



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM”**

**Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:  
INGENIERA QUÍMICA**

**AUTOR: MARÍA CRISTINA GUAMÁN PADILLA**

**TUTOR: ING JOSÉ USIÑA**

**Riobamba- Ecuador**

**2016**

©2016, María Cristina Guamán Padilla

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

## **DECLARACIÓN DE AUNTENTICIDAD**

Yo, María Cristina Guamán Padilla, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 13 de abril del 2016

0604253922

María Cristina Guamán Padilla

## AGRADECIMIENTO

Dios, las bendiciones que recibo de ti son a diario, como no agradecerte por darme la vida y por regalarme a la mejor familia a quien sin duda les debo todo lo que soy el día de hoy, gracias padre por tu infinito amor, por nunca dejarme sola y por siempre demostrarme que a pesar de mis errores estas ahí dándome una segunda oportunidad para no desmayar si no al contrario aprender de ellos y ser mejor cada día, no cesan mis ganas de agradecerte mi Dios porque esta meta está cumplida gracias a ti.

José y Martha, papis gracias por ser un ejemplo de lucha y superación diaria, me faltarían las palabras para agradecerles por todo lo que han hecho por mí, por su amor sin medida, por darme todo lo que siempre necesito, por los valores que me han enseñado, son mi orgullo.

Greys y Nataly, ñañas mis pequeñas sé que no he sido su mejor ejemplo pero lo único que quiero es que Dios les bendiga, gracias por ser mi apoyo las amo.

A mi director el Ingeniero José Usiña y a mi asesor el Ingeniero Mario Villacrés, por impartirme sus conocimientos.

A la empresa PROALIM, al Ingeniero Ufredo Muñoz gerente de la empresa y a la Ingeniera Jenny Valverde por haberme dado la oportunidad de realizar mi proyecto de titulación.

A la Ingeniera Yolanda Haro y a su hijo por haber sido un apoyo fundamental en el desarrollo de este trabajo.

A mis tíos Rafael, Teresa y Elsa por estar apoyándome incondicionalmente y por quererme como una hija.

A mi mejor amiga Adriana Guerrero porque a pesar de los años y de la distancia esta amistad sigue creciendo y con el pasar del tiempo te has convertido en mi ñaña Te adoro colorada.

A mis amig@s los que encontré a lo largo de este camino Andreina, Carolina, Fabiola, Diana, Paola, Alex y Leonardo que gracias a su apoyo y locuras hicieron de él uno de los más especiales de mi vida.

Gracias Andrés Beltrán por demostrarme tu apoyo día a día ocupas un lugar muy importante en mi corazón.

María Cristina Guamán Padilla

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Titulación se lo dedico a una mujer fuerte, perseverante y trabajadora ejemplo de amor, esfuerzo, generosidad y mucho sacrificio sé que nunca tuvo hijos pero su amor hacia nosotros nos demostró que no hace falta ser madre para demostrar ese amor que se siente por un hijo más que mi madrina es como mi madre, me ha regañado por algunas cosas pero siempre ha estado ahí celebrando cada logro que he tenido, gracias por cuidarme como su hija desde el día que nací Leonor Silva Godoy usted es mi mejor ejemplo a seguir y no me va alcanzar la vida para devolverle todo lo que hizo por mí. Le quiero demasiado mamita Leonor usted es mi gran bendición.

A mis dos angelitos del cielo Enrique y Mercedes y a mis ángeles terrenales Alfonso y Carmen por haberme dado a los mejores padres, sin duda nada hubiera sido posible sin ustedes porque son mi inspiración los amo.

María Cristina Guamán Padilla

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

El tribunal del trabajo de titulación certifica que el trabajo de investigación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM**” de responsabilidad de la señorita egresada María Cristina Guamán Padilla, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. José Usiña <b>DIRECTOR</b>	.....	.....
Ing. Mario Villacrés <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....

“Yo, GUAMÁN PADILLA MARÍA CRISTINA soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xviii
SUMARY.....	xix
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Industria Láctea.....	4
1.1.1 Productos lácteos.....	4
1.1.2 Tipos de contaminantes en la industria láctea.....	8
1.2 Aguas Residuales en la Industria Láctea .....	9
1.2.1 Características de las aguas residuales .....	9
1.2.2 Tratamiento de aguas residuales.....	13
1.2.3 Muestreo del Agua Residual .....	25
1.2.3.1. Tipos de muestras .....	26
1.2.3.2. Envases para la toma de muestras.....	26
1.3 Diseño de la planta de tratamiento de agua residual .....	27
1.3.1 Caudal .....	27
1.3.2 Volumen de agua residual tratar por día.....	30
1.3.3 Diseño del tanque homogeneizador.....	31
1.3.4 Diseño del tanque de aireación.....	34
1.3.5 Diseño del tanque sedimentador.....	38
CAPITULO II	
2 MARCO EXPERIMENTAL.....	42
2.1 Localización .....	42
2.2 Diagnóstico actual de la planta .....	42
2.3 Medición del caudal .....	43
2.4 Muestreo.....	45
2.5 Métodos y Técnicas.....	46
2.5.1 Métodos .....	46



2.5.2	Técnicas .....	47
2.6	Caracterización del agua residual .....	49
2.7	Pruebas de Tratabilidad .....	50
2.7.1	Proceso de aireación.....	51
2.7.2	Sedimentación.....	52
2.8	Caracterización del agua tratada.....	53
2.9	Comparación de los resultados obtenidos del agua residual, agua tratada y los límites máximos permisibles para descarga al sistema de alcantarillado público según la norma .....	54
2.9.1	DQO.....	56
2.9.2	DBO.....	57
2.9.3	Grasas y aceites.....	58
2.9.4	Sólidos totales .....	59
 CAPITULO III		
3	CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	60
3.1	Cálculos de ingeniería .....	60
3.1.1	Cálculo del caudal de diseño .....	60
3.1.2	Cálculo del volumen de agua residual a tratar por día a partir del caudal de diseño .....	61
3.1.3	Diseño del tanque homogenizador .....	61
3.1.4	Diseño del tanque de aireación.....	65
3.1.5	Diseño del tanque de sedimentación .....	71
3.1.6	Diseño de las eras de secado .....	75
3.1.7	Tuberías y accesorios del sistema.....	77
3.2	Resultados obtenidos en el dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta de tratamiento .....	77
3.2.1	Tanque homogenizador .....	77
3.2.2	Tanque de aireación .....	78

3.2.3	Tanque de sedimentación .....	78
3.2.4	Eras de secado .....	79
3.2.5	Tipos de materiales utilizados en las unidades de tratamiento y tuberías y accesorios .....	79
3.3	Propuesta .....	82
3.4	Presupuesto .....	82
3.5	Análisis y discusión.....	84
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	86
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
$A_H$	Área del tanque homogenizador
$A_S$	Área del tanque sedimentador
AR	Agua Residual
$A_{req}$	Aire requerido
$C_s$	Carga de superficie
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
$E_A$	Eficiencia del proceso de aireación
FM	Factor de Mayorización
G	Gradiente de velocidad media
$h_H$	Altura del tanque Homogenizador
$h_s$	Altura del tanque sedimentador
$h_A$	Altura del tanque de aireación
N	Tasa de transferencia total de oxígeno
$P_M$	Potencia del motor requerido para la operación de mezclado
$P_w$	Potencia neta requerida para la aireación
Q	Caudal promedio diario
$Q_D$	Caudal de diseño
$r_H$	Radio del tanque homogenizador
$r_s$	Radio del tanque sedimentador
$\phi_H$	Diámetro del tanque homogenizador
$\phi_s$	Diámetro del tanque sedimentador
SO	Concentración de DBO o DQO a la entrada del tanque de aireación
S	Concentración de DBO o DQO a la salida del tanque de aireación
$T_R$	Tiempo de retención
TSS	Total de sólidos suspendidos
TSD	Total de sólidos disueltos

$TRH$	Tiempo de retención hidráulica
$t$	Tiempo
$\theta_{rc}$	Tiempo medio de retención celular
$\mu$	Viscosidad dinámica
$V_A$	Volumen del tanque aireación
$V_C$	Volumen de la parte cónica del sedimentador
$V_G$	Volumen de agua residual generado al día
$V_H$	Volumen del tanque homogenizador
$V_T$	Volumen de agua a tratar por día
$V_S$	Volumen del sedimentador
$V_{SC}$	Volumen de la parte cilíndrica del sedimentador
$WO_2$	Requerimiento de oxígeno
$Y$	Coefficiente de producción celular

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Diámetro de burbuja para aireación por difusión.....	24
<b>Tabla 2-1</b>	Consideraciones para la implementación de difusores.....	24
<b>Tabla 3-1</b>	Gradiente de velocidad G y tiempo de detención típico para operaciones de mezclado y floculación.....	33
<b>Tabla 4-1</b>	Coefficientes cinéticos para el proceso de aireación.....	35
<b>Tabla 5-1</b>	Criterios de diseño para el proceso de aireación.....	35
<b>Tabla 6-1</b>	Tiempo de retención para el proceso de aireación.....	36
<b>Tabla 7-1</b>	Criterios para el diseño de sedimentadores circulares.....	39
<b>Tabla 8-1</b>	Parámetros para el diseño de sedimentadores circulares y rectangulares.....	40
<b>Tabla 9-1</b>	Tiempo de retención hidráulica para la sedimentación.....	41
<b>Tabla 10-2</b>	Medición de caudales.....	43
<b>Tabla 11-2</b>	Resultados obtenidos en la caracterización física, química y microbiológica del AR.....	50
<b>Tabla 12-2</b>	Valores de DQO y turbidez obtenidos en el proceso de aireación.....	52
<b>Tabla 13-2</b>	Resultados obtenidos después del ensayo de sedimentación.....	52
<b>Tabla 14-2</b>	Resultados obtenidos en la caracterización física, química y microbiológica del agua tratada.....	54
<b>Tabla 15-2</b>	Comparación de los valores de los parámetros del agua residual, agua tratada y límites de descarga al alcantarillado público.....	55
<b>Tabla 16-3</b>	Resultados obtenidos en el dimensionamiento del tanque homogenizador.....	77
<b>Tabla 17-3</b>	Resultados obtenidos en el dimensionamiento del tanque de aireación.....	78
<b>Tabla 18-3</b>	Resultados obtenidos en el dimensionamiento del tanque sedimentador.....	78
<b>Tabla 19-3</b>	Resultados obtenidos en el dimensionamiento de las eras de secado.....	79
<b>Tabla 20-3</b>	Tipos de materiales utilizados en los componentes principales.....	79
<b>Tabla 21-3</b>	Descripción de las tuberías utilizadas en el sistema de tratamiento.....	80
<b>Tabla 22-3</b>	Accesorios utilizados en el sistema de tratamiento .....	80
<b>Tabla 23-3</b>	Otros componentes que forman parte del sistema de tratamiento.....	81
<b>Tabla 24-3</b>	Presupuesto general del sistema de tratamiento.....	81

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1</b> .....	27
<b>Ecuación 2-1</b> .....	28
<b>Ecuación 3-1</b> .....	29
<b>Ecuación 4-1</b> .....	30
<b>Ecuación 5-1</b> .....	30
<b>Ecuación 6-1</b> .....	31
<b>Ecuación 7-1</b> .....	31
<b>Ecuación 8-1</b> .....	31
<b>Ecuación 9-1</b> .....	32
<b>Ecuación 10-1</b> .....	32
<b>Ecuación 11-1</b> .....	32
<b>Ecuación 12-1</b> .....	33
<b>Ecuación 13-1</b> .....	34
<b>Ecuación 14-1</b> .....	34
<b>Ecuación 15-1</b> .....	35
<b>Ecuación 16-1</b> .....	36
<b>Ecuación 17-1</b> .....	37
<b>Ecuación 18-1</b> .....	37
<b>Ecuación 19-1</b> .....	38
<b>Ecuación 20-1</b> .....	38
<b>Ecuación 21-1</b> .....	38
<b>Ecuación 22-1</b> .....	39
<b>Ecuación 23-1</b> .....	39
<b>Ecuación 24-1</b> .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Diagrama de elaboración de queso fresco .....	5
<b>Figura 2-1</b>	Diagrama de elaboración de leche pasteurizada.....	6
<b>Figura 3-1</b>	Diagrama de elaboración de yogurt.....	7
<b>Figura 4-1</b>	Apreciación de la turbidez en diferentes medidas .....	10
<b>Figura 5-1</b>	Turbidímetro marca HACH.....	10
<b>Figura 6-1</b>	Muestra de DQO en el digestor.....	12
<b>Figura 7-1</b>	Reacción que se produce al realizar la prueba de DQO.....	12
<b>Figura 8-1</b>	Rejillas de limpieza manual.....	15
<b>Figura 9-1</b>	Tamiz estático.....	15
<b>Figura 10-1</b>	Cono Imhoff para la determinación de solidos sedimentables.....	17
<b>Figura 11-1</b>	Tanque de sedimentación circular.....	17
<b>Figura 12-1</b>	Tanque de sedimentación rectangular.....	18
<b>Figura 13-1</b>	Esquema de Flotación para aire disuelto .....	19
<b>Figura 14-1</b>	Proceso de coagulación- floculación.....	20
<b>Figura 15-1</b>	Esquema del proceso de filtración.....	21
<b>Figura 16-1</b>	Aireador superficial.....	23
<b>Figura 17-1</b>	Difusores.....	23
<b>Figura 18-1</b>	Método volumétrico para la determinación del caudal.....	28
<b>Figura 19-1</b>	Método superficie volumen.....	28
<b>Figura 20-1</b>	Canaleta Parshall.....	29
<b>Figura 21-2</b>	Ubicación de la empresa PROALIM.....	42
<b>Figura 22-2</b>	Medición del caudal.....	43
<b>Figura 23-2</b>	Descarga del agua residual al sistema de alcantarillado público.....	45
<b>Figura 24-2</b>	Simulación del proceso de aireación.....	51
<b>Figura 25-2</b>	Avance del proceso de tratamiento de AR.....	53
<b>Figura 26-3</b>	Dimensionamiento del tanque homogenizador.....	65
<b>Figura 27-3</b>	Dimensionamiento del tanque de aireación .....	70
<b>Figura 28-3</b>	Rascador para eliminar espumas en el tanque de aireación .....	71
<b>Figura 29-3</b>	Dimensionamiento del tanque de sedimentación .....	75
<b>Figura 30-3</b>	Dimensionamiento de las eras de secado.....	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-2</b>	Comparación de los valores de DQO del agua residual, agua tratada y norma.....	59
<b>Gráfica 2-2</b>	Comparación de los valores de DBO del agua residual, agua tratada y norma.....	60
<b>Gráfica 3-2</b>	Comparación de los valores de grasas y aceites del agua residual, agua tratada y norma.....	61
<b>Gráfica 4-2</b>	Comparación de los valores de sólidos totales del agua residual, agua tratada y norma .....	62



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.	Normativa Ambiental , TULSMA, Libro VI
ANEXO B.	Análisis del Agua Residual Laboratorio de la UNACH
ANEXO C.	Análisis del Agua Tratada Laboratorio de la UNACH
ANEXO D.	Análisis del Agua Residual en el CESTA de grasas aceites y coliformes
ANEXO E.	Análisis del Agua Tratada en el CESTA de grasas aceites y coliformes
ANEXO F.	Grafica de la variación del caudal
ANEXO G.	Sistema de Tratamiento de Agua Residual
ANEXO H.	Sistema de Tratamiento de Agua Residual, Vista Isométrica
ANEXO I.	Sistema de Tratamiento de Agua Residual, Vista Frontal
ANEXO J.	Sistema de Tratamiento de Agua Residual, Vista Planta
ANEXO K.	Tanque Homogenizador
ANEXO L.	Tanque de Aireación
ANEXO M.	Tanque de Sedimentación Circular
ANEXO N.	Eras de Secado

## RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa PROALIM ubicada en el Parque Industrial de la ciudad de Riobamba, en vista que el agua residual generada es descargada sin ningún tipo de tratamiento al sistema de alcantarillado público incumpliendo con la normativa ambiental. Se realizó la medición del caudal utilizando el método volumétrico; durante los 7 días de la semana, con un intervalo de 10 minutos cada toma, por las 9 horas de trabajo; el caudal promedio generado por la fábrica resultó de 0,18 l/s obteniéndose por tanto un volumen de 5832 litros por día de agua residual. Se hizo un muestreo del agua residual de tipo compuesto para realizar la caracterización física, química y microbiológica en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias para conocer los parámetros que se encuentran fuera de norma. Los resultados nos indicaron que el agua presenta valores elevados de turbiedad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), grasas y aceites, coliformes fecales con valores de 3248 NTU, 11310mg/l, 6786mg/l, 100 mg/l, 30000 UCF respectivamente. En base a los resultados obtenidos en la caracterización se escogió el sistema de tratamiento más adecuado que nos permita reducir la contaminación del agua; el mismo es un proceso biológico de aireación con lo que se consiguió eliminar olores, turbiedad, materia orgánica lo que se vio reflejado en la disminución de parámetros como la DQO, DBO<sub>5</sub>, grasas y aceites, coliformes fecales y ajustarlos a los valores exigidos por la norma citada en el TULSMA, libro VI, anexo I, tabla 11, descarga para alcantarillado público; concluyéndose de esta forma que el sistema de tratamiento es el idóneo para lograr descargar el agua tratada al alcantarillado sin ningún tipo de problema. Se recomienda a la empresa PROALIM implementar el sistema de tratamiento para cumplir con la normativa ambiental y evitar sanciones.

Palabras claves: <DISEÑO SISTEMA DE TRATAMIENTO>; <AGUA RESIDUAL>; <EMPRESA PROALIM>; <DESCARGA ALCANTARILLADO PUBLICO>; <NORMATIVA AMBIENTAL>

## SUMMARY

A sewage water treatment System was designed for PROALIM Company located at the Industrial Park of Riobamba, since the sewage generated is discharged into the public sewage system without any type of treatment, this violates the environmental regulations. The flow measurement was carried out with the use of the volumetric method for 7 days a week with a 10 minute interval for each sampling during 9 working hours; the average flow generated by the company is 0,18 l/s resulting in a volume of 5832 liters of sewage per day. A compound sewage sampling was carried out in order to determine the physical, chemical, and microbiological characterization at the Science Faculty Technical Analysis Laboratory in order to know the parameters which are out of the norm. The results reflected that water has high values regarding to turbidity, Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>), fats, oils, fecal coliforms with values of 3248 NTU, 11310 mg/l, 100 mg/l, 30000 UFC respectively. Based on the results obtained in the characterization the most appropriate treatment system was chosen, this will allow reducing water pollution, this is a biological ventilation system which eliminated odor, turbidity, and organic matter; this was reflected in the reduction of parameters such as: COD, BOD<sub>5</sub>, fats, oils, and fecal coliforms in order to set them under the values established by the TULSMA norms, book IV, annex I, TABLE 11, regarding to the discharge for the public sewage system. It was concluded that the treatment system is the appropriate for discharging the treated water into the sewage system without any problem. It is recommended that PROALIM Company implements the treatment system to accomplish the environmental regulations and avoid sanctions.

Key Words: TREATMENT SYSTEM DESIGN, SEWAGE WATER, PUBLIC SEWAGESYSTEM DISCHARGE, ENVIRONMENTAL NORM

## ANTECEDENTES

PROALIM es una industria dedicada a la elaboración de productos lácteos desde 1997; entre los productos que elabora se encuentran: queso fresco, leche pasteurizada y yogurt en sus diferentes presentaciones. Se encuentra ubicada en el parque industrial de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

En la actualidad procesan 3600 litros de leche los mismos que son recogidos de la zona. Para elaborar dichos productos se consume gran cantidad de agua, para de esta forma garantizar las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas en cada uno de los procesos.

El agua se emplea para el lavado de tanques lecheros, pasteurizadores, enfundadoras, marmitas, mesas, utensilios y para la limpieza general de la planta, generándose grandes volúmenes de aguas residuales las mismas que son ricas en materia orgánica como: proteínas, lactosa, grasas que influyen directamente en los valores de DBO Y DQO; otros contaminantes que podemos encontrar son restos de detergentes que son empleados para la limpieza de los equipos. El pH de las aguas residuales generalmente es básico aunque tienden acidificarse por la conversión de la lactosa a ácido láctico.

El agua residual no recibe ningún tipo de tratamiento y son descargadas directamente al sistema de alcantarillado público, incumpliendo la normativa ambiental.

## JUSTIFICACIÓN

La Normativa Ambiental vigente en el Ecuador prohíbe la descarga de efluentes líquidos a cuerpos de agua dulce y sistema de alcantarillado público pues es primordial el cuidado, conservación y recuperación de un recurso importante como es el agua.

La industria de lácteos PROALIM genera volúmenes considerables de agua residual que son descargados al sistema de alcantarillado público sin ningún tipo de tratamiento, incumpliendo lo exigido por parte del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Es así que la fábrica se ve en la necesidad de realizar el presente trabajo de titulación “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM” para reducir la carga contaminante presente en el agua residual.

Con este proyecto se conseguirá dar solución a un gran problema ambiental como es la generación de efluentes líquidos y tratarlos para su descarga final al alcantarillado público bajo los parámetros exigidos y citados en el TULSMA, Libro VI, anexo I, Recurso Agua.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa PROALIM

### **Objetivos específicos**

- Determinar las condiciones actuales de la empresa PROALIM con respecto a la disposición de aguas residuales.
- Determinar las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales según lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), para descargas líquidas al sistema de alcantarillado público.
- Determinar el sistema de tratamiento más adecuado que permita reducir la carga contaminante de las aguas residuales en base a los análisis realizados.
- Validar el diseño propuesto del sistema de tratamiento de agua a nivel de laboratorio.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Industria Láctea

La industria láctea hace referencia al tipo de industria encargada de la producción de derivados de la leche (materia prima) como podemos citar: queso fresco y sus diferentes variedades, yogurt, mantequilla, mangar y leche pasteurizada.

Para la producción de los diferentes productos se requiere de grandes volúmenes de agua para la limpieza de equipos, utensilios y todas las instalaciones de la fábrica.

