$F/M = 1.92 \text{ d}^{-1}$$

Si  $F/M > 0.15$  entonces es necesario aumentar la concentración de los SST en el tanque aireado, esto se logra con la recirculación del lodo.

b. Producción de Lodo.

Para saber la producción de lodos que se genera se lo realiza mediante la (Ec. 11)

$$P_x = Y_{abs} Q (S_o - S) \left(10^3 \frac{g}{Kg}\right)^{-1}$$

$$P_x = 0.56 \frac{Kg}{d} (27.84 m^3 / dia) (1700 - 480 g/m^3) \left(10^3 \frac{g}{Kg}\right)^{-1}$$

$$P_x = 19.02 \frac{Kg}{d}$$

Para la producción de lodos se debe encontrar la producción observada de la siguiente (Ec.12) y con datos de la Tabla 34-3

$$Y_{abs} = \frac{Y}{1 + K_d \theta_c}$$

$$Y_{abs} = \frac{0.6}{1 + (0.06)(1)}$$

$$Y_{abs} = 0.56 \frac{Kg}{Kg}$$

### 3.2.7. Sedimentador Secundario

Una vez que el flóculo formado ha adquirido peso, es necesario sedimentarlo; el agua floculada pasa entonces por un paso inferior hasta la superficie superior para lograr que los flóculos pesados se queden en el fondo.

**Los lodos Formados son depositados por sedimentación al fondo de la cuba, quedando atrapados en un manto de lodos, de donde son purgados y bombeados hacia el Digestor Aerobio con el que cuenta la Planta de Tratamiento, con el fin de espesar y estabilizar este lodo en exceso. Este lodo estabilizado puede ser usado en jardinería como abono.**

En la superficie del sedimentador se incorpora un sistema desnatado a través del proceso arrastre conocido como airlithing. Para ello se instara sobre la superficie una tubería de 3” con las instalaciones hidráulicas necesarias.

✓ **Retorno de lodos**

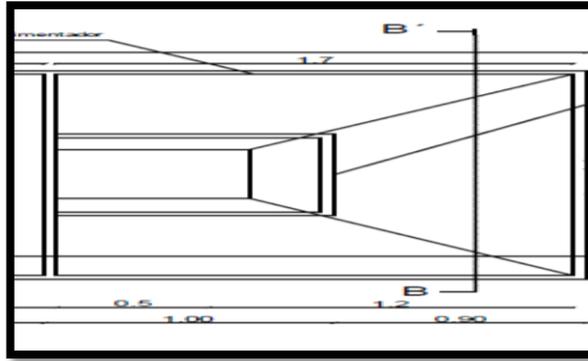
Es muy importante mantener un régimen de retorno de lodos adecuado, ya que de ello depende el éxito de un tratamiento de lodos activados, cada planta tiene su porcentaje de retorno de lodos óptimo, los valores óptimos de retorno de lodos se hallan entre un 20-30% respecto al caudal de ingreso

El sedimentador tendrá forma cónica de las siguientes dimensiones:

**Tabla 36-3:** Dimensiones del Tanque de Sedimentación.

<b>DIMENSIONES</b>	<b>MEDIDA</b>
Carga Superficial	21.86 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día
Alto	1.80 m
Área	4.15 m <sup>2</sup>
<b>Calculo de la parte inferior</b>	
Alto	0.50 m
Largo	1.70 m
Ancho	2.44 m
Volumen total	2.98 m <sup>3</sup>
Tiempo de Retención	2.56 h

**Fuente:** Datos Proporcionado por la misma empresa, 2014.



**Gráfico 11-3:** Tanque de Sedimentación.  
Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 3.2.7.1. Cálculos para el Diseño del Tanque Floculador

#### 3.2.7.2. Área del Tanque de Floculación

Para el cálculo del Área del tanque de Floculación será mediante la (Ec.13)

$$A_F = \frac{Q}{C_S}$$

$$A_F = \frac{27.84}{14}$$

$$A_F = 1.99 \text{ m}^2$$

#### 3.2.7.3. Diámetro del Floculador.

Se lo calcula con la expresión siguiente (Ec.14)

$$\phi = \sqrt{4 \times A_F / \pi}$$

$$\phi = 1.59 \text{ m}$$

#### 3.2.7.4. Radio del Floculador.

Con el valor del diámetro, mediante la (Ec.15)

$$r = \frac{\phi}{2}$$

$$r = \frac{1.59}{2}$$

$$r = 0.80 \text{ m}$$

Con los dos valores anteriores y aplicando la (Ec.16) para un floculador circular se obtiene el volumen del mismo.

#### 3.2.7.5. Cálculo del Volumen de la parte Cilíndrica del Floculador.

$$V_s = A \times h_s$$

$$V = 1.99m^2 \times 2 \text{ m}$$

$$V = 3.98 \text{ m}^3$$

#### 3.2.7.6. Cálculo de la parte cónica del Floculador:

Para los siguientes datos  $\alpha = 20^\circ$  con un radio de 0.80

$$V_c = \frac{\pi \times r^2 \times h_2}{3}$$

$$V_c = \frac{\pi \times (0.80)^2 \times 0.30}{3}$$

$$V_c = 0.20m^3$$

#### 3.2.7.7. Volumen total del Floculador.

$$V_T = V + V_c$$

$$V_T = 3.98 + 0.20$$

$$V_T = 4.18 \text{ m}^3$$

#### 3.2.7.8. Cálculo del Tiempo de Retención Hidráulica.

El tiempo de retención se lo calcula a través de la siguiente (Ec.18)

$$T_r = \frac{V_F}{Q}$$

$$T_r = 3.60 \text{ h}$$

### 3.2.8. Dimensionamiento de la Paleta.

#### a. Gradiente de Velocidad de un Fluido.

$n = 70 \text{ rpm}$  Dato que se estimó dentro del laboratorio la gradiente de velocidad se lo puede hallar con la siguiente (Ec. 19)

$$G = 0,25 \times n^{1,25}$$

$$G = 0,25 \times 70^{1,25}$$

$$G = 50.61s^{-1}$$

#### b. Potencia disipada en la Mezcla.

Para calcular la potencia disipada en la Mezcla se calcula a partir de la siguiente Ecuación 20

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

$$P = (50,61)^2 \times 1.064 \times 10^{-3} \times 4.18$$

$$P = 11.39 \text{ KW}$$

#### c. Área Requerida de las Paletas.

Para determinar el área de la sección transversal de las paletas con la Ecuación 22

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * v^3}$$

$$A = \frac{2 * 11.39}{1.16 * 998 * (0.75)^3}$$

$$A = 0.034 \text{ m}^2$$

**Dónde:**

$$\rho = 998 \text{ Kg/m}^3$$

Asumiendo los valores de

$$C_D = 1.16 \text{ (Tabla 9)}$$

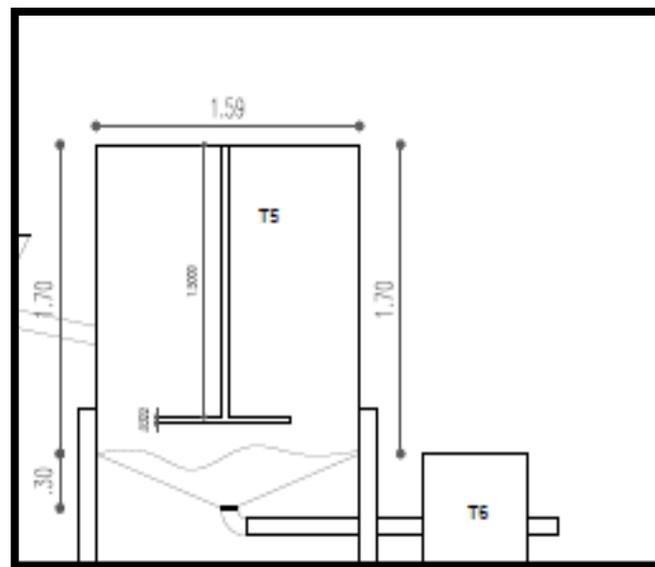
d. *Longitud de la Pala.*

La Ecuación 23 explica la relación entre el área de la pala y su ancho para determinar la longitud de la misma, para ello se tiene:

$$A = l \times b$$

$$l = \frac{A}{b}$$

$$l = 1.50 \text{ m}$$



**Gráfico 12-3:** Tanque de Floculación.  
Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

Los lodos formados en el proceso de coagulación- floculación serán enviados al digestor aerobio tal cual se hizo con los lodos obtenidos del sedimentador secundario la finalidad de biodigestor es recibir los lodos en exceso generados tanto del sedimentador secundario con del tanque de floculación, el objetivo es secar el lodo retornar el agua escurrida de estos procesos. Una vez que el tanque del digestor este lleno, se lo debe evacuar a través de un camión de desechos sólidos.

