



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO”

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Trabajo de titulación para optar por el título de

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: FAUSTO ANDRÉS TACOAMÁN RIVERA

TUTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

©2018, Fausto Andrés Tacoamán Rivera

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.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO**, de responsabilidad del Señor Fausto Andrés Tacoamán Rivera, ha sido prolijamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Marco Chuiza R.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Camilo Haro B.

**MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Fausto Andrés Tacoamán Rivera, 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, 11 de enero de 2018

Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Cédula de Identidad: 180352444-4

Yo, FAUSTO ANDRÉS TACOAMÁN RIVERA soy responsable de los procedimientos, ideas y resultados obtenidos en esta investigación del Trabajo de Titulación y el esfuerzo realizado es por la formación intelectual recibido en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fausto Andrés Tacoamán Rivera

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios al ser celestial que durante mi estancia en este grandioso templo del saber cuidó de mí y al mismo tiempo me bendijo día a día mientras permanecí en esta maravillosa ciudad.

A mi padre Edwin quien a pesar de todas las adversidades que se nos presentaron en la vida nunca me descuidó y con su inmenso amor y responsabilidad no escatimó esfuerzo alguno en brindarme su apoyo tanto moral, emocional y económico.

A mi madre Ruth, mi primer amor, la mujer de mi vida que mientras estuvo físicamente a mi lado me guió por el sendero del bien y me encaminó de la mejor manera posible para hacerme una persona de bien, ahora que está en el cielo, sé que cuida de mí y se encuentra presente en todo momento y logro de mi vida.

A mi hermano Santiago, con quien he compartido tantas anécdotas, tantas historias y confidencias que perduraran en mi mente toda la vida, quien me anima cada día a superarme y siempre está pendiente de todo lo que me pase, te estoy tan agradecido por tu inmenso apoyo y cariño.

A mi hermana Gaby mi “chiquis” quien se convirtió en mi segunda madre, quien nunca quiso separarse de mí y nunca me descuidó; nada ni nadie podrá suplir la falta que hace una madre pero tú llegaste a convertirme en lo más cercano a ella y ahora te estoy tan agradecido. Sé que ahora junto a Braulio lo harás tan bien como con nosotros.

A mis sobrinas Cami y Pau pequeñas que alegran mis días con sus ocurrencias e inocencia y que a su tan corta edad están al pendiente de mí, alegrándome. Sé que su inteligencia les hará llegar muy lejos.

Finalmente a Silvy “chivita” quien es una parte importante en mi vida, esa persona especial con quien compartí gran parte de mi vida universitaria, la mujer que me apoya y anima cada día a dar lo mejor de mí, el destino será el encargado de decidir lo que ocurra entre los dos, pero nuestra historia día a día se va escribiendo y cristalizando más y más.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud inmensa a Dios el ser celestial, quien me permitió llegar a este punto de mi vida y me ayuda a que paso a paso mis metas se vayan cumpliendo día tras día

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo especialmente a la Escuela de Ingeniería Química, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional en sus aulas y permitirme obtener un título profesional el cual será mi carta de presentación ante la sociedad.

A mi familia por ser mi apoyo incondicional durante toda mi vida, quienes durante estos años de permanencia lejos de casa, estuvieron siempre pendientes de mí, y quienes me animaron a dar lo mejor de mí para no decaer en este largo caminar

Un agradecimiento especial al Ing. Marco Chuiza R director de tesis y al Ing. Camilo Haro colaborador de tesis, quienes con sus conocimientos y doctrinas me encaminaron y ayudaron a que el presente estudio se vea cristalizado

Mis más sinceros agradecimientos al Sr. José Luis Acurio presidente del GAD parroquial de Izamba, quien me concedió el aval necesario para realizar este proyecto destinado a mi parroquia, a la Ing. Mónica Andrade, quien sin esperar nada a cambio, aportó su valioso conocimiento en la realización de este proyecto

Aprovecho también este espacio para agradecer a todos quienes de una u otra forma contribuyeron a que hoy mi sueño se haga realidad: Ñaño Edmundo, Ivette, a mi tía Elvia, mis primos Ángel, Carito, Alejo, y mi gran amigo Chris Rodríguez quienes aportaron con su granito de arena, tanto en mi formación académica como personal.

Gracias a todos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pp
RESUMEN.....	XVIII
SUMMARY	XIX

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1	Identificación del problema.....	1
1.2	Justificación del proyecto	2
1.3	Línea base del proyecto	2
<i>1.3.1</i>	<i>Inspección y reconocimiento del lugar de investigación</i>	<i>2</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Estado actual del sitio</i>	<i>4</i>
1.4	Beneficiarios directos e indirectos	5
<i>1.4.1</i>	<i>Directos.....</i>	<i>5</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Indirectos.....</i>	<i>5</i>

CAPÍTULO II

2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
2.1	Objetivo General	6
2.2	Objetivos Específicos	6

CAPÍTULO III

3.	ESTUDIO TÉCNICO	7
3.1	Localización del proyecto	7
3.1.1	<i>Localización geográfica</i>	7
3.1.2	<i>Clima de la zona</i>	8
3.1.3	<i>Características geomorfológicas de la zona</i>	8
3.1.4	<i>Hidrología de la zona</i>	8
3.1.4.1	<i>Agua para consumo.....</i>	8
3.2	Ingeniería del proyecto	9
3.2.1	<i>Terminología</i>	9
3.2.1.1	<i>Agua residual</i>	9
3.2.1.2	<i>Contaminantes del agua.....</i>	10
3.2.1.3	<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO).....</i>	10
3.2.1.4	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....</i>	10
3.2.1.5	<i>Coliformes</i>	10
3.2.1.6	<i>pH.....</i>	10
3.2.1.7	<i>Aceites y grasas.....</i>	11
3.2.1.8	<i>Turbidez</i>	11
3.2.1.9	<i>Color</i>	11
3.2.1.10	<i>Sólidos Totales</i>	11
3.2.1.11	<i>Conductividad.....</i>	12
3.2.1.12	<i>Nitrógeno total</i>	12
3.2.1.13	<i>Fósforo Total.....</i>	12
3.2.1.14	<i>Sulfatos.....</i>	12
3.2.1.15	<i>Tensoactivos.....</i>	13
3.2.2	<i>Métodos y técnicas.....</i>	13
3.2.2.1	<i>Métodos</i>	13
3.2.2.2	<i>Técnicas y Normas</i>	14
3.2.2.3	<i>Determinación de caudal</i>	15
3.2.2.4	<i>Método de muestreo para la caracterización de las aguas residuales</i>	17
3.2.2.5	<i>Caracterización física, química y microbiológica del agua residual</i>	17
3.2.3	<i>Pruebas de tratabilidad</i>	19
3.2.3.1	<i>Índice de biodegradabilidad</i>	19

3.2.3.2	<i>Simulación del tratamiento físico-químico a aplicar en el sistema</i>	20
3.2.4	<i>Determinación de variables para el diseño del sistema</i>	28
3.2.4.1	<i>Cálculo de la población futura, Pf</i>	28
3.2.4.2	<i>Cálculo de la generación per cápita de agua residual</i>	29
3.2.4.3	<i>Cálculos del caudal de diseño</i>	29
3.2.5	<i>Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales</i>	33
3.2.5.1	<i>Sistema de enrejado y dimensionamiento</i>	34
3.2.5.2	<i>Gestión de sólidos</i>	40
3.2.5.3	<i>Canal de entrada con vertedero rectangular</i>	42
3.2.5.4	<i>Desarenador aireado</i>	45
3.2.5.5	<i>Coagulación y floculación</i>	65
3.2.5.6	<i>Tanque Mezclador</i>	67
3.2.5.7	<i>Sedimentador</i>	78
3.2.5.8	<i>Filtro rápido</i>	87
3.2.5.9	<i>Tanque de desinfección</i>	98
3.2.5.10	<i>Lecho o era de secado</i>	104
3.2.6	<i>Resultados</i>	109
3.2.6.1	<i>Porcentajes de remoción de los parámetros fuera de norma</i>	109
3.2.6.2	<i>Resultados del dimensionamiento de las unidades de tratamiento</i>	110
3.2.6.3	<i>Análisis de resultados</i>	116
3.3	Proceso de Producción	118
3.4	Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria	119
3.5	Análisis costo-beneficio del proyecto	120
3.6	Cronograma de ejecución del proyecto	125
	CONCLUSIONES	126
	RECOMENDACIONES	128
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

H_{cl}	Alto del canal de limpieza
H'	Altura de la zona de lodos de la primera placa
H_p	Altura de ubicación de las placas
H_{sp}	Altura del agua sobre las placas
H_I	Altura del impulsor con respecto al fondo
h_a	Altura del tirante de construcción
$h_{a'}$	Altura del tirante en el canal
H_{dp}	Altura por debajo de las placas
A_{PI}	Ancho de las palas del impulsor
A_{cl}	Ancho del canal de limpieza
B	Ancho del canal del vertedero
a_s	Ancho del sedimentador
B_{TD}	Ancho del tanque de desinfección
A_{rd}	Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada
W_d	Anchura de los deflectores
A_s	Área de sedimentación
A_{TD}	Área del tanque
A_D	Área del tanque desarenador
A_{libc}	Área libre colmatación
A_{ca}	Área superficial de la cámara de quietamiento
C_{PAC}	Cantidad de Policloruro de Aluminio
Q_{dif}	Caudal de difusión
Q_m	Caudal medio
q	Caudal por unidad de ancho
$Q_{promedio}$	Caudal promedio
Q_p	Caudal punta
K_c	Coefficiente de mínimo costo
CPC_{SS}	Contribución per cápita de los sólidos suspendidos
h_F	Cálculo de la altura del filtro
L_F	Cálculo de la longitud del filtro rápido
L_{LS}	Cálculo de la longitud del lecho de secado
$v_{\text{óptima}}$	Cálculo de la velocidad óptima del lavado de filtro
b_{CL}	Cálculo del ancho del canal de lavado

α_F	Cálculo del ancho del filtro rápido
Q_{lavado}	Cálculo del caudal de lavado
Q_o	Cálculo del caudal en cada orificio
N_L	Cálculo del número de laterales perforadas
$QL_{(aire)}$	Cálculo del suministro de aire necesario por longitud
V_{LF}	Cálculo del volumen de agua requerida para el lavado del filtro
V_{TL}	Cálculo del volumen del tanque para lodos
V_{DL}	Cálculo del volumen diario de lodos digeridos
A_{CL}	Cálculo del área de canal
A_{oL}	Cálculo del área de los orificios laterales
A_F	Cálculo del área del filtro ascendente
A_{LS}	Cálculo del área del lecho de secado
ϕ_M	Diámetro de la cámara de mezcla
D_{te}	Diámetro de la tubería de entrada al filtro
D_{ta}	Diámetro de la tubería de salida del filtro
S_{DC}	Diámetro del disco central
D_I	Diámetro del impulsor
C_{HTH}	Dosificación de Hipoclorito de calcio (HTH)
D_d	Dosificación promedio del desinfectante
F_p	Factor punta
H_v	Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida
L_V	Largo del canal vertedero corregido
L_{TM}	Largo del tanque de desinfección
L_b	Longitud de la barras
L''	Longitud de la placa de salida en el fondo del desarenador
L'	Longitud de la primera placa de entrada en el fondo del desarenador
L_{PI}	Longitud de las palas del impulsor
L_{DC}	Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central
L'	Longitud de transición
L_{cl}	Longitud del canal de limpieza
L_m	Longitud del salto
l_s	Longitud del sedimentador
L_t	Longitud del tanque
L_r	Longitud relativa del sedimentador
L_{cr}	Longitud relativa del sedimentador de alta tasa
L_{ca}	Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento

M_{sd}	Masa de los sólidos que conforman los lodos
N_{barras}	Número de barras
N_{dif}	Número de difusores
N_p	Número de placas por modulo
N_{RE}	Número de Reynolds
n	Número de unidades de filtración
X'	Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador
h	Pérdida de carga
ΔH	Pérdida de carga en el desarenador
P_d	Peso Requerido de desinfectante
PAC	Policloruro de Aluminio
P	Potencia aplicada al agua residual
$P_{soplante}$	Presión ejercida por la soplante
h_c	Profundidad crítica de flujo
H	Profundidad de la cámara de mezcla
C_v	Profundidad del canal del vertedero
P_{ca}	Profundidad útil de la cámara de aquietamiento
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiente
T_r	Tiempo de retención a gasto promedio
T_{RH}	Tiempo de retención en el tanque sedimentador
t_{rp}	Tiempo de retención en las placas
ΔP	Variación de la presión
N	Velocidad de rotación
v_{SC}	Velocidad de sedimentación critica
v_o	Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas
v_v	Velocidad sobre el vertedero de salida
V_a	Volumen de arena producida en el desarenador
D_{PAC}	Volumen de dosificación de la solución de PAC por día
V_{ca}	Volumen de la cámara de aquietamiento
V_s	Volumen del sedimentador
V_{TD}	Volumen del tanque de cloración
V'	Volumen del tanque de limpieza de lodos
V_{TM}	Volumen del tanque de mezcla
V_t	Volumen del tanque desarenador

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3 Caracterización general de la parroquia.....	7
Tabla 2-3 Técnicas y métodos utilizados en el laboratorio de aguas de la ESPOCH	14
Tabla 3-3 Datos iniciales para el cálculo del caudal.	16
Tabla 4-3 Determinación del caudal promedio	16
Tabla 5-3 Días de muestreo y horario de toma de muestras	17
Tabla 6-3 Caracterización fisicoquímica del agua residual.....	18
Tabla 7-3 Biodegradabilidad de un agua residual	19
Tabla 8-3 Índice de biodegradabilidad de las muestras	19
Tabla 9-3 Resultados de la medición de parámetros posterior a la aireación.	21
Tabla 10-3 Comparación de características entre coagulantes.....	22
Tabla 11-3 Resultados de la prueba de jarras para la primera muestra con PAC.....	23
Tabla 12-3 Resultados de la prueba de jarras para la segunda muestra con PAC.....	23
Tabla 13-3 Resultados de la prueba de jarras para la tercera muestra con PAC	23
Tabla 14-3 Resultados después del proceso de coagulación-floculación.....	25
Tabla 15-3 Resultado de los parámetros con el proceso de filtración	26
Tabla 16-3 Resultados de la tratabilidad con el proceso de desinfección	27
Tabla 17-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	35
Tabla 18-3 Valores típicos de espesor y separación entre barras.....	39
Tabla 19-3 Ventajas y desventajas de los distintos tipos de desarenadores	46
Tabla 20-3 Información típica para el dimensionamiento de desarenadores	47
Tabla 21-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina	69
Tabla 22-3 Propiedades del agua a distintas temperaturas.....	74
Tabla 23-3 Número de potencia para diferente tipo de impulsores.....	76
Tabla 24-3 Información típica para el dimensionamiento de tanques de decantación primaria	79
Tabla 25-3 Criterios de diseño típicos para filtros rápidos	87
Tabla 26-3 Criterio de diseño para un filtro de arena.....	91
Tabla 27-3 Criterios de diseño para el sistema de drenaje	91
Tabla 28-3 Criterio de diseño para tuberías de salida en agua filtrada	94
Tabla 29-3 Criterios de almacenamiento para productos desinfectantes.	99
Tabla 30-3 Propiedades de lodos	106
Tabla 31-3 Tiempo requerido para digestión del Lodo.....	107
Tabla 32-3 Áreas de digestión del Lodo	107
Tabla 33-3 Porcentaje de remoción para cada contaminante a partir de la caracterización	109
Tabla 34-3 Determinación de caudales y factor punta	110

Tabla 35-3 Sistema de enrejado	111
Tabla 36-3 Dimensionamiento de un vertedero o canal de entrada	111
Tabla 37-3 Dimensionamiento de un desarenador aireado	111
Tabla 38-3 Coagulación y floculación	113
Tabla 39-3 Tanque mezclador.....	113
Tabla 40-3 Sedimentador	114
Tabla 41-3 Filtro	114
Tabla 42-3 Tanque de desinfección	115
Tabla 43-3 Lecho de secado.....	116
Tabla 44-3 Materiales y equipos utilizados en la fase inicial del proyecto.....	119
Tabla 45-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados en la caracterización del agua residual	119
Tabla 46-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados en las pruebas de tratabilidad.....	120
Tabla 47-3 Determinación de costos del sistema de tratamiento de aguas residuales	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Puntos de descarga de agua residual	3
Figura 2-1 Inspección de lugar.....	3
Figura 3-1 Tanque recolector colapsado	4
Figura 4-1 Canal de recolección previamente construido.....	4
Figura 1-3 Gráfico del mapa de ubicación de la Parroquia Izamba.....	7
Figura 2-3 Mapa de Red Fluvial y Drenajes de la Parroquia Izamba.....	9
Figura 3-3 Sistema de desbaste en una PTAR.....	35
Figura 4-3 Rejillas de limpieza manual.....	35
Figura 5-3 Factor de forma de la barra.....	39
Figura 6-3 Estimación de producción de residuos sólidos provenientes del cribado.....	41
Figura 7-3 Desarenador aireado.....	46
Figura 8-3 Difusores de Aire Burbuja Gruesa.....	56
Figura 9-3 Catálogo del proveedor para la selección de la soplante.....	59
Figura 10-3 Esquema de un tanque de cloración.....	99
Figura 11-3 Sistema de Tratamiento propuesto.....	118

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3 Histograma de pH para las tres muestras con utilización de PAC.....	23
Gráfico 2-3 Histograma de conductividades para las tres muestras con utilización de PAC.....	24
Gráfico 3-3 Histograma de turbidez para las tres muestras con utilización de PAC.....	24
Gráfico 4-3 Histograma de STD para las tres muestras con utilización de PAC.....	24
Gráfico 5-3 Histograma del porcentaje de remoción para cada parámetro fuera de norma	110

RESUMEN

El objetivo fue diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Jacinto de Izamba del cantón Ambato que cumpla con todas las especificaciones técnicas, y permita reducir los contaminantes presentes en el agua hasta rangos que se encuentren dentro de los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097 reformativo del TULSMA. Para ello se procedió a determinar el caudal generado por los habitantes de la parroquia y a la par se realizó un muestreo del efluente, el cual permitió conocer los parámetros fuera de norma a través de una caracterización inicial, entre ellos están: Color (784 Upt-co), Aceites y Grasas (165.67 mg/l), Nitrógeno Total (42.5 mg/l), Fósforo Total (14.3 mg/l), DBO₅ (323 mg O₂/l), DQO (787.33 mg/l), Detergentes (2.79 mg/l) y Coliformes Fecales (42726 UFC/100ml). Una vez ejecutada esta determinación se pudo conocer que debido a las características del efluente, el tratamiento a aplicar será de carácter físico-químico. Para ello se realizaron pruebas piloto de tratabilidad, tales como: aireación de la muestra, coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección; ensayos que ayudaron a disminuir las concentraciones de los contaminantes hasta rangos de valor dentro de la normativa ambiental, estos procedimientos dan una pauta para conocer las distintas etapas que necesitará el agua residual para recuperar sus propiedades. Concluida la etapa de experimentación, se procedió a dimensionar la planta depuradora con cada una de sus unidades de tratamiento mediante cálculos ingenieriles, lo cuales corroboran que la implementación de este sistema de saneamiento sea de gran utilidad en la conservación de la flora y fauna presentes en la parroquia, ayudando así a desvanecer los impactos ambientales que se generan día a día y que desembocan en el Río Ambato.

Palabras Clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO>, <ZEOLITA (MATERIAL FILTRANTE)>, <DESARENADOR AIREADO>, <FILTRO RÁPIDO>, <POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)>, <TRATABILIDAD>.