##### 1.1.1 *Productos lácteos*

###### 1.1.1.1 *Queso*

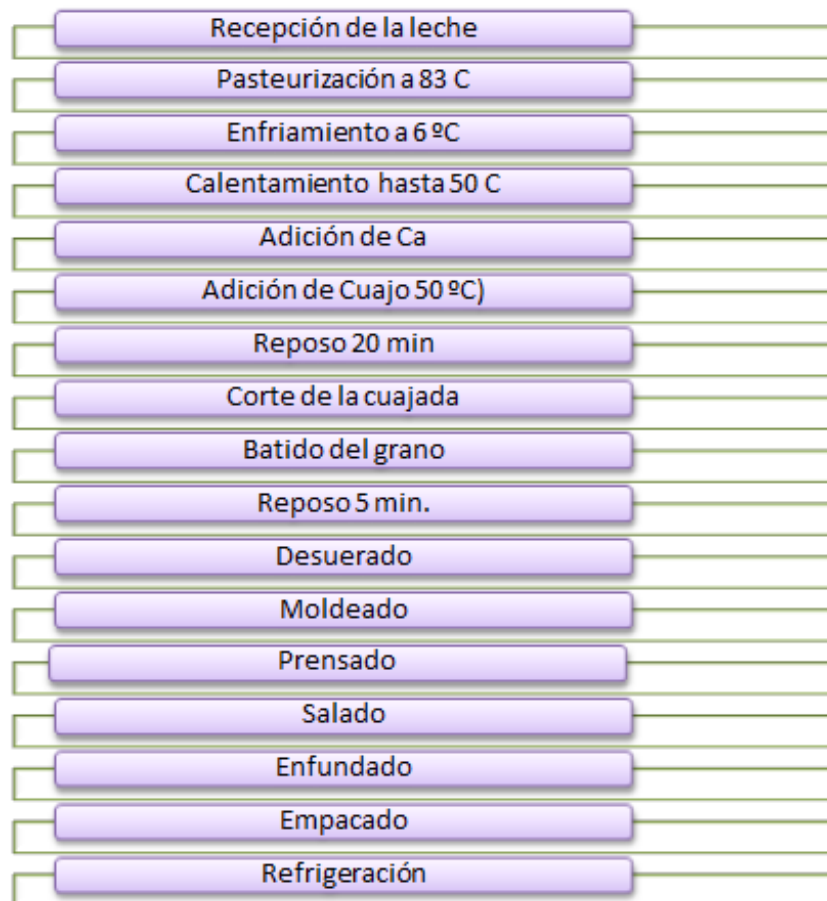
Según el código alimentario se define como queso al producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido a partir de la coagulación de la leche, a través de la acción del cuajo u otros coagulantes, con o sin hidrólisis previa de la lactosa y posterior separación del suero. Las leches que se utilizan habitualmente son las de vaca que puede ser entera o desnatada, que da un sabor de queso más suave o también de la leche de cabra u oveja.

La grasa de la leche es el nutriente que más influye en el sabor del queso. La leche entera es la más rica en grasas, pero en ciertos casos para poder reducir el contenido graso de los quesos se usa su versión desnatada, lo cual también puede disminuir el sabor del producto final.

La pasteurización previa de la leche será obligatoria para aquellos quesos de tipo frescos y los que se consuman antes de los dos meses pasada su fecha de elaboración. Es básico para elaborar un queso realizar la cuajada, es el único proceso necesario y consiste en separar los componentes de la leche, por acción de la temperatura o bacterias.

La separación se logra desestabilizando la proteína de la leche que es la caseína. Este desequilibrio hace que las proteínas se aglutinen en una masa blanca, separándose del líquido conocido como suero lácteo.

➤ **Diagrama de elaboración de queso fresco**



**Figura 1-1 :** Diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso

**Fuente:** Maria Cristina Guaman, 2016



### 1.1.1.2 Leche pasteurizada

Leche pasteurizada es aquella obtenida a la que, por medio de procesos de calentamiento, se le han eliminado totalmente los gérmenes patógenos. Esto implica un tratamiento térmico, a alta temperatura, durante un tiempo determinado. En este proceso prácticamente no se modifica la naturaleza físico-química y nutritiva de la leche.

La pasteurización debe realizarse siguiendo estrictamente la relación tiempo-temperatura recomendada, ya que el subproceso puede ser muy peligroso, porque puede sobrevivir cualquier patógeno. Por otro lado, la pasteurización a temperatura superior a la recomendada, conlleva a una reducción del valor nutricional de la leche, evidenciada con la pérdida de vitaminas como la riboflavina, ácido ascórbico y otras; además de una reducción en la disponibilidad de algunos aminoácidos esenciales junto al efecto negativo sobre los caracteres organolépticos del producto obtenido.

En la pasteurización se eliminan bacterias como Brucelosis, Tuberculosis, Fiebre, Salmonelosis, Fiebre escarlatina, estafilococos, coxiella burnet.

#### ➤ Diagrama de elaboración de leche pasteurizada



**Figura 2-1** : Diagrama de flujo del proceso de elaboración de leche pasteurizada

**Fuente:** Maria Cristina Guaman, 2016

### 1.1.1.3 Yogurt

El yogur natural se define como “el producto de leche coagulada obtenida por fermentación láctica mediante la acción del *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a partir de leche pasteurizada, leche concentrada pasteurizada, leche total o parcialmente desnatada pasteurizada, leche concentrada pasteurizada total o parcialmente desnatada con o sin adición de nata pasteurizada, leche en polvo entera, semidesnatada o desnatada, suero en polvo, proteínas de leche y/u otros productos procedentes del fraccionamiento de leche.

Los microorganismos son sembradas sobre leche previamente pasteurizada a una temperatura de 40 – 45 C. Después de la fermentación, el yogur es enfriado en una temperatura comprendida entre 1° y 10°C, con la exclusión de cualquier otro tratamiento térmico. Entonces está listo para su uso. El *L. bulgaricus* es el principal responsable de la acidez del yogur mientras que el *S.thermophilus* le proporciona su aroma y su textura.

Este producto es efectivo para restaurar y mantener el funcionamiento normal de nuestro equilibrio intestinal, rico en vitaminas A y B, contiene grasas graduales, hidratos de carbono (con predominio de la lactosa), niacina y ácidos pantoténico y fólico, minerales como: fósforo, potasio, magnesio zinc y yodo.

#### ➤ Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt



Figura 3-1 : Diagrama de flujo del proceso de elaboración del yogurt

Fuente: Maria Cristina Guaman, 2016

## ***1.1.2 Tipos de contaminantes en la industria láctea***

### *1.1.2.1 Emisiones atmosféricas*

En cuanto a las emisiones atmosféricas generadas en la industria láctea están las provenientes de las calderas; mismas que utilizan como combustible diésel. Las emisiones atmosféricas no generan mayor problema en cuanto a contaminación debido a que este tipo de instalaciones no producen gases tóxicos para la atmósfera.

### *1.1.2.2 Residuos sólidos*

Los residuos sólidos generados en la industria láctea son los provenientes del mal uso de las fundas plásticas para el enfundado de queso, cartón, envases tetratapak, fundas plásticas del enfundado de la leche y residuos de queso que comúnmente se conoce como quesillos.

La generación de residuos sólidos no es tan grande sin embargo este problema se puede mitigar con la correcta utilización de la fundas plásticas el momento de enfundar el queso.

### *1.1.2.3 Efluentes líquidos*

El mayor problema que presenta la industria láctea es la generación de efluentes debido al gran volumen de los mismos y la carga contaminante elevada de carácter orgánico. La cantidad de agua que se puede llegar a utilizar por cada litro de leche procesada es de 4 a 10 litros según el tipo de industria, forma de limpieza y manejo del agua.

Los efluentes generados llevan consigo gran cantidad de materia orgánica como grasas y aceites, proteínas, lactosa y en ocasiones detergentes utilizados en la limpieza de equipos e instalaciones de la planta.

## **1.2 Aguas Residuales en la Industria Láctea**

La generación de aguas residuales en la industria láctea es uno de los mayores problemas ambientales debido al gran volumen generado y la carga contaminante elevada que posee. El agua residual que se genera es resultado de la utilización de agua de limpieza para los diferentes equipos y utensilios como pasteurizadores, marmitas, tanques lecheros, mesas de moldeo y demás materiales que son necesarios en la fabricación de los diferentes productos. Gran cantidad de agua también se utiliza para mantener todas las instalaciones de la planta en correctas condiciones de higiene garantizando de este modo que los productos sean aptos para el consumo humano.

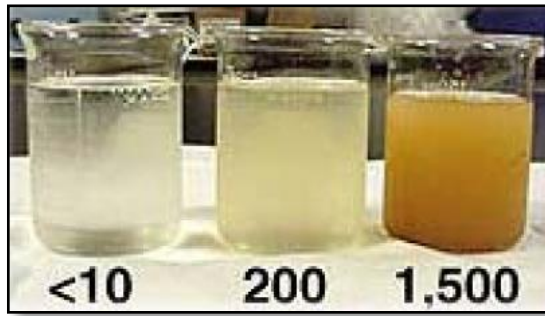
Las aguas residuales provenientes de una industria láctea se caracterizan por presentar gran cantidad de materia orgánica, grasas y aceites, proteínas, lactosa, tensoactivos, el pH generalmente es básico debido a la utilización de químicos en la limpieza de los pasteurizadores aunque con el tiempo tienden acidificarse puesto que la lactosa presente en el agua se convierte en ácido láctico luego de una serie de reacciones.

### ***1.2.1 Características de las aguas residuales***

#### ***1.2.1.1 Características físicas***

##### **➤ Turbidez**

Es una medida que nos indica que tan clara está el agua, es decir el agua pierde transparencia debido a la presencia de materia suspendida lo que se conoce como turbidez. Cuando mayor cantidad de partículas suspendida exista mayor será la turbiedad.



**Figura 4-1** : Apreciación de la turbidez en diferentes medidas

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

La turbiedad se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) y se mide en un equipo conocido como turbidímetro, que es el que muestra a continuación en la figura 5-1:



**Figura 5-1** : Turbidímetro marca HACH

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

## ➤ **Color**

El agua residual puede tener color verdadero por la presencia de partículas disueltas en el agua y color aparente debido a la presencia de partículas suspendidas en el agua. La coloración del agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos calibrados. De igual forma el color del agua residual va a depender de las sustancias que llevan consigo y el origen de la misma. El color de agua de una industria láctea es por general de color blanquecino debido al color de la leche.

### ➤ **Olor**

El olor hace referencia al conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El olor de las aguas residuales difiere en cuanto al origen de las mismas; es así por ejemplo el olor característico del agua residual que se origina en una industria láctea es propio del olor a leche o suero cuando el agua es fresca. El olor suele cambiar con el transcurso de los días a un olor ácido por la transformación de la lactosa en ácido láctico.

### ➤ **Conductividad**

Es la medida de la capacidad de una solución para transportar la corriente eléctrica, en medios líquidos se relaciona con la presencia de sales en solución como es el caso de las aguas residuales de una industria láctea; es utilizada como una medida de salinidad.

#### *1.2.1.2 Características químicas*

### ➤ **pH**

Se define como la concentración del ion hidrógeno, y los valores del pH están comprendidos en una escala del 1 al 14; siendo 7 un valor neutro, por debajo de este el pH es ácido y por encima de 7 el pH es básico.

El pH es importante en caso de aguas residuales, lo adecuado es mantener el agua en pH de 6,5 a 7 debido a que en este rango se desarrolla la mayor parte de la vida biológica de ríos, lagos y cualquier cuerpo de agua dulce

### ➤ **DQO**

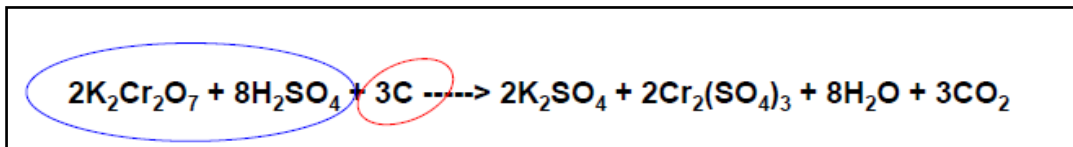
Se refiere a la cantidad que se requiere de oxígeno para degradar químicamente la materia orgánica presente en el agua residual. El ensayo en laboratorio consiste en oxidar químicamente el agua residual utilizando permanganato de potasio o bicromato de potasio que actúa como oxidante, en una solución ácida, a una temperatura de 150 °C por dos horas.



**Figura 6-1 :** Muestras de DQO en el digestor

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

La reacción que se da es la siguiente y el proceso oxida casi toda la materia orgánica en dióxido de carbono y agua.



**Figura 7-1:** Reacción que se genera al poner en contacto la muestra de AR con el dicromato de potasio en medio ácido

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

El parámetro de DQO siempre es mayor al de DBO debido a que la DQO cuantifica la materia orgánica biodegradable y no biodegradable; en cambio la DBO cuantifica sólo la materia orgánica biodegradable.

### ➤ DBO

Hace referencia a la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica biológicamente, es decir que si en el agua residual existe gran cantidad de materia orgánica, también existirán gran cantidad de microorganismos que requerirán gran cantidad de oxígeno y por tanto la DBO será elevada.

El procedimiento para determinar la DBO consiste en una incubación de 5 días a una temperatura de 20 C y expresa la cantidad de oxígeno requerida por los mo para degradar la materia orgánica en mg/l.

#### ➤ **Grasas y aceites**

La presencia de grasas y aceites en las aguas residuales crean gran problema en las operaciones de decantación debido a que atraen partículas de materia orgánica hacia la superficie impidiendo su sedimentación; también dificulta los procesos biológicos como la aireación. Su determinación se la realiza con la extracción de éter etílico en el cual los compuestos hidrofóbicos son solubles.

#### *1.2.1.3 Características microbiológicas*

#### ➤ **Grupo coliformes**

El grupo coliformes incluye dentro de su subdivisión a la *Escheridia Coli* y coliformes fecales y son los mejores indicadores de contaminación fecal reciente, aunque no distingue entre contaminación humana o animal.

La E. coli es el mayor subconjunto del grupo de coliformes totales y se distingue en el laboratorio por su capacidad de crecer a temperaturas elevadas como los 44.5 C y por producir la enzima glucoronidasa.

Los coliformes fecales son bacilos Gram negativos que fermentan la lactosa.

#### *1.2.2 Tratamiento de aguas residuales*

El tratamiento de aguas residuales incluye operaciones unitarias y procesos unitarios que ayudan a purificar el agua, eliminando todo tipo de contaminantes como: residuos sólidos, materia orgánica, detergentes, grasas y aceites y microorganismos patógenos.



Resultado del tratamiento de aguas residuales se obtiene agua mucho más limpia y que cumple con los parámetros para ser descargados a un cuerpo de agua dulce o sistema de alcantarillado público. También como residuo se generan lodos que pueden ser dispuestos a eras de secado o pueden ser tratados en digestores anaeróbicos para la producción de biogás.

#### *1.2.2.1 Pretratamiento*

Se trata de un tratamiento preliminar diseñado para remover partículas de gran tamaño como plásticos, ropa, palos, papeles sea que floten o sedimenten. Dentro de esta etapa encontramos rejillas, tamices.

##### ➤ **Rejillas**

Las rejillas son un conjunto de barras dispuestas paralelamente que ayudan a retener residuos sólidos de gran tamaño como: palos, ropa, papeles, plásticos, piedras presentes en el agua residual y que son retirados posteriormente para una mejor disposición. Dependiendo del tipo de agua residual y su origen, la planta de tratamiento puede prescindir del sistema de rejillas.

Las rejillas ayudan a proteger equipos como bombas, válvulas, conducciones de posibles daños u obstrucciones por la presencia de residuos sólidos. Dentro del sistema de rejillas se pueden tener las de limpieza manual y automática.

Las rejas de limpieza manual son más utilizadas en plantas de tratamiento de tamaño pequeño y la inclinación de las mismas es de 30 a 45 grados con respecto a la horizontal. Las rejas de limpieza automática se emplean en plantas de tratamiento de mediano a gran tamaño y pueden ser dispuestas a 30 grados de inclinación o totalmente verticales.



**Figura 8-1:** Rejillas de limpieza manual

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

### ➤ Tamizado

El tamizado se utiliza cuando se quiere retener partículas pequeñas de hasta 0,25 mm de tamaño y es una alternativa a la sedimentación primaria debido a que es un proceso económicamente viable y al ser un elemento de desbaste fino. Los tamices están constituidos por telas metálicas o placas perforadas de sección cuneiforme.



**Figura 9-1:** Tamiz estático

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

### 1.2.2.2 Tratamiento Primario

El tratamiento primario también se lo conoce como tratamiento físico-químico y ayuda a la eliminación de materia suspendida, sobrenadante y materia inorgánica mediante procesos de sedimentación o flotación. En algunos casos la sedimentación de las partículas se realiza por simple gravedad y en otros se la realiza mediante la adición de químicos al agua que ayuda a que se formen masas grandes de materia que por su peso precipitan. Dentro de este tratamiento tenemos homogenización, sedimentación, flotación, coagulación –floculación.

#### ➤ **Homogenización**

La homogenización se la realiza con el fin de estabilizar el caudal en casos donde el mismo es variable a lo largo de la jornada de trabajo y así mantener un caudal constante para los siguientes procesos; ayuda también a mantener una mezcla homogénea de la carga contaminante del agua residual en casos en donde la misma es variable. La homogenización se realiza mediante la ayuda de mezcladores estáticos, mecánicos o neumáticos.

#### ➤ **Sedimentación**

La sedimentación es uno de los procesos más utilizados en tratamiento de aguas residuales y es el proceso físico mediante el cual las partículas suspendidas presente en el agua residual sedimentan en el fondo del tanque por acción de la gravedad, es un proceso económico pues no requiere adición de químicos para que las partículas sedimenten; sino más bien es necesario dejar un tiempo aproximado de 1 a 3 horas para la sedimentación, que se conoce como tiempo de retención hidráulica.

La determinación de sólidos sedimentables experimentalmente se realiza mediante la utilización de materiales de vidrio, graduados de forma cónica que se conoce con el nombre de cono Imhoff en donde se mide los sólidos sedimentables en ml/l.

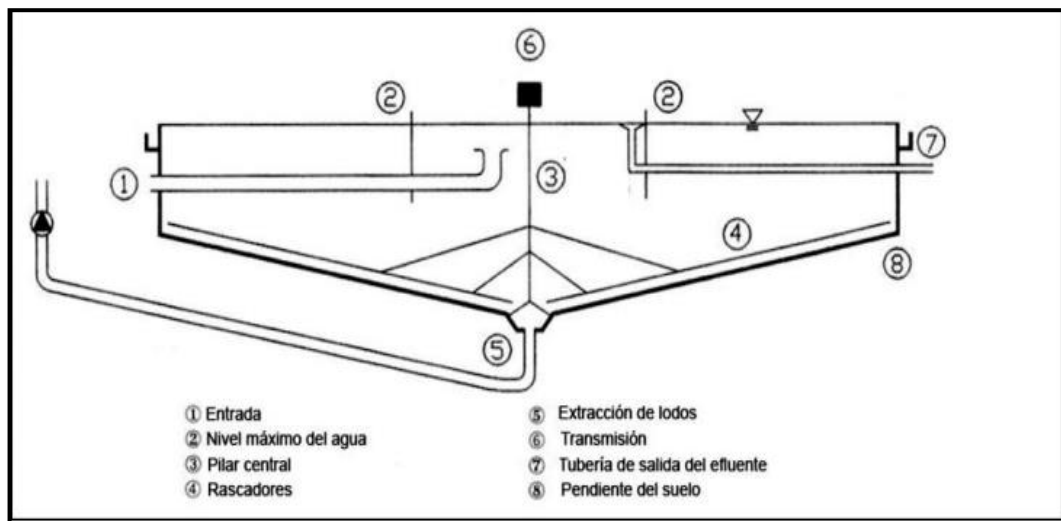


**Figura 10-1:** Cono Imhoff para la determinación de sólidos sedimentables

**Fuente:** [http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental](http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental)

Mediante sedimentadores o clarificadores bien diseñados se logra una remoción de la materia orgánica de un 40 % y se consigue eliminar entre el 50 % y 70 % de sólidos suspendidos.

Los sedimentadores pueden ser de forma circular o forma rectangular. Los tanques de sedimentación circular son los que mayormente se usan en la plantas de tratamiento ya que por su geometría la sedimentación es eficiente; además permite una buena remoción de los lodos, el sistema de flujo es radial, el agua se introduce por el centro o por la periferia del tanque.



**Figura 11-1:** Tanque de sedimentación circular

**Fuente:** HORAN, Tratamiento de Aguas Residuales, 2003

Los tanques de sedimentación rectangular se construyen en áreas de terreno pequeño, la remoción de sólidos es más complicada que los tanques circulares debido a su geometría.

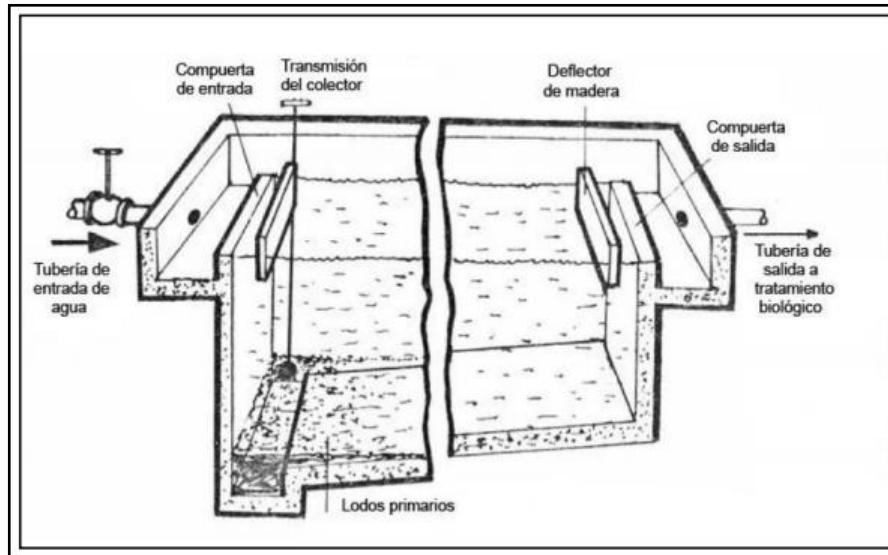


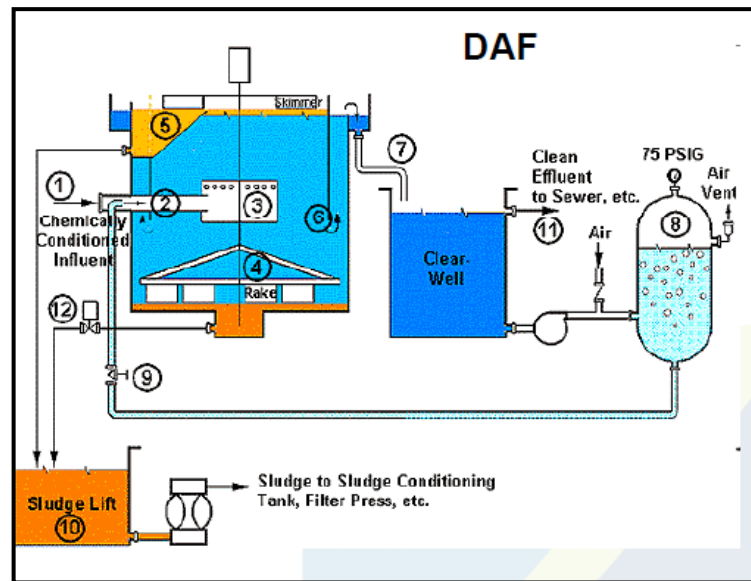
Figura 12-1: Tanque de sedimentación rectangular

Fuente: HORAN, Tratamiento de Aguas Residuales, 2003

## ➤ Flotación

La flotación es una operación unitaria que ayuda a eliminar sólidos suspendidos no sedimentables y grasas debido a su menor densidad con respecto al agua. La flotación se realiza mediante la introducción de aire al agua que hace que las partículas se adhieran a las burbujas de aire y asciendan a la superficie.