### 3.2.9. Desinfección.

La planta de Tratamiento cuenta con una bomba dosificadora de desinfección en base a hipoclorito de sodio, en esta etapa del proceso se busca la cantidad ideal del hipoclorito de sodio, para eliminar los agentes patógenos que se encuentran en el agua residual.

#### 3.2.9.1. Hipoclorito de Sodio.

##### a. Dosificación del Hipoclorito de sodio

Para conocer la dosificación que debemos suministrar al agua después de los diferentes procesos es mediante la Ec.25

$$D_{CL} = Q_{ENT} * C$$

$$D_{CL} = 0.32 \text{ L/s} * 8 \text{ mgr/L}$$

$$D_{CL} = 2.56 \text{ mgr/s}$$

$$D_{CL} = 2.56 \text{ mgr/s} * 1\text{gr}/1000\text{mgr} * 1\text{ml}/0.8\text{gr}$$

$$D_{CL} = 0.20 \text{ ml/min}$$

### **b. Reducción de Coliformes**

Para conocer la aproximada reducción de contaminantes microbiológicos en el agua aplicamos la Ecuación 26

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0.23 * C * t)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_0} = (1 + 0.23 * 8 * 0.5)^{-3}$$

$$\frac{N}{N_0} = 0.1412 \text{ unidades}$$

### **c. Demanda de Cloro Libre**

Para determinar la cantidad de cloro que queda en el agua residual se parte de la siguiente Ecuación 27

$$D_L = \frac{\text{ml solución Na(OCL)} \times 100}{\text{ml de muestra}}$$

$$D_L = \frac{0.20 \text{ Na(OCL)} \times 100}{500}$$

$$D_L = 0.04 \text{ Cl Libre}$$

### **3.3. Resumen del Equipo Diseñado que Formara Parte del Sistema.**

A continuación se encuentra tabulado los valores y cada uno de los parámetros para dimensionar el equipo que formara parte de la planta de tratamiento de agua residual de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica, además los parámetros cálculos de los equipos ya existentes.

### 3.3.1. Canal.

**Tabla 37-3:** Datos de Canal.

<b>Parámetro</b>	<b>Simbología</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Base	B	m	0.40
Altura	Hc	m	0.30

Fuente: Datos Proporcionados por la Empresa 2014.

### 3.3.2. Implementación de Rejillas al Sistema.

**Tabla 38-3:** Resumen del Dimensionamiento del Sistema de Rejillas.

<b>Parámetro</b>	<b>Simbología</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Caudal	$Q_P$	$m^3/h$	1.16
Ancho	B	m	0.4
Espesor de las barras	e	mm	5
Separación entre barras	W	mm	15
Numero de barras	$N_b^\circ$	Unidades	20
Perdida de carga	$h_t$	m	0.023

Continuara...

Continúa...

Velocidad de aproximación	$V_{ap}$	m/s	0.450
Longitud de rejilla sumergida	$L_{sg}$	m	0.00252
Nivel máximo	$n_{max}$	m	0.00178
Ángulo de inclinación de la rejilla	$\varphi$	Grados	45

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 3.3.3. Tanque de Homogenización:

**Tabla 39-3:** Datos del Tanque Homogeneizador

Parámetro	Unidad	Resultado
Largo	m	1
Ancho	m	2.44
Alto	m	1.80
Volumen	$m^3$	4.39

Fuente: Datos Proporcionados por la Empresa 2014.

### 3.3.4. Lodos Activados.

**Tabla 40-3: Resumen del Tanque de Aireación.**

Parámetro	Simbología	Unidad	Resultado
Caudal	$Q_P$	$m^3 / d$	27.84
Tiempo de retención celular	$\theta_c$	Día	1
Tiempo de retención hidráulico	$T_{RH}$	Día	0.552
Relación alimento / microorganismos	F / M	$d^{-1}$	1.92
Producción de lodos	$P_X$	Kg / d	19.02
Producción observada	$Y_{abs}$	Kg / Kg	0.56
Requerimiento de oxígeno	$WO_2$	$\frac{KgO_2}{d}$	13.84

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 3.3.5. Sedimentador Secundario

**Tabla 41-3: Datos del Sedimentador Secundario.**

Parámetro	Simbología	Unidad	Resultado
-----------	------------	--------	-----------

Continuara...

Continúa...

Geometría:		Forma Cónica	
Caudal promedio	$Q_P$	$m^3 / d$	27.84
<b><i>Parte Rectangular</i></b>			
Alto del sedimentador		m	1.30
Área del Sedimentador	$A_S$	$m^2$	4.15
Carga Superficial	$C_S$	$m^3 / m^2 / día$	21.86
<b><i>Parte Cónica</i></b>			
Altura		m	0.50
Largo		m	1.70
Ancho		m	2.44
Volumen total del sedimentador.	$V_T$	$m^3$	2.98
Tiempo de retención hidráulica	$T_{RH}$	H	2.56
Velocidad de arrastre	$V_H$	m / s	0.06026
Velocidad Horizontal	$V_h$	$m/s$	0.00007764

Continuara...

Continúa...

Porcentaje de remoción de la DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>	%	36.99
Porcentaje de remoción de SST	RSST	%	59.53

Fuente: Datos Proporcionados por la Empresa.

### 3.3.6. Implementación de un Tanque de Floculación.

**Tabla 42-3:** Resumen del Dimensionamiento del Tanque de Floculación

Parámetro	Simbología	Unidad	Resultado
Caudal Promedio	Q <sub>P</sub>	m <sup>3</sup> / d	27.84
Carga Superficial	C <sub>S</sub>	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> / día	14
Área del tanque floculador	A <sub>f</sub>	m <sup>2</sup>	1.99
Altura total del tanque	H <sub>f</sub>	m	2
Diámetro del tanque de floculación	φ	m	1.59
Radio del tanque de floculación	R	m	0.80

Continuara...

Continúa...

Volumen del tanque de floculación.	$V_H$	$m^3$	4.18
Tiempo de retención.	$T_R$	h	3.60
Agitadores De Paletas			
Área requerida por las Paletas	A	$m^2$	0.034
Longitud de la Paleta	L	m	1.50
Gradiente de Velocidad	G	$s^{-1}$	50.61

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 3.3.7. Desinfección.

**Tabla 43-3:** Resumen del Proceso de Desinfección

Parámetro	Simbología	Unidad	Resultado
Dosificación del Hipoclorito de sodio	DCL	mL/min	0.20
Reducción de Coliformes	$N/N_0$	Unidades	0.1412

Continuara...

Continúa...

Demanda de Cloro libre.	$D_L$	Cl libre	0.04
-------------------------	-------	----------	------

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### 3.4. Propuesta.

Para poder tratar este tipo de efluente generado por la empresa Bioalimentar sector Pachanlica, se realizó un estudio y se evidencio que la planta no está depurando como se debe, para obtener una agua apta para descargar en un receptor de agua dulce, se observó que esta presenta considerables contaminantes producto de las actividades normales de los caudales generados por el uso de baños, cocina, inodoros y naves industriales donde se utiliza ciertas sustancias químicas para las desinfecciones de la misma (detergentes, desinfectante en espuma)

Los contaminantes que se encuentran en mayor cantidad son de tipo orgánico. A más de esto se encuentran pedazos de fundas plásticas, guantes de látex, pedazos de cáscaras de huevos, por lo que se propone el diseño de rejillas que atrape todo el material solido grueso y para la parte orgánica el diseño de un tanque de coagulación floculación ya que el optimizar la planta de tratamiento no fue factible con los equipos ya diseñados al plantear la alternativa del tanque donde se llevará a cabo el proceso mencionado se optimizara el recurso agua, para poder reutilizar en otra actividad bajando los parámetros que se encuentran fuera de la normativa ambiental.