SUMMARY

The objective was to design a wastewater treatment plant for the parish San Jacinto de Izamba in Ambato canton, which complies with all the technical specifications, and allows reducing the contaminants present in the water to ranges that are within the limits established by the Ministerial agreement 097 Reformatory of the TULSMA. To this end, the flow generated by the inhabitants of the parish was determined and at the same a sampling of the effluent was carried out, which allowed to know the parameters out of norm through an initial characterization, among them are: Color (784 Upt - CO), Oils and fats (165.67 mg/l), total nitrogen (42.5 mg/l), total phosphorus (14.3 mg/l), BOD₅ (323 mg O₂/l), COD (787.33), detergents (2.79) and fecal coliforms (42726 CFU/100 ml). Once this determination was carried out it could be know that due to the characteristics of the effluent, the treatment to be applied will be physical-chemical. For this purpose, pilot tests of treatability were carried out, such as: sample aeration, coagulation – flocculation, sedimentation, filtration and disinfection; Tests that helped to reduce the concentrations of contaminants up to value ranges within the environmental regulations, these procedures give a guideline to know the different stages that the residual water needed to recover its properties. After the experimentation stage, we proceeded to dimension the purification plant with each of its treatment units by means of engineering calculations, which corroborated that the implementation of this sanitation system is very useful in the conservation of the flora and fauna present in the parish, thus helping to dispel the environmental impacts that are generated day by day that flow into the Ambato River.

Key words: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <WASTEWATER TREATMENT>, <PHYSICAL TREATMENT - CHEMICAL>, <ZEOLITE (FILTERING MATERIAL)>, < AERATED DESANDER>, <RAPID FILTER>, <ALUMINIUM POLYCHLORIDE (PAC)>, <TREATABILITY>

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema.

En los últimos años en nuestro país se han venido instituyendo normativas ambientales que contemplen el uso racional de recursos renovables y no renovables, razón por la cual se establecen límites permisibles con la finalidad de reducir la contaminación proveniente de descargas líquidas y sólidas, hacia cuerpos de descargas superficiales y sub-superficiales

La Parroquia Izamba está ubicada al noroeste del cantón Ambato, posee una extensión de alrededor de 29.04 Km², los cuales están divididos en urbanizaciones, ciudadelas, caseríos y barrios; Izamba al ser una de las más grandes parroquias del cantón Ambato goza de una densidad poblacional considerable, que va incrementándose constantemente, por ende también se genera un incremento de desechos sólidos y efluentes, que son descargados hacia el río Ambato sin un tratamiento apropiado, lo que origina una gran contaminación al curso hídrico.

Frente a esta realidad, la producción de aguas residuales urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas de contaminación, debido principalmente a la generación de efluentes por parte de la población y los diversos comercios apostados en la parroquia, tales como restaurantes, mercados, lavadoras, lubricadoras, entre otros; por lo que es indispensable la implementación de plantas de tratamiento para dichas aguas, convirtiéndose en una solución clara y eficaz a dicha problemática, garantizando una mejora en la calidad de vida de los habitantes y de la salud del río.

1.2 Justificación del proyecto

El agua es un recurso vital en el desarrollo de los seres vivos, especialmente para el ser humano y las diferentes especies que habitan en cuerpos de agua, posee además un sinnúmero de usos, principalmente de tipo consuntivo y no consuntivo, pudiendo ser estos de consumo (agua potable, regadío e industrial), de transporte (navegación), producción de electricidad, entre otros.

En los últimos años, el GAD parroquial de Izamba se ha comprometido con la mejora en la calidad de vida de su habitantes, donde se ha venido implementando un sistema de alcantarillado que permita la captación de las aguas residuales de la zona, ampliándose así la cobertura a barrios suburbanos y comunidades que no cuentan con dicho sistema, brindando además condiciones de saneamiento adecuado para los pobladores. El avance en materia sanitaria ha sido notorio, pero insuficiente puesto que las aguas residuales generadas no cuentan con un sistema de tratamiento previa a su descarga en el río Ambato; por lo que la Dirección Ambiental del GAD parroquial actual, consideró la construcción de un vertedero y un tanque recolector de aguas residuales, sin contar con un estudio técnico adecuado, lo que generó el colapso de dichas estructuras, las mismas que se encuentra inutilizadas.

Por esta razón, el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia permitiría subsanar parte de los problemas de contaminación del río Ambato, lo cual mejoraría la calidad de vida de los habitantes de la parroquia, y garantizaría el cumplimiento de las normas y exigencias ambientales sobre las descargas de aguas residuales hacia cuerpos de agua dulce, estipulado en el acuerdo ministerial 097 reformativo del TULSMA y expedido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, además de la ley de gestión ambiental nacional.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Inspección y reconocimiento del lugar de investigación

Para la ejecución del presente proyecto se realizó una inspección del lugar de descarga de aguas residuales de la parroquia Izamba, en las que se realizaron una serie de observaciones durante la inspección; pudiéndose constatar la existencia de tres puntos de descargas, los mismos que confluyen hacia uno solo canal colector ubicado en la quebrada de Pisocucho, siendo este el sitio apropiado para el muestreo que se realizará durante el trabajo de recolección de datos, tal como se observa en la figura 1-1

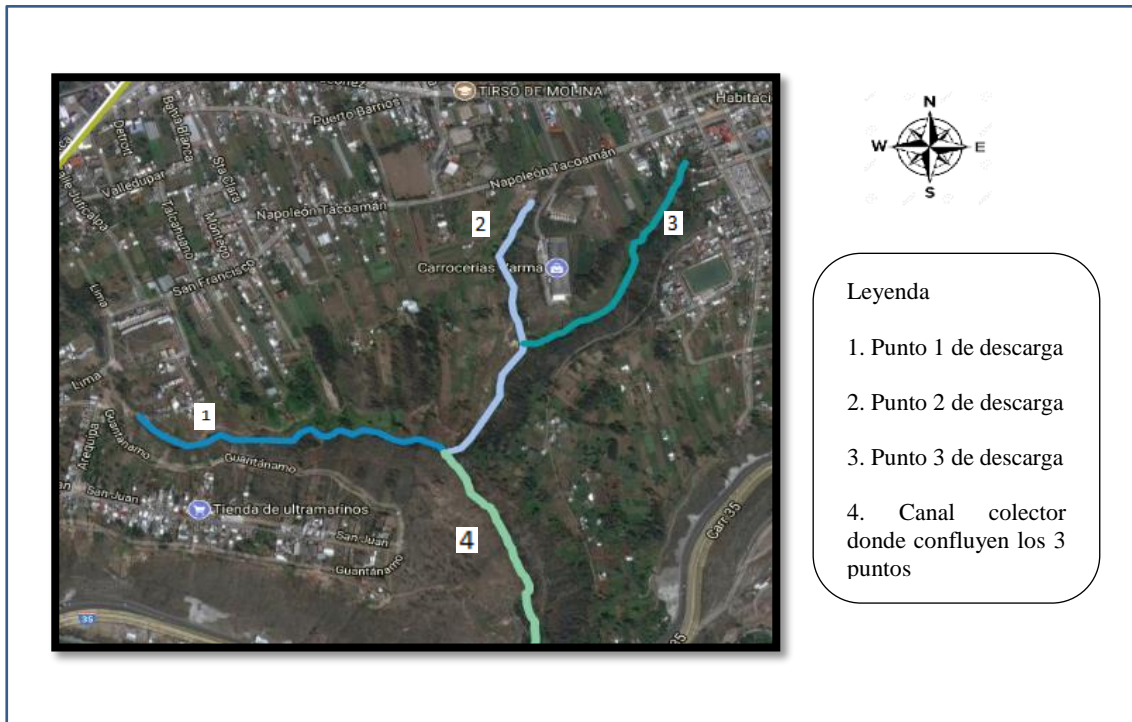


Figura 1-1 Puntos de descarga de agua residual

Fuente: Google Maps, (2017)

En este punto es importante señalar que el acceso al canal recolector de agua residual se lo puede realizar sin mayor dificultad, en donde además se observa una abundante vegetación en sus alrededores. Otra de las observaciones realizadas fue la presencia de maleza y de residuos sólidos, lo mismos que inciden en una proliferación de vectores tales como mosquitos y ratas, como también en la generación de malos olores, los cuales dificultan la convivencia armónica de los habitantes que se encuentran ubicados alrededor del lugar, tal como se observa en la figura 2-1



Figura 2-1 Inspección de lugar

Fuente: Andrés Tacoamán

1.3.2 Estado actual del sitio

El actual GAD parroquial de Izamba se ha preocupado por sanear y mitigar los efectos ambientales que provocan las aguas residuales, es por esta razón que se construyó un tanque recolector, pero al no contar con un estudio técnico adecuado quedó obsoleto; tal y como lo indica la figura 3-1.



Figura 3-1 Tanque recolector colapsado
Fuente: Andrés Tacoaman, 2017

El canal construido para la recolección de las aguas provenientes de los tres puntos mencionados anteriormente sirven para el transporte de agua y se encuentra en óptimas condiciones, no se evidenció ningún tipo de cuarteaduras ni resquebrajamientos en su paredes, con lo cual se puede garantizar la utilización de dicha unidad en la derivación de las aguas hacia el sistema que se desea implementar. Con las aguas que se transportan en dicho canal se realizará la determinación de los caudales, como también servirá en la caracterización de las aguas residuales que provienen de la parroquia Izamba, necesarios para establecer las condiciones iniciales de diseño.



Figura 4-1 Canal de recolección previamente construido
Fuente: Andrés Tacoamán

En la actualidad, una las exigencias ambientales por parte del Estado a los gobiernos autónomos descentralizados se encuentra, la implementación de sistemas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales como prioritarios, convirtiéndose estos en una política ambiental para los planes de desarrollo de la administración pública, es así que el GAD parroquial de Izamba ha mostrado el interés por solucionar dichos problemas sanitarios, contando con el recurso y los espacios adecuados para que la propuesta llegue a consolidarse.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del proyecto técnico en mención es el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Izamba, que al ser la institución interesada en el desarrollo del presente estudio, concedió el aval necesario para el desarrollo del mismo.

1.4.2 Indirectos

Los beneficiarios indirectos del presente proyecto serán los habitantes de la Parroquia rural de Izamba puesto que el presente estudio ayudaría a la mejora de la calidad del agua del río y del ambiente en general

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia San Jacinto de Izamba del cantón Ambato

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar la medición de caudales y la caracterización físico-química y microbiológica de las Aguas Residuales provenientes de la Parroquia San Jacinto de Izamba en base a los límites establecidos en la tabla 9 de la reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA), del libro VI anexo I.
- Identificar los parámetros que estén fuera de la norma, límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce.
- Conocer las variables de diseño correspondientes para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento a base de cálculos ingenieriles.
- Validar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales con la caracterización del agua tratada en base a los límites de descarga del TULSMA, y la consiguiente determinación de la factibilidad técnica y económica del diseño propuesto

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización geográfica

Izamba es una de las 18 parroquias rurales pertenecientes al Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua; está ubicada en la zona nororiental a 5 km de la urbe central del cantón limitando al norte con la parroquia Unamuncho, al sur con el río Ambato, al este con la parroquia Atahualpa y al oeste con el río Culapachán y posee una superficie de 29,04 Km². (IZAMBA, 2015)

Tabla 1-3 Caracterización general de la parroquia

Nombre del GAD	Parroquia Rural Izamba
Fecha de creación de la parroquia	29 de Mayo de 1861
Población total	14.543 habitantes
Extensión	29,04 km ²
Límites	Limita con las Parroquias: Unamuncho, río Ambato, Atahualpa y el río Culapachán
Rango altitudinal	Desde 2240 hasta los 2680 msnm

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Izamba

Elaborado por: Andrés Tacoamán, 2017



Figura 1-3 Gráfico del mapa de ubicación de la Parroquia Izamba

Fuente: (IZAMBA, 2015) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Izamba

3.1.2 Clima de la zona

Según la clasificación climática de Pierre Pourrut (1995), el sistema climático de la Parroquia de Izamba está definido entre ecuatorial mesotérmico seco y ecuatorial mesotérmico semi-húmedo. (IZAMBA, 2015), donde la temperatura media anual oscila entre los 10 a 16 °C.

Dentro de la parroquia Izamba podemos identificar una precipitación que varía entre los 250 a 750 mm al año, observándose una estacionalidad marcada a lo largo de este periodo de tiempo. (IZAMBA, 2015)

3.1.3 Características geomorfológicas de la zona

En la parroquia Izamba se evidencian un sinnúmero de accidentes geográficos de la corteza terrestre donde se pueden observar relieves de los fondos de los valles interandinos, zonas de planicie y zonas de convergencia de los ríos Ambato y Cutuchi que limitan con el cantón Píllaro. (IZAMBA, 2015)

3.1.4 Hidrología de la zona

Izamba se encuentra bordeada por las riveras de los ríos Ambato y Cutuchi, posee además una serie de quebradas en sus alrededores, conocidas con los nombres de Quindulli, Pisocucho, Huagra Corral, Chasinato y Quebrada Seca, estas a su vez permiten el drenaje de las escorrentías hacia los ríos en mención.

Estas quebradas en su mayoría son de gran profundidad y al ser poco accesibles al ser humano presentan una vegetación arbustiva, siendo estas afectadas en la actualidad por el incremento de los residuos sólidos, escombros desechados en sus laderas y las aguas residuales de la parroquia. (IZAMBA, 2015)

3.1.4.1 Agua para consumo

La parroquia de Izamba cuenta con agua potable proveniente de la red de la EP-EMAPA-A y del proyecto Quillán Alemania, los cuales han ido subsanando la deficiencia del acceso a agua de calidad en la parroquia y en el noroccidente del Cantón Ambato, es preciso indicar también que un 4% de la población obtiene el agua mediante tanqueros repartidores, un 2% de la población la obtiene de ríos, vertientes, acequia o canales y un 1% de pozos (IZAMBA, 2015)

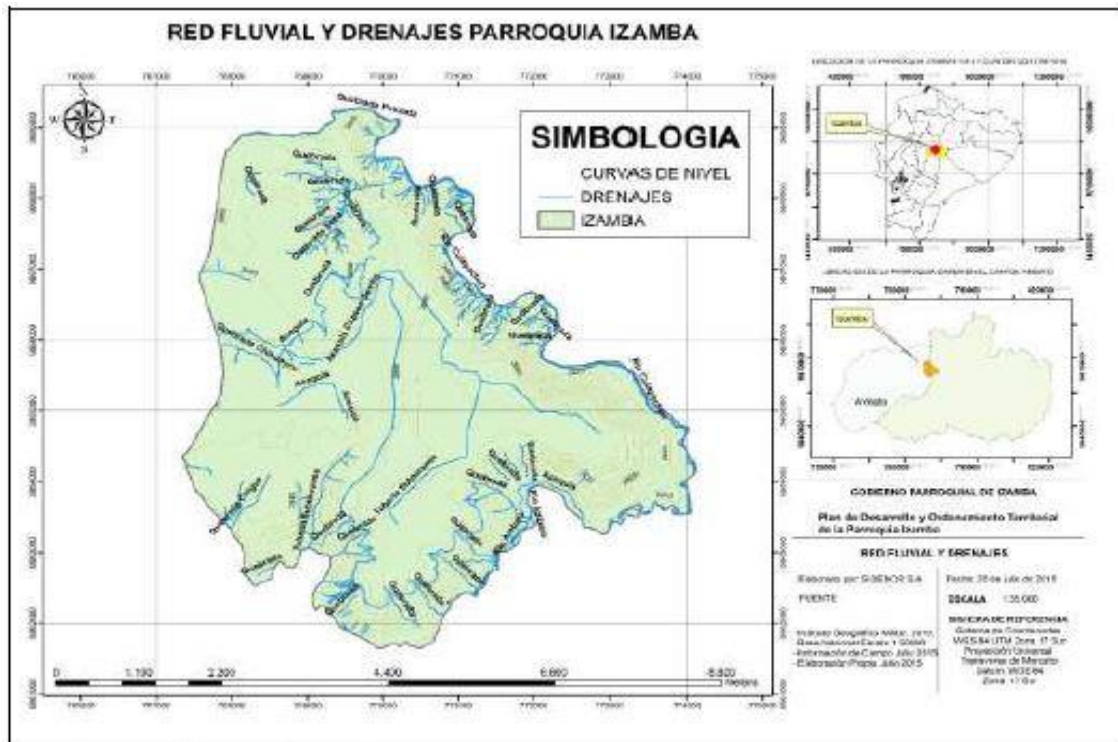


Figura 2-3 Mapa de Red Fluvial y Drenajes de la Parroquia Izamba
Fuente: (IZAMBA, 2015) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Izamba

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Terminología

3.2.1.1 Agua residual

Es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original (TULSMA, 2015)

3.2.1.2 Contaminantes del agua

Los contaminantes del agua se clasifican en tres categorías: (1) químicos, (2) físicos y (3) biológicos. Los contaminantes químicos comprenden tanto productos químicos orgánicos como inorgánicos y los físicos comprenden los elementos sólidos en el agua como grava, arenas y arcillas, además de alteraciones en la temperatura. La principal consecuencia de esta contaminación es la disminución de oxígeno en el proceso de degradación biológica de los compuestos, esta descompensación trae consigo perturbaciones indeseables del medio y de la biota en ella asentada. (Ramalho, 2003)

3.2.1.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO), corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato, en medio ácido. (Ramalho, 2003)

3.2.1.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno DBO, indica una medida en la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en el agua. (Ramalho, 2003)

3.2.1.5 Coliformes

Son un grupo de microorganismos benéficos y patógenos, los cuales pueden ayudar a la degradación de la materia orgánica del agua, o también pueden ser los causantes de enfermedades tales como fiebre tifoidea, disentería, cólera, entre otras. (Ramalho, 2003)

3.2.1.6 pH

Es la medida de la concentración del ion hidrógeno en el agua. Aquellas aguas residuales que contengan niveles altos o bajos del ion hidrógeno en su composición, indican que proceso químico puede someterse; tal es el caso de la reacción del cloro en la desinfección, la cual únicamente ocurre en valores de pH entre 6.5 y 8 (Romero, 2000)

3.2.1.7 Aceites y grasas.

Son compuestos orgánicos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que se encuentran flotando en el agua residual e interfieren en el intercambio gaseoso entre el agua y el aire proveniente de la atmósfera. Son causantes de los problemas de mantenimiento en las unidades del proceso de tratamiento de aguas residuales. (Romero, 2000)

3.2.1.8 Turbidez

Es la propiedad óptica del agua causante de que la luz sea absorbida o dispersada en lugar de ser transmitida a través de sí. La turbidez en el agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión, tales como coloides, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos o microorganismos (Romero, 2002)

3.2.1.9 Color

En general, el termino color se refiere al color verdadero del agua y se acostumbra a medirlo junto con el pH. Normalmente la intensidad del color depende del pH pudiendo aumentar con el incremento del pH. (Romero, 2002)

3.2.1.10 Sólidos Totales

Se conoce como sólidos totales a los residuos posteriores a la evaporación y secado de una muestra de agua a 103°C, los cuales incluirán material disuelto y no disuelto y de naturaleza

orgánica e inorgánica, incluyéndose además partículas disueltas y no disueltas (sólidos suspendidos). (Romero, 2002)

3.2.1.11 Conductividad

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la concentración de sólidos disueltos, implica un cambio en la conductividad. (Romero, 2002)

3.2.1.12 Nitrógeno total

Es todo compuesto de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos que se encuentran solubilizados en el agua o formando estructuras bioquímicas al igual que el fósforo. El nitrógeno favorece el crecimiento de algas y de plantas acuáticas, lo que puede generar en el agua procesos de eutrofización y por ende disminución de la concentración de O₂. Pueden descomponerse tanto en un medio aerobio como anaerobio. (Romero, 2002)

3.2.1.13 Fósforo Total

Es un nutriente esencial para el crecimiento de los microorganismos y pueden encontrarse en las aguas residuales. Sus formas más usuales son los ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos como PO₄⁻³, HPO₄⁻, H₂PO₄⁻, H₃PO₄. Debido al indeseable crecimiento de algas y plantas acuáticas en los proceso de eutrofización sobre cuerpos de agua, existe marcado interés en removerlo. (Romero, 2002)

3.2.1.14 Sulfatos

Son sales de carácter orgánico o mineral utilizados ampliamente en la industria química. Los sulfatos pueden tener su origen en aguas que atraviesen terrenos ricos en yesos o pueden

presentarse en aguas residuales industriales. (Ambientum, 2015), en aguas residuales, la cantidad de sulfatos ayuda a determinar problemas de corrosión en alcantarillas (Romero, 2002)

3.2.1.15 Tensoactivos

Los tensoactivos son especies químicas, cuya estructura es de característica polar-no polar, (QuimiNet, 2007). Su principal función es la de disminuir la actividad superficial del fluido, impidiendo el tráfico de moléculas desde la parte superior del líquido, hacia el interior de este.