La flotación tiene la ventaja de eliminar las partículas pequeñas y ligeras cuya deposición es lenta en menor tiempo y de mejor manera que en el caso de la sedimentación. Una vez que las partículas están flotando se realiza un rascado superficial para su eliminación.



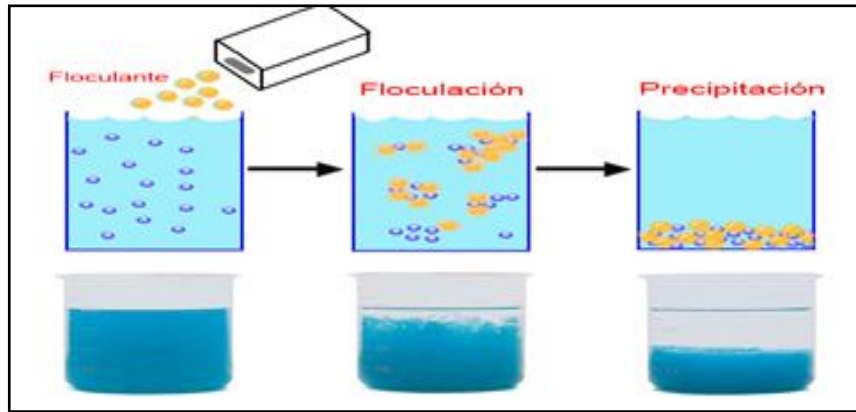
**Figura 13-1:** Esquema de la flotación por aire disuelto

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

### ➤ Floculación –coagulación

La floculación – coagulación es el proceso mediante el cual se añade químicos al agua para que las partículas que se encuentran disueltas se aglomeren formando masas de mayor tamaño; conocidas con el nombre de flóculos que por su peso precipitan haciendo que el agua se clarifique.

Dicho en otras palabras las partículas disueltas en el agua tienen la misma carga eléctrica por lo que se encuentran muy dispersas; tomando el principio de cargas iguales se repelan; es así entonces que al añadir el coagulante al agua las partículas neutralizan sus cargas y por tanto empiezan aglomerarse formando flóculos que son masas de mayor tamaño que precipitan en el fondo del tanque.



**Figura 14-1:** Proceso de coagulación – floculación

**Fuente:** KORSAC LARISA, Sistema de aguas residuales para el sector lácteo

El proceso de coagulación – floculación ayuda:

- ✓ Eliminación del color verdadero y aparente
- ✓ Eliminación de la turbiedad orgánica e inorgánica
- ✓ Eliminación de microorganismos patógenos, susceptibles de ser eliminados por coagulación
- ✓ Eliminación de sustancias productoras de olor y sabor

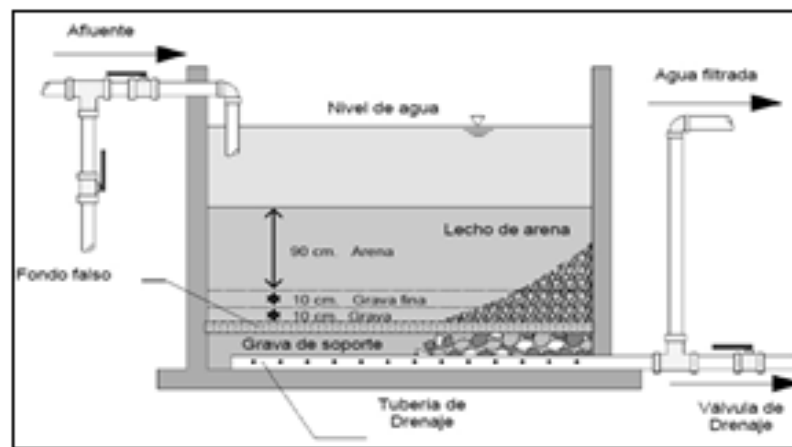
### 1.2.2.3 Tratamiento Secundario

Incluyen tratamientos biológicos y algunos químicos; se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores.

Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.

## ➤ Filtración

La filtración consiste en hacer pasar el agua a través de medios filtrantes granulares que pueden ser arena, grava, zeolita o carbón activado con la finalidad de eliminar cualquier tipo de impureza que no pudo ser eliminadas en las etapas anteriores. Las impurezas que pueden ser eliminadas son: partículas de arcillas, fangos, precipitados de aluminio o hierro utilizados en la coagulación, sustancias coloidales y microorganismos como bacterias, virus y quistes protozoicos.



**Figura 15-1:** Esquema del proceso de filtración

**Fuente:** Jorge Arboleda Valencia

## ➤ Aireación

La aireación es el proceso mecánico por el cual se procura un contacto íntimo entre el agua y el aire; la aeración transfiere moléculas gaseosas principalmente oxígeno del aire que es la fase gaseosa al agua que es la fase líquida.

La aeración está casi siempre acompañada de otros procesos o reacciones que pueden ser de naturaleza física, química o bioquímica.



El mayor uso de este proceso se encuentra en la oxidación bioquímica de desechos orgánicos , domésticos o industriales mediante la ayuda de microorganismos que se encuentran presentes en el agua residual y que son los encargados de degradar toda la carga contaminante presente en el agua, logrando obtener agua más limpia y libre de olores; además durante el proceso de aireación se producen lodos que son ricos en los microorganismos citados anteriormente por lo que a la aireación se le conoce también como lodos activados.

### **Tanques de aireación**

Los reactores utilizados para la aireación pueden ser de flujo pistón o de mezcla completa; siendo los más recomendables los de mezcla completa debido a que permiten una transferencia completa de oxígeno en todos los puntos y por ende el proceso se vuelve más eficiente.

Los tanques de aireación se suelen construir de hormigón armado y abiertos al aire. La forma rectangular permite la construcción adosada de tanques aprovechando paredes comunes. Cuando las plantas de tratamiento tienen gran capacidad de agua a tratar se debe construir al menos dos tanques para facilitar el mantenimiento de los mismos. Las plantas con un caudal mayor a  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  deberían contar con un mínimo de seis tanques.

La geometría del tanque es incidente cuando el agua residual va a ser aireada por medio de difusores. La profundidad del agua residual en el tanque debería situarse entre 3,6 y 7,6 m para que los difusores puedan trabajar eficientemente. Por encima de la superficie libre del agua se debe contemplar un resguardo de 0,3 a 0,6 m para la generación de espumas. (METCALF-EDDY, 1995)

### **Mecanismos de aireación**

- **Aireación superficial**

La aireación superficial consiste en poner en contacto al agua con el aire tomado de la atmósfera. Los aireadores de superficie se proyectan tanto para mezclar el contenido del tanque y levantan grandes volúmenes de agua sobre la superficie y exponer de esta forma pequeñas gotitas de agua al aire de la atmósfera.



**Figura 16-1:** Aireador superficial

**Fuente:** <http://hidrometalica.com/wp-content/uploads/AIREADORESpdf.pdf>

- **Aireación por difusores**

La aireación por difusores consiste en la introducción de aire u oxígeno en el agua residual por medio de difusores que son dispuestos en el fondo del tanque.



**Figura 17-1:** Difusores

**Fuente:** <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/aireacion.pdf>

El aire es impulsado por medio de un compresor y llevado hacia los difusores que producen pequeñas burbujas de aire mediante unos pequeños orificios de diferente diámetro.

**Tabla 1-1: Diámetro de burbuja para aireación por difusores**

<b>Burbuja</b>	<b>Diámetro de burbuja</b>
<b>Fina</b>	2-5 mm
<b>Semifina</b>	6-10 mm
<b>Gruesa</b>	> 10 mm

**Fuente:** Aníbal Alviz Meza y David Camilo Cuesto; Diseño de un sistema de Aireación para una planta de lodos activados en Zofrana

Los difusores de burbuja fina permiten una mayor transferencia que los difusores de burbujas gruesas, pero requieren mayor cuidado debido a que el montaje requiere de un filtro ubicado antes del compresor para evitar incrustaciones y taponamientos por impurezas presentes en el aire. (Kiter, 2008)

A continuación se muestra las consideraciones a tomar para la implementación de difusores:

**Tabla 2-1: Consideraciones para la implementación de difusores**

<b>ITEM</b>	<b>VALOR</b>
<b>Profundidad</b>	3,6 m
<b>Separación entre difusores</b>	1 m
<b>Separación entre orificios</b>	0,3 m
<b>Material</b>	Plástico , mineral o mixto

**Fuente:** Aníbal Alviz Meza y David Camilo Cuesto; Diseño de un sistema de Aireación para una planta de lodos activados en Zofrana

#### *1.2.2.4 Tratamiento Terciario*

El tratamiento terciario es necesario cuando el agua va a ser reutilizada en caso de la industria, agricultura y para la potabilización.

##### ➤ **Desinfección**

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de microorganismos patógenos causantes de enfermedades; dentro de los cuales tenemos bacterias, protozoarios, virus y trematodos.

La desinfección más común es la cloración y es el proceso que hasta el presente reúne las mayores ventajas como son: es eficiente, fácil de aplicar y deja un efecto residual que se puede medir por sistemas muy simples y al alcance de todos.

Existen también otros desinfectantes que no tan utilizados como el caso del yodo, bromo, plata ionizada, ozono y los rayos ultravioleta; la desventaja de estos desinfectantes es que no dejan un efecto residual en el agua.

#### *1.2.3 Muestreo del Agua Residual*

El muestreo consiste en tomar un volumen pequeño, representativo y homogéneo de agua residual para ser llevada al laboratorio. Es una de las etapas más importantes para el tratamiento del agua residual; ya que mediante el mismo se logrará conocer las características físicas, químicas, microbiológicas y el grado de contaminación que tiene el agua.

Un correcto muestreo garantiza la efectividad del diseño de la planta de tratamiento; porque en base a las características que presente la muestra tomada se escogerá el tratamiento más idóneo que permita obtener agua tratada para ser descargada al sistema de alcantarillado público cumpliendo con los parámetros que exige el TULSMA.

### *1.2.3.1. Tipos de muestras*

- **Muestra simple:** se la toma en un tiempo y lugar explícito para su análisis individual, se recomienda cuando se tiene caudales constantes y cuando la carga contaminante del agua no varía. Una muestra simple o puntual se la considera representativa en el caso de aguas superficiales, aguas de suministro y en algunos casos aguas residuales.
- **Muestra compuesta:** es recomendable cuando no se tiene un caudal constante y la carga contaminante también es variable, se la obtiene por mezcla y homogeneización de varias alícuotas simples recogidas en el mismo punto y en distintos tiempos, es decir durante el día se van tomando diferentes muestras en diferentes proporciones dependiendo del caudal que se tenga y al final del día se mezclan y se obtiene la muestra compuesta.

### *1.2.3.2. Envases para la toma de muestras.*

Los recipientes en que se recogen las muestras deberán ser de vidrio o plástico y cumplen con los siguientes requisitos:

- No desprender materia orgánica o elementos que puedan contaminar la muestra recogida.
- Que la adsorción ejercida por sus paredes sea mínima sobre cualquiera de los componentes presentes en la muestra de agua.
- Que el material constituyente del recipiente no reaccione con los componentes de la muestra.
- Deberán poderse cerrar y sellar herméticamente.

### 1.3 Diseño de la planta de tratamiento de agua residual

#### 1.3.1 Caudal

Es uno de los parámetros importantes para el diseño de plantas de tratamiento pues en base a este se diseñará las diferentes instalaciones que componen el sistema de tratamiento. Se define como caudal al volumen de agua residual que llega a la planta de tratamiento por unidad de tiempo.

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

Dónde:

Q = Caudal (l/s)

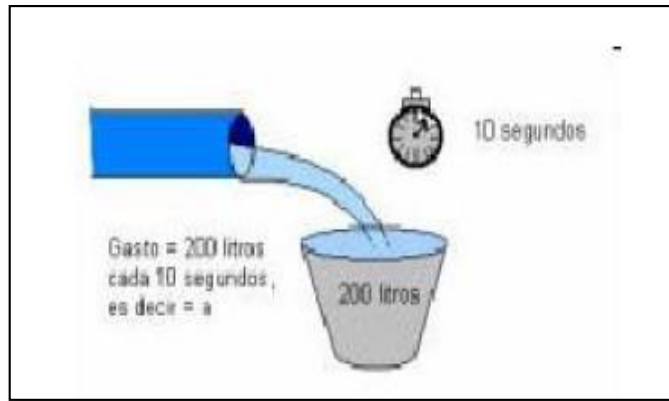
V = volumen que llega a la planta (l)

t = tiempo (s)

Para la medición del caudal se emplean varios métodos a citar tenemos:

##### 1.3.1.1 Método volumétrico

Es el método más utilizado y su procedimiento es relativamente sencillo; consiste en tomar un determinado volumen en un recipiente y mediante la ayuda de un cronómetro determinar el tiempo que se lleva en tomar dicho volumen; luego aplicamos la ecuación que hace relación el volumen y el tiempo y obtenemos el caudal. El procedimiento se repite varias veces y la final se obtiene un promedio.

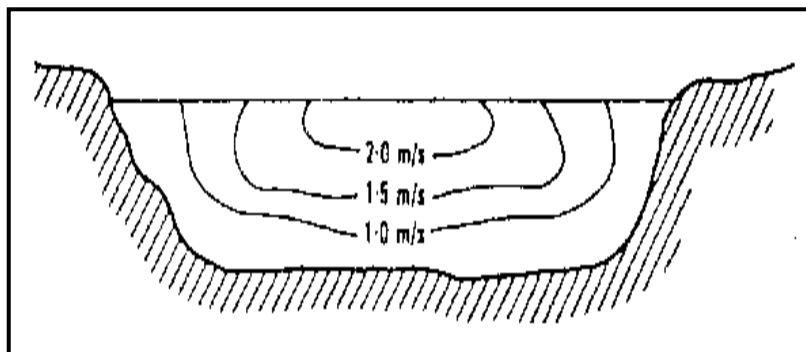


**Figura 18-1:** Método volumétrico para medición de caudales

**Fuente:** Aurelio Hernández

### 1.3.1.2 Método superficie velocidad

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



**Figura 19-1:** Método superficie-volumen

**Fuente:** Aurelio Hernández

Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V \quad \text{Ecuación 2-1}$$

Dónde:

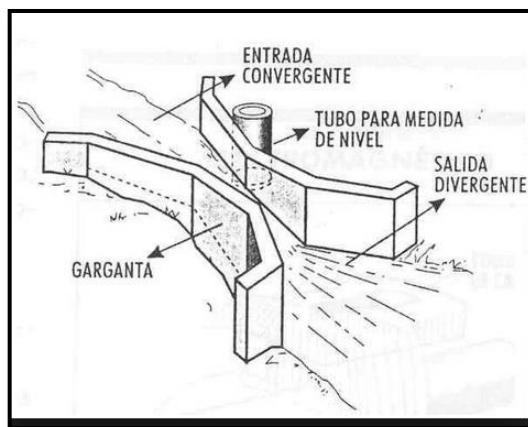
$Q$  = caudal en  $m^3/s$  o  $l/s$  cuando la corriente es menor

$A$  = área de la sección transversal,  $m^2$

$V$  = velocidad media de la corriente,  $m/s$

### 1.3.1.3 Caneleta Parshall

Se describe técnicamente como un canal Venturi o de onda estacionaria. El aforador está constituido por una sección de convergencia con un piso nivelado, una garganta con un piso en pendiente hacia aguas abajo y una sección de divergencia con un piso en pendiente hacia aguas arriba. Gracias a ello el caudal avanza a una velocidad crítica través de la garganta y con una onda estacionaria en la sección de divergencia.



**Figura 20-1:** Caneleta Parshall  
**Fuente:** Aurelio Hernández

El diseño de plantas de tratamiento de agua residual en industrias debe realizarse en función de caudal de diseño:

$$Q_D = Q + Q \text{ (FM)} \quad \text{Ec. 3 - 1}$$



Dónde:

$Q_D$  = caudal de diseño en  $m^3/h$

$Q$  = caudal promedio generado diariamente por la fábrica en  $m^3/h$

$FM$  = factor de mayorización es adimensional

### ***1.3.2 Volumen de agua residual tratar por día***

Para el dimensionamiento de los diferentes tanques que compondrán el sistema de tratamiento de agua residual es importante conocer el volumen de agua residual que se va a tratar por día, una vez conocido el caudal de diseño.

El volumen se va a determinar en base a la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{V_T}{t} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

De donde despejamos el volumen y tenemos:

$$V_T = Q_D t \quad \text{Ecuación 5-1}$$

Dónde:

$V_T$  = volumen de agua residual a tratar por día en  $m^3$

$Q_D$  = Caudal de diseño en  $m^3/h$

$t$  = horas de trabajo de la fábrica o jornada laboral en h

### 1.3.3 *Diseño del tanque homogeneizador*

Para el diseño del tanque homogeneizador se tomará en cuenta su forma geométrica, siendo ésta de forma circular. El tanque homogeneizador será necesario para homogeneizar el agua residual, la misma que tiene una carga contaminante y un caudal variable; de esta forma se conseguirá repartir un caudal uniforme a las siguientes unidades de tratamiento.

#### 1.3.3.1 *Cálculo del área del homogeneizador*

Sabemos que el volumen de un tanque circular es igual a:

$$V = A_H h_H \quad \text{Ecuación 6-1}$$

Por tanto despejamos el área y nos queda:

$$A_H = \frac{V_T}{h_H} \quad \text{Ecuación 7-1}$$

Dónde:

$A_H$  = área del tanque homogeneizador en  $m^2$

$V_T$  = volumen del agua residual a tratar en  $m^3$

$h_H$  = altura del tanque homogeneizador en m

#### 1.3.3.2 *Cálculo del radio*

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$r_H = \sqrt{\frac{A_H}{\pi}} \quad \text{Ecuación 8-1}$$

Dónde:

$r_H$  = radio del tanque homogenizador (m)

$A_H$  = Área del tanque homogenizador (m)

#### 1.3.3.3 Cálculo del diámetro

$$\Phi_H = 2r_H \quad \text{Ecuación 9-1}$$

Dónde:

$\Phi_H$  = diámetro del tanque homogenizador (m)

#### 1.3.3.4 Cálculo del volumen

$$V_H = \pi r^2 h_H \quad \text{Ecuación 10-1}$$

Dónde:

$V_H$  = Volumen del tanque homogenizador. (m<sup>3</sup>)

$r$  = radio del tanque homogenizador (m)

$h_H$  = altura del tanque homogeneizador (m)

#### 1.3.3.5 Cálculo de la potencia requerida del motor para la operación de mezclado

$$P_M = G^2 \times \mu V_H \quad \text{Ecuación 11-1}$$

Dónde:

$P_M$  = Potencia (W)

$G$  = gradiente medio de velocidad ( $s^{-1}$ )

$\mu$  = viscosidad dinámica ( $N\ s/m^2$ )

$V_H$  = volumen del tanque homogenizador ( $m^3$ )

**Tabla 3-1: Gradiente de velocidad  $G$  y tiempo de detención típico para operaciones de mezclado y floculación**

Intervalo de Valores			
Proceso		Tiempo de Detención	Valor de $G$ , $s^{-1}$
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, 1995, PP. 245

También se puede hacer uso también de la siguiente expresión

$$G = 0,25 \times n^{1,25} \quad \text{Ecuación 12-1}$$

Dónde:

$G$  = gradiente medio de velocidad del fluido ( $s^{-1}$ )

$n$  = velocidad de rotación (rpm)

### 1.3.4 Diseño del tanque de aireación

Para el proceso de aireación los reactores más utilizados son el reactor de mezcla completa y el reactor de flujo pistón. Sin embargo el que más se utiliza es el reactor de mezcla completa por proporcionar una mezcla homogénea en todos los puntos y suministrar la cantidad adecuada de oxígeno.

#### 1.3.4.1 Cálculo de la eficiencia del proceso

$$E_A = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100 \quad \text{Ecuación 13-1}$$

Dónde:

E = Eficiencia del proceso de aireación

S<sub>o</sub> = Concentración de DBO o DQO a la entrada (kg/m<sup>3</sup>).

S = Concentración de DBO o DQO a la salida (kg/m<sup>3</sup>)

#### 1.2.3.3. Cálculo del volumen del reactor

$$V_A = \frac{\phi_{rc} * Q * Y * (S_o - S)}{X(1 + K_d \phi_{rc})} \quad \text{Ecuación 14-1}$$

Dónde:

Φ = tiempo medio de retención celular hidráulica, (d)

Q = Caudal de AR a tratar, (m<sup>3</sup>/d)

S<sub>o</sub> = Concentración de DBO a la entrada (kg/m<sup>3</sup>).

S = Concentración de DBO a la salida (kg/m<sup>3</sup>).

$K_d$  = Coeficiente de degradación endógena ( $d^{-1}$ ).