El sistema de tratamiento se describe a continuación:

Todos los diferentes caudales generados son descargados directamente a la planta de tratamiento en esta etapa de pre- tratamiento se incluye un sistema de rejillas de limpieza manual, para contrarrestar los desechos antes mencionados los mismos que en ocasiones dañan las bombas que se encuentran sumergidas. Luego el agua pasara a un tanque de homogenización con el fin de mantener los flujos constantes el agua ingresa a una malla de retención de fino sólidos menor de (0.5mm).

El agua residual es biodegradable en el tanque de aireación a través del proceso de lodos activado, este proceso se ha dividido en dos zonas; una zona de intensa aireación y otra donde se produce la clarificación el agua. Se proporciona airea a través del blower (soplador). Este blower proporciona airea de burbuja fina a través de 5 difusores de burbuja fina y a la vez proporciona una mezcla completa para mantener las partículas en suspensión.

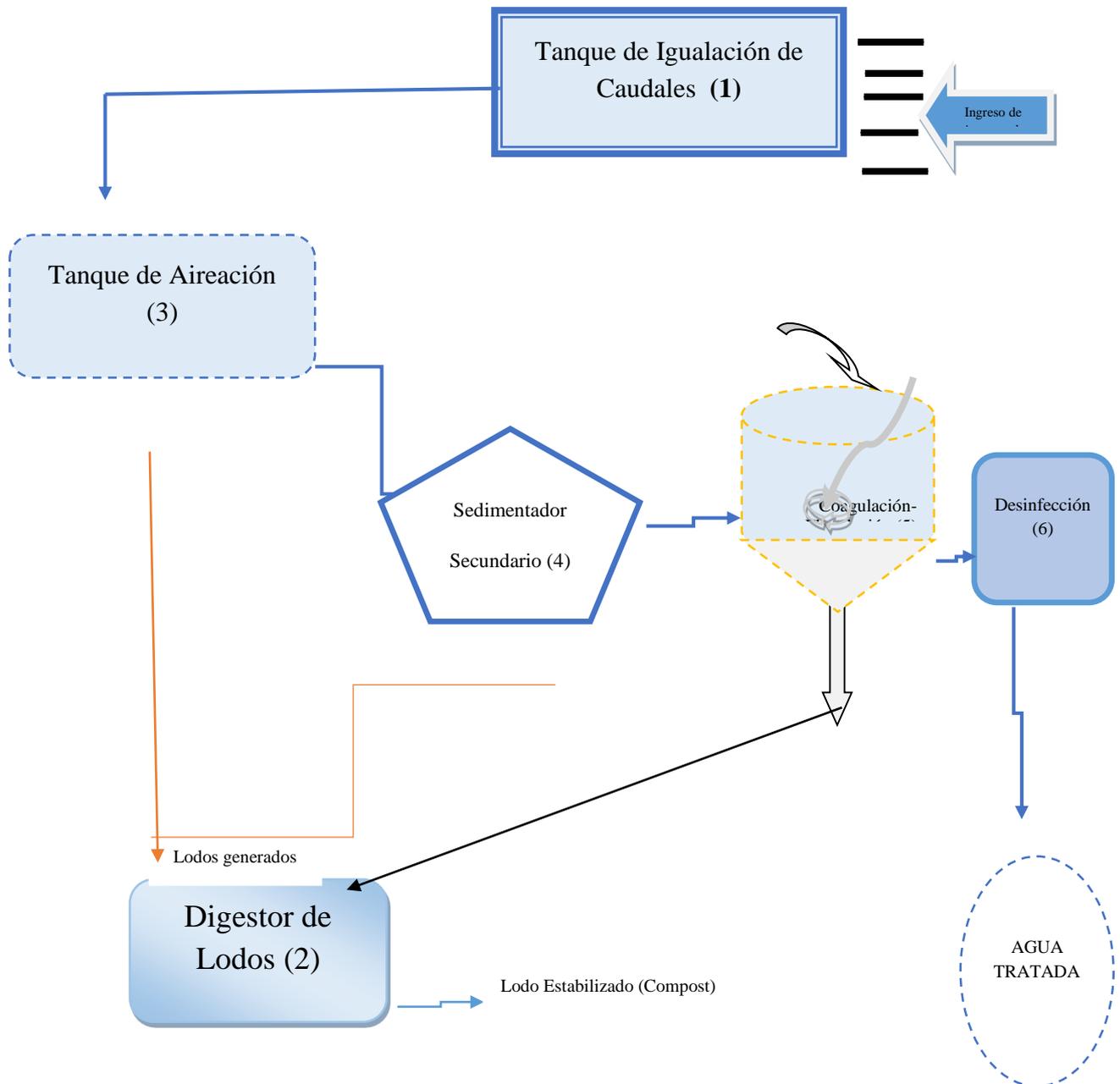
Del tanque de aireación los flujos mixtos pasan por gravedad en el tanque clarificador, los sólidos suspendidos del licor mezclado son separados en el tanque clarificador y se provoca un asentamiento del material pesado la fondo del clarificador.

Una vez analizada el agua que descargaba la planta de tratamiento no se encontraba bajo la normativa por lo que se diseña de un tanque floculador, en cual se producirá el proceso de floculación coagulación y así poder tener el agua clara, inodora, y podrá usarse en proceso de riego.

El tanque floculador tendrá una forma circular para que así después del proceso de coagulación los sólidos sedimenten y poder purgarlos enviando estos lodos al biodigestor, para la respectiva estabilización del mismo y comenzar nuevamente la depuración del agua, el volumen del tanque será de 4.18 m<sup>3</sup> tendrá un mecanismo de agitación de paletas es se lo realizara 70 rpm con un tiempo de retención de 3.60 hora la dosis adecuado del coagulante a utilizar (PAC) será 0.9gr /L.

Finalmente el agua proveniente del tanque de floculación se someterá a una desinfección con hipoclorito de sodio a una dosis de 0.2 ml/min para eliminar los microorganismos patógenos para la salud.

3.4.1. Diagrama de Flujo del Sistema de Tratamiento del Agua Residual.



**Figura 8-3:** Diagrama de Bloques Optimizada la Planta de Tratamiento.  
Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### **3.4.2. Análisis y Discusión de Resultados.**

Los equipos que forman parte de la optimización de la planta de tratamiento de agua residual están diseñados y dimensionados para contrarrestar las sustancias contaminantes, en primera instancia el material orgánico contenido en dicho efluente, que se refleja en los análisis efectuados anteriormente.

Algunos de los parámetros determinados para el dimensionamiento de los equipos como fueron las rejillas y el tanque floculador no cumple con lo especificado en las tablas descritas en el trabajo, y que fueron tomadas de textos bibliográficos que están dirigidos al tratamiento de un volumen mayor de agua residual. Es por este motivo que ciertos valores fueron asumidos bajo un criterio analítico y personal.

A través de la optimización del sistema de tratamiento diseñado se lograra eliminar los sólidos gruesos reteniéndolos en el sistema de rejillas, el agua pasara a través de los equipos ya existentes como lo es el tanque homogenizador para obtener una caudal homogéneo, posteriormente el agua con un flujo homogéneo llegara a un proceso de lodos activados donde las características iniciales del agua disminuyen a un 50%, el agua clarificada pasa a un sedimentador secundario los lodos producidos en esta etapa se evacua a un digestor de lodos para obtener un lodo estabilizado y utilizar como abono, los lodos que salen del digestor aerobio se encuentran secados los mismo que sirven para mezcla con gallinaza y aserrín y obtener un compost que el empresa la vende con el nombre de Guanno, el agua clarificada llegara a un tanque floculador para disminuir los parámetros que no cumplen con la normativa mediante un proceso de coagulación floculación adicionando un compuesto químico (policloruro de aluminio) los lodos generados en esta etapa se los enviara al digestor de lodos.