3.2.2 Métodos y técnicas

3.2.2.1 Métodos

En la ejecución del presente estudio se hacen necesarios tres tipos de métodos: Deductivo, Inductivo y Experimental.

DEDUCTIVO: Es un método que se basa en la obtención de conocimientos específicos a través de conocimientos generales, para este caso en particular se contemplan (dos variables deductivas) dos ejemplos palpables, tales como la caracterización de aguas residuales y la inspección de campo realizadas en el lugar de trabajo, que para el primer caso, servirán en el diseño de la planta de tratamiento y en el segundo caso en la correcta elección del método apropiado a aplicar en el saneamiento de dichas aguas previo a su descarga al río Ambato

INDUCTIVO: Es un método que se basa en la obtención de conocimientos generales a través de conocimientos específicos, que permitan dar solución a un problema particular; en este caso, a través de cálculos ingenieriles se obtiene el dimensionamiento de las diferentes unidades que se contemplarían en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

EXPERIMENTAL: Es experimental debido a que se basa en la realización de pruebas de tratabilidad a las aguas residuales provenientes de las descargas de la parroquia Izamba, las

mismas que se realizaron en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

3.2.2.2 Técnicas y Normas

La técnica utilizada para el muestreo está basada en la normativa NTE INEN 2176:2013, la cual establece una guía adecuada sobre las técnicas de muestreo en la obtención de datos necesarios en la caracterización de aguas, tanto residuales, naturales o contaminadas

Los diferentes procesos que se llevaron a cabo para la caracterización y las pruebas de tratabilidad del agua poseen una directriz, dada por el manual de procedimientos del Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, tal como se observa en la tabla 2-3

Tabla 2-3 Técnicas y métodos utilizados en el laboratorio de aguas de la ESPOCH

Parámetro	Método	Técnica
*pH	4500-B	ph-metro
*Turbiedad	2130-B	turbidímetro
*Conductividad	2510-B	Conductivímetro
*Color	HACH 125	Espectrofotómetro
*Nitrógeno total	Método Kjeldahl	Destilación
*Sulfatos	HACH 685	Espectrofotómetro
*Fósforo total	HACH 10127	Espectrofotómetro
*DBO5	5210-B	Medidor DBO
*DQO	5220-C	Espectrofotómetro
*Solidos Totales Disueltos	2540-D	Conductivímetro
*Cromo	HACH 8024	Espectrofotómetro
*Hierro	HACH 8008	Espectrofotómetro
**Detergentes	STANDARD METHODS 5540-C mod	-
**Aceites y grasas	EPA 418.1	-
*Coliformes Fecales	microfiltración	Conteo de UFC

* Métodos normados utilizados en el laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH, APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**Métodos normalizados utilizados en el laboratorio de Servicios Ambientales para el Análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21 edición y métodos HACH adaptados del STANDARD Methods 21° edición.

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH.

Realizado por: Andrés Tacoaman, (2017)

Para la determinación de los límites máximos permisibles con los que el agua debe ser descargada de la planta de tratamiento de aguas residuales, se utilizó la normativa ambiental vigente que se basa en el acuerdo ministerial 097 reformativo del TULSMA, libro VI, Anexo 1, tabla 9, que

menciona los diferentes parámetros a controlar para garantizar la calidad del agua de descarga hacia un cuerpo de agua dulce

3.2.2.3 Determinación de caudal

La determinación de caudal se realizó a partir del método del flotador, el cual consiste en la medición de la velocidad superficial del fluido en un tramo de recorrido dentro de un canal, río, riachuelo, entre otros (Cueva del ingeniero Civil, 2011), y que mediante la ecuación de continuidad $Q = v * A$, es multiplicada con el área transversal del cuerpo hídrico monitoreado, tal como se menciona en la siguiente expresión.

$$Q = v * a * k$$

Ecuación 1-3

Donde:

Q : Caudal mediante método del flotador

v : Velocidad superficial de flujo medida con el flotador

a : Área de la sección transversal

k : Factor de corrección relacionado a la velocidad (0.8)

Para la determinación del caudal de agua residual en la parroquia Izamba, se procedió a determinar el tramo longitudinal que recorrerá el flotador, el cual posee una distancia aproximada de 10 metros desde el punto 1 al punto 2, identificando a la par el ancho del canal y sus respectivas profundidades, necesarias para el cálculo del área transversal de la sección bañada. Una vez establecido dichos parámetros se procede a lanzar el objeto que servirá de testigo, cronometrando el tiempo que demora dicho cuerpo en atravesar la sección dispuesta. Las mediciones se realizaron durante una semana en horario matutino, vespertino y nocturno, tal y como se indican en la tabla 3-3. Obtenidos dichos datos se procedió a realizar el cálculo del caudal a partir de la ecuación 1-3, donde se realizó además una corrección de los valores obtenidos mediante una constante k para canales abiertos revestidos en concreto con profundidades mayores a 15 cm que es igual a 0.8 (Cueva del Ingeniero Civil, 2011), dando como resultados los siguientes valores véase tabla 3-3

Tabla 3-3 Datos iniciales para el cálculo del caudal.

	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
	T (s)	P (m)	T (s)	P (m)	T (s)	P (m)	T (s)	P (m)	T (s)	P (m)	T (s)	P (m)	T (s)	P (m)
06:00 a 06:30	10,2	0,15	12,4	0,19	10	0,15	9,3	0,14	10	0,15	12	0,18	11,2	0,16
06:30 a 07:00	10,6	0,16	11,2	0,17	10	0,16	10,3	0,16	10	0,16	12,6	0,18	11	0,16
07:00 a 07:30	9,8	0,155	11,2	0,17	9,8	0,15	10,4	0,15	10,4	0,16	12,4	0,18	11	0,16
07:30 a 08:00	10,2	0,16	11,9	0,18	10,7	0,16	11	0,15	10	0,16	12	0,18	11,9	0,16
12:00 a 12:30	9,9	0,17	11,3	0,16	9,9	0,15	11,7	0,16	8,9	0,18	12	0,16	12,2	0,16
12:30 a 13:00	9,7	0,17	11,5	0,17	10,4	0,15	11,4	0,16	9,7	0,17	11,5	0,17	12,3	0,16
13:00 a 13:30	10	0,17	10,5	0,15	10,2	0,15	11,4	0,16	9,6	0,18	11,9	0,16	11,5	0,16
13:30 a 14:00	10	0,17	11,4	0,16	10	0,15	10,1	0,16	10,1	0,18	11,8	0,17	11,8	0,16
17:00 a 17:30	11,2	0,17	10,5	0,16	11,9	0,17	11,6	0,16	11,2	0,16	10	0,16	11,9	0,16
17:30 a 18:00	11,5	0,18	10	0,15	12,1	0,18	11,8	0,16	11,4	0,16	10,3	0,15	11,4	0,16
18:00 a 18:30	11,9	0,18	10,1	0,15	10,9	0,15	11,2	0,16	11,8	0,16	10,5	0,15	11,1	0,16
18:30 a 19:00	12	0,185	11	0,15	12,4	0,17	11,8	0,16	11,3	0,16	10,2	0,15	11,8	0,16
X_{TF}	10,6	0,17	11,1	0,16	10,7	0,16	11,00	0,16	10,4	0,16	11,4	0,16	11,6	0,16
v	0,95		0,90		0,94		0,91		0,97		0,88		0,87	
a (m ²)		0,084		0,081		0,078		0,078		0,082		0,081		0,08

T= Tiempo de recorrido (s)

Pm= Profundidad media (m)

X_{TF} = Promedio de tiempo y profundidad

v = Velocidad (m/s)

a =Área (m²)

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Tabla 4-3 Determinación del caudal promedio

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Caudal diario (m ³ /s)	0,064	0,059	0,059	0,057	0,063	0,057	0,055
	Caudal Promedio (m ³ /s)						0,059
	Caudal Promedio (L/s)						59,14

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

En la determinación del caudal durante la semana de muestreo se pudo constatar que a lo largo de los días lunes y viernes, se generó un aumento considerable con respecto a los otros días de medición, los mismos que tienen como principal razón el desarrollo de la feria agrícola en la parroquia y la movilidad de personas dentro de la misma.

3.2.2.4 Método de muestreo para la caracterización de las aguas residuales proveniente parroquia Izamba

Para la toma de muestras que sirvieron en la caracterización de las aguas residuales se realizaron muestras compuestas a partir de muestras simples. Dicho procedimiento se lo efectuó tomando un litro de agua residual en cada pico horario de generación de aguas residuales, las mismas que posteriormente fueron homogenizadas para la obtención de una sola muestra por cada día establecido, tal como se observa en la tabla 5-3

Tabla 5-3 Días de muestreo y horario de toma de muestras

Día	Número de muestras simples	Horario	Número de muestra compuesta
Lunes	3	07:00 13:00 18:00	1
Miércoles	3	07:00 13:00 18:00	1
Viernes	3	07:00 13:00 18:00	1
Total de Muestras	9		3

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

3.2.2.5 Caracterización física, química y microbiológica del agua residual

Una vez obtenidas las muestras compuestas, se procedió a trasladarlas al laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, con la finalidad de efectuar la caracterización física, química y microbiológica al agua residual; dichos análisis se llevaron a cabo a la par, con el propósito de contrastar los resultados de los dos laboratorios. La caracterización es muy importante puesto que ayuda considerablemente en la determinación de los parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles de la normativa ambiental vigente.

- **Parámetros analizados**

Los parámetros analizados en los laboratorios se basan en metodologías propuestas por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y por la EPA, los mismos que fueron comparados con el Acuerdo Ministerial 097, reformatorio del TULSMA libro VI anexo 1, Tabla 9 sobre la norma de calidad ambiental hacia cuerpos de agua dulce, observándose los siguientes resultados.

Tabla 6-3 Caracterización fisicoquímica del agua residual

Parámetro	Unidad	*Muestreo 1	*Muestreo 2	**Muestreo 3	Promedio	Límite máximo permisible (TULSMA)
pH	[H ⁺]	8,16	8,52	7.28	7.99	6-9
Turbiedad	FTU - NTU	58,9	119,2	33.98	70.69	-
Conductividad	μS/cm	1660	2530	2260	2150	-
Color	Upt-co	693	1149	510	784	Inapreciable en dilución 1/20
Nitrógeno total	mg/l	45.8	34.6	47.1	42.5	30
Sulfatos	mg/l	56	54	-	55	1000
Fósforo total	mg/l	-	-	14.3	14.3	10
DBO₅	mg O ₂ /l	324	375	270	323	100
DQO	mg/l	791	957	614	787.33	200
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	880	1350	1539	1256.33	1600
Sólidos Suspendidos	mg/l	-	-	63	63	130
Cromo	mg/l	0,025	0.045	0.12	0.123	0,5
Hierro	mg/l	2.2	0.09	0.7	0.99	10
**Detergentes	mg/l	1.49	4.08	-	2.79	0,5
**Aceites y grasas	mg/l	132	189	176	165.67	30
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	48200	63600	16380	42726.67	10000

* Análisis realizados en el laboratorio de calidad del Agua de la ESPOCH

** Análisis realizados en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH

Fuente: Laboratorio de calidad del Agua, ESPOCH, laboratorio servicios ambientales UNACH

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Como podemos observar, según los análisis realizados a las diferentes muestras de aguas residuales, son ocho los parámetros que no cumplen con la normativa ambiental vigente, tales

como el color, nitrógeno total, fósforo total, DBO₅, DQO, detergentes, grasas y coliformes fecales.

3.2.3 Pruebas de tratabilidad

3.2.3.1 Índice de biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad en su relación $\frac{DBO_5}{DQO}$ ayuda a establecer un determinado nivel de correlación del agua residual. Dicha relación indica la eventual biodegradabilidad, para conocer qué tipo de tratamiento es el adecuado, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 7-3 Biodegradabilidad de un agua residual

$\frac{DBO_5}{DQO}$	Biodegradabilidad del agua residual	Tratamiento a utilizar
<0.2	Poco biodegradable	Tratamiento Físico
0.2 – 0.4	Biodegradable	Tratamiento Biológico o Tratamiento Físico
>0.4	Muy Biodegradable	Tratamiento Biológico

Fuente: Manual de depuración URALITA, 2000, pp 10

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

En la obtención del índice de biodegradabilidad del agua residual se tomaron los valores de los resultados de la DBO₅ y DQO de cada uno de los análisis realizados, dividiéndose entre sí para posteriormente determinarse la variable de biodegradabilidad en cada una de las muestras. A continuación se realizó la promediación de los mismos para establecer el tipo de tratamiento aplicable al agua residual, tal como se observa en la tabla 8-3:

Tabla 8-3 Índice de biodegradabilidad de las muestras

			Unidad	$\frac{DBO_5}{DQO}$
Muestra 1	DQO	791	mg/l	0.40
	DBO5	324	mg O2/l	
Muestra 2	DQO	957	mg/l	0.39
	DBO5	375	mg O2/l	
Muestra 3	DQO	686	mg/l	0.39
	DBO5	270	mg O2/l	
			Promedio	0.39

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

De acuerdo al promedio del índice de biodegradabilidad que fue de 0.39, se puede establecer la naturaleza del efluente, en la cual al presentar un valor entre 0.2 y 0.4 permitiría realizarse tanto un tratamiento biológico como un tratamiento físico-químico. Para la realización del presente estudio, se consideró la alternativa físico-química.

3.2.3.2 Simulación del tratamiento físico-químico a aplicar en el sistema

El tratamiento físico-químico es un método de reducción de contaminantes presentes en el agua residual. Mediante la adición de productos químicos se logra alterar el estado físico de estas sustancias propias del efluente, convirtiéndose en partículas susceptibles de separación mediante sedimentación. (Estrucplan, 2008).

Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO₅ y del 30 al 40% de la DQO. (Estrucplan, 2008)

- Simulación de un desarenador aireado semicontinuo

Los desarenadores aireados son unidades de pretratamiento para aguas residuales. Su objetivo principal es disminuir los sólidos sedimentables, la demanda de oxígeno y las grasas presentes en el agua residual, mediante la inyección de aire proveniente de difusores, la cual generará una rotación del fluido, creando una velocidad constante de arrastre. Esta unidad ayuda también en la desestabilización de las partículas de grasas presentes en forma de emulsión, con el objetivo de que emerjan hasta la superficie y formen una capa uniforme de grasa. En este proceso también se puede constatar un enriquecimiento en la cantidad de oxígeno el cual ayudará a que la DBO₅ y la DQO disminuyan sus valores (Universidade da Coruña, 2013).

Con un correcto diseño de un desarenador-desengrasador aireado, pueden conseguirse rendimientos superiores al 80% en la eliminación de grasas y en un 90% en la eliminación de arenas, además esta unidad de proceso se encarga de proveer el oxígeno necesario que contribuye en la disminución de varios parámetros tales como la DBO y la DQO. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015)

La simulación de un desarenador aireado semicontinuo se realizó a escala de laboratorio con el fin de determinar la remoción de los contaminantes presentes en la muestra, para ello se utilizó un contenedor de 10 litros de capacidad con una válvula de desfogue, en el cual se introdujo la muestra del agua residual a tratar, sometiéndose a un proceso de aireación con un compresor por un lapso de 8 horas. Posteriormente se pudo observar que las grasas emergen hacia la superficie, evidenciándose una clara mejora con respecto al agua residual introducida, donde además los sólidos presentes en la muestra, sedimentan por efectos de la gravedad, reduciéndose así la turbiedad, los sólidos, la DBO y la DQO, tal como se observa en la tabla 9-3

Tabla 9-3 Resultados de la medición de parámetros posterior a la aireación.

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Resultado	Límite máximo permisible (TULSMA)
DBO5	mg O2/l	STANDAR METHODS 5210 - B	91	100
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	211	200
Aceites y grasas	mg O2/l	EPA 418,1	30	30
Sólidos suspendidos	mg/l	2540-D	63	130

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Como podemos observar en la tabla 9-3, tanto la DBO₅ y la DQO disminuyeron en dicho proceso debido principalmente a la oxidación de la materia orgánica llevada a cabo por la transferencia y enriquecimiento de oxígeno en el agua residual (Castro Solís, 2012), este proceso contribuye además a que los microorganismos presentes en el agua residual puedan reducir ciertos contaminantes generadores de los olores producidos por el efluente.

En lo referente a aceites y grasas, se produjo una desestabilización como resultado de la transferencia de oxígeno hacia el agua residual, permitiendo que estos floten en la superficie y formen una capa de grasa la cual puede ser separada a través de un proceso de rasquetado superficial. (Hidritec, 2016).

Finalmente los sólidos sedimentables se depositaron en la parte inferior del tanque, debido a la velocidad constante de arrastre generada por la rotación del fluido dentro del equipo de simulación, las arenas generadas en esta etapa del proceso pueden presentar bajas concentraciones de materia orgánica. (Universidade da Coruña, 2013)

- Prueba de Jarras

Es un procedimiento en el cual se simulan las condiciones primarias de tratamiento para un proceso de coagulación-floculación, se lo lleva a cabo con la finalidad de desestabilizar partículas generadoras de turbiedad y que no llegan a sedimentarse (sólidos no sedimentables). A partir de esta prueba se estableció la dosificación adecuada de coagulante, el pH de reacción y la velocidad de sedimentación de las partículas, lo cual favorece a la formación de flocs que precipitarán por acción de la gravedad. En la siguiente tabla observamos el funcionamiento del PAC frente a otro coagulante ampliamente utilizado como el Sulfato de Aluminio. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Tabla 10-3 Comparación de características entre coagulantes

Criterio	Sulfato de aluminio	PAC
Temperatura	La temperatura afecta la hidrólisis y, por ende, la producción de complejos hidroxilos cargados positivamente esenciales para la coagulación.	Menor efecto de la temperatura por la presencia de formas de aluminio repolimerizadas
pH	El rango de pH controla cuál especie de hidroxilo de aluminio se produce	Se espera menor impacto del pH por la presencia de formas de aluminio prepolimerizadas
Especie de aluminio	La mayoría de especies de aluminio son complejos hidroxilo, monoméricos con una carga catiónica de +1 a +3.	Presencia de formas de aluminio monoméricas y poliméricas.
Cinética	Más rápida	Más lenta

Fuente: Cogollo Flórez J., 2011.

Para preparar la solución del PAC se utilizaron 100 ml agua destilada y 5 g de PAC con la finalidad de obtener una solución al 5% o 50000 ppm. Posteriormente se colocó un litro de agua residual en cada jarra utilizada para el test, donde se adicionaron 2, 4, 6, 8, 10, 12 mL de la solución de PAC en cada una respectivamente, las cuales fueron sometidas a un proceso de mezclado rápido a 100 rpm durante 5 minutos, y a continuación se dejó reposar por un periodo de 30 minutos. Una vez concluida la prueba se procedió a determinar la dosis óptima del coagulante en función de la cantidad de floc generado y de la disminución de la turbiedad, tal como se observa en las siguientes tablas.