$X$  = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación ( $kg/m^3$ )

Para el proceso de aireación se tomarán en cuenta los valores propuestos en las siguientes tablas:

**Tabla 4-1: Coeficientes cinéticos para el proceso de aireación**

Coeficientes	Unidades	Rangos	Valor típico
<b>Y</b>	mg SSV/mg DBO	0,4-0,8	0,6
<b>Kd</b>	$d^{-1}$	0,0025-0075	0,06
<b>K</b>	mg/l DBO	25-100	60

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, pp 408

**Tabla 5-1: Criterios de diseño para el proceso de aireación**

Modificación del proceso	$\phi_{rc}$ (d)	F/M	Carga volumétrica	SSLM (mg/l)	V/Q (h)	Qr/Q
<b>Convencional</b>	5-15	0,2-0,4	0,32-0,64	1500-3000	4-8	0,25-0,75
<b>Mezcla completa</b>	5-15	0,2-0,6	0,80-1,92	2500-4000	3-5	0,25-1,0

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, PP. 626

#### 1.3.4.2 Cálculo del tiempo de retención hidráulica

$$T_R = \frac{V_A}{Q} \quad \text{Ecuación 15-1}$$

Dónde:

$T_R$  = Tiempo de retención hidráulica en el tanque de aireación (h)

$V_A$  = Volumen de tanque de aireación ( $m^3$ ).

$Q$  = Caudal de entrada al tanque de aireación ( $m^3/h$ )

Si no es posible calcular el tiempo de retención mediante la ecuación anterior, se hace uso del tiempo de retención hidráulico citado en el libro de Tratamiento de Aguas Residuales de Jairo Alberto Romero Rojas y que se muestra a continuación en la tabla 6-1:

**Tabla 6-1: Tiempo de retención para el proceso de aireación**

<b>Proceso</b>	<b>Período de aireación (días)</b>	<b>Edad de lodos (días)</b>	<b>Tasa de recirculación %</b>	<b>Eficiencia DBO<sub>5</sub> %</b>
<b>Mezcla completa</b>	3-5	5-15	25-100	85-95%

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, Jairo Alberto Romero Rojas

#### 1.2.3.4. Cálculo del requerimiento de oxígeno

$$W_{O_2} = [a(S_o - S)Q + b * X * V] \text{ Ecuación 16-1}$$

Dónde:

$W_{O_2}$  = Requerimiento de oxígeno, ( $kgO_2/d$ ).

$a$  = Fracción de sustrato removido utilizado para la producción de energía (0.3 y 0.63  $kgO_2/kgDBO$ ).

$b$  = Oxígeno necesario para la respiración endógena (0.55 y 0.28  $KgO_2/KgSSV^* d$ )

### 1.3.4.3 Cálculo de la transferencia de oxígeno a través de los difusores

$$N = N_0 * [\alpha \left( \frac{\beta * C'_{sw} - C_L}{C_{ST}} \right) * (1.024^{(T-20)})] \quad \text{Ecuación 17-1}$$

Dónde:

N = Tasa de transferencia total de oxígeno (KgO<sub>2</sub>/KW\*h).

N<sub>0</sub> = Tasa transferencia de oxígeno en condiciones de referencia (20 °C y oxígeno disuelto igual a cero, 1.5 y 2.0 KgO<sub>2</sub>/KW\*h)

α = Factor de correlación para la transferencia de oxígeno para la purga (0.4 y 0.8)

β = Factor de correlación para la salida y tensión superficial (0.9 y 0.98)

C<sub>L</sub> = Concentración de oxígeno disuelto (según Aceirvala 1937 y Mara 1376 es de 0.5 a 2.0 mg/L)

C<sub>sw</sub> = concentración media de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura en un tanque de aireación a una temperatura y altura (mg/L).

### 1.3.4.4 Cálculo de la cantidad aire requerido

$$A_{Req} = \frac{Q * DBO}{\%O_2 \text{ en el aire} * E * \rho_{aire}} \quad \text{Ecuación 18-1}$$

Dónde:

A<sub>Req</sub> = Aire requerido, (Kg/d)

E = Eficiencia de difusión

ρ<sub>aire</sub> = densidad del aire



#### 1.3.4.5 Cálculo de la potencia

$$P_w = \frac{WO_2}{24*N} * 10^{-3} \quad \text{Ecuación 19-1}$$

Dónde:

$P_w$  = Potencia total requerida

$WO_2$  = Requerimiento de oxígeno

$N$  = Tasa de transferencia total de oxígeno (KgO<sub>2</sub>/kw\*h)

### 1.3.5 Diseño del tanque sedimentador

#### 1.3.5.1 Cálculo del área de sedimentador

$$C_s = \frac{Q_D}{A_s} \quad \text{Ecuación 20-1}$$

De la ecuación anterior despejamos el área y nos queda:

$$A_s = \frac{Q_D}{C_s} \quad \text{Ecuación 21-1}$$

Dónde:

$C_s$  = carga de superficie (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h)

$A_s$  = Área superficial del tanque sedimentador (m<sup>2</sup>)

$Q_D$  = Caudal de agua residual (m<sup>3</sup>/h)

Para conocer el valor de carga superficial hacemos uso de los valores que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 7-1: Criterios para el diseño de sedimentadores circulares**

Parámetro	Intervalo	Valor típico
Tiempo de retención (h)	1,5-3	2
Carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dia)	10-50	-
Profundidad (m)	3-4,5	3,6

**Fuente:** Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales; Romero Rojas J, Tratamiento de aguas residuales; Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores 2005.

**Realizado por:** María Cristina Guamán, 2016

#### 1.3.5.2 Cálculo del radio del sedimentador

$$r_s = \sqrt{\frac{A_s}{\pi}} \quad \text{Ecuación 22-1}$$

Dónde:

$r_s$ = radio del sedimentador, (m).

$A_s$ = Área del sedimentador, (m<sup>2</sup>)

#### 1.3.5.3 Cálculo del diámetro de sedimentador

$$\emptyset_s = 2r_s \quad \text{Ecuación 23-1}$$

Dónde:

$\emptyset_s$  = diámetro del sedimentador circular (m)

$r_s$  = radio del sedimentador circular (m)

### 1.3.5.4 Cálculo del volumen del sedimentador

$$V_{sc} = \pi r^2 h_s \quad \text{Ecuación 24-1}$$

Dónde:

$V_{sc}$  = Volumen de la parte cilíndrica del sedimentador (m<sup>3</sup>)

$r_s$  = radio del tanque sedimentador (m)

$h_s$  = altura del tanque sedimentador (m)

Para calcular la altura hacemos uso del valor presentado en la siguiente tabla:

**Tabla 8 -1: Parámetros de diseño para sedimentadores rectangulares y circulares**

PARÁMETROS	INTERVALO	TÍPICO
<b>RECTANGULAR</b>		
<b>Profundidad (m)</b>	3 – 4,5	3,6
<b>Longitud (m)</b>	15 – 90	25 – 40
<b>Anchura (m)</b>	3 – 25	5 -10
<b>Velocidad de los rascadores (m/min)</b>	0,6 – 1,2	0,9
<b>CIRCULAR</b>		
<b>Profundidad (m)</b>	3 – 4	3,6
<b>Longitud (m)</b>	3 – 60	12 – 45
<b>Anchura (m)</b>	6,25 – 16	8
<b>Velocidad de los rascadores (m/min)</b>	0,02 – 0,05	0,03

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

### 1.3.5.5 *Tiempo de retención hidráulica*

Se define como tiempo de retención hidráulica al tiempo necesario para que las partículas suspendidas se depositen en el fondo del tanque sedimentador; para conocer el tiempo de retención se hace uso de la siguiente tabla:

**Tabla 9-1: Tiempo de retención hidráulica para la sedimentación**

<b>Sedimentación primaria</b>	<b>Valor mínimo (h)</b>	<b>Valor típico (h)</b>	<b>Valor máximo (h)</b>
<b>Tiempo de retención para caudal medio</b>	1,5	2	3
<b>Tiempo de retención para caudal máximo</b>	1	1,5	2

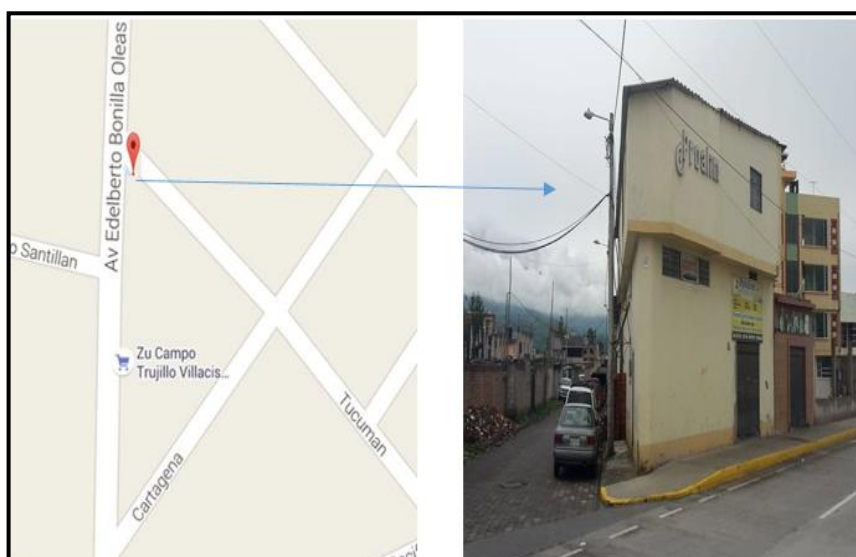
Fuente: Aurelio Hernandez, Pp 98

## CAPITULO II

### 2 MARCO EXPERIMENTAL

#### 2.1 Localización

El presente trabajo se realiza en la planta de lácteos PROALIM del propietario Ing. Ufredo Muñoz, ubicada en el sector del parque industrial de la ciudad de Riobamba.



**Figura 21-2:** Ubicación de la empresa PROALIM

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

#### 2.2 Diagnóstico actual de la planta

La planta de lácteos PROALIM actualmente procesa 3600 litros de leche que son destinados a la elaboración de queso fresco, leche pasteurizada y yogurt en sus diferentes presentaciones. Para la elaboración de dichos productos utilizan gran cantidad de agua para la limpieza de la planta y de los diferentes equipos que se utilizan.

Resultado de eso se generan 5832 litros de agua residual que se descarga sin ningún tipo de tratamiento al sistema de alcantarillado público, incumpliendo con la normativa ambiental establecida en el TULSMA, libro VI, anexo I, tabla 9, descarga para alcantarillado público.

### 2.3 Medición del caudal

Para la medición del caudal se empleó el método volumétrico y se realizó durante los siete días de la semana y durante toda la jornada de trabajo, la misma empieza a las 8 am y culmina 5 pm.



**Figura 22-2:** Medición del caudal  
**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

El intervalo de medición fue de cada 10 minutos y al final se obtuvo un caudal promedio de 0,18 l/s.

**Tabla 10-2: Medición de caudales**

HORA	V(l)	t(s)	Q(l/s)
8:00	1,14	50,1	0,02
8:10	1,1	36	0,03
8:20	1,05	90	0,01
8:30	1,05	100	0,01
8:40	1,05	57	0,02
8:50	1,1	60	0,02

9:00	1,08	45	0,02
9:10	1,14	58	0,02
9:20	1,05	8,34	0,13
9:30	1,1	8,68	0,13
9:40	1,08	9,29	0,12
9:50	1,11	7,02	0,16
10:00	1,11	9,13	0,12
10:10	1,2	10,8	0,11
10:20	1,19	6,6	0,18
10:30	1,2	5,12	0,23
10:40	1,1	3,25	0,34
10:50	1,2	8,5	0,14
11:00	1,1	5,68	0,19
11:10	1,1	4,2	0,26
11:20	1	4,13	0,24
11:30	1,09	5,33	0,20
11:40	1	10,23	0,10
11:50	1	3	0,33
12:00	1,19	6,7	0,18
12:10	1,05	4,59	0,23
12:20	1,12	6,2	0,18
12:30	1,1	5,17	0,21
12:40	1,22	4,14	0,29
12:50	1,17	4,6	0,25
13:00	1,18	9,72	0,12
13:10	1,15	2,56	0,24
13:20	1,18	4,42	0,27
13:30	1,24	9,8	0,13
13:40	1,15	4,46	0,26
13:50	1,15	2,5	0,22
14:00	1,2	3,38	0,24
14:10	1,14	3,93	0,29
14:20	1	8,5	0,12
14:30	1,2	6,3	0,19
14:40	1,22	4,7	0,21
14:50	1,7	6,39	0,27
15:00	1,22	7,35	0,17
15:10	1,11	9,15	0,12
15:20	1,22	8,95	0,14
15:30	1,15	5,2	0,22
15:40	1,25	4,98	0,25

15:50	1,12	6,02	0,19
16:00	1,11	4,7	0,45
16:10	1,17	5,4	0,46
16:20	1,17	4,93	0,36
16:30	1,15	5,5	0,26
16:40	1,2	6,85	0,18
16:50	1,3	8,85	0,15
17:00	1,2	9,88	0,12
		PROMEDIO	0,18

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

## 2.4 Muestreo

El muestreo que se utilizó fue de tipo compuesto por la variación del caudal y la variación de la carga contaminante; misma que se muestra en las imágenes a continuación.



**Figura 23-2:** Descarga de agua residual al sistema de alcantarillado público

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016



Para obtener la muestra compuesta se fue tomando una medida de 500 ml cada 10 minutos durante la hora de limpieza de la planta que es de 8 a 9 am; dos horas durante el proceso de elaboración de queso y leche pasteurizada y una hora al final de jornada que es la limpieza general de la planta. Obteniéndose diferentes muestras que al final se mezclaron para obtener una sola muestra compuesta, homogénea y representativa para ser llevada al laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias.

## **2.5 Métodos y Técnicas**

### **2.5.1 Métodos**

#### *2.5.1.1 Inductivo*

Para realizar el siguiente estudio se tomara el caudal en los puntos de descarga más representativos y en desfogue principal durante los 7 días de la semana, con la finalidad de tener un valor promedio del caudal generado y conocer el volumen de agua que se utiliza por día. También se tomaran muestras representativas del agua residual para posteriormente realizar los análisis correspondientes en el laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

#### *2.5.1.2 Deductivo*

El método deductivo en este estudio nos va a permitir dar solución al problema que genera descargar las aguas residuales directamente al alcantarillado; planificando un sistema de tratamiento para dichas aguas en base a la deducción de los resultados de los análisis realizados a las aguas residuales.

#### *2.5.1.3 Experimental*

La parte experimental de este estudio se realizara al tomar las muestras de las aguas residuales y al realizar los análisis correspondientes, para de esta forma obtener resultados que nos ayuden a diseñar la planta de tratamiento más adecuada para la fábrica de Lácteos PROALIM, consiguiendo que los parámetros que estén fuera de norma se ajusten a los establecido en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULSMA) para descargas liquidas al sistema de alcantarillado público.

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales se llevara a cabo en la fábrica de Lácteos PROALIM ubicada en el parque industrial de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

## **2.5.2 Técnicas**

### *2.5.2.1 Medición del pH*

- Calibrar el pH-metro
- Colocar en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio.
- Sumerja los electrodos en la muestra y suavemente revuelva a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice.
- Anotar el valor de la lectura en el protocolo de trabajo.
- Enjuagar el electrodo con agua destilada.

### *2.5.2.2 Medición de la conductividad*

- Encender el multiparámetro
- Seleccionar el modo para medir la conductividad
- Colocar en un vaso de precipitación una muestra de agua residual
- Sumergir el electrodo
- Leer el valor que se muestra en la pantalla.

### *2.5.2.3 Medición de la turbiedad*

- Encender el turbidímetro
- Tomar con cuidado el frasco para la muestra y enjuagar con agua destilada
- Colocar la muestra de agua residual en el frasco hasta donde señala la marca y tapar.
- Limpiar el exterior del frasco y colocar en la celda del turbidímetro.
- Leer el valor que indica en la pantalla.

#### 2.5.2.4 *Medición de sólidos disueltos*

- Encender el multiparámetros
- Seleccionar en la pantalla solidos disueltos
- Colocar en un vaso de precipitación una muestra de agua residual
- Introducir el electrodo del multiparámetros
- Leer el valor que se muestra en la pantalla.

#### 2.5.2.5 *Determinación de sólidos totales*

- Tarar una capsula por 30 minutos
- Medir 25ml de muestra y colocar en la capsula
- Llevar a baño maría hasta evaporación a sequedad
- Luego llevar la muestra a la estufa por 30 minutos a 103 C
- Luego pesar la cápsula
- Realizar los cálculos correspondientes utilizando la sig. Ecuación

#### 2.5.2.6 *Determinación de DQO*

- Realizar una dilución de la muestra en este caso de 10ml aforar a 100ml con agua destilada.
- Tomar 2ml de la muestra diluida y colocar en un vial con solución digestiva para DQO.
- Sujetar el vial por la tapa y voltear varias veces para mezclar. El vial de la muestra se calienta mucho durante la mezcla.
- Calentar durante 2h en el digestor
- Esperar que se enfríe y proceder a la medición.
- Para la medición seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados
- Seleccionar el test de DBO 435
- Limpiar bien el exterior del vial y colocar el blanco en el soporte HACH DR 2800, cerrar la tapa protectora y encerrar.
- Limpiar bien el exterior del vial de la muestra y colocar el tubo en el soporte HACH DR cerrar la tapa protectora.
- Leer el resultado que aparece en la pantalla.

#### 2.5.2.7 *Determinación de DBO*

- Realizar una dilución de la muestra en este caso se colocó 10ml de la muestra y aforar a 100ml con agua destilada.
- Colocar los 100ml de la muestra diluida en los frascos empleados para este método
- Añadir 3ml de solución rica en nutrientes
- Tapar el frasco con un corcho
- Colocar en el mismo una pepita de KOH el mismo que se encarga de absorber otros gases con la final que el único gas que sea leído y luego sea traducido como DBO sea el CO<sub>2</sub>
- Tapar y colocar la muestra en el gasométrico
- Ir leyendo los datos cada día para al final sacar un promedio

#### 2.5.2.8 *Determinación de coliformes fecales*

Una cantidad predeterminada de muestra es filtrada a través de un filtro membrana el cual retiene las bacterias encontradas en la muestra.

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 rosálico, e incubado invertido a  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$  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 de medio de cultivo o una inadecuada dilución.

## 2.6 **Caracterización del agua residual**

Una vez que ya se contaba con la muestra compuesta de agua residual, se la llevó al laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH para realizar la caracterización física, química y microbiológica y conocer los parámetros que se encuentran fuera de norma y el grado de contaminación del agua residual. A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la caracterización del agua residual.

**Tabla 11-2: Resultados obtenidos en la caracterización física, química y microbiológica del agua residual**

<b>ANÁLISIS DE MUESTRA - AGUA RESIDUAL</b>						
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MUESTRA 1</b>	<b>MUESTRA 2</b>	<b>MUESTRA 3</b>	<b>MUESTRA 4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>PH</b>		8,25	8,39	8,28	8,15	8,3
<b>TURBIEDAD</b>	NTU	3360	3120	3356	3156	3248
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	uS/cm	1510	1810	1750	1850	1730
<b>SÓLIDOS DISUELTOS</b>	mg/l	800	950	920	850	880
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	mg/l	4950	5600	5600	5960	5528
<b>SÓLIDOS SEDIMENTABLES</b>	ml/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>DQO</b>	mg/l	12900	9980	11320	11040	11310
<b>DBO5</b>	mg/l	6860	6160	7340	6785	6786
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/l	440	520	480	400	460
<b>CLORUROS</b>	mg/l	255,24	241,06	259,86	254,5	252,67
<b>COLIFORMES FECALES</b>	mg/l	60000	30000	10000	20000	30000
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	mg/l	100	100	100	100	100

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2016

## **2.7 Pruebas de Tratabilidad**

En base a los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual se seleccionó el sistema de tratamiento más idóneo y se procedió a simular pruebas de tratamiento para ir conociendo el proceso de disminución de la carga contaminante presente en el agua.

### 2.7.1 *Proceso de aireación*

Se simuló un proceso de aireación en el cual colocó agua en un tanque y con la ayuda de una bomba se introdujo aire; conforme el agua se aireaba se notó que el olor iba desapareciendo así como la apariencia del agua iba mejorando.



**Figura 24-2:** Simulación del proceso de aireación  
**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

También se fueron tomando muestras de agua para ir midiendo el valor de DQO y de la turbiedad y comprobar la descontaminación del agua. A continuación se muestra una tabla en donde se puede observar la disminución de la carga contaminante en función del DQO y la disminución de la turbiedad.

**Tabla 12-2: Valores de DQO y turbiedad obtenidos en proceso de aireación**

<b>Día</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>Turbiedad (NTU)</b>
<b>0</b>	10140	3960
<b>1</b>	5785	644
<b>2</b>	3130	220
<b>3</b>	1450	103
<b>4</b>	925	63
<b>5</b>	340	29

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

En el día cinco podemos observar que el agua presenta un DQO de 340 mg/l y el valor de la turbiedad es muy bajo de 29 NTU.; el olor desapareció por completo y la apariencia física del agua mejoró notablemente. Por tanto el tratamiento es el adecuado para lograr ajustar los parámetros a lo que dicta la normativa ambiental.

### **2.7.2 Sedimentación**

Una vez aireada el agua fue necesario separarla del tanque de aireación y dejarla en sedimentación para eliminar todas las partículas suspendidas que se encontraban presentes.

El ensayo consintió en colocarla en el cono Imhoff y dejarle en reposo por dos horas, posteriormente se tomó una muestra de agua y se realizó una prueba de DQO y se midió la turbiedad; obteniéndose los siguientes resultados.

**Tabla 13-2: Resultados obtenidos después de la sedimentación**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>DQO</b>	mg/l	166
<b>Turbiedad</b>	NTU	14

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

Terminadas las pruebas de tratabilidad se concluye que el tratamiento es el adecuado pues se consiguió eliminar olores, mejorar la apariencia del agua y ajustar los parámetros a lo que dicta la normativa ambiental vigente en el país.



**Figura 25-2:** Avance del proceso de tratamiento del agua residual

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

## 2.8 Caracterización del agua tratada

Finalmente el agua tratada mediante el proceso de aireación y sedimentación fue llevada a un laboratorio acreditado como es CESTA y el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para realizar la caracterización física, química y microbiológica del agua tratada y constatar la efectividad del tratamiento y que los parámetros que se encontraban fuera de norma estén dentro de los rangos establecidos en el TULSMA, libro VI, anexo I, tabla 9, descarga para alcantarillado público.