Finalmente cuando se tenga el flujo de salida, un sensor encenderá automáticamente la bomba dosificadora de desinfección con hipoclorito de sodio a una concentración diferente a la que se venía aplicando.

Con el tratamiento dado al agua se obtiene valores bajos de DBO, DQO, Sólidos Suspendidos, Turbidez.

**3.4.2.1. Costo Aproximado de la Propuesta Establecida.**

**Tabla 44-3: Costos de Inversión de la Propuesta**

<b>EQUIPO</b>	<b>DETALLE DEL EQUIPO</b>	<b>COSTO EN DÓLARES</b>
Rejillas	Rejillas manuales con 20 barras de acero inoxidable	150
Tanque de Floculación	Planchas de acero inoxidable 4x8 304 de 3mm	1500
Accesorios para el tanque de floculación.		
Válvulas de entrada y salida de agua	4" y 2" respectivamente	65
Soportes para el tanque de floculación	Hierro Negro u (80×40×5)	180
Moto Reductor	1 Hp	1100
Soporte Agitador		100
Aspas		95
<b>Total</b>		<b>3190</b>

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

**Tabla 45-3:** Costo Total de Inversión.

Ítem	Costo en Dólares
Equipos y Accesorios a utilizar	3190
Mano de obra	700
Imprevistos	300
<b>Total</b>	<b>4190</b>

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

3.4.2.1.1. *Análisis de Costo de los Químicos Empleados.*

**Tabla 46-3:** Costos de Operación.

VALOR (Kg/día)	INSUMOS	DÓLARES
25 kg/día	Policloruro de aluminio diario.	18
0.288 L/día	Hipoclorito de sodio al 6%	8
Total al día		26
Total al Mes		780

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

**Tabla 47-3:** Costo Total

<b>Ítem</b>	<b>Costo en Dólares</b>
Costo de Inversión	4190
Costo de operación tratamiento	780
<b>Total</b>	<b>4970</b>

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

- **Comparación de Propuestas Establecidas para la mejora de la Planta de Tratamiento.**

#### **PROQUIMARSA.**

Esta propuesta establece el cambio de los difusores en el tanque de aireación, el costo total de la propuesta planteada es de 8633.52 dólares.

**Tabla 48-3:** Costo de la Propuesta de la Empresa “PROQUIMARSA”

<b>PROQUIMARSA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>CANT</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>TOTALES</b>
1	25	Difusores de aire OXYPLATE ZENIT 12”	UNI	75,00	1.875,00

Continuara...

Continúa...

2	25	Acoples de 3/4" para difusores de aire	UNI	6,50	162,50
3	1	Purga de Humedad	UNI	230,00	230,00
4	1	Filtro de Aire para ingreso a Blower de 2"	UNI	96,00	96,00
5	1	Válvula de alivio de 2 " RV- 50		245,00	245,00
6	1	Blower Regenerativo TD-220-060 4,6 kw 2 "	UNI	5.100,00	5.100,00
				<b>Subtotal</b>	7.708,50
				<b>IVA 12%</b>	925,02
				<b>Total</b>	8.633,52

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

### ISA

La empresa establece el uso de bacterias para eliminar con mayor facilidad la carga contaminante del agua residual, el valor de la propuesta es de 3760.40 dólares.

**Tabla 49-3:** Costo de la Propuesta de la Empresa “ISA”

ISA				
ITEM	CANTIDAD EN DÍAS	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO EN DÓLARES	V. TOTAL EN DÓLARES
1	1	EA/ DÍA DE SOPORTE ASISTIDA EN CAMPO PTAR POR PARTE DE UN INGENIERO AMBIENTAL	370.00	370.00
2	1	EA/ DÍA DE SOPORTE ASISTIDA EN CAMPO POR PARTE DE UN OPERADOR CALIFICADO	250.00	250.00
3	1	DIA DE SOPORTE EN CAMPO DE AUTOMATIZACIÓN	370.00	370.00
QUÍMICOS				
ITEM	CANTIDAD lbs/kg	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO EN DÓLARES	V. TOTAL EN DÓLARES
4	44	BACTERIAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NEGRAS Y GRISES	50.00	2.200,00

Continuara...

Continúa...

5	250	HIPOCLORITO DE SODIO AL 10%	0,59	148,00
<b>REPUESTOS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
6	1	KIT PARA MEDICIÓN DE CLORO pH	20,00	20,00
			<b>SUBTOTAL</b>	3.357,50
			<b>IVA 12%</b>	402,9
			<b>TOTAL</b>	3.760,40

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

**Tabla 50-3:** Comparación entre las Propuestas y la Optimización Realizada

Propuesta	Valor de la Implementación	Motivo de Cambio	Discusión
<b>Cambio de los Difusores</b>	8633.52	Se discute el cambio de los difusores en el tanque de aireación, para que exista mayor cantidad de oxígeno en el medio.	Los difusores de burbuja fina que se encuentran colocados en el tanque de aireación proporcionan la cantidad de oxígeno al medio para disminuir la

Continuara...

Continúa...

			los parámetros que se encuentran fuera de normativa, la reducción es drástica solo al comparar la entrada y salida del agua residual.
<b>Adición de bacterias al medio</b>	3760.40	Para eliminar la carga contaminante presente en el agua residual	Las bacterias que se coloca en el tanque de aireación no están siendo aprovechadas al máximo, pues el agua residual trae consigo bacterias que degradan la materia orgánica convirtiendo en productos más estables como lo es el agua en dióxido de carbono y amoniaco. Y el caudal que ingresa no es el suficiente para mantener un equilibrio en el medio.
<b>Implementación de un tanque de Coagulación Flocculación.</b>	4970	Por medio de la adición de un coagulante al medio y agitación disminuir los parámetros que se encuentran fuera de la normativa vigente	Con este proceso se disminuirá los parámetros que se encuentran fuera de la normativa vigente para descargar hacia un cuerpo hídrico.

Fuente: Maricela Lalaleo, 2015

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **CONCLUSIONES.**

✓ El agua residual generada por la empresa Bioalimentar sector Pachanlica el efluente se encuentra con un cierto grado de contaminación al realizar la caracterización de los parámetros físico- químicos y microbiológicos de dicha agua y al compararlas con la normativa del TULAS Libro VI Anexo I se pudo constatar que ciertos parámetros se encuentran fuera de límite para que se pueda descargar en un receptor de agua dulce; siendo los siguientes DQO , DBO5, Solidos Suspendidos, Coliformes Totales, Coliformes Fecales.

✓ En base a los resultados de los análisis realizados al agua, se buscó el sistema operacional más óptimo iniciando un tratamiento preliminar implementado un sistema de rejillas de operación manual seguido por un proceso de aireación una sedimentación secundaria y una etapa de coagulación – floculación y luego pasarla a una etapa de desinfección, para eliminar los agentes patógenos, los lodos generados en las etapas anteriores pasara a un digestor de lodos.

✓ Los resultados más satisfactorios se obtuvieron al tratar el agua con policloruro de aluminio en una dosis de 3000ppm esto refleja la disminución drástica de los parámetros como la DBO que fue de (480 a 50) mg/L, la DQO de (610 a 237) mg/L, turbidez de (63.5 a 2,4) NTU, con estos resultados aseguramos las descargas al medio ambiente, los resultados expuestos son en base a la optimización que se le hizo a la planta de tratamiento, los parámetros después del proceso realizado cumple con la normativa vigente (TULAS) para la descarga un receptor de agua dulce.

✓ El coste de la propuesta de optimización para la planta de tratamiento de Aguas Residuales es de 4970 dólares, comparada con otras propuestas de mejora es mucho más factible y se obtendrá mejores resultados.

- ✓ El agua a tratar mediante un proceso de coagulación- floculación aseguramos que los parámetros que no están cumpliendo con la normativa vigente se encuentren dentro de los límites permisibles.

### **RECOMENDACIONES:**

Una vez optimizado la planta de tratamiento se recomienda lo siguiente.