Tabla 11-3 Resultados de la prueba de jarras para la primera muestra con PAC

ml	Gramos (g)	Muestra inicial	2	4	6	8	10	12
pH	-	8.02	7.39	7.29	7.16	6.98	6.98	6.98
Conductividad	mS/cm	1.85	1.90	1.93	1.99	2.01	2.02	2.02
Turbidez	-	36.7	14.34	4.27	1.36	0.81	1.12	1.28
STD	g/L	0.99	1.02	1.03	1.06	1.07	1.06	1.06

Fuente: Laboratorio de calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Tabla 12-3 Resultados de la prueba de jarras para la segunda muestra con PAC

ml	Gramos (g)	Muestra inicial	2	4	6	8	10	12
pH	-	8.37	8.04	7.77	7.64	7.47	7.37	7.37
Conductividad	mS/cm	1.41	1.42	1.46	1.50	1.53	1.53	4.58
Turbidez	-	35.80	18.63	5.66	5.51	3.16	1.67	1.84
STD	g/L	0.75	0.76	0.78	0.80	0.81	0.82	0.82

Fuente: Laboratorio de calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Tabla 13-3 Resultados de la prueba de jarras para la tercera muestra con PAC

ml	Gramos (g)	Muestra inicial	2	4	6	8	10	12
pH	-	8.24	7.88	7.74	7.66	7.41	7.40	7.40
Conductividad	mS/cm	1.56	1.56	1.58	1.66	1.67	1.69	1.70
Turbidez	-	36.12	16.12	4.71	2.24	0.79	1.17	2.02
STD	g/L	0.88	0.89	0.92	0.94	0.94	0.92	0.93

Fuente: Laboratorio de calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

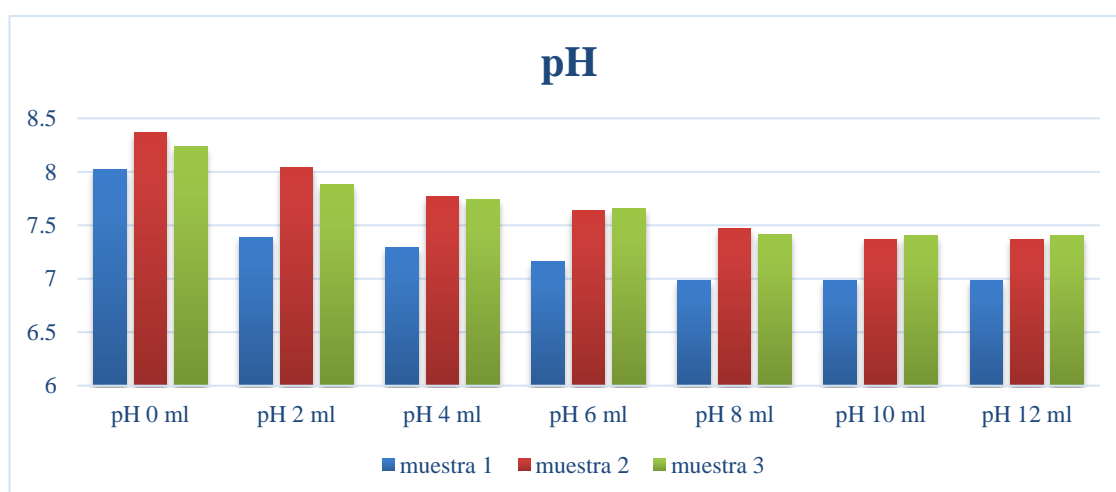


Gráfico 1-3 Histograma de pH para las tres muestras con utilización de PAC

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017.

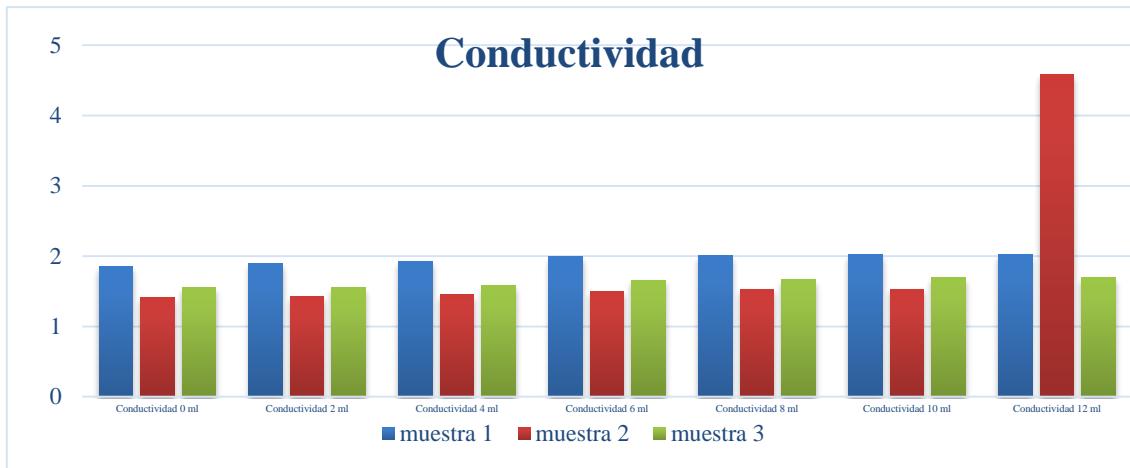


Gráfico 2-3 Histograma de conductividades para las tres muestras con utilización de PAC
Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017.

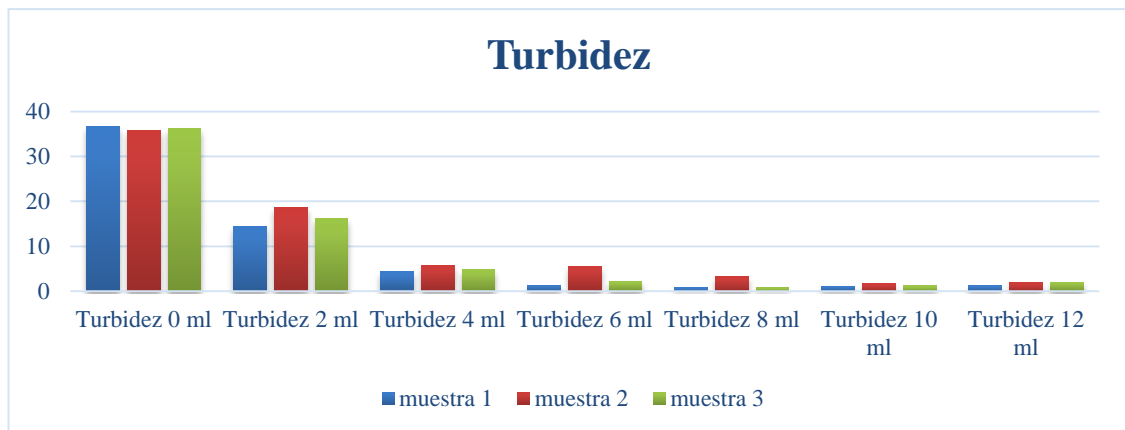


Gráfico 3-3 Histograma de turbidez para las tres muestras con utilización de PAC
Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017.

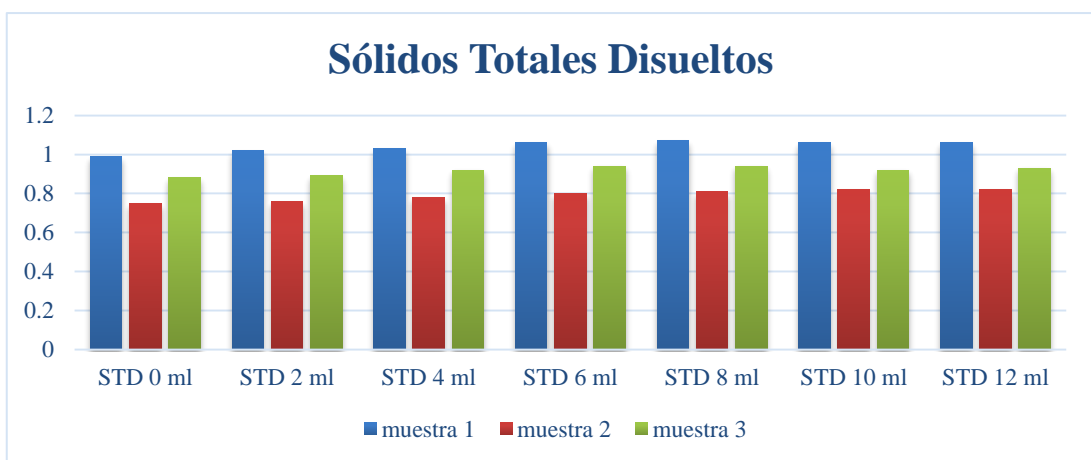


Gráfico 4-3 Histograma de STD para las tres muestras con utilización de PAC
Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017.

Como se puede observar en las gráficas, mediante la utilización de PAC se disminuyó considerablemente la turbiedad de las muestras, donde además el pH sufre una ligera disminución y sus valores se encuentran cercanos a la neutralidad. Este proceso ocurrió debido a la aglutinación de los sólidos en suspensión, que darán lugar a la formación de flocs, los mismos que sedimentaron y redujeron la turbiedad de las muestras tal como se observó en los gráficos 1-3, 2-3, 3-3 y 4-4. Con estos resultados la dosis óptima de policloruro de aluminio a utilizar será de 8 ml llevados a una concentración de 50000 ppm, esta cantidad de coagulante es la idónea para el tratamiento del agua residual de la parroquia.

- Simulación de un tanque de sedimentación

La sedimentación es una operación unitaria dentro de los procesos de tratamiento de aguas, cuya finalidad es remover los sólidos presentes en el agua (sedimentables, suspendidos). El factor principal que conduce a la sedimentación es la densidad de la partícula. A mayor densidad, mayor fuerza gravitacional y más eficiencia en separación del sólido (Geocities, 2009).

Para la simulación a escala de este proceso se utilizó el agua tratada proveniente de la prueba de jarras con la concentración de PAC encontrada (50000 ppm). En este simulacro se utilizó un contenedor transparente pequeño en donde después de la adición del coagulante, se deja sedimentar las partículas floculadas por un periodo de 30 minutos observando cómo estas sedimentan hacia la parte inferior del recipiente. Finalizado este proceso se tomó una muestra del agua y se procedió a realizar los análisis respectivos; los resultados de esta simulación se pueden observar en la tabla 14-3

Tabla 14-3 Resultados después del proceso de coagulación-floculación

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Resultado	Límite máximo permisible (TULSMA)
Nitrógeno total	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – N –B mod	6.78	30
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 – SO ₄ – E	324	1000
Fosforo total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 – P –B mod	4.4	10
Detergentes	mg /l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0.64	0.50
DBO ₅	mg O2/l	STANDAR METHODS 5210 - B	31	100
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	97	200

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH
Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Como podemos observar en la tabla 14-3 el proceso de sedimentación consecuente de la coagulación-floculación, es muy eficaz e importante en el tratamiento de aguas, en esta etapa se reducen considerablemente los parámetros hasta encontrarse dentro de la norma. La reducción de: nitrógeno total, sulfatos, fósforo, DBO₅, DQO, se da por la aglomeración de las partículas no sedimentables, que al entrar en contacto con el coagulante PAC sedimentan hacia el fondo del tanque, llevándose consigo la carga orgánica, algunos compuestos inorgánicos y parte de los detergentes presentes en el efluente.

- Simulación de un filtro

El uso de un filtro para el tratamiento de aguas residuales es de gran importancia en la eliminación de partículas que no llegaron a precipitar completamente en la sedimentación, en esta etapa el agua atraviesa un medio filtrante, y las partículas presentes en el agua quedan atrapadas a lo largo del espesor de este. (Ferrer Polo, y otros, 2005). En esta fase los compuestos que no sedimentaron en el proceso anterior, son enviados a un filtro de zeolita activada, el cual actuará como medio adsorbente. Este material contiene un lecho poroso que ayuda a retener las partículas, y que junto a las capas de arena, grava gruesa y grava fina, garantizan que el proceso de filtración sea el adecuado.

Para el ensayo en mención, se fabricó un filtro a escala piloto con la finalidad de simular esta operación unitaria, este estuvo formado por cuatro capas de materiales filtrantes como arena, grava fina, zeolita activada y grava gruesa, dispuestos desde el de menor a mayor porosidad. Una vez elaborado el filtro, se dejó pasar el agua recolectada del proceso anterior, tomándose una muestra del agua filtrada para su posterior análisis, el resultado de los detergentes en este proceso se observan en la tabla 15-3

Tabla 15-3 Resultado de los parámetros con el proceso de filtración

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Resultado	Límite máximo permisible (TULSMA)
Detergentes	mg /l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0.47	0.50
Turbiedad	mg /l	STANDARD METHODS 2130-B	0.66	-

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales, UNACH

Como se puede observar el resultado de la medición de detergentes alcanza los límites establecidos por la norma. Es muy importante indicar que la zeolita, junto con los otros medios de filtración, contribuye enormemente en la disminución de este parámetro, este procedimiento se da por la incrustación y retención de las partículas a lo largo del recorrido en el medio filtrante. (Ferrer Polo, y otros, 2005). La reducción de la turbidez también es un indicador de la retención de partículas por parte del medio filtrante.

- Simulación del proceso de desinfección

La desinfección es un tratamiento terciario aplicado al agua residual. Para que este proceso sea eficaz el agua debe contener cantidades muy bajas de materia orgánica y sólidos suspendidos, por lo que se requiere que el tratamiento primario y secundario tenga altos niveles de eficacia. (Microlab Industrial, 2015).

La desinfección del agua residual es el proceso final de autenticación de un tratamiento óptimo y eficaz propuesto al agua residual, en este paso final se desinfecta en su totalidad al agua residual antes de que retome su cauce normal, el mismo que se llevó a cabo utilizando hipoclorito de calcio con una pureza al 2%. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Tabla 16-3 Resultados de la tratabilidad con el proceso de desinfección

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Resultado	Límite máximo permisible (TULSMA)
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 5540 - C mod	ausencia	10000

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH
Realizado por: Andrés Tacoamán. 2017

Los resultados de la desinfección indican que los coliformes fecales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, observándose una reducción de los coliformes fecales a una concentración de 0 UFC/100 ml como resultado final. Este es el proceso concluyente de tratabilidad que se da al agua residual, con el cual se logra recuperar en su gran mayoría las propiedades que se pierden al utilizarla.

3.2.4 Determinación de variables para el diseño del sistema

3.2.4.1 Cálculo de la población futura, P_f

Para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales se hace necesario el cálculo de la población a futuro, el GAD parroquial de Izamba y sus proyecciones a futuro establecen un tiempo estimado de vida útil del sistema de tratamiento de 20 años por lo tanto el sistema permanecerá en operación hasta el año 2037.

Otro de los parámetros que se toma en cuenta es el de la Norma INEN 005-9-1 (1992) que establece un tiempo de vida de 15 a 30 años.

$$P_f = P_a(1 + r)^t$$

Ecuación 2-3

Donde:

P_f : Población futura estimada de la parroquia (habitantes)

P_a : Población actual (hab) 17899 según proyección de datos del censo nacional de población y vivienda

r : Índice de crecimiento anual (%), 2.99% (Índice de crecimiento intercensal determinado en el censo de población y vivienda en la parroquia Izamba.

t : Periodo de diseño en años (20)

$$P_f = 17899(1 + 0.0299)^{20}$$

$$P_f = 32264.87 \text{ hab}$$

$$P_f = 32264.87 \text{ hab} \cong 32265 \text{ habitantes}$$

3.2.4.2 Cálculo de la generación per cápita de agua residual a partir de la medición del caudal, **GPC**

El cálculo de caudal promedio encontrado durante las mediciones dio como resultado un valor de 0.059 m³/s, lo que equivale a 5097.6 m³/día. Para conocer cuál es la cantidad de agua que consume cada habitante en (L/ hab*día) es necesario realizar el siguiente cálculo:

$$G_{PC} = \frac{Q_{promedio} * 1000 \text{ l/m}^3}{P_a}$$

Ecuación 3-3

Donde:

G_{PC}: Generación per cápita de agua consumida por cada habitante (l/hab*d)

Q_{promedio} : Caudal promedio (m³/día); 5097.6

Pa: Población actual (hab); 17899 habitantes.

$$G_{PC} = \frac{5097.6 * 1000}{17899}$$

$$G_{PC} = 284.8 \frac{l}{hab * dia}$$

3.2.4.3 Cálculos del caudal de diseño

- Cálculo del caudal medio de aguas servidas, **Q_m**

Representa el caudal futuro de agua promedio consumido por la comunidad. Se determina utilizando el dato de la población futura para el año 2037 que será de 32265 habitantes y se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{P_f * G_{PC}}{1000 \text{ l/m}^3}$$

Ecuación 4-3

Donde:

Q_m : Caudal medio de agua servida ($m^3/día$)

G_{PC} : Generación per cápita de agua consumida por cada habitante ($l/hab*día$); 284.8

P_f : Población al final del período de diseño (hab); 32265

$$Q_m = \frac{32265 * 284.8}{1000 \text{ l/m}^3}$$

$$Q_m = 9189.07 \text{ m}^3/día$$

• Cálculo de caudal máximo diario Q_{max}

Para el cálculo del caudal máximo diario Q_{max} se define un factor de mayoración que será de 1.25, así:

$$Q_{max} = 1.25 * Q_{md}$$

Ecuación 5-3

Donde:

Q_{max} : Caudal máximo diario ($m^3/día$)

K_p : Factor de mayoración para el cálculo de caudal máximo diario; 1.25

Q_{md} : Caudal medio diario ($m^3/día$); 9189.07 $m^3/día$

$$Q_{max} = 1.25 * 9189.07$$

$$Q_{max} = 11486.34 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Cálculo del caudal de agua lluvia.

$$Q_{lluvia} = 0.1 * Q_{md}$$

Ecuación 6-3

Donde:

Q_{lluvia} : Caudal de agua lluvia ($\text{m}^3/\text{día}$)

Q_{md} : Caudal medio diario ($\text{m}^3/\text{día}$); 9189.07 $\text{m}^3/\text{día}$

$$Q_{lluvia} = 0.1 * 9189.07$$

$$Q_{lluvia} = 918.91 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Cálculo de caudal mínimo diario Q_{min}

Para el cálculo del caudal máximo diario Q_{min} se define un factor de minimización que será de 0.6 para sus respectivos cálculos, así:

$$Q_{min} = 0.6 * Q_{md} + Q_{lluvia}$$

Ecuación 7-3

Donde:

Q_{min} : Caudal mínimo diario ($\text{m}^3/\text{día}$)

Q_{md} : Caudal medio diario ($\text{m}^3/\text{día}$); 9189.07 $\text{m}^3/\text{día}$

Q_{lluvia} : Caudal de agua lluvia ($\text{m}^3/\text{día}$); 918.91

$$Q_{min} = 0.6 * 9189.07 + 918.91$$

$$Q_{min} = 6432.35 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Cálculo del factor punta F_p

El factor punta viene representado por la relación entre el caudal diario máximo de agua residual y el caudal medio por día.

$$F_p = 1.15 + \frac{2.575}{Q_{md}^{0.25}}$$

Ecuación 8-3

Donde:

F_p : Factor punta

Q_{md} : Caudal medio ($\text{m}^3/\text{día}$); 9189.07 $\text{m}^3/\text{día}$

$$F_p = 1.15 + \frac{2.575}{9189.07^{0.25}}$$

$$F_p = 1.41$$

- Cálculo del caudal pico horario utilizando el dato del factor punta Q_p

El caudal pico horario o caudal punta (Q_p) se emplea para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y se lo calcula mediante la ecuación:

$$Q_p = Q_{md} * F_p$$

Ecuación 9-3

Donde:

Q_p : Caudal punta (m^3/h)

Q_{md} : Caudal medio diario ($m^3/día$); 9189.07 $m^3/día$

F_p : Factor punta; 1.41

$$Q_p = 9189.07 * 1.41$$

$$Q_p = 12956.59 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_p = 0.15 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_p = 539.86 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.5 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales

Una vez realizadas las pruebas de tratabilidad se procedió a realizar el dimensionamiento de las diferentes unidades del proceso, a continuación se indica brevemente las operaciones unitarias que compondrán el proceso

- Enrejado: son unidades encargadas de la protección de las estructuras de las plantas de tratamiento de agua residual y su mayor importancia radica en que son consideradas como unidades de pretratamiento
- Desarenado y desengrasado: en este proceso interviene la aireación, como tratamiento preliminar, la aireación es una de las operaciones unitarias más utilizadas en las estaciones de tratamiento de aguas.