**Tabla 14-2: Resultados obtenidos en la caracterización física, química y microbiológica del agua tratada**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>AGUA TRATADA</b>
<b>PH</b>		7,81
<b>TURBIEDAD</b>	NTU	7,72
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	uS/cm	1053
<b>SÓLIDOS DISUELTOS</b>	mg/l	741
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	mg/l	1242
<b>SÓLIDOS SEDIMENTALES</b>	ml/l	0,1
<b>DQO</b>	mg/l	152
<b>DBO5</b>	mg/l	124
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/l	436
<b>CLORUROS</b>	mg/l	56,58
<b>COLIFORMES FECALES</b>	UFC/100ml	1
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	mg/l	2

Fuente: CESTA y Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2016

## **2.9 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL AGUA RESIDUAL, AGUA TRATADA Y LOS LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO SEGÚN LA NORMA**

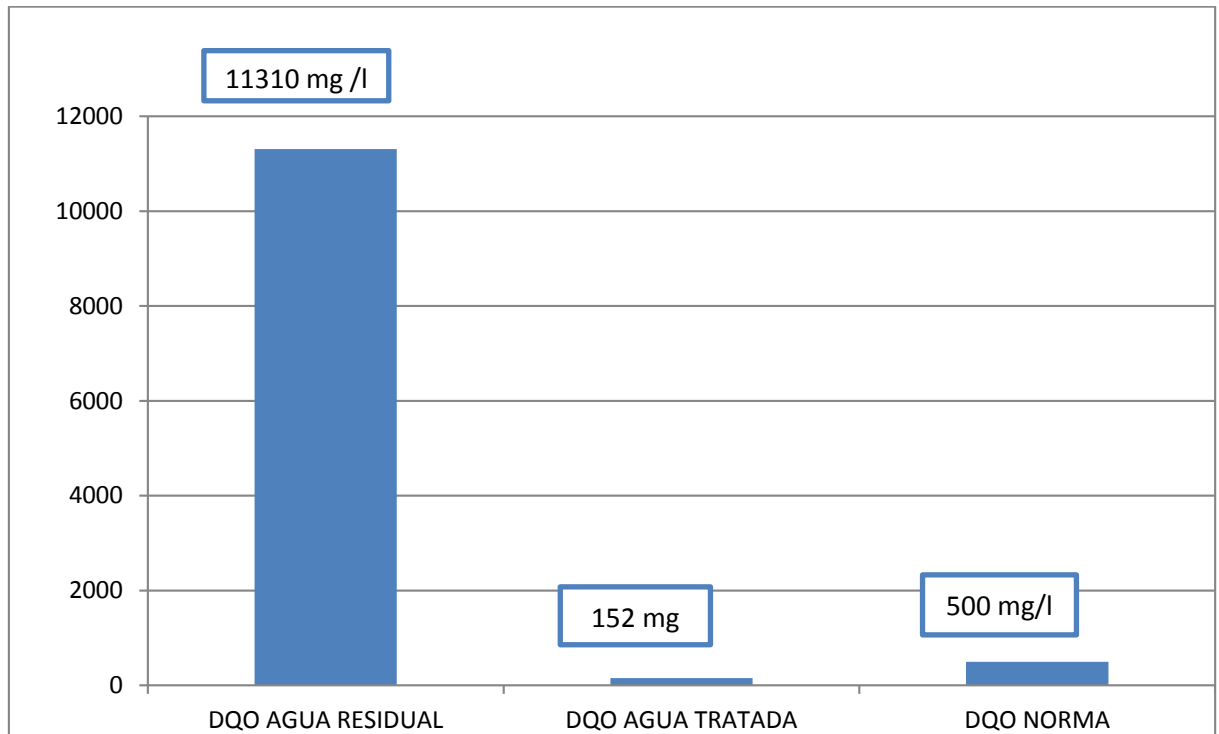
**Tabla 15-2: Comparación de los valores de los parámetros del agua residual, agua tratada y límites de descarga al alcantarillado**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>AGUA RESIDUAL</b>	<b>AGUA TRATADA</b>	<b>LÍMITES DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO</b>
<b>PH</b>		8,3	7,81	6-9
<b>TURBIEDAD</b>	NTU	3248	7,72	
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	uS/cm	1730	1053	
<b>SÓLIDOS DISUELTOS</b>	mg/l	880	741	
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	mg/l	5528	1242	1600
<b>SÓLIDOS SEDIMENTALES</b>	ml/l	0,2	0,1	20
<b>DQO</b>	mg/l	11310	152	500
<b>DBO5</b>	mg/l	6786	124	250
<b>ALCALINIDAD</b>	mg/l	460	436	
<b>CLORUROS</b>	mg/l	252,67	56,58	
<b>COLIFORMES FECALES</b>	UFC/100ml	30000	1	
<b>GRASAS Y ACEITES</b>	mg/l	100	2	70

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

## 2.9.1 DQO

Gráfica 1-2: Comparación de los valores de DQO del agua residual, agua tratada y norma



Fuente: María Cristina Guamán, 2016

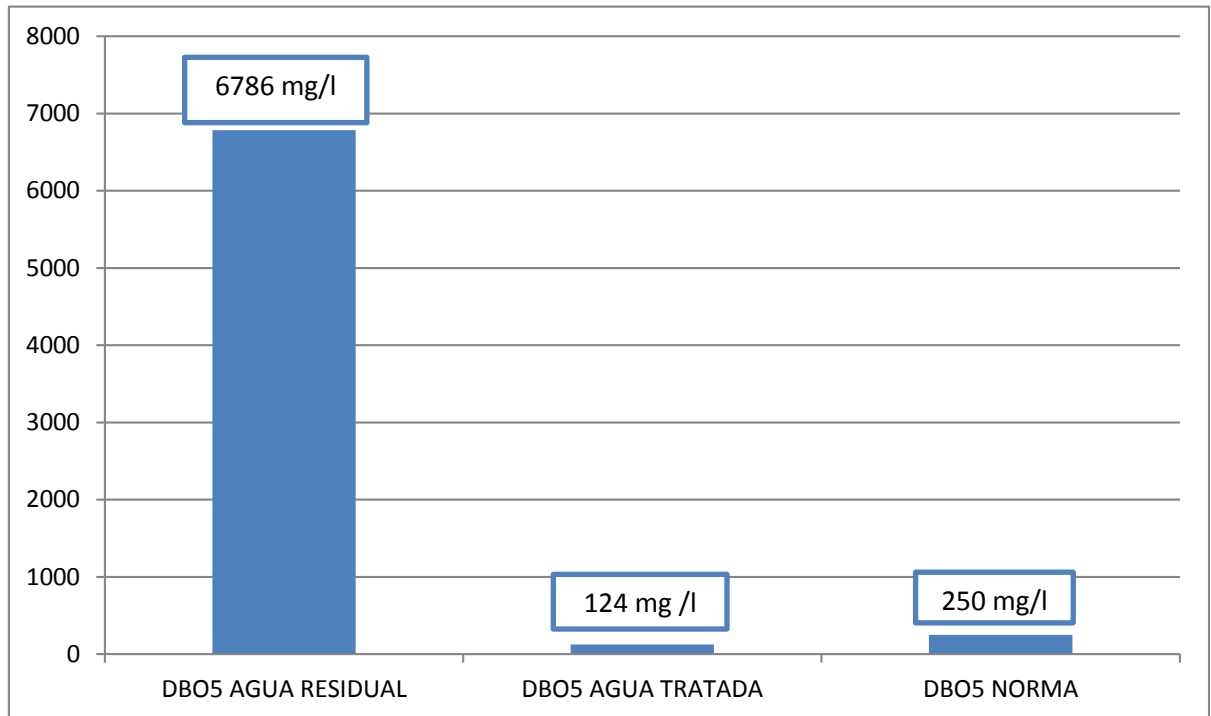
$$\% \text{ de remoción DQO} = \frac{DQO \text{ AGUA RESIDUAL} - DQO \text{ AGUA TRATADA}}{DQO \text{ AGUA RESIDUAL}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción DQO} = \frac{11310 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 152 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{11310 \text{ mg/l}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción DQO} = 99\%$$

## 2.9.2 DBO

Gráfica 2-2: Comparación de los valores de DBO del agua residual, agua tratada y norma



Fuente: María Cristina Guamán, 2016

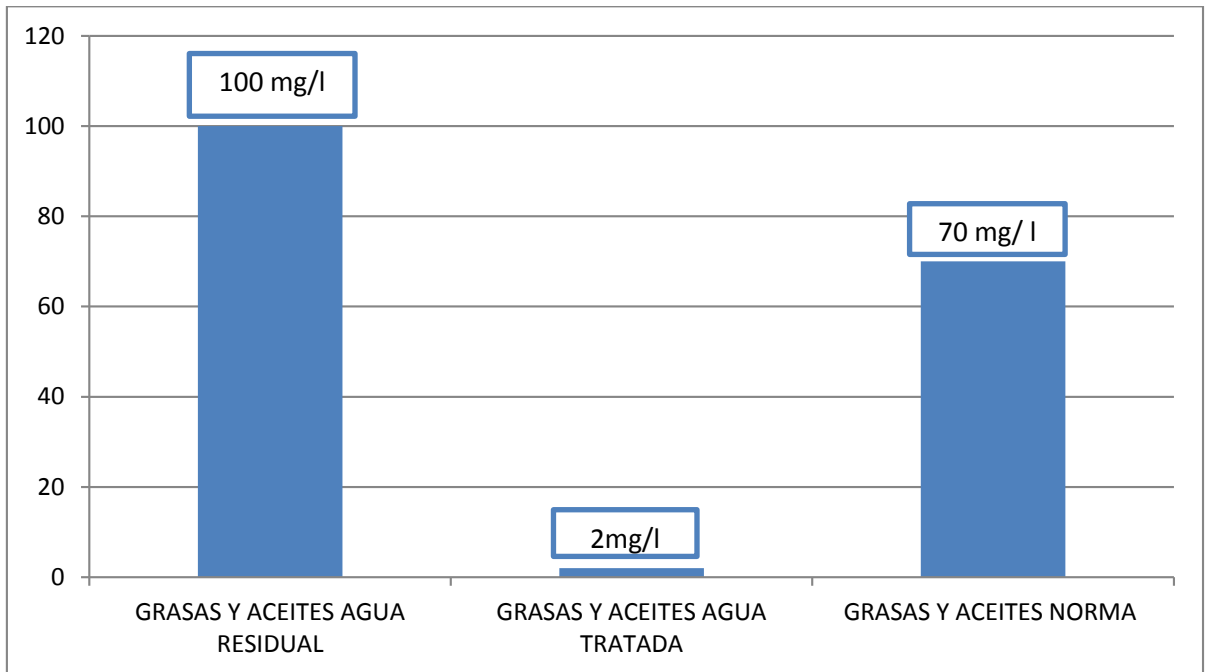
$$\% \text{ de remoción DBO} = \frac{\text{DBO AGUA RESIDUAL} - \text{DBO AGUA TRATADA}}{\text{DBO AGUA RESIDUAL}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción DBO} = \frac{6786 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 124 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{6786 \text{ mg/l}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción DBO} = 98 \%$$

### 2.9.3 Grasas y aceites

**Gráfica 3-2: Comparación de los valores de grasas y aceites del agua residual, agua tratada y norma**



Fuente: María Cristina Guamán, 2016

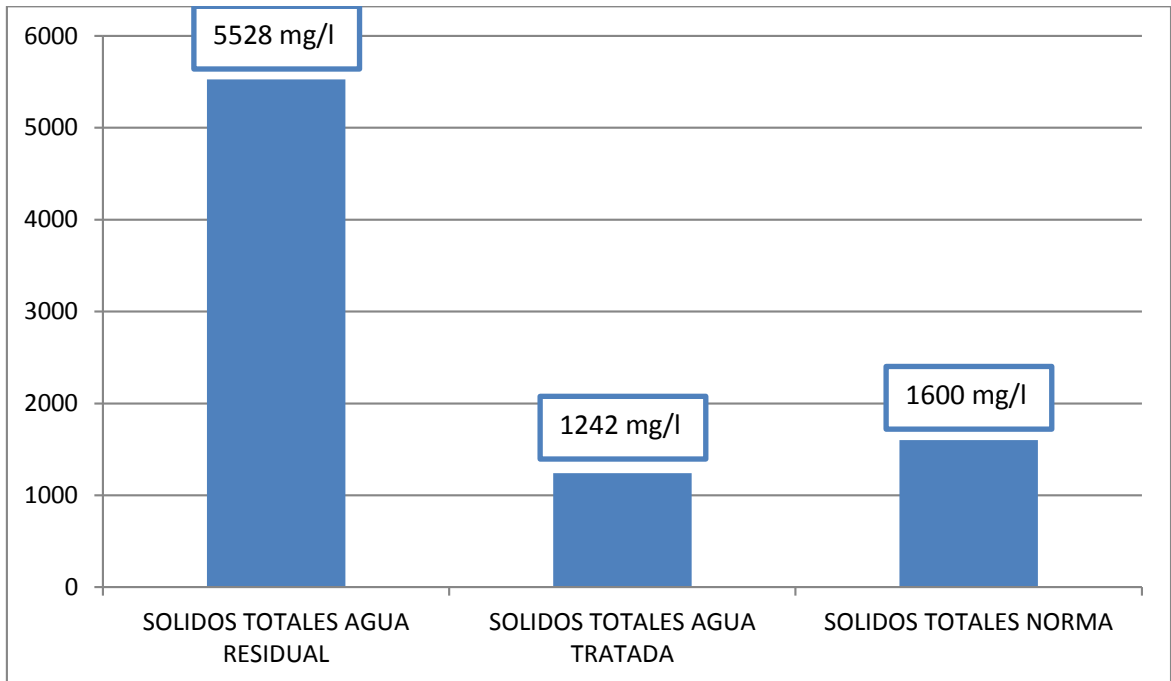
$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{grasas y aceites agua residual} - \text{grasas y aceites agua tratada}}{\text{grasas y aceites agua residual}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{100 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 2 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{100 \text{mg/l}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción} = 98 \%$$

#### 2.9.4 Sólidos totales

**Gráfica 4-2: Comparación de los valores de sólidos totales del agua residual, agua tratada y norma**



Fuente: María Cristina Guamán, 2016

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{sólidos totales agua residual} - \text{sólidos totales agua tratada}}{\text{sólidos totales agua residual}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción} = \frac{5528 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 1242 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{5528 \text{mg/l}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de remoción} = 77\%$$

## CAPITULO III

### 3 CÁLCULOS Y RESULTADOS

#### 3.1 Cálculos de ingeniería

##### 3.1.1 Cálculo del caudal de diseño

El caudal promedio de agua residual que genera la planta es de 0,18 l/s equivalente a 0,65 m<sup>3</sup>/h.

$$Q = \frac{0,18 \text{ l}}{\text{s}} \times \frac{32400 \text{ s}}{9\text{h}} = \frac{5832 \text{ l}}{9\text{h}} = \frac{5,8 \text{ m}^3}{9\text{h}}$$

$$Q = 0,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_D = Q + Q (\text{FM})$$

Dónde:

$Q_D$  = caudal de diseño en m<sup>3</sup>/h

$Q$  = caudal promedio generado diariamente por la fábrica en m<sup>3</sup>/h

FM = factor de mayorización es adimensional

$$Q_D = 0,65 + 0,65 (0,2)$$

$$Q_D = 0,78 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.1.2 Cálculo del volumen de agua residual a tratar por día a partir del caudal de diseño

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

$$V = Q_D t$$

Dónde:

V = volumen de agua residual generado por día en m<sup>3</sup>

Q<sub>D</sub> = Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/h

t = horas de trabajo de la fábrica o jornada laboral en h

$$V = \frac{0,78m^3}{h} \times 9 h$$

$$V = 7.02 \text{ m}^3 = 7020 \text{ litros de agua residual a tratar por día}$$

### 3.1.3 Diseño del tanque homogenizador

#### 3.1.3.1 Cálculo del área del homogenizador

Consideración para el diseño: debido a que el agua residual va a permanecer en el tanque de aireación un tiempo de retención hidráulico de 48 horas es necesario que la capacidad del tanque homogenizador sea el doble; por tanto el volumen a tratar será:

$$V_H = 2V$$



Dónde:

$V_H$  = volumen de agua residual a tratar en el tanque homogenizador en  $m^3$

$V$  = volumen de agua residual generado por día en  $m^3$

$$V_H = 2 (7,02)$$

$$V_H = 14,04 \text{ m}^3$$

Para determinar el área del tanque homogenizador hacemos uso de la ecuación 4-1:

$$V_H = \frac{V_H}{h_H}$$

Dónde:

$A_H$  = área del tanque homogenizador en  $m^2$

$V_H$  = volumen del agua residual a tratar en el homogenizador  $m^3$

$h_H$  = altura del tanque homogenizador en m

$$A_H = \frac{14,04}{2}$$

$$A_H = 7,02 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2 Cálculo del radio

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$r_H = \sqrt{\frac{A_H}{\pi}}$$

Dónde:

$r_H$  = radio del tanque homogenizador (m)

$A_H$  = Área del tanque homogenizador (m)

$$r_H = \sqrt{\frac{7,02}{3,1416}}$$

$$r_H = 1,5 \text{ m}$$

### 3.1.3.3 Cálculo del diámetro

$$\phi_H = 2r$$

Dónde:

$\phi_H$  = diámetro del tanque homogenizador (m)

$$\phi_H = 2(1,5)$$

$$\phi_H = 3 \text{ m}$$

### 3.1.3.4 Cálculo del volumen

$$V_H = \pi r^2 h_H$$

Dónde:

$V_H$  = Volumen de homogenizador. (m<sup>3</sup>)

$r$  = radio del tanque homogenizador (m)

$h_H$  = altura del tanque homogeneizador (m)

$$V_H = \pi (1,5)^2 (2)$$

$$V_H = 14,14 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.5 *Tiempo de retención*

El tiempo necesario para la operación de mezclado dentro del homogenizador es de 20 s según la bibliografía de Metcalf – Eddy , Ingeniería de Aguas Residuales ,1995, Tabla 3-1.

$$T_{rh} = 20 \text{ s}$$

### 3.1.3.6 *Cálculo de la potencia requerida del motor para la operación de mezclado*

$$P_M = G^2 \times \mu V_H$$

Dónde:

$P_M$  = potencia (W)

$G = 250 \text{ s}^{-1}$  valor del gradiente de velocidad tomado de la tabla 1-1

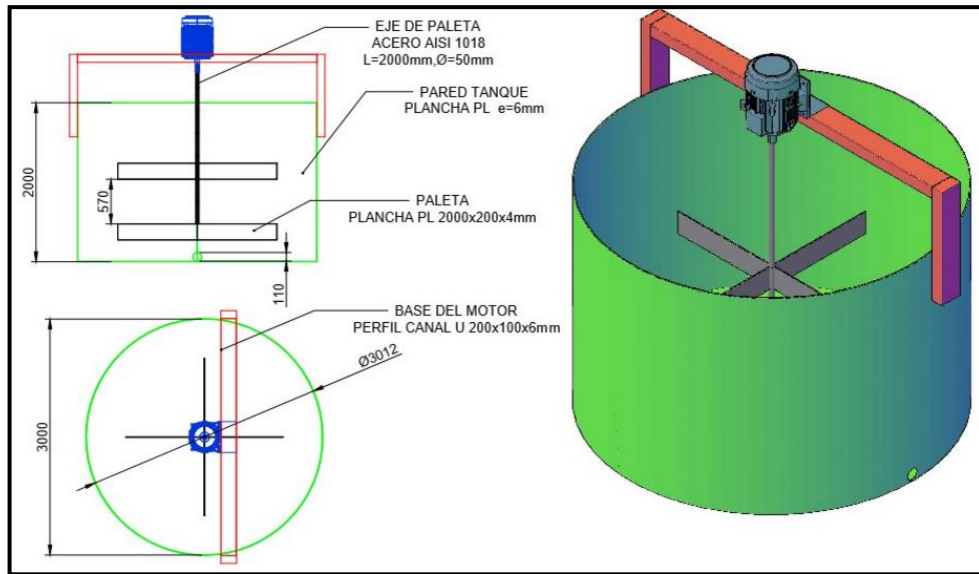
$\mu = 1.102 \times 10^{-3} \text{ (N s/m}^2\text{)}$

$V_H$  = volumen del tanque homogenizador ( $\text{m}^3$ )

$$P = 250^2(1.102 \times 10^{-3}) 14,14$$

$$P = 973,9 \text{ W} \times \frac{1\text{Hp}}{745,7\text{W}}$$

$$P = 1,3 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp}$$



**Figura 26-3:** Dimensiones del tanque homogenizador

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

### 3.1.4 Diseño del tanque de aireación

#### 3.1.4.1 Cálculo de la eficiencia del proceso

$$E_A = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

Dónde:

$E_A$  = Eficiencia

$S_o$  = DBO a la entrada del tanque de aireación en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$S$  = DBO a la salida del tanque de aireación en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$$E_A = \frac{(6.8 - 0.2)}{6.8} \times 100$$

$$E_A = 97 \%$$

### 3.1.4.2 Cálculo del volumen del reactor

$$V_A = \frac{\phi_{rc} * Q * Y * (S_0 - S)}{X(1 + K_d \phi_{rc})}$$

Dónde:

$$\Phi = 3 \text{ días}$$

$$Q = 7,02 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Y = 0,6 \text{ tomado de la tabla 4-1}$$

$S_0$  = DBO a la entrada del tanque de aireación; 6.8 kg/m<sup>3</sup> dato obtenido experimentalmente

$S$  = DBO a la salida del tanque de aireación; 0,2 kg/m<sup>3</sup> dato obtenido experimentalmente

$$K_d = 0,06 \text{ d}^{-1}, \text{ tomado de la tabla 3}$$

$X$  = SSVLM = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (kg/m<sup>3</sup>)

Para determinar SSVLM se sabe que la relación entre los sólidos suspendidos volátiles en el líquido mezcla y sólidos suspendidos del líquido mezcla es 0,8.

$$\frac{SSVLM}{SSLM} = 0,8$$

El valor de los sólidos suspendidos (SSLM) determinados experimentalmente es de: 4.5 Kg/m<sup>3</sup>

Por tanto se tiene:

$$SSVLM = 0,8 (4,5)$$

$$SSVLM = 3,6 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_A = \frac{1 * 7,02 * 0,6 * (6,8 - 0,2)}{3,6(1 + 0,06(1))}$$

$$V_A = 7,3 \text{ m}^3$$

Las dimensiones del tanque de aireación son:

h = 3,6 m altura del agua; fuente Metcalf- Eddy, 1995

hs = 0,3 m altura de seguridad; fuente Metcalf- Eddy, 1995

h<sub>T</sub> = 3,9 m altura total del tanque

l = 1,6 m largo del tanque de aireación

a = 1,3 m ancho del tanque de aireación

#### 3.1.4.3 Cálculo del tiempo de retención hidráulica

Para el tiempo necesario que el agua debe permanecer en tanque de aireación se hace uso de la tabla 6-1; donde el tiempo es de 3 días.

$$T_R = 72 \text{ h}$$

#### 3.1.4.4 Cálculo del requerimiento de oxígeno

$$W_{O_2} = [a(S_0 - S)Q + b * X * V]$$

Dónde:

W<sub>O<sub>2</sub></sub> = Requerimiento de oxígeno, (kgO<sub>2</sub>/d).

a = Fracción de sustrato removido utilizado para la producción de energía (0.3 y 0.63 kgO<sub>2</sub>/kgDBO).

b = Oxígeno necesario para la respiración endógena (0.55 y 0.28 KgO<sub>2</sub>/KgSSV\* d)

$$WO_2 = [0,63(6,8 - 0,2)7,02 + 0,28 * 3,6 * 7,3]$$

$$WO_2 = 36,6 \text{ Kg } O_2/\text{día}$$

### 3.1.4.5 Cálculo de la transferencia de oxígeno a través de los difusores

$$N = N_0 * [\alpha \left( \frac{\beta * C^*_{sw} - C_L}{C_{ST}} \right) * (1.024^{(T-20)})]$$

Dónde:

N = Tasa de transferencia total de oxígeno (KgO<sub>2</sub>/KW\*h).