- ✓ En la planta de tratamiento la cantidad de agua no siempre es la misma por las diferentes actividades que se realiza que en ocasiones se requiere más del líquido lo que se recomienda medir diariamente el ingreso de agua a la planta de tratamiento.
- ✓ Medir el campo de oxígeno disuelto en el tanque de aireación, esta medición se lo puede hacer en cualquier parte del tanque la medición se la hace a través de un equipo e ir registrando.
- ✓ Observando la calidad de clarificado, interface y lodos asentados. Si el volumen de lodos es mayor a 300ml/1000ml, purgar lodos desde el sedimentador al biodigestor de lodos.
- ✓ La planta de tratamiento contiene aguas grises y aguas negras pero en mayor proporción la última por lo que se recomienda tratar de diferente manera separando los caudales el uno del otro para optimizar mejor los equipos utilizados.
- ✓ Se recomienda de manera indispensable la implementación del tanque de floculación para evitar que las aguas de los diversos procesos siguen contaminado y buscando alternativas adecuadas para tratar a los contaminantes que pueden tener otro uso y así podemos evitar la contaminación y descargar bajo los límites permisibles establecidos por el TULAS.



## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. **ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE.,** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)., 2da. ed., Quito-Ecuador., 2003., Libro VI., Anexo 1,
2. **ECUADOR., MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE., TULAS** (Texto unificado de Legislación Ambiental).. Libro VI – Tabla 11., Quito- Ecuador Limites de descarga a un cuerpo de Agua Dulce., Anexo 6., Pp 2- 15.
3. **METCALF & EDDY.** Ingeniería de Aguas Residuales. 3a. ed. España - Madrid, McGran- Hill, 1995., Pp 41- 60, 231- 240, 251.
4. **RAMALHO, R.,** Tratamiento de Aguas Residuales., 2da. ed., Quebec – Canadá., Editorial Reverte S.A., 1993., Pp. 92, 146, 147.
5. **RIGOLA PEÑA, M.,** Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Procesos y Residuales., 1ra. ed., Barcelona-España., Editorial Marcombo S.A., 2005., Pp. 148. 118
6. **ROMERO, J.,** Tratamiento de Aguas Residuales., Teoría y Principios de Diseño., 3ra. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., Ingeniería., 2004., Pp. 129.
7. **ROMERO., J.,** Calidad del Agua, Bogotá – Colombia., Alfaomega., 2002., Pp. 67, 71 – 74, 233 – 246, 706 – 707.
8. **STHANDAR METHODOS,** Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables, American Public Health Water Pollution, control Federation Madrid – España. Pp. 2- 52, 2-50, 4 – 166, 4 – 168, 5 – 6, 5- 18.

**INTERNET:**

**1. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

<http://api.eoi.es/apiv1dev.php/fedora/asset/eoi:36163/componente36162.pdf>

10-05-2014

**2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

<http://elblogverde.com/contaminacion-del-agua/>

09-06-2015

**3. DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES**

<http://contenidos.educarex.es/>

09-06-2015

**4. EL AGUA**

<http://www.monografias.com/trabajos/contamagua/contamagua.shtml>

25-06-2015

# **ANEXOS**

## Anexo A. Análisis Físico- químico del Agua Residual de la Empresa Bioalimentar



**SAQMIC**  
Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos  
Avenida 11 de noviembre y Milton Reyes Kiooamba Ecuador  
Telefonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

**INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**  
*Solicitado por:* Srta. Maricela Lalaleo Camino  
*Fecha de análisis:* 14 de marzo de 2014  
*Fecha de entrega de resultados:* 21 de marzo de 2014  
*Tipo de muestra:* Agua residual de Industria de balanceados  
*Localidad:* Empresa Bioalimentar, Sector Pachanlica Cantón Pelileo  
*Código:* 086-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt		164
pH	Und	5 - 9	7,19
Conductividad	µ Siemens/cm		1322
Turbiedad	UNT		34,4
Cloruros	mg/L		8,5
Dureza	mg/L		392,0
Calcio	mg/L		51,2
Magnesio	mg/L		64,2
Alcalinidad	mg/L		460,0
Bicarbonatos	mg/L		469,2
DOC	mg/L	250	2200,0
DBO5	mg/L	100	1700,0
Sulfatos	mg/L	1000	14,5
Nitritos	mg/L		0,100
Nitratos	mg/L	10	0,300
Fluoruros	mg/L		0,810
Fosfatos	mg/L	10	11,900 -
Sólidos Totales	mg/L	1600	1320,0
Sólidos Suspendidos	mg/L	100	248,0 -
Sólidos Disueltos	mg/L		819,6

\* Valores referenciales para aguas residuales que decargan a un cuerpo de agua dulce TULSMA LIBRO 6 TABLA 12

*Observaciones:*  
Atentamente,

  
 Dra. Gina Álvarez R.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Análisis Físicoquímico previo tratamiento	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar			
	Aprobado	Por calificar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LÁMINA
al		Maricela Lalaleo Camino	14/4/14	01	0

## Anexo B. Análisis del Laboratorio del Agua Residual de la Empresa Bioalimentar



Avenida 11 de noviembre y Av. Juan Keyes Kioskoma Ecuador  
 Telefonos: 0993387300 - 0324322 0998580374 0993806600

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Srta. Maricela Lalaleo Camino  
 Fecha de análisis: 12 de marzo de 2014  
 Fecha de entrega de resultados: 18 de marzo de 2014  
 Tipo de muestra: Agua residual de Industria de balanceados  
 Localidad: Empresa Bioalimentar, Sector Pachanlica Cantón Pelileo  
 Código: 091-14

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt		60
pH	Unid	5 - 9	6.99
Conductividad	μ Siems/cm		550
Turbiedad	UNT		110.0
Dureza	mg/L		224.0
Calcio	mg/L		147.2
Alcalinidad	mg/L		370.0
Bicarbonatos	mg/L		440.0
DQO	mg/L	250	680.0
DBO5	mg/L	100	500.0
Fosfatos	mg/L		9.6
Nitritos	mg/L		0.010
Nitratos	mg/L		0.190
Sólidos Totales	mg/L	1600	980.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	100	115.0
Sólidos Disueltos	mg/L		680.0

\* Valores referenciales para aguas residuales que decargan a un cuerpo de agua dulce TULSMA LIBRO 6 TABLA 12

Observaciones:  
Atentamente,

Dra. Gina Álvarez R.  
 RESP. LAB. ANÁLISIS  
 Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Análisis Físicoquímico previo al tratamiento de proceso Aireación	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar			
	Aprobado	Por calificar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LÁMINA
		Maricela Lalaleo Camino	18/4/14	01	0

## Anexo C. Análisis del Laboratorio del Agua Residual de la Empresa Bioalimentar



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Contáctanos: 093387300 - 032924322 ó 0984648617 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Riobamba – Ecuador

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA** CÓDIGO 86-14

<b>CLIENTE:</b> Srta Maricela Lalaleo Industrias Bioalimentar		
<b>DIRECCIÓN:</b> Empresa Bioalimentar Sector Pachanica Cantón Pelileo		<b>TELÉFONO:</b>
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua Residual Industrial de Balanceados		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 14 de marzo de 2014		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 20 de marzo de 2014		
<b>EXAMEN FÍSICO</b>		
COLOR: objetable		
OLOR: inoloro		
ASPECTO: Turbia presencia de sólidos		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADO</b>
<i>Coliformes totales UFC/mL</i>	Siembra vertido en placa	115x10 <sup>5</sup>
<i>Eschericha coli. UFC/mL</i>	Siembra vertido en placa	68 x10 <sup>5</sup>
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 20 de marzo de 2014		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 25 de marzo de 2014		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 Dra. Gina Álvarez R.	 Dra. Fabiola Villa	

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.  
\*Las muestras son receptadas en laboratorio.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	Optimización de la planta de tratamiento				
Análisis Microbiológico previo al tratamiento	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	
	Por aprobar	Para informar					<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>
	Aprobado	Por calificar					
			20/4/14	01	0		

## Anexo D. Análisis del Laboratorio del Agua Residual de la Empresa Bioalimentar

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Fecha de an: 28 de mayo de 2014

Fecha de entrega de resul 2 de junio 2014

Tipo de mue: Agua residual de Industria de balanceados

Localidad: Empresa Bioalimentar, Sector Pachanlica Cantón Pe

Código: 090-14

eterminacion	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt		30
pH	Unid	5 - 9	7,19
Conductividad	μ Siems/cm		1322
Turbiedad	UNT		2,4
Dureza	mg/L		176,0
Calcio	mg/L		35,2
Alcalinidad	mg/L		40,0
Bicarbonatos	mg/L		48,0
DQO	mg/L	250	237,0
DBO5	mg/L	100	50,0
Sulfatos	mg/L	1000	60,0
Sólidos Totale	mg/L	1600	740,0
Sólidos Suspe	mg/L	100	14,0
Sólidos Disue	mg/L		736,0

\* Valores referenciales para aguas residuales que decargan a un cuerpo de agua dulce TULSMA LIBRO 6 TABLA 12

Observacion

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada. .