- Mezclado: es un proceso igualmente considerado de importancia en el tratamiento físico-químico y en la purificación del agua, en esta operación unitaria es importante la adición de sustancias químicas tales como el Policloruro de Aluminio
- Floculación: al igual que las anteriormente citadas es una operación necesaria, donde las partículas que van a ser eliminadas por lo general resultan ser coloidales.
- Sedimentación por gravedad: en esta operación las partículas se depositan en el fondo del tanque o del equipo sedimentador por acción de la gravedad, constituye en muchas de las ocasiones un pretratamiento adecuado en la disposición de aguas residuales de carácter industrial.
- Filtración: en el tratamiento de aguas residuales esta operación unitaria es utilizada tras un tratamiento físico-químico, para mejorar la calidad del agua su uso en la actualidad no es muy habitual.
- Desinfección: es el proceso final de autenticación de un correcto tratamiento, la desinfección elimina los agentes microbianos del agua residual previa a su reincorporación a su cauce normal.

3.2.5.1 Sistema de enrejado y dimensionamiento

Los enrejados son uno de los primeros métodos utilizados para eliminar los contaminantes de mayor tamaño de las aguas residuales. De hecho, el principal propósito de muchas de las primeras plantas de tratamiento de aguas residuales era eliminar solo las materias contaminantes visibles. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Las instalaciones de enrejado pueden clasificarse en finas y gruesa. Los enrejados finos pueden alcanzar un nivel importante de eliminación de sólidos suspendidos; los enrejados gruesos se utilizan principalmente como instalaciones protectoras (Ferrer Polo, y otros, 2005)

En las instalaciones recientes de tratamiento de aguas residuales el enrejado grueso es ampliamente utilizado para disminuir en su mayoría los sólidos que pueden llegar a perturbar a los equipos de la planta como aireadores, filtros, que pueden afectar los procesos en la estación depuradora.

Tabla 17-3 Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Característica	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,5-1,5 cm	0,5-1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5-7,5 cm	2,5-7,5 cm
Abertura o espaciamento	2,5-5,0 cm	1,5-7,5 cm
Pendiente con la vertical	25°-50°	50°-82°
Velocidad de acercamiento	0,3-0,6 m/s	0,6-1 m/s
Perdida de energía Permisible	15cm	15cm

Fuente:(Metcalf & Eddy, 1995)



Figura 3-3 Sistema de desbaste en una PTAR

Fuente: IMESA, 2017

Para el cribado existen dos tipos de rejillas de limpieza:

- Rejillas de limpieza manual
- Rejillas de limpieza mecánica

Para el diseño del sistema de enrejados se utilizarán los criterios de diseño de rejillas de limpieza mecánica, el uso de estas rejillas tiende a disminuir los costes de mano de obra, y proporciona mejores condiciones de flujo, causando menos molestias. Por lo tanto estos dispositivos se suelen utilizar frecuentemente en plantas medias y grandes. (Ferrer Polo, y otros, 2005)



Figura 4-3 Rejillas de limpieza manual

Fuente: Aulacida, 2017

- Cálculo del área libre de paso de agua, A_{lib}

El área libre el espacio

$$A_{lib} = \frac{Q_p}{V_{apr}}$$

Ecuación 10-3

Donde:

A_{lib} : Área libre de paso de agua (m²)

Q_p : Caudal pico de diseño (m³/s); 0.15 m³/s

V_{apr} : Velocidad de aproximación de flujo (*Valor obtenido en la Tabla 17-3*) (m/s); 0.80 m/s

$$A_{lib} = \frac{0.15}{0.8}$$

$$A_{lib} = 0.19 \text{ m}^2$$

- Cálculo del área libre con colmatación A_{libc}

Es la menor superficie libre de paso del agua residual que cumple las condiciones anteriores (no olvidar dividir por 0.7 ya que los valores de la velocidad están dados para una colmatación del 30%)

$$A_{libc} = \frac{A_{lib}}{0.7}$$

Ecuación 11-3

Donde:

A_{libc} : Área limpia del sistema enrejado sin considerar barrotes y con colmatación del 30 %

A_{lib}: Área libre de paso de agua (m²); 0.19 m²

$$A_{libc} = \frac{0.19}{0.7}$$

$$A_{libc} = 0.27 \text{ m}^2$$

- Altura del tirante en el canal, ***h_{a'}***

El ancho del canal según los datos previamente obtenidos en mediciones de campo es de 0.50 m y su estructura es de hormigón

$$h_{a'} = \frac{A_{lib}}{b}$$

Ecuación 12-3

Donde:

h_{a'}: Altura del tirante en el canal (m)

A_{lib}: Área limpia del sistema enrejado sin considerar barrotes y con colmatación del 30 % (m²); 0.27

b: Ancho del canal previamente determinado (m²); 0.75 m

$$h_{a'} = \frac{0.27}{0.75}$$

$$h_{a'} = 0.36 \text{ m}$$

- Altura del canal tirante de construcción, ***h_a***:

$$h_a = h_{a'} + h_s$$

Donde:

h_a : Altura del tirante de construcción (m)

h_a' : Altura del tirante en el canal (m); 0,36

h_s : Altura de seguridad (m); 0,5

$$h_a = 0,39 + 0,5$$

$$\mathbf{h_a = 0,86 m}$$

• Longitud de las barras , L_b :

$$L_b = \frac{h_a}{\sin \theta}$$

Donde:

L_b : Longitud de la barra (m)

h_a : Altura del tirante de construcción (m); 0,86 m

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados) (*Valor obtenido en la Tabla 17-3*); 50°

$$L_b = \frac{0,86}{\text{sen } 50}$$

$$\mathbf{L_b = 1.12 m}$$

• Número de barras , N_{barras}

Tabla 18-3 Valores típicos de espesor y separación entre barras

Espesor (e) cm	0.5 - 1
Separación entre barras (a) cm	1.5 - 2

Fuente: Ferrer José, 2005

Elaborador por: Andrés Tacoamán, 2017

$$N_{barras} = \frac{b - S_p}{e + S_p}$$

Ecuación 15-3

Donde:

N_{barras} : Número de barras presentes en el canal (m)

b : Ancho del canal (m); 0,75

S_p : Separación entre barras (cm) (Valor obtenido en la tabla 18-3); 0.2

e : Espesor de la barra tabla (m) (Valor obtenido en la tabla 18-3); 1 cm

$$N_{barras} = \frac{0.75 - 0.02}{0.01 + 0.02}$$

$$N_{barras} = 24.33$$

$$N_{barras} = 24.33 \cong 25 \text{ unidades}$$

• Pérdida de carga, h

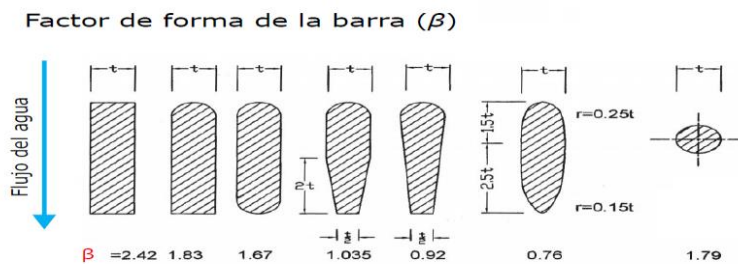


Figura 5-3 Factor de forma de la barra

Fuente: Ferrer José, 2005

$$h = \beta \left(\frac{S_p}{e} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \sin \theta$$

Ecuación 16-3

Donde:

h : Pérdida de carga, (m)

β : Factor de forma de la barra (*Valor obtenido de la figura 5-3*); 1.79

S_p : Separación entre barras (*Valor obtenido en la tabla 18-3*) (m); 0.02

e : Espesor de la barra (*Valor obtenido en la tabla 18-3*) (m); 0.01 cm

θ : Ángulo del enrejado con la horizontal (°)

v : Velocidad de flujo (*Valor obtenido en la tabla 17-3*) antes de la reja (m/s)

$$h = 1.79 \left(\frac{0.02}{0.01} \right)^{4/3} \left(\frac{0.80^2}{2 * 9.8} \right) \text{sen } 50$$

$$h = 0.11 \text{ m}$$

$$h = 0.11 \text{ m} < 0.15 \text{ m admisibles}$$

3.2.5.2 Gestión de sólidos

El tratamiento de aguas residuales acarrea consigo la generación de subproductos, los cuales requieren una óptima gestión. Para conocer la cantidad de residuos sólidos provenientes del cribado en la planta de tratamiento de aguas residuales, se utilizó el dato del caudal medio determinado con anterioridad.

Como podemos observar en la figura 14.3, elaborado por Ferrer José y Seco Aurora (2005) en el eje x se encuentra la apertura entre barras establecido en los anteriores cálculos, en el eje y las proyecciones de los sólidos recogidos durante el cribado, y las curvas indican los puntos de corte a caudal medio y a caudal máximo (punta), tal como se observa a continuación:

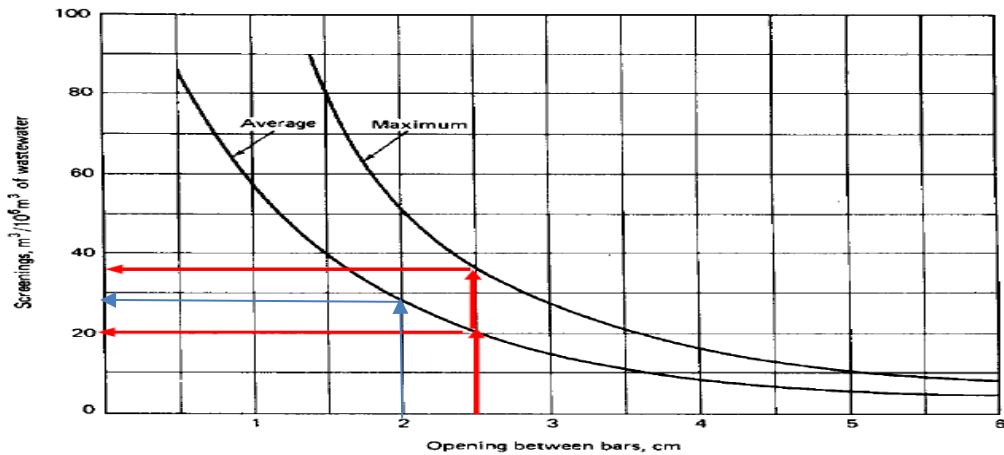


Figura 6-3 Estimación de producción de residuos sólidos provenientes del cribado
Fuente: Ferrer José, 2005

• Sólidos recogidos por día en el cribado , $S_{recojidos}$

Según los datos previamente determinados, la apertura entre barras es de 2 cm, al proyectar este valor hasta la curva de caudal medio, e interpolándolo hacia el eje de las y en la figura 6-3, se obtiene el valor de los sólidos recogidos en el proceso de cribado el mismo que tuvo un valor de $29 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$, el cual servirá para determinar la cantidad de sólidos presentes en las barras mediante la siguiente expresión:

$$S_{recojidos} = R_{ac} * Q_{md}$$

Ecuación 17-3

Donde:

$S_{recojidos}$: Sólidos recogidos por las barras de cribado

R_{ac} : Proyección entre la apertura de las barras y el volumen del cribado del agua (figura)

Q_{md} : Caudal medio ($\text{m}^3/\text{día}$); 9189.07

$$S_{recojidos} = \frac{29 \text{ l}}{10^3 \text{ m}^3} * 9189.07 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$S_{recojidos} = 266.48 \text{ litros}_{sólidos}/\text{día}$$

3.2.5.3 Canal de entrada con vertedero rectangular

Un canal de entrada es una estructura rectangular uniforme, que tiene como objetivo permitir la circulación libre de agua posterior al cribado, es ampliamente utilizado en la medición de caudales y en la conducción del efluente hacia las estructuras de desarenado. (Ferrer Polo, y otros, 2005). Para el dimensionamiento del mismo, se utilizaron los siguientes parámetros:

- Profundidad del canal, C_V

$$C_V = f_s * H$$

Ecuación 18-3

Donde:

C_V : Profundidad del canal del vertedero (m)

f_s : Factor de seguridad (porcentaje); 10%

H : Altura de la lámina del agua (*Valor obtenido en la determinación del caudal*) (m); 0,25

$$C_V = 1.1 * 0,25$$

$$C_V = \mathbf{0,28\ m}$$

- Largo del canal vertedero corregido L_V :

$$L_V = f_s * L$$

Ecuación 19-3

Donde:

L_V : Largo del canal del vertedero corregido (m)

f_s : Factor de seguridad. 10%

L : Largo del canal del vertedero (m)

$$L_V = 1,1 * 5$$

$$L_V = 5,5 \text{ m}$$

- Ancho del canal del vertedero B

$$Q_p = 1,84 * BH^{3/2}$$

Ecuación 20-3

Despejando B se obtiene

$$B = \frac{Q_P}{1,84 * H^{3/2}}$$

Ecuación 21-3

Donde:

B : Acho del canal del vertedero (m)

Q_p : Caudal punta (m³/s); 0,15

H : Altura de la lámina de agua (m); 0,25

$$B = \frac{0,15}{1,84 (0,25^{3/2})}$$

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

- Caudal por unidad de ancho, q .

$$q = \frac{Q_P}{B}$$

Ecuación 22-3

Donde:

q : Caudal por unidad de ancho (m^2/s)

B : Ancho del canal del vertedero (m); 0.65

Q_p : Caudal punta (m^3/s); 0.15

$$q = \frac{0,15}{0,81}$$

$$q = 0,19 \text{ m}^2/s$$

- Profundidad critica de flujo, h_c

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$$

Ecuación 23-3

Donde:

h_c : Profundidad critica de flujo (m)

q : Caudal por unidad de ancho (m^2/s); 0.19

g : Gravedad (m/s^2); 9.8

$$h_c = \left(\frac{(0,19)^2}{(9,8)}\right)^{1/3}$$

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

- Longitud del salto, L_m

Para un resalto estable se considera una altura de 0,50 m

$$L_m = 4,3p^{0,1}h_c^{0,9}$$

Ecuación 24-3

Donde:

L_m : Longitud del salto (m)

$p^{0,1}$: Altura de la pared del vertedero (m); 0.5

$h_c^{0,9}$: Profundidad crítica de flujo (m); 0.15

$$L_m = 4,3(0,5^{0,1})(0,15^{0,9})$$

$$L_m = 0,73 \text{ m}$$

3.2.5.4 Desarenador aireado

Un desarenador aireado es un dispositivo que permite remover partículas arenosas, además de favorecer procesos de oxidación, es similar a los tanques de aireación con flujo en espiral Estándar, pudiéndose utilizar además en la adición de reactivos químicos previo a los tratamientos primarios. (Ferrer Polo, y otros, 2005). Cuando el agua residual entra en la cámara de desarenado, las partículas de arena tienden a sedimentar en el fondo del tanque a velocidades propias del tamaño, peso específico y de la velocidad de giro en el tanque.

A velocidades grandes de difusión de aire, la arena no se depositaría en el fondo del desarenador, por lo que saldría con el agua, mientras que a velocidades muy pequeñas, la materia orgánica precipitará junto con la grava.

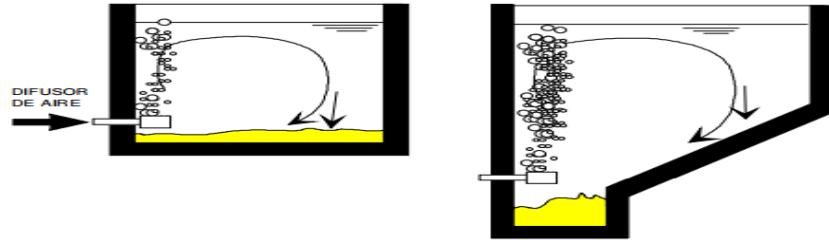


Figura 7-3 Desarenador aireado
Fuente: Universidad de Coruña España, 2013

Este tipo de desarenador presta más ventajas que los desarenadores de flujo horizontal, su eficiencia en la remoción de grasas presentes en el efluente bajo forma de coloides es muy grande, razón por la cual la selección de dicho dispositivo sería acertada y favorable por la naturaleza del agua residual a tratar. Entre las ventajas y desventajas de estos desarenadores tenemos:

Tabla 19-3 Ventajas y desventajas de los distintos tipos de desarenadores

Tipo de desarenador	Ventajas	Desventajas
Desarenador aireado	<p>Misma eficiencia para una variación amplia en el flujo.</p> <p>Perdidas de cargas mínimas al pasar por el desarenador.</p> <p>Controlar la tasa de aireación permite remover una baja cantidad de materia orgánica putrefacta.</p> <p>Puede ser utilizado para mezcla química, pre aireación y floculación después del tratamiento primario.</p> <p>Es sencillo controlar la tasa de aireación una vez que se haya instalado el sistema.</p>	<p>Puede generar malos olores.</p> <p>Se requiere mantenimiento en el sistema de aireación.</p> <p>Consumo de energía elevado.</p>
Desarenador de vórtice	<p>Efectivo con variaciones de flujo No hay equipos sumergidos que necesiten mantenimiento.</p> <p>Espacio reducido.</p> <p>Remoción de un alto porcentaje de partículas finas.</p>	<p>Diseño patentado.</p> <p>Costos de adquisición del equipo.</p> <p>Las paletas pueden recoger trapos y basura que destruyan el mecanismo de funcionamiento.</p> <p>Se puede saturar el colector de arena e impedir el correcto funcionamiento.</p> <p>Necesita limpieza y supervisión continua.</p>
Desarenador de Flujo horizontal	<p>No necesita un diseño complejo que dificulte su construcción.</p> <p>Con un control adecuado del flujo no se necesita hacer una clasificación posterior de los residuos.</p>	<p>Es difícil mantener la velocidad del flujo óptima.</p> <p>Si no se controla el flujo, el tanque remueve grandes cantidades de</p>

		materia orgánica, requiriendo lavar los residuos y clasificarlos.
--	--	---

Fuente: (WEF, 1992)

- Dimensionamiento del tanque desarenador aireado

Para el dimensionamiento de un desarenador aireado, se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 20-3 Información típica para el dimensionamiento de desarenadores

Desarenador Aireado	Valor	
	Intervalo	Típico
Dimensiones:		
Profundidad, m	2 – 5	
Longitud, m	7.5 – 20	
Ancho, m	2.5 – 7.0	
Relación ancho – profundidad	1:1 – 5:1	2:1
Relación longitud – ancho	3:1 – 4:1	3:1
Tiempo de retención a caudal punta (min)		
Desarenador	2 – 5	3
Desengrasador	12 – 25	15
Suministro de aire Nm ³ /min.m de longitud	0.15 – 0.45	0.3
Suministro de aire Nm ³ /h. m ³ de tanque	0.5 -2.0	1.0
Cantidades de arena y de espumas:		
Arena, m ³ /103 m ³	0.004 – 0.020	0.015
Espumas, ml/m ³	7.5 – 4.5	25

Fuente: Tratamientos físicos y químicos de aguas residuales, Ferrer-Seco (2005)

- Cálculo de la cámara de aquietamiento

La cámara de aquietamiento tiene como finalidad disminuir la velocidad con la que entra el agua al desarenador, permitiendo el ingreso controlado del fluido para que pueda ocurrir correctamente el proceso de sedimentación. La incorporación del agua residual hacia el desarenador, ocurre por la parte inferior de la cámara, y tiene como criterio fundamental la velocidad de ascenso del agua residual en la cámara, que deberá estar comprendida entre 0.04 m/s y 0.1 m/s, además del tiempo de retención en un rango de 30 a 60 segundos. (UFPS, 2015)