N<sub>0</sub> = Tasa transferencia de oxígeno en condiciones de referencia (20 °C y oxígeno disuelto igual a cero, 1.5 y 2.0 KgO<sub>2</sub>/KW\*h)

α = Factor de correlación para la transferencia de oxígeno para la purga (0.4 y 0.8)

β = Factor de correlación para la salida y tensión superficial (0.9 y 0.98)

C<sub>L</sub> = Concentración de oxígeno disuelto (según Aceirvala 1937 y Mara 1376 es de 0.5 a 2.0 mg/L)

C<sup>\*</sup><sub>sw</sub> = concentración media de saturación de oxígeno disuelto en el agua pura en un tanque de aireación a una temperatura y altura (mg/L).

$$N = 2 * [0,8 \left( \frac{0,98 * 6 - 2}{9,17} \right) * (1.024^{(18-20)})]$$

$$N = 0,64 \text{ kg } \frac{O_2}{KW h}$$

### 3.1.4.6 Cálculo de la cantidad aire requerido

$$A_{Req} = \frac{Q * DBO}{\%O_2 \text{ en el aire} * E * \rho_{aire}}$$

Dónde:

$A_{Req}$  = Aire requerido, (Kg/d)

E = Eficiencia de difusión

$\rho_{aire}$  = densidad del aire

$$A_{Req} = \frac{7,02 * 6,8}{0,231 * 0,9 * 1,2}$$

$$A_{Req} = 191.2 \text{ Kg/d}$$

### 3.1.4.7 Cálculo de la potencia

$$P_w = \frac{W O_2}{24 * N}$$

Dónde:

$P_w$  = Potencia total requerida KW

$W O_2$  = Requerimiento de oxígeno

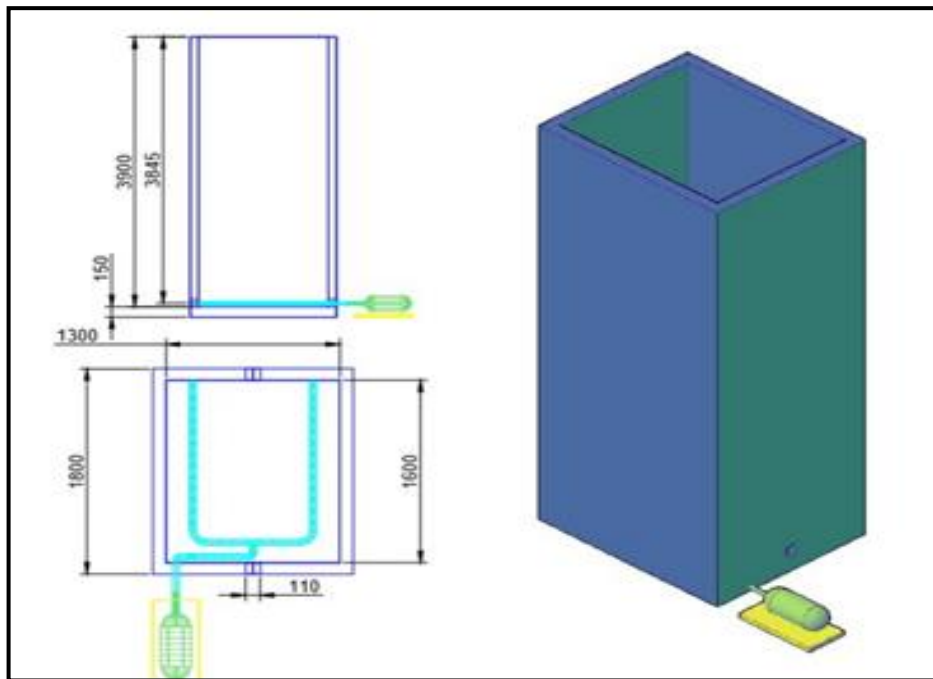
N = Tasa de transferencia total de oxígeno (KgO<sub>2</sub>/ kw\*h)



$$P_w = \frac{36,6}{24 * 0,64}$$

$$P_w = 2,4 \text{ KW} * \frac{1,341\text{HP}}{1\text{KW}}$$

$$P_w = 3,2 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp}$$

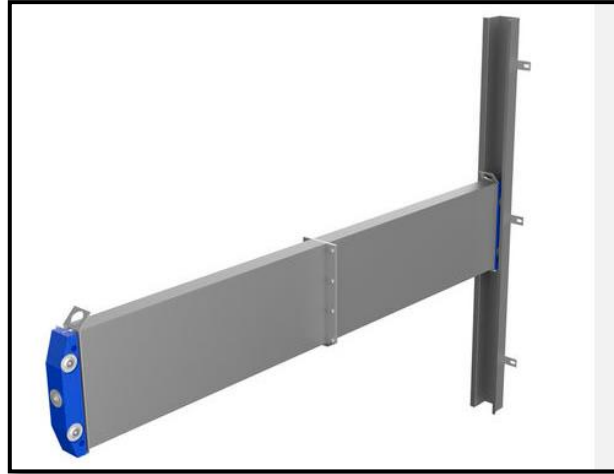


**Figura 27-3:** Dimensiones del tanque de aireación

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

#### 3.1.4.8 Sistema de barrido de espumas para el proceso de aireación

El sistema de barrido de espumas es importante para eliminar las espumas generadas durante la aireación del agua residual; dicho sistema constará de un rascador móvil colocado a lo largo del tanque de aireación que ira retirando la espuma sobrenadante en la superficie del agua. La dimensión del brazo del rascador será de 1,3 m de ancho.



**Figura 28-3:** Rascador para eliminar espumas en tanque de aireación  
**Fuente:** <http://www.directindustry.es>

### 3.1.5 *Diseño del tanque de sedimentación*

#### 3.1.5.1 *Cálculo del área de sedimentador*

Para calcular el área del sedimentador hacemos usos de la ecuación 18-1:

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

Dónde:

$C_S$  = carga de superficie ( $m^3/m^2 h$ )

$A_S$  = Área superficial del tanque, ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal de agua residual, ( $m^3/h$ )

$$A_S = \frac{0,78}{0,42}$$

$$A_S = 1,9 \text{ m}^2$$

### 3.1.5.2 Cálculo del radio del sedimentador

$$r_s = \sqrt{\frac{A_s}{\pi}}$$

Dónde:

$r_s$  = radio del sedimentador, (m).

$A_s$  = Área del sedimentador, (m<sup>2</sup>)

$$r_s = \sqrt{\frac{1,9}{\pi}}$$

$$r_s = 0,8 \text{ m}$$

### 3.1.5.3 Cálculo del diámetro de sedimentador

$$\phi_s = 2 r$$

Dónde:

$\phi_s$  = diámetro del sedimentador circular (m)

$r$  = radio del sedimentador circular (m)

$$\phi_s = 2(0,8)$$

$$\phi_s = 1,6 \text{ m}$$

### 3.1.5.4 Cálculo del volumen del sedimentador

- *Cálculo del volumen de la parte cilíndrica*

$$V_{SC} = \pi r^2 h_s$$

Dónde:

$V_{SC}$  = Volumen del tanque sedimentador parte cilíndrica ( $m^3$ )

$r$  = radio del tanque sedimentador (m)

$h_s$  = altura del tanque sedimentador (m)

$$V_{SC} = 3,1416 (0,8)^2 3,6$$

$$V_{SC} = 7,2 m^3$$

- *Cálculo del volumen de la parte cónica*

Para un ángulo de 45 grados con la horizontal y un radio de 0,8 m se tiene una altura de 0,8 m por tanto el volumen será:

$$V_C = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

$$V_C = \frac{3,1416 (0,8)^2 (0,8)}{3}$$

$$V_C = 0,5 m^3$$

Por tanto el volumen total del sedimentador será:

$$V_{\text{TOTAL S}} = V_{\text{SC}} + V_{\text{C}}$$

Dónde:

$V_{\text{SC}}$  = volumen del sedimentador parte cilíndrica

$V_{\text{C}}$  = volumen del sedimentador parte cónica

$V_{\text{TOTAL S}}$  = volumen total del sedimentador

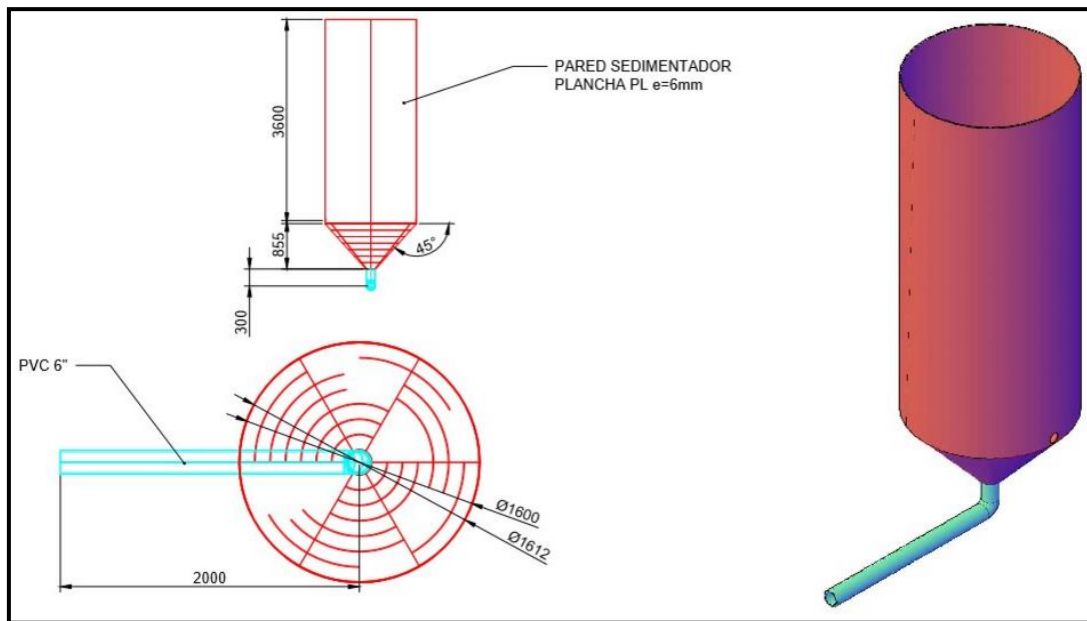
$$V_{\text{TOTAL S}} = 7,2 + 0,5$$

$$V_{\text{TOTAL S}} = 7,7 \text{ m}^3$$

#### 3.1.5.5 *Tiempo de retención hidráulica*

$$T_{\text{rh}} = 2 \text{ h}$$

El tiempo necesario para que las partículas sedimenten y se depositen en el fondo del tanque será de 2 horas tomado de la tabla 8-1 del libro de Aurelio Hernández página 98.



**Figura 29-3:** Dimensiones del tanque de aireación

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

### 3.1.6 Diseño de las eras de secado

Consideración: luego el realizar el proceso de aireación se realizó ensayos de sedimentación en el cono Imhoff en donde se determinó que por cada litro de agua aireada se generan 15 ml de lodos. Por tanto el volumen de lodos generados al día es:

$$\frac{15 \text{ ml lodos}}{1 \text{ L AR}} \times \frac{7020 \text{ l AR}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 105 \text{ litros de lodos al día}$$

Para dimensionar las eras de secado se toma en cuenta que el área de secado debe ser grande para que la transferencia de calor se efectuó de mejor manera y el agua presente en los lodos se evapore con mayor rapidez. Por tanto las dimensiones de la era de secado serán:

$$l = 3 \text{ m}$$

$$a = 1,5 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

El área de secado es de:

$$A_s = l a$$

Dónde:

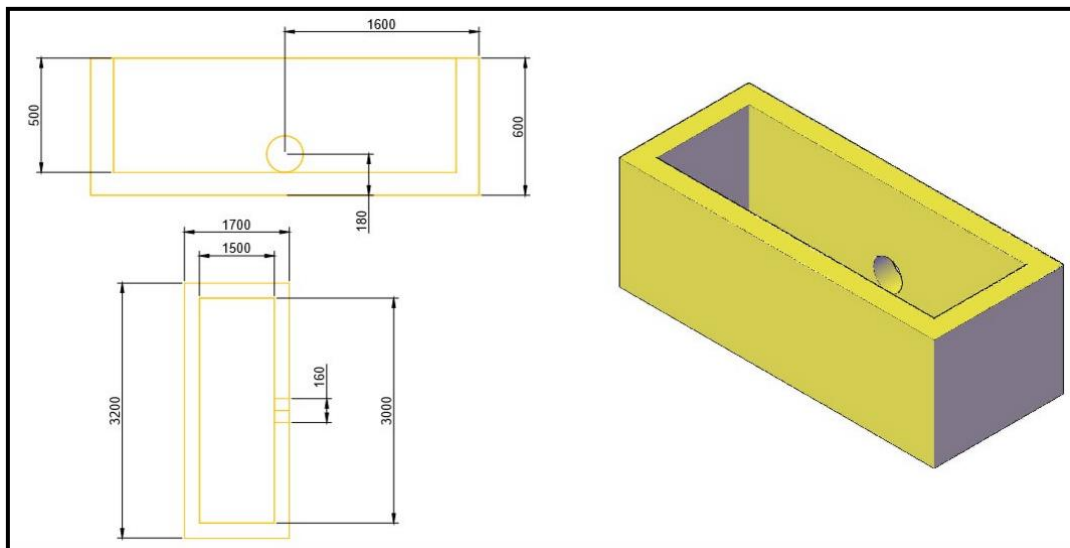
$l$  = largo de la era de secado (m)

$a$  = ancho de la era de secado (m)

$$A_s = (3) (1,5)$$

$$A_s = 4,5 \text{ m}^2$$

Sobre el área de  $4,5 \text{ m}^2$  se dispondrá una capa grava, arena y ladrillo para que los 105 litros de lodos que salen de la unidad de sedimentación se sequen con mayor rapidez ya que dichas capas sirven como medio filtrante. Una vez que el contenido de humedad sea el adecuado en los lodos; éstos pueden ser utilizados como abono en pastos y bosques por su alto contenido en materia orgánica que sirve de nutrientes para el suelo.



**Figura 30-3:** Dimensiones de la era de secado

**Fuente:** María Cristina Guamán, 2016

### 3.1.7 Tuberías y accesorios del sistema

#### 3.1.7.1 Tuberías

Para determinar la longitud de tubería lisa se tomó en consideración el área física de donde se construirá la misma; así como la disposición de la planta de tratamiento. La tubería será de PVC ya que es adecuada para el transporte de agua de tipo potable y residual y en cuanto a costos es económica.

#### 3.1.7.2 Accesorios

Dentro de los accesorios a utilizar están principalmente codos de 90 grados, válvulas de compuerta y uniones; el material de los mismos es de PVC.

### 3.2 Resultados obtenidos en el dimensionamiento de los procesos de tratamiento de la planta de tratamiento

#### 3.2.1 Tanque homogenizador

Tabla 16-3: Resultados obtenidos en el dimensionamiento del tanque homogenizador

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultado
Volumen	$V_H$	$m^3$	14,14
Área	$A_H$	$m^2$	7,02
Radio	$R_H$	m	1,5
Diámetro	$D_H$	m	3
Altura	$H_H$	m	2
Potencia requerida para el mezclado	$P_M$	hp	1
Tiempo de retención	$T_r$	s	20

Fuente: María Cristina Guamán, 2016



### 3.2.2 Tanque de aireación

**Tabla 17-3: Resultados obtenidos en el dimensionamiento del tanque de aireación**

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultado
<b>Eficiencia</b>	$E_A$	%	95
<b>Volumen</b>	$V_A$	$m^3$	7,3
<b>Largo</b>	L	m	1,6
<b>Ancho</b>	A	m	1,3
<b>Altura</b>	$H_A$	m	3,6
<b>Potencia del compresor</b>	$P_w$	hp	3
<b>Tiempo de retención</b>	Trh	h	72

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

### 3.2.3 Tanque de sedimentación

**Tabla 18-3: Resultados obtenidos en el dimensionamiento del tanque sedimentador**

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultado
<b>Área</b>	$A_S$	$m^2$	1,9
<b>Radio</b>	$r_S$	m	0,8
<b>Diámetro</b>	$\emptyset_S$	m	1,6
<b>Altura</b>	$h_S$	m	3,6
<b>Volumen de la parte cilíndrica</b>	$V_{cs}$	$m^3$	7,2
<b>Volumen de la parte cónica</b>	$V_c$	$m^3$	0,5
<b>Volumen total</b>	$V_T$	$m^3$	7,7
<b>Tiempo de retención</b>	Trh	h	2

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

### 3.2.4 Eras de secado

Tabla 19-3: Resultados obtenidos en el dimensionamiento de la era de secado

Parámetros	Simbología	Unidad	Resultado
Volumen	V	m <sup>3</sup>	2,25
Área de secado	A	m <sup>2</sup>	4,5
Ancho	A	m	1,5
Largo	L	m	3
Altura	H	m	0,5

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

### 3.2.5 Tipos de materiales utilizados en las unidades de tratamiento y tuberías y accesorios

#### 3.2.5.1 Unidades de tratamiento

Tabla 20-3: Tipo de material utilizado en los componentes principales de la planta de tratamiento

Equipos	Material
Tanque homogenizador	Hormigón armado
Tanque de aireación	Hormigón armado
Tanque de sedimentación	Hormigón armado
Eras de secado	Hormigón armado

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

### 3.2.5.2 Tuberías y accesorios

**Tabla 21-3: Descripción de la tubería utilizada en la planta de tratamiento del agua residual**

	Diámetro	Material	Longitud	Descripción
<b>Tuberías</b>	4 pulgadas	PVC	22 m	Se la utilizará para el transporte del agua residual desde la caja de retención hasta cada una de las unidades de tratamiento hasta la salida del agua tratada al sistema de alcantarillado
	6 pulgadas	PCV	2 m	Se la utilizará para el transporte de los lodos generados en el tanque de sedimentación hacia las eras de secado
	1 pulgada	PVC	2 m	Se la utilizará para el transporte del aire desde el compresor hacia los difusores en el tanque de aireación

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

**Tabla 22-3: Accesorios utilizados en la planta de tratamiento de agua residual**

Accesorio	Cantidad	Material	Descripción
Codo de desagüe 4 "	1	PVC	Se utilizan para cambiar la dirección del agua del agua residual en el momento que se requiere
Codo de desagua 6 "	1	PVC	
Codo de desagüe 1 "	4	PVC	
Te desagüe 1 "	1	PVC	Se utiliza para la distribución del aire hacia los dos difusores ubicados en el tanque de aireación
Unión Gibault 6 "	2	PVC	Se utiliza para unir la válvula que se

asimétrica			encuentra ubicada a la salida de los lodos
Unión Gibault 4 " asimétrica	8	PVC	Se utiliza para unir las válvulas de compuerta en la línea de tubería que transportan el agua residual
Válvula de compuerta de 4 "	4	PVC	Se utiliza con la finalidad de abrir y cerrar el paso del agua residual a cada una de las unidades de tratamiento
Válvula de compuerta de 6 "	1	PVC	Se utiliza para la descarga de los lodos hacia las eras de secados

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

**Tabla 23-3: Otros componentes que forman parte de la planta de tratamiento**

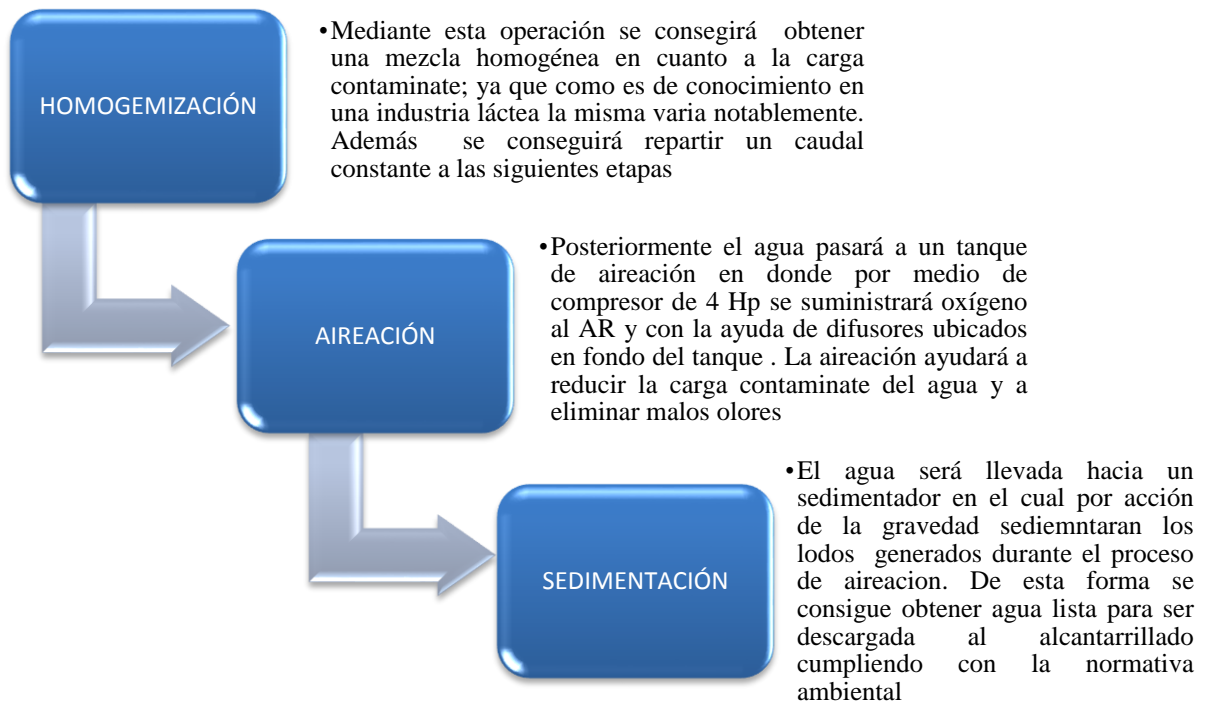
Componente	Material	Descripción
Difusores	Mixto que consisten en granos de corindón aglomerados con cemento plástico	Difusor poroso, tubular con perforaciones de 5 mm de diámetro y separación de 30 cm entre cada orificio; ubicados a 3,6 m de profundidad en el tanque de aireación
Mezclador	Acero inoxidable	Se utiliza en el tanque homogenizador para la operación de mezclado
Motor		1 hp de potencia , utilizado para accionar el mezclador o paletas
Compresor		3 hp de potencia, utilizado para la transferencia de aire hacia los difusores ubicados en el fondo del tanque de aireación

Fuente: María Cristina Guamán, 2016

### 3.3 Propuesta

En base a los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual se seleccionó el tratamiento idóneo para reducir la carga contaminante presente en el agua. La propuesta de la planta de tratamiento que se presenta a la empresa PROALIM consiste en un sistema de tratamiento que prescinde de un sistema de rejillas puesto que dentro de la fábrica se cuenta con un adecuado manejo de residuos sólidos y el agua residual en la descarga está libre de los mismos.