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento				
Análisis Físicoquímico Final después de la optimización.	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA	
	Por aprobar	Para informar					ESCUELA DE ING. QUÍMICA
	Aprobado	Por calificar					
				01	1:1		



**Anexo G. Estado de la Planta**



**Foto 1.**



**Foto 2.**

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Estado de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de BIOALIMENTAR S.A	Certificado	Por eliminar			
	Por aprobar	Para informar			
	Aprobado	Por calificar			
		FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA	LÁMINA	ESCALA
		ESCUELA DE ING. QUÍMICA	04/06/13	07	0
		Maricela Lalaleo Camino			

## Anexo H. Pruebas de Tratabilidad



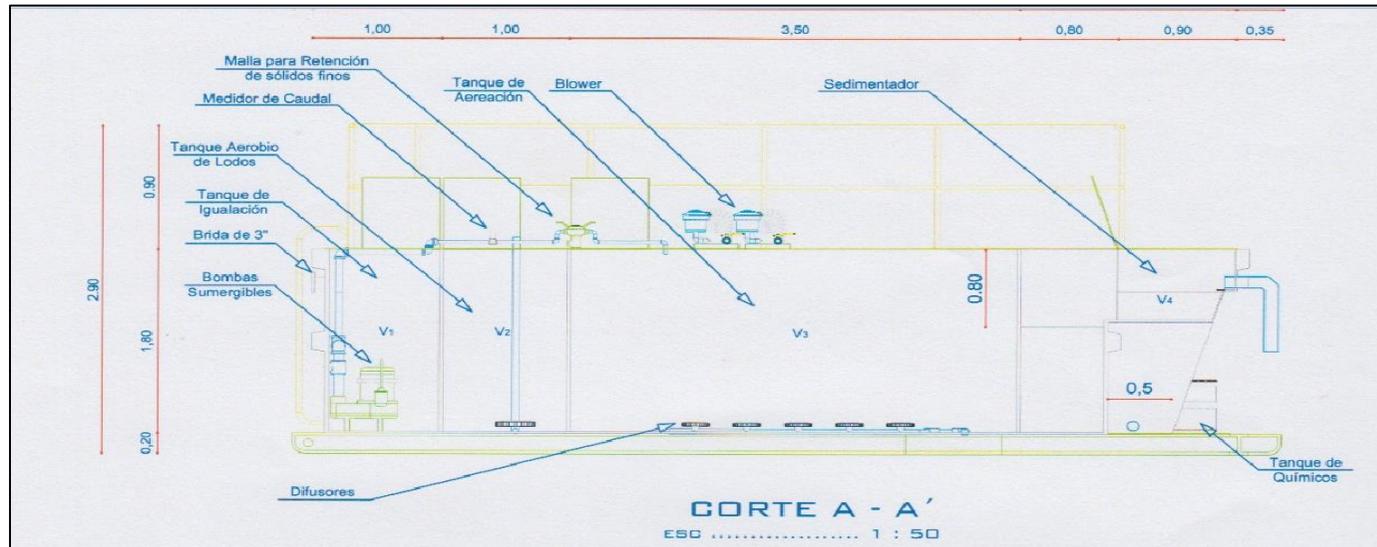
Foto 1.



Foto 2.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	Optimización de la planta de tratamiento		
<b>Pruebas de Tratabilidad con diferentes Coagulantes</b>	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>		
	Por aprobar	Para informar	<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>		
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino	FECHA	LÁMINA
			04/06/13	07	0

## Anexo I. PLANO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
<b>Planos de Tratamiento de Agua Residual de la Empresa BIOALIMENTAR S.A</b>	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>		
	Por aprobar	Para informar	<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>		
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
			04/06/13	07	1:100

## Anexo H : Resultados final del Agua Tratada



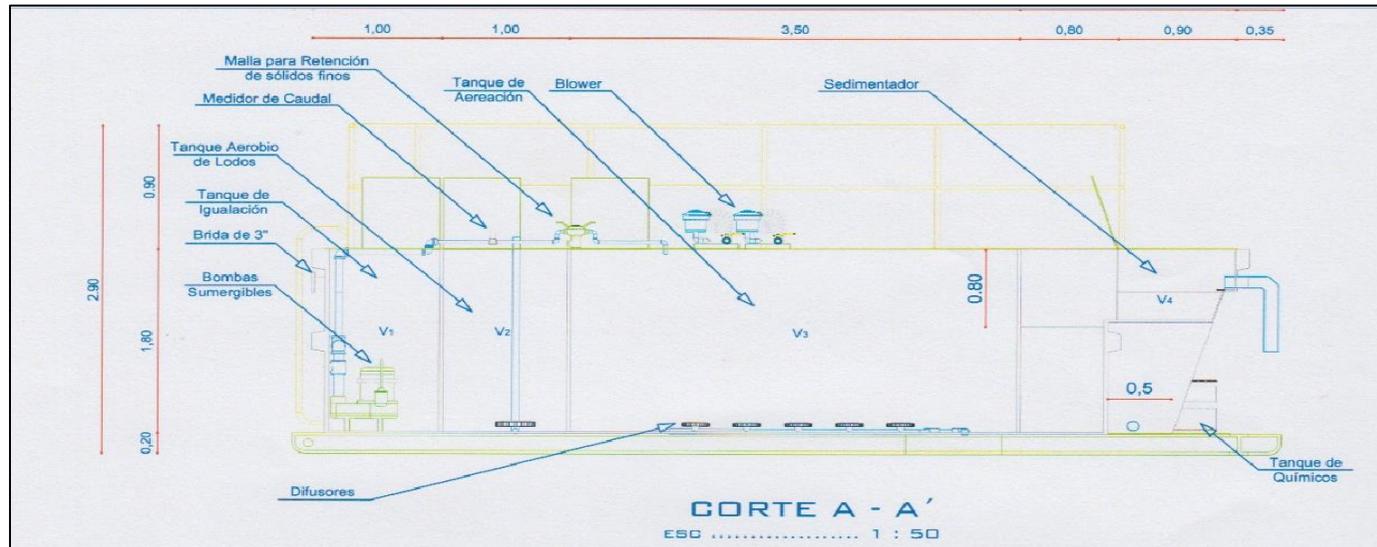
Foto 1.



Foto 2.