- Volumen de la cámara de aquietamiento V_{ca}

$$V_{ca} = \frac{Q_p}{T_r}$$

Ecuación 25-3

Donde:

V_{ca} : Volumen de la cámara de quietamiento (m^3)

Q_p : Caudal punta m^3/s ; 0.15

T_r : Tiempo de retención según UFPS, 2015 (seg); 35

$$V_{ca} = \frac{0.15}{35}$$

$$V_{ca} = 5.25 m^3$$

- Área superficial de la cámara de quietamiento, A_{ca}

$$A_{ca} = \frac{Q_p}{V_a}$$

Ecuación 26-3

Donde:

A_{ca} : Área superficial de la cámara de quietamiento (m^2)

Q_p : Caudal punta m^3/s ; 0.15

V_a : Velocidad de ascenso según UFPS, 2015 (m/s); 0.050

$$A_{ca} = \frac{0.15}{0.060}$$

$$A_{ca} = 2.5 m^2$$

- Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento L_{ca}

$$B_{ca} = L_{ca} = \sqrt{A_{ca}}$$

Ecuación 27-3

Donde:

L_{ca} : Longitud y ancho superficial de la cámara de quietamiento (m)

A_{ca} : Área superficial de la cámara de quietamiento (m^2); 2.5

$$B_{ca} = L_{ca} = \sqrt{2.5}$$

$$B_{ca} = L_{ca} = 1.58 \text{ m}$$

- Profundidad útil de la cámara de quietamiento P_{ca}

Para determinar la profundidad útil de la cámara de quietamiento, se calcula mediante la fórmula del volumen de un tanque y se despeja la variable desconocida que en este caso es la profundidad al resultado de la profundidad damos un valor de rango de seguridad del 10% así;

$$V_{ca} = L_{ca} * B_{ca} * P_{ca}$$

Ecuación 28-3

Donde:

V_{ca} : Volumen de la cámara de quietamiento (m^3); 5.25

L_{ca} : Longitud de la cámara de quietamiento (m); 1.58

B_{ca} : Ancho de la cámara de quietamiento (m); 1.58

P_{ca} : Profundidad de la cámara de quietamiento (m^2)

$$P_{ca} = \frac{5.25}{1.58 * 1.58}$$

$$P_{ca} = 2.1 * 1.1$$

$$P_{ca} = 2.31 \cong 2.30 m$$

- **Tanque desarenador aireado**

Cálculo del volumen del tanque desarenador, V_t

Para el cálculo del volumen del desarenador aireado, es necesario establecer el tiempo de retención hidráulica (véase tabla 20-3) y el número de unidades a implementar.

$$V_t = Q_p * \frac{T_r}{n}$$

Ecuación 29-3

Donde:

V_t : Volumen de cada cámara (m^3)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); 8.99

T_r : Tiempo de retención (*Valor obtenido en la tabla 20-3*) (min); 12

n : Número de unidades: 2

$$V_t = 8.99 * \frac{12}{2}$$

$$V_t = 53.94 \text{ m}^3$$

$$V_t = 53.94 \cong 54 \text{ m}^3$$

- Cálculo del ancho del tanque mediante la relación ancho profundidad, a

Para el presente cálculo, se debe fijar un valor de h , es decir la altura del tanque, mediante los valores típicos que se encuentran en la tabla 20-3 que en este caso particular quedará fijado en 2 m

$$\text{relación } \frac{a}{h}$$

$$a = \text{relación } \frac{a}{h} * h$$

Ecuación 30-3

Donde:

a : Ancho del tanque (m)

$\text{relación } \frac{a}{h}$: Relación ancho – profundidad del tanque (*Valor obtenido en la tabla 20-3*); [2:1]

h : Altura del tanque (m); 2

$$\frac{a}{h} = 2$$

$$a = 2 * 2$$

$$a = 2$$

$$a = 4 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del tanque, L_t

$$V = a * h$$

Ecuación 31-3

Despejando L_t , se obtiene

$$V = l * a * h$$

$$L_t = \frac{V}{a * h}$$

Ecuación 32-3

Donde:

L_t : Longitud del tanque (m)

V : Volumen del tanque m^3 ; 54

a : Ancho del tanque (m); 4

h : Altura del tanque (m); 2

$$L_t = \frac{54}{4 * 2}$$

$$L_t = 6.75 \text{ m}$$

- Área del tanque desarenador, A_D

$$A_D = L_t * a$$

Ecuación 33-3

Donde:

A_D : Área del tanque desarenador (m^2)

L_t : Longitud del tanque (m); 6.75

a : Ancho total del tanque (m); 4

$$A_D = 6.75 * 4$$

$$A_D = 27 \text{ m}^2$$

• Cálculo del tiempo de retención a gasto promedio, T_r

$$T_r = \frac{V}{Q_{md}/n}$$

Ecuación 34-3

Donde:

T_r : Tiempo de retención a gasto promedio (s)

V : Volumen de cada cámara (m^3); 54

Q_{md} : Caudal medio (m^3/s); 0.11

n : Número de cámaras (unidades); 2

$$T_r = \frac{54}{0.11/2}$$

$$T_r = 981.82 \text{ s}$$

$$T_r = 16.34 \text{ min}$$

• Cálculo del suministro de aire necesario $Ql_{(aire)}$ por longitud

Para que este proceso sea eficiente, es necesario un correcto y eficaz suministro de aire basándose en la longitud del tanque, tal como se observa a continuación:

$$Ql_{(aire)} = S_a * L_t * n$$

Ecuación 35-3

Donde:

$Ql_{(aire)}$: Caudal del aire por longitud (m^3/min)

S_a : Suministro de aire por unidad de volumen por minuto (*Valor obtenido en la tabla 20-3*)
 $\left(\frac{m^3 \text{ aire}}{\text{min.m longitud}}\right)$; 0.3

L_t : Longitud del tanque (m); 6.75

n : Número de unidades; 2

$$Ql_{(aire)} = 0.3 * 6.75 * 2$$

$$Ql_{(aire)} = 4.05 \frac{m^3 \text{ aire}}{\text{min}}$$

- Cálculo del suministro de aire necesario $QV_{(aire)}$ por volumen

A diferencia del anterior, el suministro de aire se hace basándose en el volumen del tanque

$$QV_{(aire)} = S_a * V_t$$

Ecuación 36-3

Donde:

$QV_{(aire)}$: Caudal del aire por longitud (m^3/h)

S_a : Suministro de aire por unidad de longitud por minuto (*Valor obtenido en la tabla 20-3*) $\left(\frac{m^3 \text{ aire}}{h.m^3 \text{ tanque}}\right)$; 1

V_t : Volumen del tanque (m); 54

$$QV_{(aire)} = 1 * 54$$

$$QV_{(aire)} = 54 \frac{m^3 \text{ aire}}{h}$$

$$QV_{(aire)} = 0.9 \frac{m^3 \text{ aire}}{\text{min}}$$

Elegimos el de mayor caudal de suministro de aire, que en este caso es el de suministro de aire por longitud.

• Difusores para el tanque desarenador aireado

Para cálculo del número de difusores necesarios en el tanque desarenador aireado es necesario conocer el caudal de difusión, el cual viene establecido por los fabricantes y su procedimiento de selección se indica a continuación:

- Cálculo del caudal de difusión, Q_{dif}

El caudal que proporcionan los difusores viene establecido en los diferentes catálogos de los fabricantes, los difusores se colocarán al costado del desarenador a una altura de 0.50 m, también se debe tener en cuenta una pendiente de 5% para facilitar el deslizamiento de las arenas a la zona de almacenamiento. No habrá ningún sistema mecánico para el desplazamiento de la arena, únicamente mediante gravedad. (Melo García, 2016)

Para el diseño de la aireación del desarenador se seleccionó los difusores de burbuja gruesa en los cuales viene establecido el caudal de diseño para cada difusor por parte del fabricante para el caso particular nuestro el caudal está establecido en un rango de 7 – 10 m³/h

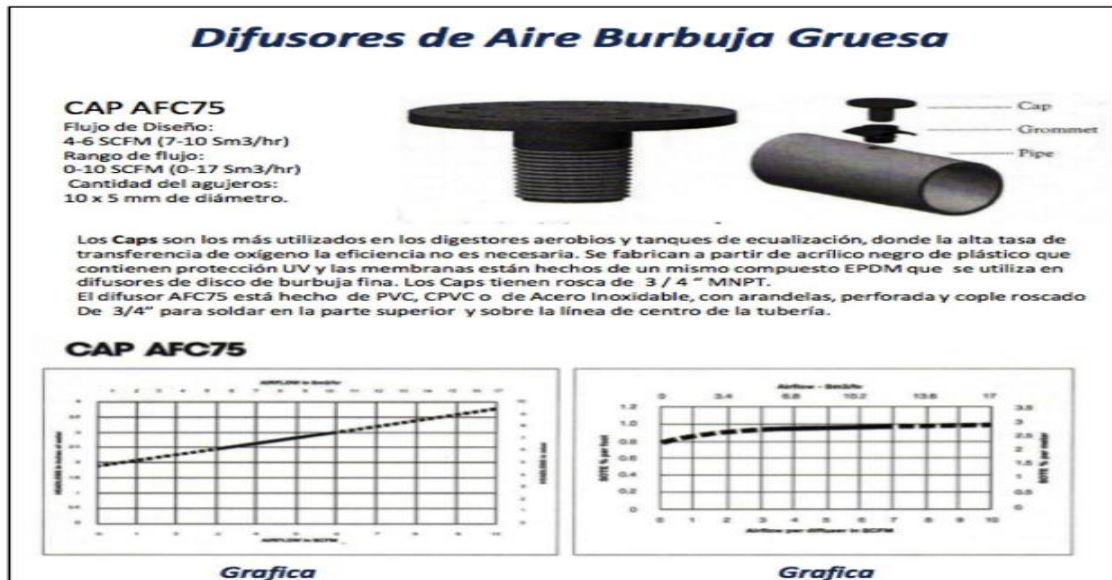


Figura 8-3 Difusores de Aire Burbuja Gruesa
Fuente: Catálogo del proveedor Pedro Gil, 2016

- Cálculo del número de difusores, N_{dif}

Para el cálculo del número de difusores se necesita conocer el caudal de difusión máxima que puede proporcionar cada difusor, estas especificación vienen dadas de acuerdo a cada fabricante (FLYGT)

$$N_{dif} = \frac{m^3 \text{ aire total} / h}{m^3 \text{ aire unitario} / h}$$

Ecuación 37-3

Donde:

N_{dif} : Número de difusores

$m^3_{aire\ total}$: es el caudal de aire por longitud determinado anteriormente $\left(\frac{m^3_{aire}}{h}\right)$; 243

$m^3_{aire\ unitario}$: es el caudal del difusor determinado por cada fabricante $\left(\frac{m^3_{aire}}{h}\right)$; 10

$$N_{dif} = \frac{243}{10}$$

$$N_{dif} = 24.3$$

24.3 \cong 24 difusores

- Selección del compresor de aire hacia el desarenador

Con el número de difusores se selección el compresor mediante las características que cada proveedor proporciona, para este cálculo se determina primeramente la pérdida de carga en el desarenador y con este dato se selecciona la soplante con el caudal de aire requerido para el desarenador

- Cálculo de la pérdida de carga en el desarenador ΔH

$$\Delta H = h_{estática} + h_{difusor} + h_{válvula} + h_{tuberías} + h_{filtro}$$

Ecuación 38-3

Donde:

ΔH : Pérdidas de carga totales en el tanque desarenador **mca** metros de columna de agua (m)

$h_{estática}$: Pérdidas de carga por elevación (m); 0 sin altura

$h_{difusor}$ Pérdidas de carga por difusor (m); 0.071 mca

$h_{válvula}$: Pérdidas de carga por válvula (m); 0.2 mca. Válvula de corte

$h_{tuberías}$: Pérdidas de carga por tuberías (m); 0.15 mca

h_{filtro} : Pérdidas de carga por filtro (m); 0.4 mca

$$\Delta H = h_{\text{estática}} + h_{\text{difusor}} + h_{\text{válvula}} + h_{\text{tuberías}} + h_{\text{filtro}}$$

$$\Delta H = 0 + 0.071 + 0.2 + 0.15 + 0.4$$

$$\Delta H = 0.821 \text{ mca}$$

$$\Delta H = 0.821 \text{ mca} * \frac{1000 \text{ mbar}}{10.2 \text{ mca}}$$

$$\Delta H = 1.05 \text{ mca} * \frac{1000 \text{ mbar}}{10.2 \text{ mca}}$$

$$\Delta H = 80.49 \text{ mbar}$$

Obtenida la pérdida de carga se calcula la presión que debe suministrarse a la soplante mediante la ecuación:

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

Ecuación 39-3

Despejando P_2 , se obtiene:

$$P_2 = P_1 + \Delta P$$

Ecuación 40-3

Reemplazando datos se obtiene:

$$P_2 = P_1 + h_{\text{estática}} + h_{\text{difusor}} + h_{\text{válvula}} + h_{\text{tuberías}} + h_{\text{filtro}}$$

Ecuación 41-3

Donde:

ΔP : Variación de la presión (mbar)

P_2 : Presión que debe suministrar la soplante (mbar)

P_1 : Presión atmosférica de la parroquia Izamba (mbar); 1025 (kinkaa, 2017)

$$P_2 = 1025 + 80.49$$

$$P_2 = 1105.49 \text{ mbar}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta P = 1105.49 - 1025$$

$$\Delta P = 80.49 \text{ mbar}$$

Para determinar la soplante adecuada se debe utilizar los datos de presión de la soplante y el caudal total de aire 4.05 m³aire/min y se elige el modelo por catálogo.

Q₁ - Caudal aspirado t₁ = 20 °C / Inlet flow t₁ = 20 °C
 Δt - Incremento temperatura / Increase of temperature
 P. abs - Potencia absorbida / Absorbed power
 P. mot - Potencia motor / Motor power

Δp/mbar	TAILLE / GRÖSSE	30.30 / DN-80								31.20 / DN-100									
100 mbar	Q m ³ /min	2.3	3.12	4.11	5.1	6.15	7.08	7.97	8.5	9.07	3.16	4.49	5.92	7.26	8.42	10	10.84	11.82	12.32
	Δ t : °C	13	12	11	11	11	10	10	10	10	12	11	11	10	10	10	10	10	10
	rpm sopl.	1500	1900	2390	2890	3360	3815	4240	4500	4780	1428	1900	2413	2895	3310	3877	4170	4525	4700
	rpm mtr.	2850	2850	2895	2895	2860	2895	2895	2895	2895	2855	2855	2855	2895	2895	2895	2895	2895	2895
	N abs kW	0.8	1.27	1.77	2.2	2.7	3.1	3.3	3.5	3.7	0.87	1.16	1.51	1.93	2.26	2.75	3	3.3	3.54
	N motor kW	1.5	1.5	2.2	2.7	3.2	3.5	3.7	3.8	4	1.5	1.5	2.2	2.7	3	3.4	4	4	5.5
	dB(A) s.cab	73	74	78	81	82	84	86	86	86	69	71	77	78	80	82	85	87	87
dB(A) c.cab	64	65	65	65	66	66	67	67	67	64	64	65	65	66	68	68	69	69	
100 mbar	Q m ³ /min	1.95	1.72	1.77	4.76	5.98	6.66	7.49	8.19	8.52	2.74	4.14	5.49	6.84	8.02	9.53	10.56	11.25	11.86
	Δ t : °C	34	30	28	26	25	25	24	24	24	31	27	26	25	24	24	23	23	23
	rpm sopl.	1530	907	2413	2895	3300	3810	4210	4550	4710	1430	1930	2413	2895	3315	3854	4220	4470	4700
	rpm mtr.	2895	895	2895	2895	2895	2895	2925	2925	2925	2860	2895	2895	2895	2925	2925	2930	2930	2930
	N abs kW	1.4	1.65	2.07	2.5	2.84	3.26	3.87	4.31	4.53	1.57	2.12	2.59	3.25	3.83	4.57	5.36	5.8	6.4
	N motor kW	2.2	2.2	3	3	4	4	5.5	5.5	5.5	2.2	3	4	3.21	3.5	5.5	7.5	7.5	7.5
	dB(A) s.cab	74	76	78	80	82	83	85	88	88	70	72	78	4	82	84	86	87	88
dB(A) c.cab	65	65	65	66	67	67	67	68	68	64	64	65	66	66	68	68	69	70	
300 mbar	Q m ³ /min	1.55	2.33	3.39	4.45	5.27	6.39	7.12	7.83	8.16	2.61	3.7	5.09	6.54	7.67	9.16	10.1	10.8	11.6
	Δ t : °C	73	61	53	49	47	45	44	43	43	58	52	47	45	44	42	42	41	41
	rpm sopl.	1524	1905	2413	2925	3320	3860	4217	4550	4720	1520	1911	2410	2925	3330	3861	4200	4455	4740
	rpm mtr.	2895	2895	2895	2925	2925	2925	2930	2930	2930	2895	2895	2895	2925	2930	2930	2940	2940	2940
	N abs kW	1.85	2.3	2.91	3.55	4.04	4.63	5.37	5.98	6.28	2.36	2.96	3.73	4.62	5.39	6.49	7.48	8.11	8.85
	N motor kW	3	3	4	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	7.5	3	4	5.5	5.5	7.5	7.5	11	11	11
	dB(A) s.cab	75	77	78	80	83	84	85	87	87	71	73	77	80	82	85	87	88	89
dB(A) c.cab	65	65	66	66	66	67	68	69	69	64	64	65	67	68	69	70	70	71	
400 mbar	Q m ³ /min	2.15	2.98	4.05	4.89	6	6.69	7.28	7.8	2.46	3.42	4.7	6.14	7.27	8.52	9.7	10.41	11.19	
	Δ t : °C	108	93	83	79	74	72	71	70	102	89	80	74	72	69	68	67	66	
	rpm sopl.	2010	2410	2925	3330	3870	4200	4485	4735	1600	1959	2413	2930	3330	3780	4200	4455	4734	
	rpm mtr.	2895	2925	2925	2930	2930	2930	2930	2930	3,23	2895	2895	2930	2940	2940	2940	2940	2940	
	N abs kW	3.13	3.72	4.5	5.94	5.94	6.78	7.4	7.95	4	3.92	4.88	6.02	6.91	7.97	9.45	10.19	11.06	
	N motor kW	4	5.5	5.5	7.5	7.5	11	11	11	5.5	7.5	7.5	11	11	11	15	15	15	
	dB(A) s.cab	77	78	81	83	85	87	88	88	73	77	80	82	86	89	89	90	90	
dB(A) c.cab	66	66	67	67	68	69	70	70	64	65	67	68	70	70	71	72	72		
450 mbar	Q m ³ /min				3.84	4.67	5.77	6.47	6.96	7.58	4.47	5.95	7.05	8.32	9.48	10.19	10.97		
	Δ t : °C				108	101	95	92	90	88	103	95	91	87	85	84	78		
	rpm sopl.				2930	3330	3861	4200	4430	4734	2413	2940	3330	3790	4200	4455	4734		
	rpm mtr.				2930	2930	2930	2940	2940	2940	2930	2940	2940	2940	2940	2940	2940	2940	
	N abs kW				4.95	5.65	6.51	7.42	7.95	8.62	5.43	6.6	7.6	8.83	10.27	11.06	11.94		
	N motor kW				7.5	7.5	7.5	11	11	11	7.5	11	11	11	15	15	15		
	dB(A) s.cab				84	86	88	90	90	80	82	86	89	90	91				
dB(A) c.cab				68	69	70	72	72	67	68	70	71	72	72					

Figura 9-3 Catálogo del proveedor para la selección de la soplante
 Fuente: Proveedor Pedro Gil, 2016

Del resultado de la tabulación se obtiene que la soplante adecuada para este desarenador es el modelo 30.30/DN-80, con una potencia de 1.27 kW y caudal de la soplante máximo es de 4.11 m³aire/min.