Por tanto la propuesta que se presenta consiste en un tanque homogenizador, un tanque de aireación y un tanque sedimentador; la planta de tratamiento será dispuesta en un terreno de 600 m<sup>2</sup> de superficie.



Finalmente los lodos generados en el tanque de sedimentación serán dispuestos en un era de secado de 4,5 m<sup>2</sup> de área en donde se eliminará la mayor cantidad de agua al ser expuestos a la temperatura del ambiente y también sobre la era de secado estarán colocadas una capa de grava, arena y ladrillos que ayudarán a que el agua se filtre y con ello los lodos se sequen más rápido.

### 3.4 Presupuesto

**TABLA 24-3: PRESUPUESTO GENERAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM**

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>INVERSIÓN FIJA</b>						
A	1	DESBROCE Y LIMPIEZA	m2	60	1,5	90
	2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	31	1,05	32,89
	3	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	6	9,74	58,44
	4	DESALOJO A MAQUINA. EQUIPO: VOLQUETA	m3	6	5,61	33,66
	6	REPLANTILLO DE H.S 140 Kg/CM2, e=6cm	m3	3	142,1	436,25
	7	HORMIGON SIMPLE FC = 210 KG/CM2.	m3	14	140,59	1978,10
	8	ACERO DE REFUERZO F'Y =4200 KG/CM2.	kg	700	1,96	1372
	9	LADRILLO MAMBRON (PROVISION Y MONTAJE)	u	1000	0,43	430
	10	ALISADO INTERIOR CON PIEDRA CARBORUNDO	m2	38	4,3	163,4
	11	ALISADO DE PISOS (MORTERO 1:3, E = 1.5 CM)	m2	11	8,05	91,85
	12	ALISADO EXTERIOR (MORTERO 1:3, E = 1.5 CM, INCLUYEN ANDAMIOS)	m2	17	7,97	137,64
	13	ESCALONES D =16 mm	u	25	5	125
	14	ARENA PARA ERA DE SECADO (MATERIAL, TRANSPORTE E INSTALACION DE ACUERDO A DISEÑO)	m3	1	20,8	20,8
	15	GRAVA PARA ERA DE SECADO DP=25 mm (MATERIAL, TRANSPORTE E INSTALACION DE ACUERDO A DISEÑO)	m3	1	18,8	18,8
	16	CODO DESAGÜE DE PVC DE 4" 90G	u	1	5,85	5,85
	17	CODO DESAGÜE DE PVC DE 6" 90G	u	1	6,5	6,5
	18	CODO DESAGÜE DE PVC DE 1" 90G	u	4	3,25	13
	19	TEE DESAGÜE DE PVC DE 1"	u	1	2,5	2,5
	20	VÁLVULAS DE COMPUERTA DE 110mm, 4"	u	4	16	64
	21	VÁLVULAS DE COMPUERTA DE 150 mm,6"	u	1	4,5	4,5
	22	UNIÓN GIBAULT 6" ASIMETRICA	u	2	3,7	7,4
	23	UNIÓN GIBAULT 4" ASIMETRICA	u	4	4,2	16,8
	24	TUBERIA DE PVC 4" 0.63 MPa EC	m	22	2,25	49,5
	25	TUBERIA DE PVC 6" 0.63 MPa EC	m	2	3,5	7
	26	TUBERIA DE PVC 1" 0.63 MPa EC	m	2	1,75	3,5
	27	DIFUSOR	m	3	10	30
	28	MEXCLADORES	u	1	27	27
	29	COMPRESOR 3HP	u	1	350	350
	30	MOTOR 1HP	u	1	120	120
	31	PUERTA METALICA	u	1	300	300
	32	PUERTA DE MADERA	u	1	150	150
	33	PINTURA LATEX	m2	75	3,2	150
<b>SUBTOTAL A :</b>						<b>6313,1767</b>
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>						
B	34	OPERARIO (MANTENIMIENTO CADA SEIS MESES)	U	1	366	366
	35	ENERGIA ELECTRICA	KW/mes	2880	0,093	267,84
	36	AGUA POTABLE	m3/mes	12	0,46	5,52
	37	EQUIPO DE SEGURIDAD (SE ASIGNARA DOS VECES AL AÑO)	U	1	150	150
	38	HERRAMIENTA MENOR Y OTROS	U	2	20	40
<b>SUBTOTAL B:</b>						<b>829,36</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (A+B)</b>						<b>7.142,54</b>
<b>IMPREVISTOS %</b>				<b>8%</b>	<b>571,40</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>						<b>7.713,94</b>

### **3.5 Análisis y discusión**

Una vez que se realizó la caracterización física, química y microbiológica del agua residual se conoció que los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles para descarga al alcantarillado público son : Demanda química de oxígeno ( DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno ( DBO) , grasas y aceites , sólidos totales cuyos valores los podemos encontrar en la tabla 10-2; posteriormente se efectuó un tratamiento de aireación que es un proceso biológico que reduce la carga contaminante con la ayuda de microorganismos que son los encargados de llevar a cabo el proceso de degradación de la materia orgánica y descontaminar el agua . Mediante el proceso de aireación, complementado con un proceso de sedimentación se consiguió obtener una remoción del 99% de la carga contaminante y ajustar los parámetros que se encontraban fuera de norma a los límites permisibles para descarga al sistema de alcantarillado público; los resultados se pueden ver en la Tabla 13-2.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa PROALIM de la ciudad de Riobamba, con lo que se conseguirá cumplir con la normativa ambiental y descargar agua que cumpla con los parámetros exigidos para descarga al sistema de alcantarillado público.
- Se conoció las condiciones actuales de la empresa en base a visitas realizadas, en donde se pudo conocer que la empresa descarga directamente el agua residual al sistema de alcantarillado debido a que no posee una planta de tratamiento para el agua residual.
- Se determinó las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual de la empresa PROALIM mediante ensayos de laboratorio; con lo cual se conoció el grado de contaminación del agua residual y los parámetros que se encuentran fuera de norma como son: sólidos totales, DQO, DBO, grasas y aceites con valores de 5528 mg/l, 11310 mg/l, 6786 mg/l, 100 mg /l respectivamente.
- Se seleccionó el sistema de tratamiento más adecuado en base a las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual; el mismo consiste en un tratamiento biológico y se suministrará oxígeno por medio de difusores con lo cual los microorganismos presentes en el agua conseguirán reducir la carga contaminante existente en la misma ; posteriormente el agua pasará a un tanque de sedimentación en donde los lodos generados en el proceso anterior se depositarán en el fondo del tanque por acción de la gravedad; mediante el sistema de tratamiento propuesto se conseguirá una remoción de la materia orgánica 99 %.
- Se validó el tratamiento propuesto mediante la caracterización del agua tratada y se constató que los parámetros que se encontraban fuera de norma fueron ajustados a los límites máximos permisibles para descarga al alcantarillado público citados en el TULSMA, libro VI, anexo I, recurso agua, tabla 9.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa PROALIM implementar el sistema de tratamiento de agua residual para de esta manera cumplir con la normativa ambiental y ajustar los parámetros que se encuentran fuera a los citados en el TULSMA, libro VI, anexo I, tabla 11 y evitar sanciones.
- Se recomienda que en la etapa de aireación se implemente un sistema de barrido de espumas para evitar riesgos al trabajador ya que las mismas son resbaladizas una vez ubicadas en el piso o como otra opción es añadir antiespumantes al agua.
- Se recomienda colocar un filtro antes del compresor en la etapa de aireación debido a que el diámetro de burbuja es fina y evitar incrustaciones por impurezas presentes en el aire.
- Se recomienda como medida de precaución colocar un sistema de mallas en la caja de retención a la salida del agua residual para que en caso de existir la presencia de residuos queden retenidos sobre la malla.
- Se recomienda que durante la operación de la planta de tratamiento de agua residual se consideren los tiempos de retención determinados para cada unidad de tratamiento con la finalidad que se consiga ajustar los parámetros que se encuentran fuera de norma a los límites permisibles para descargar al alcantarillado.
- Se recomienda hacer la adquisición de un tanque de oxígeno para minimizar el consumo de energía en el compresor.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARBOLEDA J.**, *Teoría y Práctica de Purificación de Agua*, 3ra. ed, Bogotá-Colombia, Editorial Mc. Graw-Hill, 2000, pp. 160-168.

**CRITES-TCHOBANOGLIOUS.**, *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*, 2da. ed. Bogotá-Colombia, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, 2000, pp. 33-67, 300-333.

**FAIR-GEYER.**, *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales, Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales*, 2da. ed, México DF-México , Editorial Limusa, 1994, pp. 76-85.

**METCALF-EDDY.**, *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización*, 3ra. ed. Madrid-España, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, 1995, pp. 228, 508-520, 550-680.

**RAMALHO, R.**, *Tratamiento de Aguas Residuales*, 2da. ed. Quebec – Canadá, Editorial Reverte S.A, 1993, pp. 92, 146, 147.

**RIGOLA PEÑA, M.**, *Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Procesos y Residuales*, Barcelona-España. Editorial Marcombo S.A, 2005, pp. 118.-148

**ROMERO, J.**, *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño*, 3ra. Ed. Bogotá-Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004, pp. 129.

**TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA).**, Quito – Ecuador, 2015,MAE, Libro VI, Anexo I, Tabla 9.

## **ANEXO A: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA**

### **TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULAS).**

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Criterios generales para la descarga de efluentes

#### **Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua**

- El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.
- En las tablas # 11, 12 y 13 de la presente norma, se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.
- Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

- Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.
- Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.
- Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.
- Para el caso de los pesticidas, si el efluente después del tratamiento convencional y previa descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, no cumple con los parámetros de descarga establecidos en la presente normativa (Tablas 11, 12 y 13), deberá aplicarse un tratamiento avanzado.
- Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir. .
- Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

- Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.
- Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.
- Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.
- Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburífero.
- El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control. La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero.

El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

- Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los rangos y límites establecidos en las normas de descargas a un cuerpo de agua.

- De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. La Entidad Ambiental de Control dictará la guía técnica de los parámetros mínimos de descarga a analizarse o monitorearse, que deberá cumplir todo regulado. La expedición de la guía técnica deberá darse en un plazo máximo de un mes después de la publicación de la presente norma. Hasta la expedición de la guía técnica es responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control determinar los parámetros de las descargas que debe monitorear el regulado.
- Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones vigentes en el Código de Policía Marítima y los convenios internacionales establecidos, sin embargo, una vez que los residuos sean evacuados a tierra, la Entidad Ambiental de Control podrá ser el Municipio o Consejo Provincial, si tiene transferida competencias ambientales que incluyan la prevención y control de la contaminación, caso contrario seguirá siendo la Dirección General de la Marina Mercante.

La Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER) fijará las normas de descarga para el caso contemplado en este artículo, guardando siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva con respecto a la presente Norma. DIGMER será la Entidad Ambiental de Control para embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre.

- Los regulados que amplíen o modifiquen su producción, actualizarán la información entregada a la Entidad de Control de manera inmediata, y serán considerados como regulados nuevos con respecto al control de las descargas que correspondan al grado de ampliación y deberán obtener las autorizaciones administrativas correspondientes.
- La Entidad Ambiental de Control establecerá los parámetros a ser regulados para cada tipo de actividad económica, especificando La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles

fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

- Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión.
- Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de potabilización de agua y de tratamiento de desechos y otras tales como residuos del área de la construcción, cenizas, cachaza, bagazo, o cualquier tipo de desecho doméstico o industrial, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales secos o no, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los desechos sólidos no peligrosos.

#### Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

- Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:
  - a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
  - b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
  - c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
  - d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.

e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

- El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

- Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación

**TABLA 1.** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0



<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0,1

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	250

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Oxígeno (5 días)			
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	VISIBLE		AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	Ph		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0,1

- Los responsables (propietario y operador) de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de descarga contenidas en esta Norma. Si el propietario (parcial o total) o el operador del sistema de alcantarillado es un municipio, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

# ANEXO B Análisis del Agua Residual Laboratorio de la UNACH



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 093 - 15

### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Srta. Maria Cristina Guamán **INFORME N°:** 093 - 15  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 093 - 15  
**DIRECCIÓN:** Venezuela y Juan Montalvo **FECHA DE RECEPCIÓN:** 04 - 11 - 15  
**TELÉFONO:** 0992963748 **FECHA DE INFORME:** 11 - 11 - 15

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1 Agua Residual, Industria Láctea **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 224 - 15 **Agua**

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 224-15

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODOS/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	1032	± 8 %	04 - 11 - 15
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	6450	± 8 %	04 - 11 - 15
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	2220	N/A	04 - 11 - 15
* Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	4.3	N/A	04 - 11 - 15
* Cloratos	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod	57.99	N/A	04 - 11 - 15
* Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /l	STANDARD METHODS 2320 - B	48	N/A	04 - 11 - 15
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 - B	4680	N/A	04 - 11 - 15
DDO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	6420	± 10 %	04 - 11 - 15

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.

  
 Dr. Juan Carlos Lara R.  
 TÉCNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a los métodos analizados.  
 - Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.  
 - Se permite la reproducción parcial de este informe en la asociación del laboratorio.

FMC2101-01

# ANEXO C Análisis del Agua Tratada Laboratorio de la UNACH



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el DAE con acreditación No. DAE LE C 12-006

Nº SE: 115 - 15

### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Srta. Maria Cristina Guamán **INFORME Nº:** 115 - 15  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 115 - 15  
**DIRECCIÓN:** Venezuela y Juan Montalvo  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 30 - 11 - 15  
**TELÉFONO:** 0992983748 **FECHA DE INFORME:** 07 - 12 - 15

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 1 Agua Residual Tratada, Industria Láctea **TIPO DE MUESTRA:**  
**IDENTIFICACIÓN:** MA - 321 -15 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 321-15

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	WKF(2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	STANDARD METHODS 4500 - H B	7.81	+/- 0.08	30 - 11 - 15
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	1053	+/- 8 %	30 - 11 - 15
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	1242	+/- 6 %	30 - 11 - 15
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	7.72	N/A	30 - 11 - 15
* Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	741	N/A	30 - 11 - 15
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E mod	56.58	N/A	30 - 11 - 15
* Alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /l	STANDARD METHODS 2320 - B	436	N/A	30 - 11 - 15
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 - B	124	N/A	30 - 11 - 15
DOO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	152	+/- 10 %	30 - 11 - 15

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, APWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
 TÉCNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a (s) los muestra(s) analizada(s).  
 - Los errores señalados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del DAE.  
 - Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO D Análisis del Agua Residual en el CESTA de grasas aceites y coliformes fecales.

 <p><b>CESTA</b> SGC</p>	<p align="center"><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p align="center">DEPARTAMENTO : <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTA)</b></p> <p align="center">Paseo Meritans Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013003</p>	 <p>Servicio de <b>Acreditación Ecuatoriana</b></p> <p>Acreditación N° GAE LE 20 08-008 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b></p>
---	---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 103  
**ST:** 072-16 ANÁLISIS DE AGUAS  
**Nombre Peticionario:** PROALIM  
**Atn:** María Cristina Guzmán Padilla  
**Dirección:** Venezuela 29-57 y Juan Montalvo  
 Riobamba - Chimborazo

**FECHA:** 03 de Febrero del 2016  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2016/01/25 - 15:30  
**FECHA DE MUESTREO:** 2016/01/25 - 14:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2016/01/25 - 2016/02/03  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual  
**CÓDIGO LABCESTA:** LAB-A-097-16  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** MCGPFI  
**PUNTO DE MUESTREO:** Caja de retención  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico - Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Cristina Guzmán  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	>100	±1%	70,0
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 mL	30000	±20%	-

**OBSERVACIONES:**

- Muestra recibida en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Sistema Acueducto Ministerial No. 061. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Solicitado por el cliente.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
**Dr. MERICIO ALVAREZ**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTA  
 ESPOCH

ANEXO E Análisis del Agua Tratada en el CESTA de grasas aceites y coliformes fecales.

	<p align="center"><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p align="center">DEPARTAMENTO : <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</b></p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 N. ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOHAMBA - ECUADOR Teléfono: (05) 3012985</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° DAE LE 20 95-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No: 103  
 ST: 072-16 ANÁLISIS DE AGUAS  
 Nombre Peticionario: PROALIM  
 Añ: María Cristina Guzmán Padilla  
 Dirección: Venezuela 29-57 y Juan Montalvo  
 Riobamba - Chimborazo

FECHA: 03 de Febrero del 2016  
 NUMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/01/25 - 15:30  
 FECHA DE MUESTREO: 2016/01/25 - 14:00  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2016/01/25 - 2016/02/03  
 TIPO DE MUESTRA: Agua residual  
 CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 098 -16  
 CÓDIGO DE LA EMPRESA: MCGP2  
 PUNTO DE MUESTREO: Agua tratada laboratorio  
 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico - Químico  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Cristina Guzmán  
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (h=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	+30%	N/D
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222 I	UPC/100 mL	<1	+20%	-

**OBSERVACIONES:**

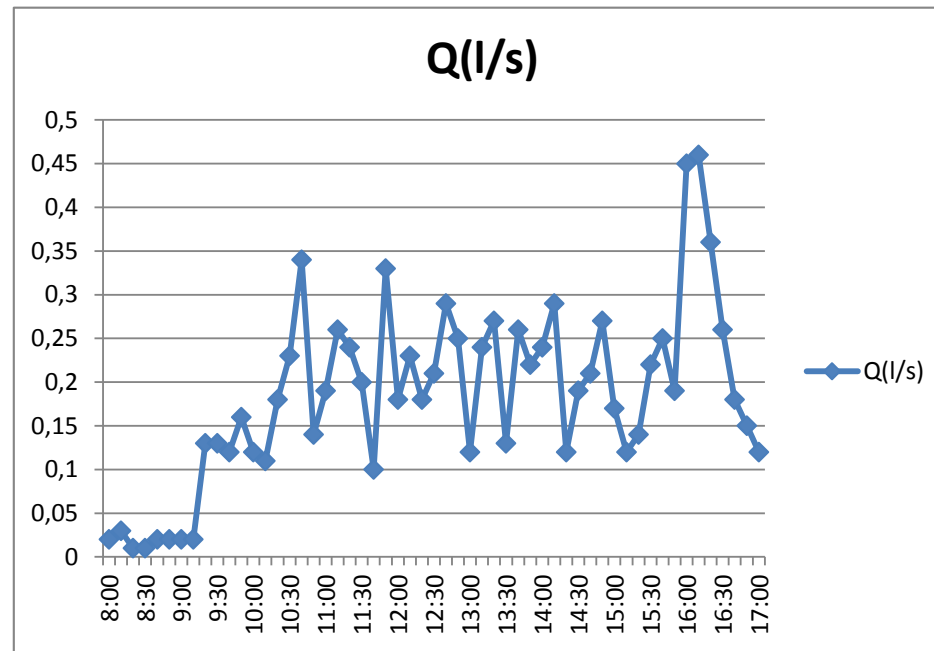
- Muestra recolectada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla B del Tabm. Acuerdo Ministerial No. 061. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Solicitado por el cliente.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
 Dr. María Guzmán  
**RESPONSABLE TÉCNICO**  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 PROTECCIÓN  
 LAB - CESTTA  
 ESPOCH