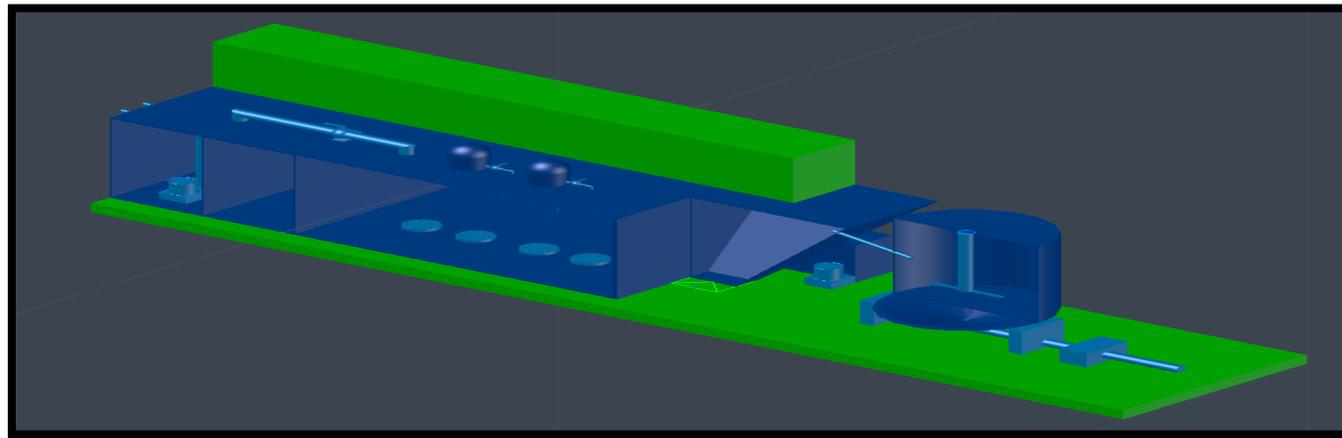
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Resultados Final del Agua Tratada	Certificado	Por eliminar	FECHA    LÁMINA    ESCALA		
	Por aprobar	Para informar	04/06/13    07    0		
	Aprobado	Por calificar			
		FACULTAD DE CIENCIAS			
		ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
		Maricela Lalaleo Camino			

## Anexo I. PLANO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



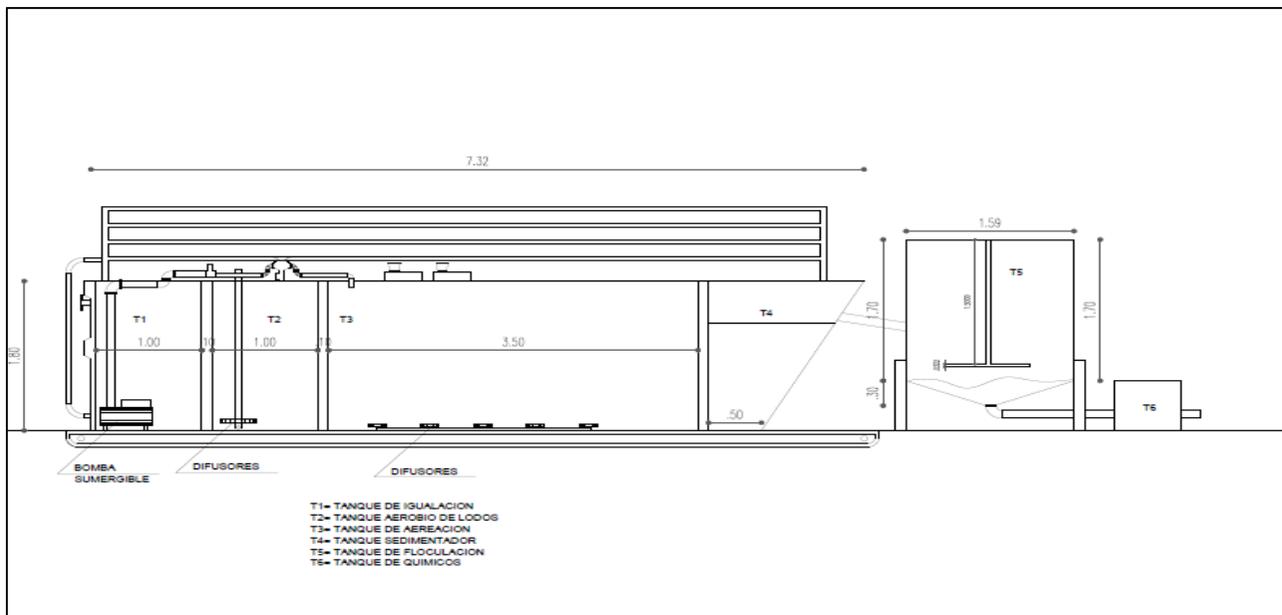
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
<b>Planos de Tratamiento de Agua Residual de la Empresa BIOALIMENTAR S.A</b>	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>		
	Por aprobar	Para informar	<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>		
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
			04/06/13	07	1:100

### Anexo K: Planos Actuales de la Planta



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Planos Actuales de la Planta	Certificado	Por eliminar			
	Por aprobar	Para informar	FECHA    LÁMINA    ESCALA		
	Aprobado	Por calificar	04/06/13    07    0		
		FACULTAD DE CIENCIAS			
		ESCUELA DE ING. QUÍMICA			
		Maricela Lalaleo Camino			

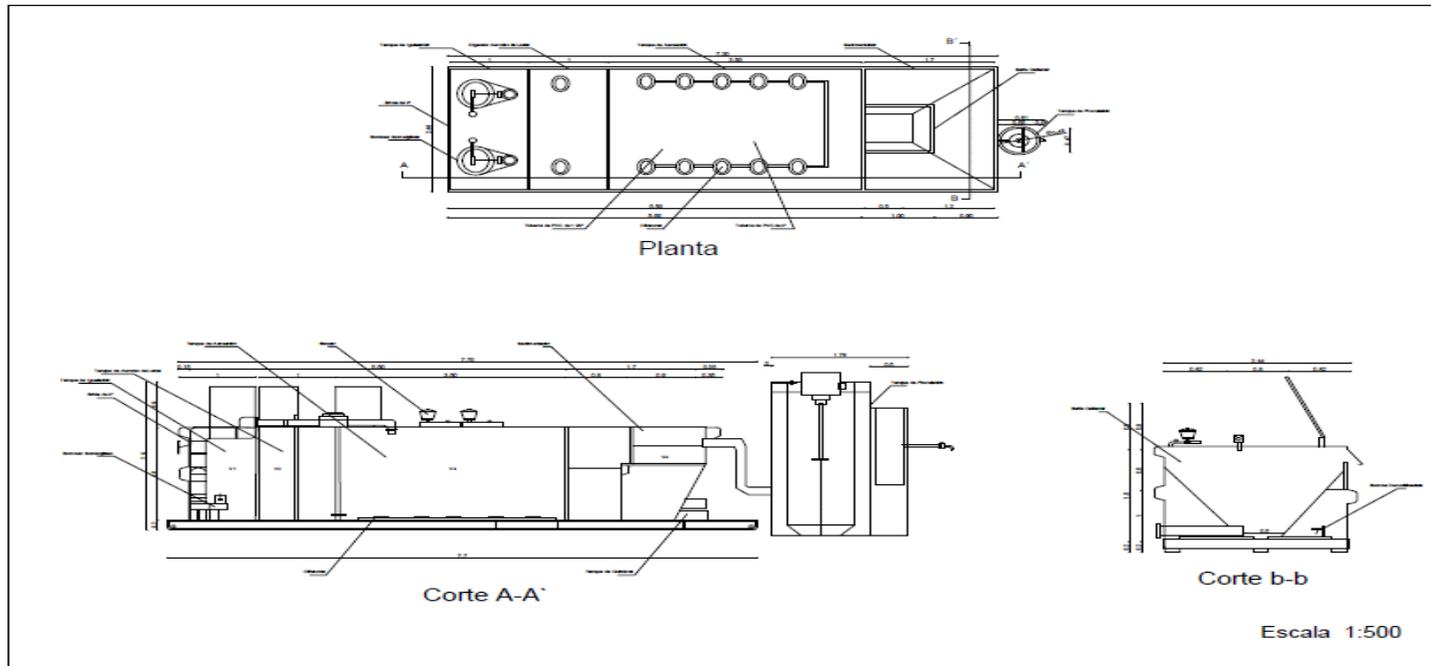
### Anexo K: Planos Actuales de la Planta



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Planos Actuales de la Planta	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino	FECHA	LÁMINA
			04/06/13	07	0



## Anexo J. PLANO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	Optimización de la planta de tratamiento		
<b>Planos de Tratamiento de Agua Residual de la Empresa BIOALIMENTAR S.A</b>	Certificado	Por eliminar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>		
	Por aprobar	Para informar	<b>ESCUELA DE ING. QUÍMICA</b>		
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
			04/06/13	07	1:100

## Anexo E. Propuestas de otras Empresas para la Mejora de la Planta



**FOR VNTS 057352**

**PROQUIMARSA MANTA**  
Av. 4 de Noviembre Y Calle 317, Esquina  
República del Ecuador  
Tel: (031) 2022660 / 2022652 / 2022664