- Estimación de arena recolectada en el tanque desarenador aireado

En este tipo de pretratamiento se puede obtener un residuo de carácter arenoso, el cual se puede estimar mediante un valor de volumen de arena, típico en un m³ de agua residual urbano (0.015 l/m³) Tabla 20-3

- Cálculo de la cantidad de arena recogida en el desarenador, V_a

$$V_a = []_a Q_{md} * F_p$$

Ecuación 42-3

Donde:

V_a : Arena producida (m³/s)

[]_a: Concentración de arena en agua (m³/m³); 1.5*10⁻⁵

Q_{md} : Caudal medio (m³/s); 0.11

F_p : Factor punta; 1.41

$$V_a = 1.5 * 10^{-5} * 0.11 * 1.41$$

$$V_a = 2.33 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_a = 201 \text{ l}_{arena}/\text{día}$$

- Cálculo de la zona de lodos

- Cálculo de la zona de lodos del desarenador

- Longitud de la primera placa de entrada en el fondo del desarenador, L' :

$$L' = \frac{1}{3} * L$$

Ecuación 43-3

Donde:

L' : Longitud de la primera placa de entrada del desarenador (m)

L : Longitud total del desarenador (m); 6.75

$$L' = \frac{1}{3} * 6.75$$

$$L' = 2.25 \text{ m}$$

- Altura de la zona de lodos de la primera placa , H' :

El diseño del desarenador aireado establece que debe dimensionarse a una pendiente del 5% a 10%, para la descarga de lodos ubicada en el primero tercio de la unidad desarenadora

$$H' = L' * X$$

Ecuación 44-3

Donde:

H' : Altura de la zona de lodos de la primera placa (m)

L' : Longitud de la primera parte del desarenador (m); 2.25 m

X: Pendiente de la primera placa en el fondo del desarenador (%); 10%

$$H' = 2.25 * 0.1$$

$$H' = 0.23 \text{ m}$$

• Longitud de la placa de salida en el fondo del desarenador, L'' :

$$L'' = \frac{2}{3} * L$$

Ecuación 45-3

Donde:

L'' : Longitud de la placa de salida del desarenador (m)

L: Longitud total del desarenador (m); 6.75

$$L'' = \frac{2}{3} * 6.75$$

$$L'' = 4.5 \text{ m}$$

• Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador, X'

$$X' = \frac{H'}{L''}$$

Ecuación 46-3

Donde:

X' : Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador (%)

H' : Altura de la zona de lodos de la primera placa (m); 0.23 m

L'' : Longitud de la segunda parte del desarenador (m); 4.5 m

$$X' = \frac{0.35}{6.98}$$

$$X' = 0.05$$

$$X' = 5\%$$

- Volumen del tanque de limpieza de lodos , V' :

$$V' = V_d * V\%$$

Ecuación 47-3

Donde:

V' : Volumen del canal de limpieza de la zona de lodos de cada desarenador (m^3)

V_d : Volumen útil de cada desarenador (m^3); 54

$V\%$: Porcentaje acumulación de lodos en el canal de limpieza (%); 0.05%

$$V' = 54 * 0.05$$

$$V' = 2.7 m^3$$

- Dimensiones del canal de limpieza de la zona de lodos

L_{cl} : Longitud del canal de limpieza (m); 4 m (*Ancho del desarenador*)

H_{cl} : Alto del canal de limpieza (m); 0.68 m

A_{cl} : Ancho del canal de limpieza (m); 1.0 m

- **Cálculo de la zona de salida**

- Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida, H_v :

$$H_v = \left(\frac{Q_p}{1.84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 48-3

Donde:

H_v : Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida (m)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.15

B : Ancho de zona de sedimentación (m); 4 m

$$H_v = \left(\frac{0.15}{1.84 * 4} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = (0.0203)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = 0.075 \text{ m}$$

- Velocidad sobre el vertedero de salida, v_v

$$v_v = \frac{Q_p}{H_v * B}$$

Ecuación 49-3

Donde:

v_v : Velocidad sobre el vertedero de salida (m/s)

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0.15

H_v : Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida (m); 0.075

B : Ancho de zona de sedimentación de cada tanque (m); 4

$$v_v = \frac{0.15}{0.075 * 4}$$

$$v_v = 0.5 \text{ m/s}$$

- Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada A_{rd} :

$$A_{rd} = 0.36 * v_v^{2/3} + 0.6 * H_v^{4/7}$$

Ecuación 50-3

Donde:

A_{rd} : Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada (m)

H_v : Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida (m); 0.075

v_v : Velocidad sobre el vertedero de salida (m/s); 0.5

$$A_{rd} = 0.36 * 0.5^{2/3} + 0.6 * 0.075^{4/7}$$

$$A_{rd} = 0.36 \text{ m}$$

Se tomará como ancho para este canal 1.00 m

3.2.5.5 Coagulación y floculación

- **Coagulación**

La coagulación es el primer paso de desestabilización de las partículas en suspensión provenientes del agua residual, ocurre al adicionar productos químicos para lograr desestabilizar las cargas eléctricas del sistema coloidal, para lo cual existen varios coagulantes, empleados en el proceso que generalmente son sales de Aluminio (Al III) y de hierro (Fe III). (Ferrer Polo, y otros, 2005)

- **Floculación**

Es el siguiente paso destinado a facilitar la depuración, consiste en generar entre si puentes de hidrógenos (coagulante-partícula) y posteriormente una malla tridimensional de coágulos llamados flóculos, los cuales poseen una mayor densidad y son sedimentados con mayor facilidad. Para que esto suceda es necesario la adición del coagulante y una apropiada velocidad de agitación. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Este proceso ocurre en el tanque de mezcla, en el cual se establece la dosificación óptima del coagulante y la apropiada velocidad de agitación. Para la tratabilidad del agua residual inicialmente se seleccionó un tratamiento con sulfato de aluminio, pero al observar que su efecto sobre las aguas residuales no tenía la suficiente efectividad se eligió un tratamiento más efectivo con Policloruro de aluminio (PAC) que es una sal de aluminio polimerizada con mejor efectividad en el tratamiento de aguas residuales.

- Calculo de la concentración óptima de PAC; $Conc_{PAC}$

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Ecuación 51-3

Despejando C_2 se tiene:

$$C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2}$$

Ecuación 52-3

Donde:

C_2 : Concentración óptima de PAC; ppm

C_1 : Concentración de la solución patrón de PAC; ppm

V_1 : Volumen adicionado de la solución patrón de PAC; L

V_2 : Volumen de agua residual; L

$$C_2 = \frac{50000 * 0.008}{1}$$

$$C_2 = 400 \text{ ppm}$$

$$C_2 = 400 \text{ mg/L}$$

$$C_2 = 0.4 \text{ g/L}$$

3.2.5.6 Tanque Mezclador

- Mezclado

Es una de las operaciones unitaria de suma importancia en el tratamiento de aguas residuales, en este proceso se adicionan químicos al agua residual para mejorar las propiedades físicas y químicas del agua mediante la generación de una turbulencia proporcionada por los diferentes mezcladores, ya sean estáticos o mecánicos, gran parte de las operaciones relacionadas al tratamiento de aguas residuales se clasifica en continuas y rápidas continuas. (METCALF & EDDY, 1995)

- **Mezcla rápida continua de productos químicos**

En este proceso el principal objetivo es mezclar completamente una sustancia con otra. La mezcla rápida puede durar desde una fracción de segundo, hasta alrededor de 30 segundos y se puede llevar a cabo mediante sistemas como: resaltos hidráulicos en los canales, dispositivos Venturi, conducciones, por bombeo, mediante mezcladores estáticos o mezcladores mecánicos, en estos últimos, las turbulencias se consiguen mediante la aportación de energía con impulsores giratorios como paletas, hélices y turbinas. (METCALF & EDDY, 1995)

- Mezcladores de hélice y turbina

En el proceso de tratamiento de aguas residuales, el mezclado se suele llevar a cabo en régimen de flujo turbulento, por regla general, cuanto mayor sea la velocidad y turbulencia, mayor será la efectividad de mezclado. (METCALF & EDDY, 1995)

- Agitadores de paleta

Los agitadores de paletas o agitadores de flujo axial, que tienen como objetivo la homogenización de los químicos que entran en contacto con el agua residual, generan corrientes paralelas al eje del impulsor. La producción de un buen flóculo requiere generalmente de un tiempo de detención de entre 10 y 30 minutos. Se ha podido constatar que una velocidad lineal de 0.6 a 0.9 m/s, crea suficiente turbulencia sin romper los flóculos. (METCALF & EDDY, 1995)

- **Mezcla continua en reactores y tanques de retención**

Su principal objetivo consiste en mantener en un estado de mezcla completa el contenido del reactor o del tanque de retención, puede llevarse a cabo mediante diversos sistemas como: mezcladores mecánicos, mecanismos neumáticos mezcladores estáticos y mezcladores por bombeo. (METCALF & EDDY, 1995)

- Dimensionamiento del tanque de mezcla

Para el dimensionamiento del tanque de mezcla es necesario utilizar el caudal punta con una pérdida del 5% para la remoción de lodos que serán enviados a lecho de secado.

- Volumen del tanque de mezcla V_{TM} :

El tiempo de retención necesario para una adecuada floculación en tanques de turbina se observa en la siguiente tabla

Tabla 21-3 Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

Parámetros	Medida
Gradiente de velocidad (s ⁻¹)	500 - 1000
Tiempo de retención (h)	0.5 - 2
Relación geométrica	1:1 - 3:1

Fuente: programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Utilizaremos un tiempo de retención de 0.5 horas, para los cálculos pertinentes.

$$V_{TM} = Q_p * T_{rh}$$

Ecuación 53-3

Donde:

V_{TM} : Volumen del tanque de mezcla (m³)

Q_p : Caudal de punta (m³/s); 0.15

T_{rh} : Tiempo de retención (s); 1800 (30 min)

$$V_{TM} = 0.15 * 1800$$

$$V_{TM} = 270 \text{ m}^3$$

$$V_{TM} = \mathbf{270000 \text{ L}}$$

- Diámetro de la cámara de mezcla, ϕ_M :

$$\phi_M = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{TM} * a}{\pi * b}}$$

Ecuación 54-3

Donde:

ϕ_M : Diámetro de la cámara de mezcla (m)

V_{TM} : Volumen del tanque mezcla (m^3); 270

a : Relación geométrica adimensional (Valor obtenido en la tabla 21-3); 2

b : Relación geométrica adimensional (Valor obtenido en la tabla 21-3); 1

$$\phi_M = \sqrt[3]{\frac{4 * 270 * 2}{\pi * 1}}$$

$$\phi_M = 8.83 \text{ m}$$

- Profundidad de la cámara de mezcla H :

$$H = b * \frac{\phi_M}{a}$$

Ecuación 55-3

Donde:

H : Altura de la cámara de mezcla (m);

b : Relación geométrica adimensional; 1

DM : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 8.83

a : Relación geométrica adimensional; 2

$$H = 1 * \frac{8.83}{2}$$

$$H = 4.42 \text{ m}$$

- Anchura de los deflectores, W_d :

Se recomienda la implementación de 4 deflectores, colocados verticalmente en los muros del mezclador, según la especificación de los cálculos que se va a obtener

$$W_d = \frac{\phi_M}{10}$$

Ecuación 56-3

Donde:

W_d : Anchura de los deflectores (m)

ϕ_M : Diámetro de la cámara de mezcla (m); 8.83

$$W_d = \frac{8.83}{10}$$

$$W_d = 0.88 \text{ m}$$

- Cálculos para el agitador de paletas

- Diámetro del impulsor, D_I

$$D_I = \frac{\phi_M}{3}$$

Ecuación 57-3

Donde:

D_I : Diámetro del impulsor (m)

ϕ_M : Diámetro del tanque (m); 8.83

$$D_I = \frac{8.83}{3}$$

$$D_I = 2.94 \text{ m}$$

- Altura del impulsor con respecto al fondo, H_I

$$H_I = D_I$$

Ecuación 58-3

Donde:

H_I : Altura del impulsor con respecto al fondo

D_I : Diámetro del impulsor (m); 2.94

$$H_I = 2.94 \text{ m}$$

- Ancho de las palas del impulsor, A_{PI}

$$A_{PI} = \frac{D_I}{5}$$

Ecuación 59-3

Donde:

A_{PI} : Ancho de las palas del impulsor (m)

D_I : Diámetro del impulsor (m); 2.94

$$A_{PI} = \frac{2.94}{5}$$

$$A_{PI} = 0.59 \text{ m}$$

- Longitud de las palas del impulsor , L_{PI}

$$L_{PI} = \frac{D_I}{4}$$

Ecuación 60-3

Donde:

L_{PI} : Longitud de las palas del impulsor (m)

D_I : Diámetro del impulsor (m); 2.94

$$L_{PI} = \frac{2.94}{4}$$

$$L_{PI} = 0.74 \text{ m}$$

- Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central L_{DC}

$$L_{DC} = \frac{L_{PI}}{2}$$

Ecuación 61-3

Donde:

L_{PI} : Longitud de las palas del impulsor (m)

L_{PI} : Longitud de las palas del impulsor (m); 0.74

$$L_{DC} = \frac{0.74}{2}$$

$$L_{DC} = 0.37 \text{ m}$$

- Diámetro del disco central S_{DC}

$$S_{DC} = \frac{\phi_M}{4}$$

Ecuación 62-3

Donde:

S_{DC} : Diámetro del disco central (m)

ϕ_M : Diámetro del tanque de mezcla (m); 8.83

$$S_{DC} = \frac{8.83}{4}$$

$$S_{DC} = 2.2 \text{ m}$$

- Número de Reynolds, N_{RE}

Tabla 22-3 Propiedades del agua a distintas temperaturas

TEMPERATURA (T) °C	DENSIDAD (ρ) kg/m^3	VISCOSIDAD DINÁMICA ($\mu \cdot 10^{-3}$) $N \cdot s/m^2$	VISCOSIDAD CINEMÁTICA ($\nu \cdot 10^{-6}$) m^2/s	TENSIÓN SUPERFICIAL (σ) N/m
0	999.8	1.781	1.785	0.0756
5	1000.0	1.518	1.519	0.0749
10	999.7	1.307	1.306	0.0742
15	999.1	1.139	1.140	0.0735
20	998.2	1.002	1.003	0.0728
25	997.0	0.890	0.893	0.0720
30	995.7	0.798	0.800	0.0710

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

$$N_{RE} = \frac{D_I^2 * n_{rev} * \rho}{\mu}$$

Ecuación 63-3

Donde:

N_{RE} : Número de Reynolds; adimensional

D_I : Diámetro del impulsor (m); 2.94

n_{rev} : Número de revoluciones según la prueba de jarras (rpm) 100

ρ : Densidad del agua a 15°C (Kg/m³); 999.1

ν : Viscosidad dinámica (Ns/m²); 1.139*10⁻³

$$N_{RE} = \frac{2.94^2 * 100 * 999.1}{1.139 * 10^{-3}}$$

$$N_{RE} = 752.12 * 10^6 \text{ Regimen turbulento}$$

- Potencia aplicada al agua residual, P

Es necesario determinar la potencia a aplicar en el agua residual para que no exista un dimensionamiento inferior o superior al que se necesita

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

Ecuación 64-3

Donde:

P : Potencia útil a aplicar al agua residual (Watt)

ν : Viscosidad dinámica (Ns/m²); 1.139*10⁻³

V : Volumen del tanque de mezcla (m³); 270

G : Gradiente de velocidad (Valor obtenido de la tabla 21-3) (s⁻¹); 750

$$P = 1.139 * 10^{-3} \text{ Ns/m}^2 * 270 \text{ m}^3 * \left(\frac{750}{s}\right)^2$$

$$P = 172985.63 \text{ W}$$

$$P = 173 \text{ Kw}$$

$$P = 173 \text{ Kw} * \frac{1 \text{ HP}}{0.736 \text{ Kw}} = 235.05 \text{ HP}$$

- Velocidad de rotación, N ;

Tabla 23-3 Número de potencia para diferente tipo de impulsores

Impulsor	Régimen laminar	Régimen turbulento
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41.00	0.32
Hélice, paso de dos, 3 palas	43.5	1.00
Turbina, 6 palas planas	71.00	6.30
Turbina, 6 palas curvas	70.00	4.80
Turbina ventilador, 6 palas	70.00	1.65
Turbina, 6 palas en punta de flecha	71.00	4.00
Paleta plana, 6 palas	36.5	1.70
Turbina cerrada, 2 palas curvas	97.5	1.08
Turbina cerrada con estator (sin deflectores)	172.5	1.12

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * D^5}}$$

Ecuación 65-3

Donde:

N : Número de revoluciones por minuto para una mezcla eficaz (rpm)

P : Potencia (W); 172985.63

K : Número de potencia (*Valor obtenido en la tabla 23-3*) (adimensional); 6.3

ρ : Densidad del agua a 15°C (Kg/m³); 999.1

D : Diámetro de la turbina (m); 2.94

$$N = \sqrt[3]{\frac{172985.63}{6.3 * 999.1 * 2.94^5}}$$

$$N = 0.50 \frac{rev}{s}$$

$$N = 31 \text{ rpm}$$

- Cálculo de la dosificación óptima de PAC
- Volumen de dosificación de la solución de PAC por día D_{PAC}

Algunos de los datos son adquiridos de los cálculos anteriormente realizados

$$D_{PAC} = \frac{V_{TM} * D_{PAC \text{ jarras}}}{V_{P \text{ jarras}}}$$

Ecuación 66-3

Donde:

D_{PAC} : Volumen de la dosificación de la solución de PAC del tanque de mezcla (L/día)

V_{TM} : Volumen del tanque mezclador (L); 270000

$D_{PAC \text{ jarras}}$: Dosis óptima del volumen de PAC en la prueba de jarras (mL); 8

$V_{P \text{ jarras}}$: Volumen vaso de precipitación prueba de jarras (L); 1

$$D_{pac} = \frac{270000 * 8}{1}$$

$$D_{pac} = 2160000 \text{ mL}$$

$$D_{pac} = 2160 \text{ L/dia}$$

- Cantidad de Policloruro de Aluminio C_{PAC}

$$C_{PAC} = \text{Conc}_{PAC} * D_{PAC}$$

Ecuación 67-3

Donde:

C_{PAC} : Cantidad de policloruro de Aluminio en peso por día (Kg/día)

Conc_{PAC} : Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras; 0,4 g/L

D_{PAC} : Volumen de la dosificación de la solución de PAC del tanque de mezcla (L/día); 2160

$$C_{PAC} = 0.4 * 2160$$

$$C_{PAC} = 864 \text{ g/día}$$

$$C_{PAC} = \mathbf{0.86 \text{ Kg/día}}$$

- Precio de PAC por día, $\text{Precio}_{PAC*día}$

$$\text{Precio}_{PAC*día} = C_{PAC} * \text{Costo}_{PAC}$$

$$\text{Precio}_{PAC*día} = 0.86 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 0.75 \frac{\text{dólares}}{\text{kg}}$$

$$\text{Precio}_{PAC*día} = 0.65 \frac{\text{dólares}}{\text{día}}$$

$$\text{Precio}_{PAC*día} = \mathbf{237.25 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}}$$

3.2.5.7 Sedimentador

El uso de un sedimentador es fundamental después de la mezcla de los reactivos químicos, donde se elimina toda la materia que se encuentra suspendida en la fase líquida mediante decantación,

utilizando la gravedad como aliada en el proceso de sedimentación. A lo largo del tiempo, la sedimentación fue y seguirá siendo el método más utilizado en los sistemas de tratamiento de agua dulce como de agua residual. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

- Sedimentación Floculenta

Se refiere a una suspensión bastante diluida de partículas que se agregan, o floculan durante el proceso de sedimentación. Al unirse, las partículas aumentan de masa y se sedimentan a mayor velocidad. Su función primordial es eliminar los flóculos químicos de los tanques de sedimentación. (METCALF & EDDY, 1995)