ANEXO F

GRÁFICA DE LA VARIACIÓN DEL CAUDAL

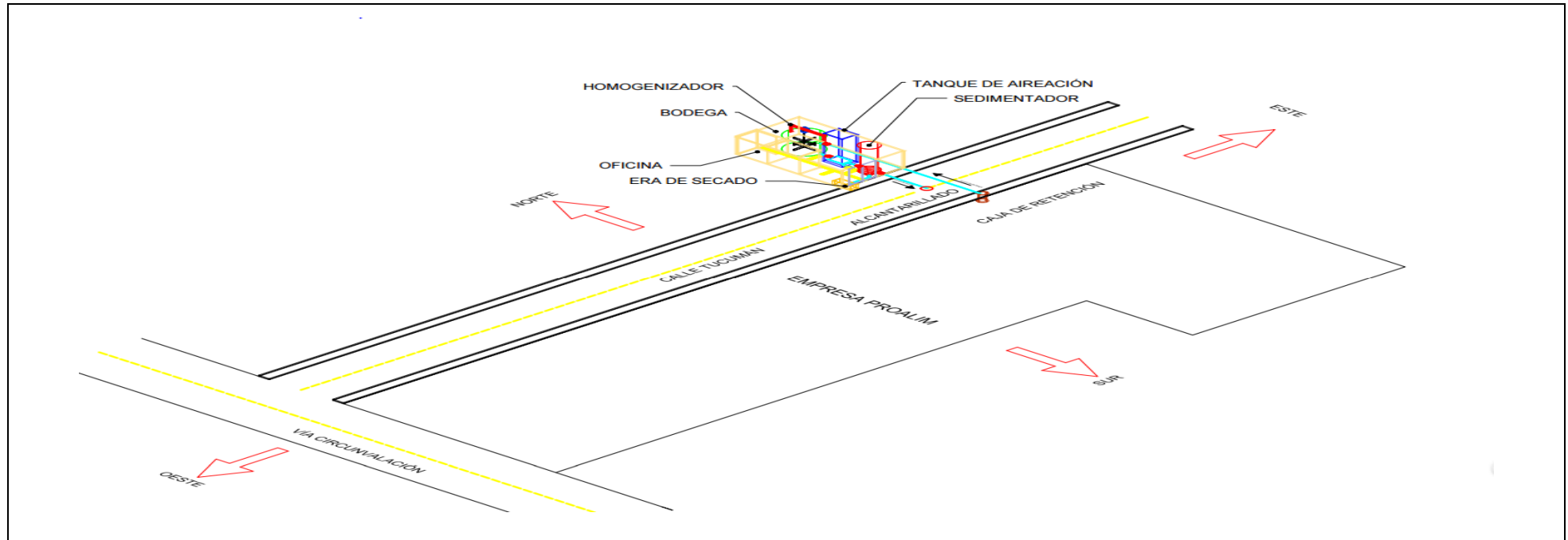


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM		
a) Caudal lento b) Caudal medio c) Caudal máximo	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Continuación		Lámina	Escala:	Fecha
		1	1:1	Abril / 2016	



ANEXO G

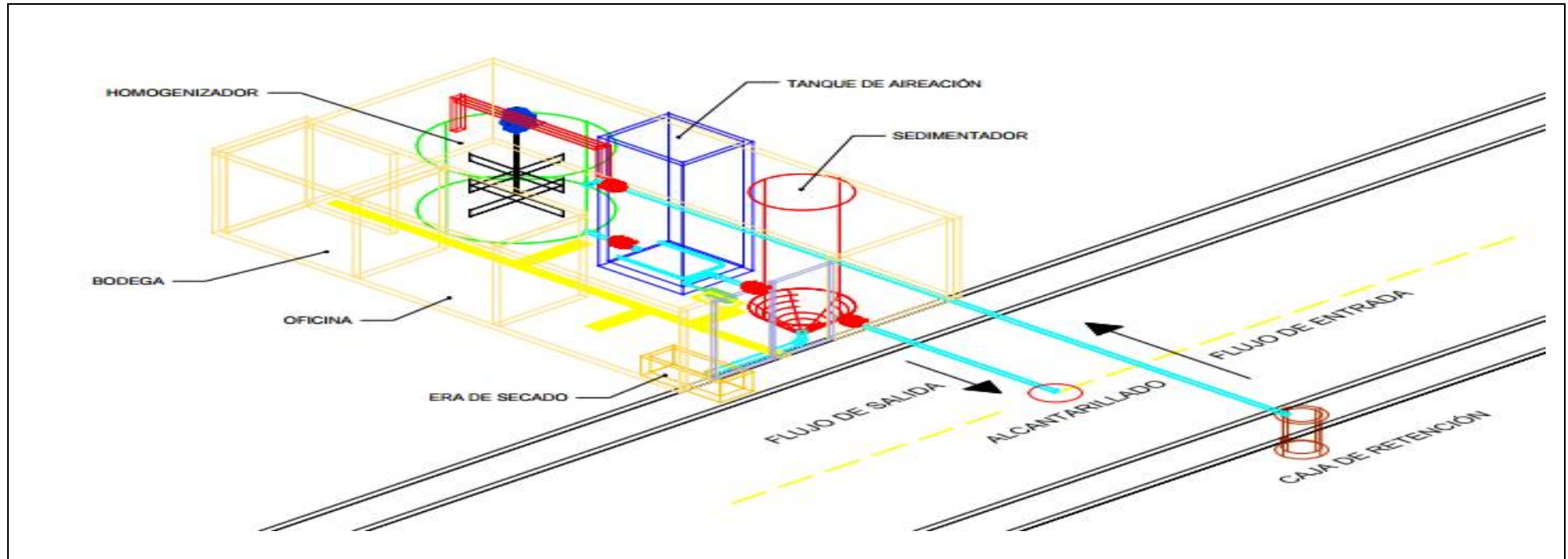
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM		
a) Distribución del Sistema	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Continuación		Lámina	Escala:	Fecha
			2	1:1	Abril / 2016

ANEXO H

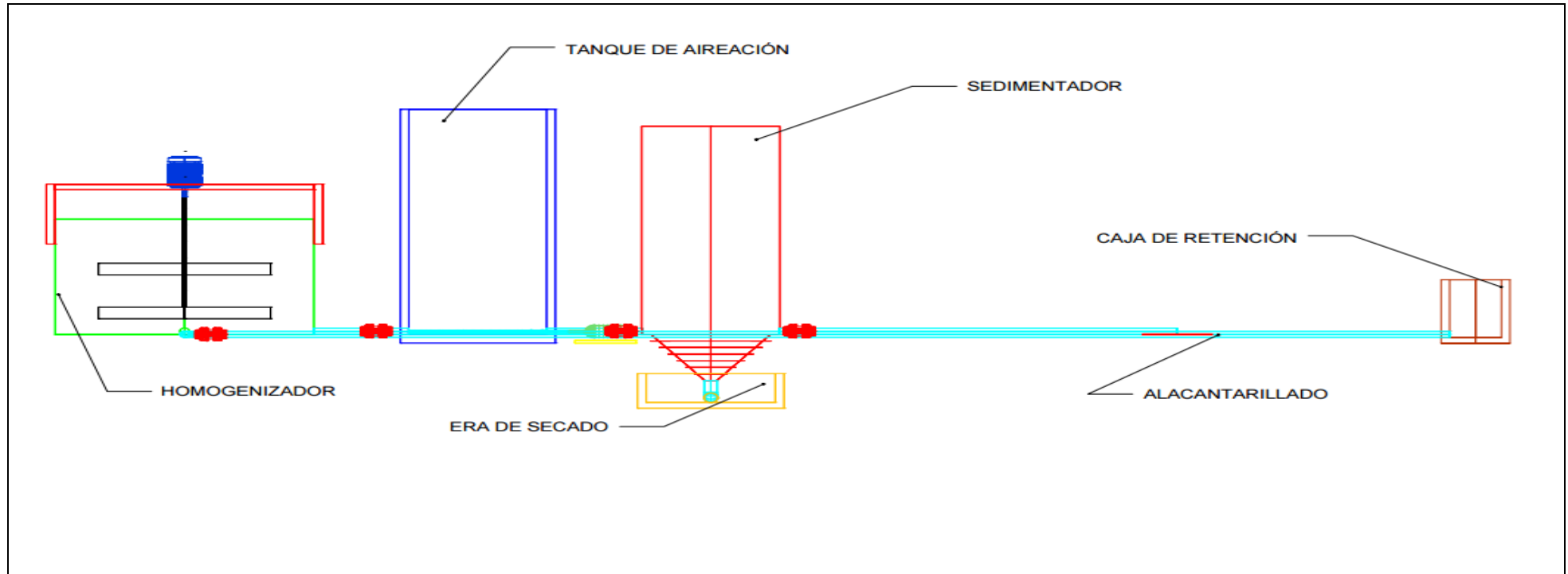
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM		
a) Vista Isométrica	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado	FACULTAD DE CIENCIAS	Lámina	Escala:	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	3	1:1	Abril / 2016
	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Continuación	María Cristina Guamán Padilla			

ANEXO I

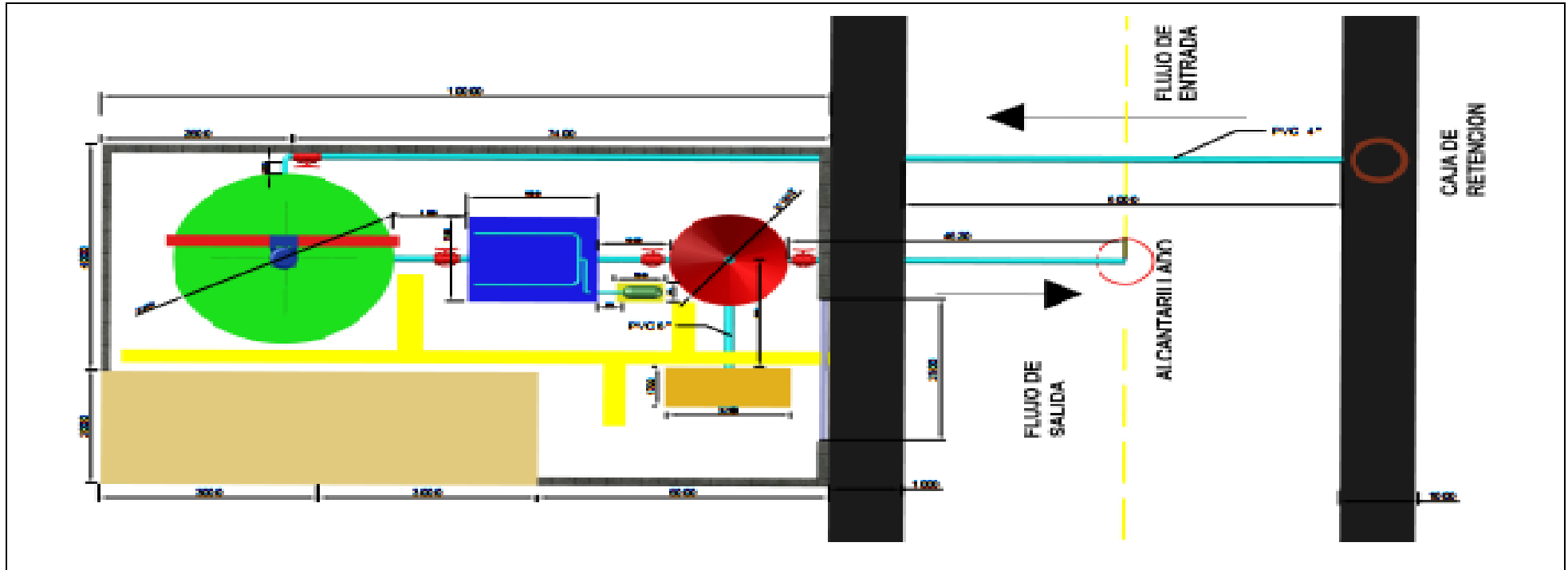
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM		
a) Vista Frontal	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Continuación		Lámina	Escala:	Fecha
			4	1:1	Abril / 2016

ANEXO J

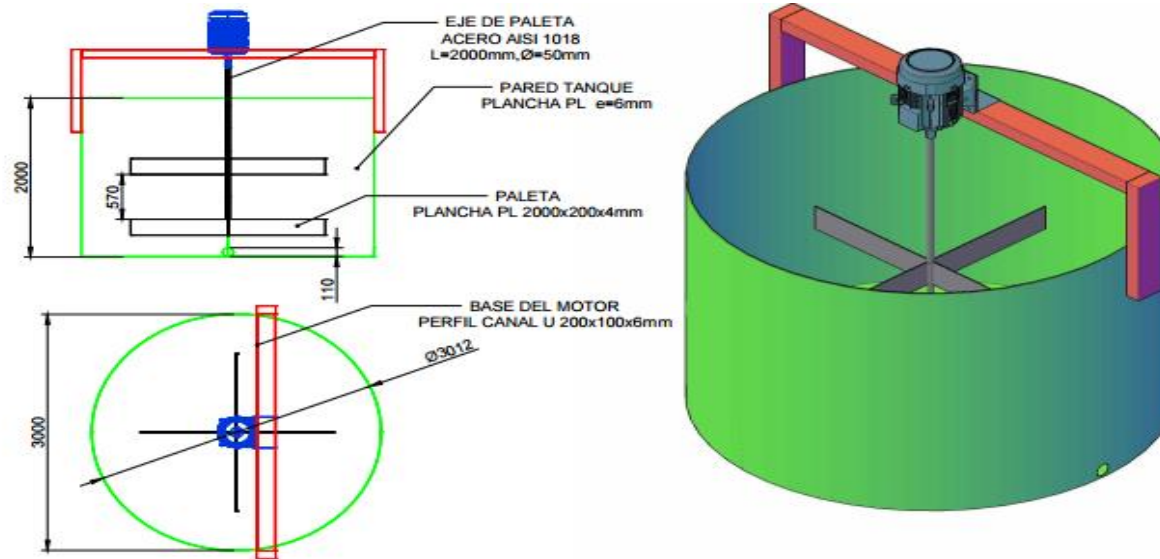
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM</p>		
<p>b) Vista Planta c) Las dimensiones se indican en mm</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar    <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar    <input type="checkbox"/> Continuación</p>		<p>Lámina</p>	<p>Escala:</p>	<p>Fecha</p>
			<p>5</p>	<p>1:1</p>	<p>Abril / 2016</p>

ANEXO K

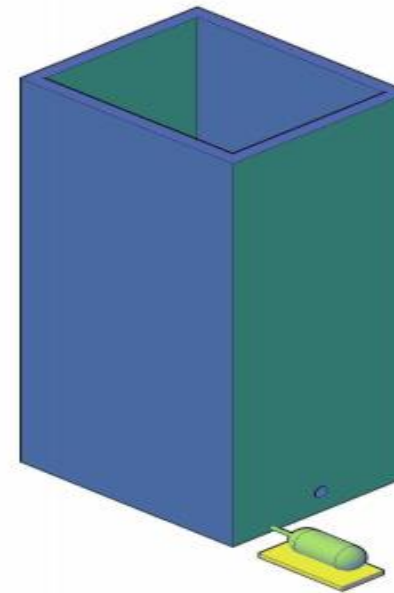
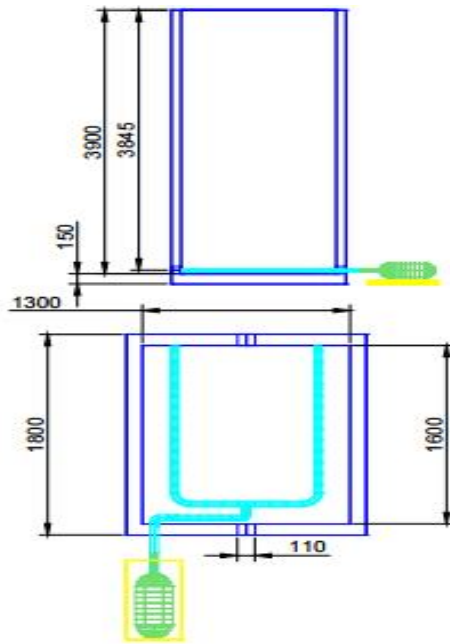
TANQUE HOMOGENIZADOR



<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM</p>		
<p>a) Las dimensiones se indican en mm</p>	<p> <input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Aprobado  <input type="checkbox"/> Por aprobar    <input checked="" type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Preliminar    <input type="checkbox"/> Continuación                 </p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla</p>	<p>Lámina</p>	<p>Escala:</p>	<p>Fecha</p>
			<p>6</p>	<p>1:1</p>	<p>Abril / 2016</p>

ANEXO L

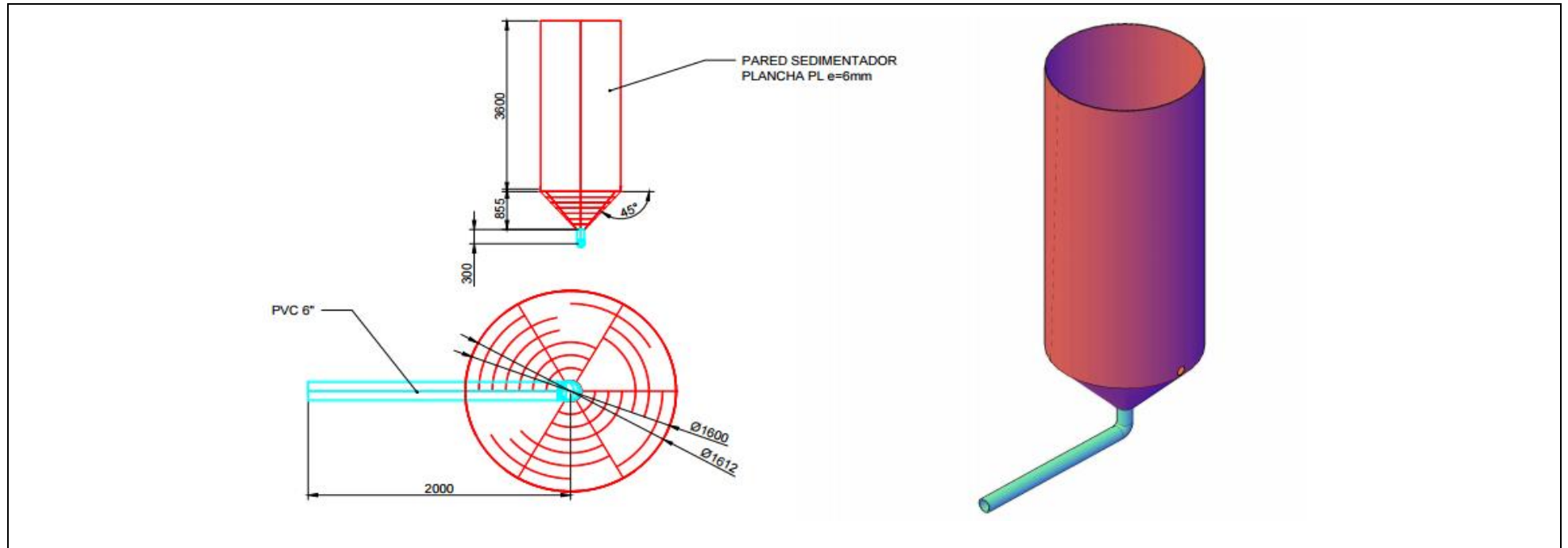
TANQUE DE AIREACIÓN



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM		
b) Las dimensiones se indican en mm	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Continuación		Lámina	Escala:	Fecha
			7	1:1	Abril / 2016

ANEXO M

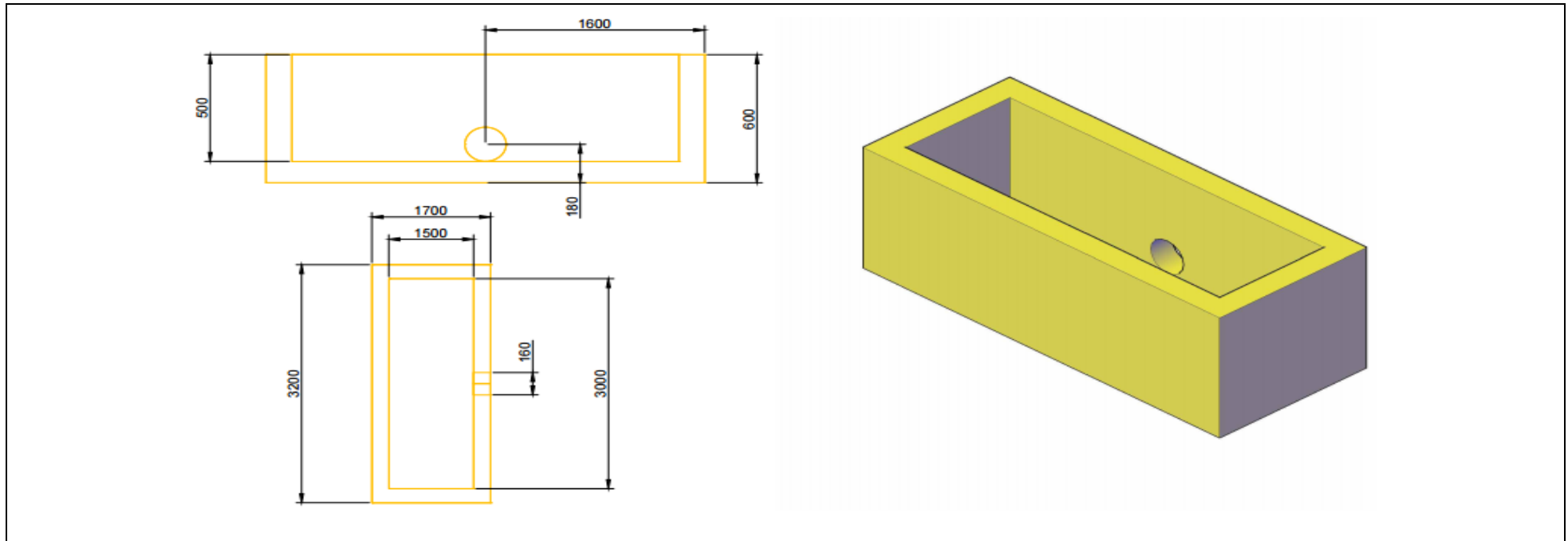
TANQUE SEDIMENTADOR



<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM</p>		
<p>a) Las dimensiones se indican en mm</p>	<p> <input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Aprobado  <input type="checkbox"/> Por aprobar    <input checked="" type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Preliminar    <input type="checkbox"/> Continuación                 </p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla</p>	<p>Lámina</p>	<p>Escala:</p>	<p>Fecha</p>
			<p>8</p>	<p>1:1</p>	<p>Abril / 2016</p>

ANEXO N

ERA DE SECADO



<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA PROALIM</p>		
<p>a) Las dimensiones se indican en mm</p>	<p> <input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Aprobado  <input type="checkbox"/> Por aprobar    <input checked="" type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Preliminar    <input type="checkbox"/> Continuación                 </p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA María Cristina Guamán Padilla</p>	<p>Lámina</p>	<p>Escala:</p>	<p>Fecha</p>
			<p>9</p>	<p>1:1</p>	<p>Abril / 2016</p>