**PROQUIMARSA GUAYAQUIL**  
Centro Comercial Alban Borja Oficina 115, Piso Alto Ingresando por Puerta 2  
República del Ecuador  
Tel: (031) 42201084 - (031) 42200956

**PROQUIMARSA QUITO**  
6 de diciembre y santa lucía  
República del Ecuador  
Tele: (033) 23900289-2390151922

**COTIZACION No. 01330**

Quito	30 de Diciembre 2014				
Para:	Ing. Homer Castelo / Ing. Edgar Santillan	De:	PROQUIMARSA S.A.		
Compañía:	BIOALIMENTAR	Tel:	52925660		
E-mail:		Fax:			
Su Ref.:	Difusores y Oxiplate	E-Mail:	rgalarraqa@proquimarsa.com		
Objeto:	COTIZACION : De Sistema de aireacion PTAR Panchalica				

Nos es grato dirigirnos a Uds. para presentar la siguiente cotización:

ITEM	CANT	DESCRIPCION	UND	P. UNITARIO	TOTALES
1	25	Difusores de aire OXYPLATE ZENIT 12"	UNI	75,00	1.875,00
2	25	Acoples de 3/4" para difusores de aire	UNI	6,50	162,50
3	1	Purga de Humedad	UNI	230,00	230,00
4	1	Filtro de Aire para ingreso a Blower de 2"	UNI	96,00	96,00
5	1	Valvula de alivio de 2" RV-50		245,00	245,00
6	1	Blower Regenerativo TD-220-060 4,6kw 2"	UNI	5.100,00	5.100,00
Subtotal					\$ 7.708,50
IVA 12%					\$ 925,02
Total					\$ 8.633,52

Precio: **OCHO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y TRES 52/100 DOLARES**

Condiciones de la Oferta:

Validez de la oferta:	30 DIAS				
Términos de entrega:					
Condiciones de Pago:	CONTADO				

Notas aclaratorias a la oferta: **Nota: No incluye obra civil**

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Propuestas de otras Empresas para la Mejora de la Planta	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA	FECHA	LÁMINA
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino	31/7/15	01

## Anexo F. Propuestas de otras Empresas para la Mejora de la Planta

### COTIZACIÓN N° 131114-1

#### REINDUCCIÓN

ITEM	CANTIDAD EN DÍAS	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO EN DÓLARES	V. TOTAL EN DÓLARES
1	1	EA/ DÍA DE SOPORTE EN OPERACIÓN ASISTIDA EN CAMPO PTAR POR PARTE DE UN INGENIERO AMBIENTAL	370,00	370,00
2	1	IA/ DÍA DE OPERACIÓN ASISTIDA EN CAMPO POR PARTE DE UN OPERADOR CALIFICADO	250,00	250,00
3	1	Día de soporte en campo Ingeniero de Automatización	370,00	370,00

#### QUÍMICOS

ITEM	CANTIDAD lbs/ kg	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
4	44	BACTERIAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NEGRAS Y GRISES (PRESENTACIÓN EN LBS)	50,00	2.200,00
5	250	HIPOCLORITO DE SODIO AL 10% PRESENTACIÓN EN KG	0,59	148,00

#### REPUESTOS

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Optimización de la planta de tratamiento		
Propuestas de otras Empresas para la Mejora de la Planta	Certificado	Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS		
	Por aprobar	Para informar	ESCUELA DE ING. QUÍMICA		
	Aprobado	Por calificar	Maricela Lalaleo Camino		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
			31/7/15	01	0

## **Anexo L.**

### **ADICIÓN DEL QUIMICO UTILIZADO**

La adición de insumos en el tanque de floculación el cual, formara parte del sistema depuración, por medio de un proceso de coagulación- floculación, con este mecanismo se persigue disminuir los valor de los parámetros de la DBO, DQO, Turbidez, Sólidos Suspendidos, obteniendo un flujo con características las describe la norma vigente para descargar hacia un receptor de agua dulce.

#### **0. ALCANCE**

Este procedimiento se aplicara en el tanque de floculación que formara parte del sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa Bioalimentar sector Pachanlica.

#### **1. NORMAS DE REFERENCIA**

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

#### **2. DEFINICIONES.**

##### **2.1. Policloruro de Aluminio (PAC)**

Es un polímero coagulante- floculante muy utilizado en el tratamiento de Aguas tiene un alto porcentaje de  $Al_2O_3$  siendo su mínima concentración del 31% contribuye a la remoción de solidos suspendido, color, turbidez y algunos contaminantes orgánicos.

##### **2.2. Hipoclorito de Sodio.**

Es un compuesto usado en procesos de desinfección, se usa a gran escala para la purificación de superficies, eliminación de olores.

##### **2.3. Tanques de Floculación.**

Son equipos diseñados para clarificar el agua, en el cual se logra remover una gran cantidad de solidos suspendidos que no se logró en etapas anteriores del proceso.

#### **3. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO.**

La adición del coagulante del Policloruro de Aluminio (PAC) será dosificado mediante una bomba automática antes de ingresar al tanque de floculación.

- a. Tener todos los implementos de protección personal para el manejo de compuestos químicos tales como guantes, mascarilla, gafas, mandil etc.
- b. Preparar la solución de Policloruro al 3% pesando 25 Kg en 200 litros de Agua.
- c. Esta cantidad de solución servirá para tratar el agua residual en todo el día
- d. Una vez obtenido la solución y puesto en marcha las paletas de agitación que posee el equipo que se giran a 70rpm por un tiempo de 30 min, se ira dosificando a medida que el agua pasa al tanque de floculación.
- e. Este proceso se realizara en todo el día la dosificación del Policloruro de aluminio en función del caudal a generar.
- f. Luego se dejara en reposo un tiempo de 30 min aproximadamente para que se pueda dar a cabo el proceso que los flóculos formados descenderán a la parte inferior del tanque.
- g. El agua ya clarificada pasara a un proceso de desinfección con hipoclorito de sodio este tanque automático se encenderá cuando el flujo de agua comience a salir.
- h. Los lodos formados se los enviara al digestor aerobio para realizar el proceso de estabilización y su posterior utilización.

## Anexo M.

### ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.

**El objetivo del proceso de funcionamiento es para poder operar adecuadamente la planta de tratamiento.**

1. Llenar el tanque de homogenización hasta el nivel de arranque.
2. Encender desde el tablero eléctrico las bombas sumergibles
3. Una vez que alcancen el nivel adecuado empieza el proceso.
4. Las bombas están reguladas para trabajar alternadamente.
5. Regular el flujo de caudal de ingreso al birreactor
6. Permitir la entrada de los efluentes combinados al Tanque de aireación a través de la malla de retención de sólidos finos.
7. Llenar el Birreactor.
8. Operar el soplador encendiendo desde el tablero de comando eléctrico. el soplador está regulado para trabajar 3 horas 45 min.
9. Permitir el paso desde el fondo del sedimentador hasta las bombas de retorno de lodos.
10. Encender la bomba de retorno de lodo.
11. Calibrar el volumen de agua retornada, de tal manera que se ubique en un rango entre 20 30% respecto al volumen de ingreso.
12. Chequear que los sólidos suspendidos de licor mezclado en términos de volumen de lodo asentado diariamente, tomando como medida el volumen de lodo asentado en un vaso graduado de 1 litro no sea mayor a 200 ml/L luego de 30 minutos de sedimentación.
13. La bomba automática se encenderá al paso del agua hacia el floculador para inyectar el Policloruro de aluminio con la solución ya preparada.
14. El agua pasara al tanque de Coagulación Floculación para eliminar los parámetros que se encuentran fuera del rango.
15. Cuando se tenga flujo de salida, un sensor encenderá automáticamente la bomba dosificadora de desinfección en base a hipoclorito de sodio con la concentración adecuada que se realizó para eliminar los agentes patógenos.
16. Purgar el sedimentador secundario cuando los sólidos suspendidos del licor mixto / volumen de lodo sedimentado sea mayor a 300 ml/L. Abrir la válvula de purga del sedimentador secundario y descargar el lodo directamente en los lechos de secado.