Tabla 24-3 Información típica para el dimensionamiento de tanques de decantación primaria

Característica	Valor	
	Intervalo	Típico
Tiempo de retención a caudal punta (h)	≤ 1	0.5
Carga sobre vertedero a caudal punta (m ³ /m.h)	40	40
Calado (m)	2.5 – 3.5	3
Carga superficial a caudal punta (m ³ /m ² .día)	60 – 300	150
Angulo de inclinación	60°	60°

Fuente: Tratamientos físicos y químicos de aguas residuales, Ferrer-Seco (2005)

- Dimensionamiento de un sedimentador (decantador primario) de alta tasa

Para el dimensionamiento del decantador debemos conocer que el número de Reynolds debe ser menor a 500, la característica crítica de funcionamiento (Sc) es 1.00 para láminas paralelas, con una separación entre placas de 5 a 8 cm y un ángulo de inclinación de 60°. (Pérez, 1981)

- Área de sedimentación, A_s :

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s}$$

Ecuación 68-3

Donde:

A_s : Área de sedimentación (m^2)

Q_p : Caudal punta (m^3/s). 0.15

C_s : Carga superficial ($m^3/m^2.s$); $2.31 \cdot 10^{-3}$

$$A_s = \frac{0.15}{2.31 \cdot 10^{-3}}$$

$$A_s = \mathbf{64.94 \text{ m}^2}$$

- Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas , v_o :

$$v_o = \frac{Q_p}{A_s * \sin \theta}$$

Ecuación 69-3

Donde:

v_o : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (cm/s)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); 0.15

A_s : Área de sedimentación (m^2); 64.94

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación (grados); 60°

$$v_o = \frac{0.15}{64.94 * \sin 60}$$

$$v_o = 2.667 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$v_o = \mathbf{0.26 \text{ cm/s}}$$

- Longitud relativa del sedimentador, L_r :

$$L_r = \frac{I}{d_p}$$

Ecuación 70-3

Donde:

L_r : Longitud relativa del sedimentador (m)

I : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1.20

d_p : Ancho del conducto o espaciamiento entre las placas (m); 0.06 según parámetros de diseño (Pérez, 1981)

$$L_r = \frac{1.20}{0.06}$$

$$L_r = 20$$

- Número de Reynolds; N_{RE}

$$N_{RE} = \frac{v_0 * d_p}{\vartheta}$$

Ecuación 71-3

Donde:

N_{RE} : Número de Reynolds (Adimensional)

v_0 : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/s); $2.667 * 10^{-3}$

d_p : Ancho del conducto o espaciamiento entre placas (m); 0,06 m

ϑ : Viscosidad cinemática del agua a 15°C (m^2/s); $1.140 * 10^{-6} m^2/s$ (Valor considerado de la Tabla 24-3)

$$N_{RE} = \frac{2.667 * 10^{-3} * 0,06}{1,140 * 10^{-6}}$$

$$N_{RE} = 140.37 \text{ Regimen Laminar}$$

- Longitud de transición, L' :

$$L' = 0,013 * N_{RE}$$

Ecuación 72-3

Donde:

L' : Longitud de transición (m)

N_{RE} : Número de Reynolds (Adimensional); 140.37

$$L' = 0,013 * 140.37$$

$$L' = 1.82$$

- Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición, L_{cr} :

$$L_{cr} = L_r - L'$$

Ecuación 73-3

Donde:

L_{cr} : Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición

L_r : Longitud relativa del sedimentador; 20

L' : Longitud de transición (m); 1.82

$$L_{cr} = 20 - 1.82$$

$$L_{cr} = 18.18$$

- Velocidad de sedimentación crítica; v_{SC} :

$$v_{SC} = \frac{S_C * v_0}{\text{sen}\theta + (L_{cr} * \text{cos}\theta)}$$

Ecuación 74-3

Donde:

v_{SC} : Velocidad de sedimentación crítica (cm/s)

S_C : Característica crítica de funcionamiento para láminas paralelas (Adimensional); 1

v_0 : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/día); 224.64

L_{cr} : Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición; 18.18

θ : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60°

$$V_{SC} = \frac{1 * 224.64}{\text{sen } 60 + (18.18 * \text{cos } 60)}$$

$$V_{SC} = 22.56 \text{ m/día}$$

$$V_{SC} = 0.26 \text{ cm/s}$$

- Tiempo de retención en las placas, t_{rp} :

$$t_{rp} = \frac{I}{v_0}$$

Ecuación 75-3

Donde:

t_{rp} : Tiempo de retención en las placas (min)

I : Longitud recorrida a través de la placa (m); 1.82 m

v_0 : Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas (m/s); $2.667 * 10^{-3}$

$$t_{rp} = \frac{1,82}{2.667 * 10^{-3}}$$

$$t_{rp} = 682.41 \text{ s}$$

$$t_{rp} = \mathbf{11.3 \text{ min}}$$

• Tiempo de retención en el tanque sedimentador, T_{RH} :

$$T_{RH} = \frac{A_s * H_s}{Q_p}$$

Ecuación 76-3

Donde:

T_{RH} : Tiempo de retención (min)

A_s : Área de sedimentación (m^2); 64.94 m^2

H_s : Altura total o calado (m); 3 m

Q_p : Caudal de punta (m^3/s); 0,15

$$T_{RH} = \frac{64.94 * 3}{0,15}$$

$$T_{RH} = 1298.8 \text{ s}$$

$$T_{RH} = 21.65 \text{ min}$$

• Ancho del sedimentador, a_s :

$$a_s = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

Ecuación 77-3

Donde:

a_s : Ancho del sedimentador (m)

A_s : Área del sedimentador (m^2); 64.94

$$a_s = \sqrt{\frac{64.94}{2}}$$

$$a_s = 5.7 \text{ m}$$

• Longitud del sedimentador, l_s :

$$l_s = a * 2$$

Ecuación 78-3

Donde:

l : Longitud del sedimentador (m)

a : Ancho del sedimentador (m); 5.7

$$l_s = 5.7 * 2$$

$$l_s = 11.4 \text{ m}$$

• Número de placas por modulo; N_p :

$$N_p = \frac{(l * \text{sen}\theta) + d_s}{d_s + e_p}$$

Ecuación 79-3

Donde:

N_p : Número de placas por modulo (Unidad)

l : Longitud del sedimentador (m); 11.4

d_p : Separación entre placas (*según bibliografía*) (m); 0,060 m

e_p : Espesor de las placas (*según bibliografía*) (m); 0,01 m

θ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (grados); 60°

$$N_p = \frac{[13.14 * \sin 60] + 0,060}{0,060 + 0,01}$$

$$N_p = 142 \text{ placas}$$

• Volumen del sedimentador, V_s :

$$V_s = l * a * h$$

Ecuación 80-3

Donde:

V : Volumen del sedimentador (m^3)

l : Longitud del sedimentador (m); 11.4

a : Ancho del sedimentador (m); 5.7

h : Altura del sedimentador (m); 3

$$V_s = 11.4 * 5.7 * 3$$

$$V_s = 195 m^3$$

- Dimensionamiento de altura:

H_{sp} : Altura del agua sobre las placas: 0,22m

H_p : Altura de ubicación de las placas: $(1.200 * \text{sen}(60)) = 1,040\text{m}$

H_{dp} : Altura por debajo de las placas: 1,24m

3.2.5.8 Filtro rápido

Los filtros rápidos son dispositivos encargados de retener las partículas presentes en el agua, que no llegaron a eliminarse completamente en el proceso de sedimentación. En este proceso, el agua atraviesa el lecho filtrante (multicapa) a una velocidad mayor que en los filtros lentos. Los filtros rápidos están constituidos por un depósito de hormigón abierto, un falso fondo de hormigón o de material plástico, donde se colocaran los orificios de drenaje y de inyección de agua de lavado, el lecho filtrante situado sobre el falso fondo, canales de entrada de agua, canales de recogida de agua de lavado y agua filtrada. (Tejero, y otros, 2011)

Se eligió dimensionar este tipo de filtro rápido debido a su alta eficacia en el tratamiento de aguas residuales, una de las características principales de esta unidad es la de ayudar a mejorar la calidad del agua, debido a la presencia de zeolita y arena en su estructura. Este tipo de filtro proporciona las condiciones adecuadas para la retención de detergentes que no llegaron a eliminarse en los anteriores procesos, permitiendo la reducción de las concentraciones de tensoactivos hasta valores por debajo de la norma.

• Dimensionamiento del filtro de arena

Para el dimensionamiento de filtros rápidos, se establecen las siguientes consideraciones de diseño:

Tabla 25-3 Criterios de diseño típicos para filtros rápidos

Características	Filtro rápido
Rango de filtración (m/hora)	5 a 15
Tamaño del lecho (m ²)	50 a 100
Profundidad del lecho (m)	
Arena	0.5 a 1.00

Material adsorbente (Zeolita)	0.4
Grosor de la arena	
Tamaño efectivo (mm)	0.4 a 0.7
Coefficiente de uniformidad	1.4 a 1.7
Altura del drenaje (m)	0.10 a 0.25
Requerimiento de agua de lavado (% del caudal tratado)	1 a 6

Fuente: Tratamientos físicos y químicos de aguas residuales, Ferrer-Seco (2005)

- Número de filtros

Para el cálculo del número de filtros se utiliza la expresión establecida por Morril y Wallace

$$n = 0.044\sqrt{Q}$$

Ecuación 81-3

Dónde:

n : Número de unidades del filtro

Q : Caudal punta (m³/día); 12956.6

$$n = 0.044\sqrt{12956.66}$$

$$n = 5.00$$

5 unidades de filtracion

- Cálculo del área del filtro A_F

$$A_F = \frac{Q_p}{R_F}$$

Ecuación 82-3

Dónde:

A_F : Área del filtro (m^2)

Q_p = Caudal punta m^3/h ; 539.86

R_F = Velocidad de filtración (*Valor obtenido en la tabla 25-3*) (m/h): 10

$$A_F = \frac{539.89}{10}$$

$$A_F = 54 \text{ m}^2$$

- Coeficiente de mínimo costo K_C

Este coeficiente favorece en la determinación de una estabilidad económica entre todos los componentes propios del filtro. Su valor está instaurado en una relación ancho-longitud. Y se calcula así:

$$K_C = \frac{2n_f}{n_f + 1}$$

Ecuación 83-3

Dónde:

K_C : Coeficiente de mínimo costo (adimensional)

n_f = Número de unidades de filtración (unidad); 5

$$K_C = \frac{2 * 5}{5 + 1}$$

$$K_C = 1.7$$

- Cálculo de la longitud del filtro rápido L_F

$$L_F = \sqrt{A_F * K_C}$$

Dónde:

L_F : Longitud del filtro (m)

A_F = Área del filtro m²; 54

K_c : Coeficiente de mínimo costo (*adimensional*); 1.7

$$L_F = \sqrt{54 * 1.7}$$

$$L_F = 9.58 \text{ m}$$

- Cálculo del ancho del filtro rápido a_F

$$a_F = \sqrt{\frac{A_F}{K_c}}$$

Dónde:

a_F : Ancho del filtro (m)

A_F = Área del filtro m²; 54

K_c : Coeficiente de mínimo costo (*adimensional*); 1.7

$$a_F = \sqrt{\frac{54}{1.7}}$$

$$a_F = 5.64 \text{ m}$$

- Altura del lecho filtrante h_F

La altura de la unidad filtrante queda establecida por todos los elementos presentes en el filtro, tales como espesores de las capas, altura del agua sobre el lecho filtrante, altura del falso fondo, basado en los criterios de MARRON (LIMA, 1999).

Tabla 26-3 Criterio de diseño para un filtro de arena

Parámetro	Valor
Altura del borde libre (cm)	20-40
Altura del agua sobre la superficie de lecho (cm)	≥ 40
Pendiente del fondo del lecho (%)	≥12,5
Separación de las losas/ladrillos (cm)	2-3
Ancho de las losas/ladrillos (cm)	10-15
Velocidad de descarga de lavado (m/s)	0,02
Velocidad en el canal de lavado (m/s)	1-1,5

Fuente: (Marron, 1999)

$$h_F = F_S(h_{Agua} + h_{Lecho.f} + h_{CS} + h_{drenaje})$$

Ecuación 86-3

Dónde:

F_S : Factor de seguridad: 10 (%)

h_{agua} : Altura de la capa de agua sobrenadante (*Valor considerado de la Tabla 25-3*) (m): 0.4

$h_{lecho.f}$: Altura del lecho filtrante arena (*Valor considerado de la Tabla 25-3*) (m): 0.60

h_{CS} : Altura de la capa de soporte (Zeolita) (*Valor considerado de la Tabla 25-3*) (m): 0.4

$h_{drenaje}$: Altura del lecho de soporte para el drenaje (*Valor considerado de la Tabla 25-3*) (m): 0.20

$$h_F = 1.10 * (0.40 \text{ m} + 0.60 \text{ m} + 0.4 \text{ m} + 0.20)$$

$$h_F = 1.76 \text{ m}$$

- Dimensionamiento Sistema de drenaje

Tabla 27-3 Criterios de diseño para el sistema de drenaje

Parámetro	Valor
Separación de los laterales (m)	1-2

Diámetros de los orificios laterales (mm)	6,5-15,8
Espaciamiento de los orificios de laterales (cm)	7,5-25
Altura entre tubo y fondo del filtro (cm)	3,5
Velocidad en orificio (m/s)	3-5

Fuente: (ROMERO, 2002)

- Cálculo del número de laterales, N_L

La distancia entre laterales, se asume un valor de 2 m.

$$N_L = n_L \frac{L_F}{S_{EL}}$$

Ecuación 87-3

Dónde:

N_L : Número de laterales perforadas de drenaje (unidades)

n_L : Número de laterales por lado

L_F = Longitud del filtro (m): 9.58

S_{EL} = Separación entre laterales (*Valor considerado de la Tabla 27-3*) (m): 2

$$N_L = \frac{2 * 9.58 (m)}{2 m}$$

$$N_L = 9.58 \cong 10$$

$$N_L = 10 \text{ unidades}$$

- Cálculo del área de los orificios laterales A_{oL}

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

Dónde:

A_{oL} : Área de los orificios laterales en el sistema de drenaje (m^2)

D_{oL} = Diámetro de orificio (*Valor considerado de la Tabla 27-3*) (mm): 10; 0.01 m

$$A_{oL} = \frac{\pi(0,01)^2}{4}$$

$$A_{oL} = 0,00008 \text{ m}^2$$

$$A_{oL} = \mathbf{0.8 \text{ cm}^2}$$

- Cálculo del caudal en cada orificio Q_o

$$Q_o = A_{oL} * v_o$$

Ecuación 89-3

Dónde:

Q_o : Caudal en cada orificio de salida

A_{oL} = Área de los orificios laterales (m^2); 0.00008

v_o = Velocidad mínimo en los orificios (*Valor considerado de la Tabla 27-3*) (m/s): 3

$$Q_o = 0.00008 * 3$$

$$Q_o = \mathbf{0.00024 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Dimensionamiento de los diámetros de las tuberías de entrada y salida del filtro

Para este dimensionamiento se utilizan las consideraciones de diseño tanto para el efluente como para el afluente que se incorporara o sale de la unidad de tratamiento respectivamente, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 28-3 Criterio de diseño para tuberías de salida en agua filtrada

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

Fuente: (ROMERO, 2002)

- Diámetro de la tubería de entrada al filtro D_{te}

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi * v_e}}$$

Ecuación 90-3

Dónde:

D_{te} : Diámetro de la tubería de entrada (efluente) (m)

Q_p = Caudal punta (m³/s); 0.15

v_e = Velocidad de diseño efluente (*Valor considerado de la Tabla 28-3*) (m/s): 1.4

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4 * 0.15}{\pi * 1.4}}$$

$$D_{te} = 0.37 \text{ m}$$

- Diámetro de la tubería de salida del filtro D_{ta}

$$D_{ta} = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi * v_a}}$$

Ecuación 91-3

Dónde:

D_{ta} : Diámetro de la tubería de salida (afluente) (m)

Q_p = Caudal punta (m³/s); 0.15

v_a = Velocidad de diseño afluente (*Valor considerado de la Tabla 28-3*) (m/s): 6

$$D_{ta} = \sqrt{\frac{4 * 0.15}{\pi * 6}}$$

$$D_{ta} = 0.18 \text{ m}$$

- Dimensionamiento del sistema de lavado de filtro
- Cálculo del caudal de lavado Q_{lavado}

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

Ecuación 92-3

Dónde:

Q_{lavado} : Caudal de lavado óptimo para el filtro

A_F = Área del filtro (m²); 54

v_{lavado} = Velocidad ascensional de lavado (*Valor considerado de la Tabla 27-3*) (m/s): 0,02

$$Q_{lavado} = 54 * 0.02$$

$$Q_{lavado} = 1.08 \text{ m}^3/\text{s} = 64.8 \text{ m}^3/\text{min}$$

El lavado debe ser realizado durante 4 a 6 minutos

$$Q_{lavado} = 64.8 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 5 \text{ min}$$

$$Q_{lavado} = 64.8 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 5 \text{ min}$$

$$Q_{lavado} = 324 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área de canal A_{CL}

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

Ecuación 93-3

Dónde:

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

Q_{lavado} = Caudal de lavado (m^3/s); 1.08

v_{CD} = Velocidad en el canal de descarga (*Valor considerado de la Tabla 25-3*) (m/s): 1,5

$$A_{CL} = \frac{1.08}{1.5}$$

$$A_{CL} = 0.72 \text{ m}^2$$

- Cálculo del ancho del canal de lavado b_{CL}

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

Ecuación 94-3

Dónde:

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

A_{CL} = Área del canal de lavado (m²); 0.72

$$b_{CL} = \sqrt{0.72}$$

$$b_{CL} = 0.85 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad óptima del lavado de filtro $v_{\text{óptima}}$

$$v_{\text{óptima}} = C_u * T_e$$

Ecuación 95-3

Dónde:

$v_{\text{óptima}}$: Velocidad óptima de lavado

C_u = Coeficiente de uniformidad (*Valor considerado de la Tabla 25-3*): 1,8

T_e = Tamaño efectivo (*Valor considerado de la Tabla 25-3*): 0,4 (mm)

$$v_{\text{óptima}} = 1,8 * 0,4$$

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

- Cálculo del volumen de agua requerida para el lavado del filtro V_{LF}

$$V_{LF} = A_F * v_{\text{óptima}} * t_{LF}$$

Dónde:

A_F = Área del filtro (m^2); 54

$v_{\text{óptima}}$ = Velocidad óptima del lavado de filtro (m/min); 0.72

t_{LF} = Tiempo óptimo de lavado: 10 (*min*)

$$V_{LF} = 54 * 0.72 * 10$$

$$V_{LF} = \mathbf{388.8 m^3}$$

3.2.5.9 Tanque de desinfección

Un tanque de desinfección es una unidad de tratamiento terciario, utilizada para autenticar un correcto tratamiento del agua residual. Los compuestos más utilizados para la desinfección del agua residual tratada son el cloro gas (Cl_2), el hipoclorito de sodio y calcio ($NaClO$), ($CaClO$) respectivamente, estos últimos son los más utilizados en las plantas de tratamiento, donde la simplicidad y seguridad son ampliamente importantes que el coste. La utilización del cloro gas es relativamente económica a comparación del otro método, y su aplicación se da mediante el uso de cilindros. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Este proceso consiste en la eliminación de los microorganismos responsables de distintas enfermedades. No todos los organismos se exterminan durante este proceso, de esto se diferencia la desinfección de la esterilización.

El mecanismo de acción de los distintos tipos de desinfectantes actúa primeramente dañando la pared celular del microorganismo posteriormente alterando la permeabilidad de las células, a su vez alterando la naturaleza coloidal del plasma y finalmente inhibiendo la actividad enzimática del microorganismo. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

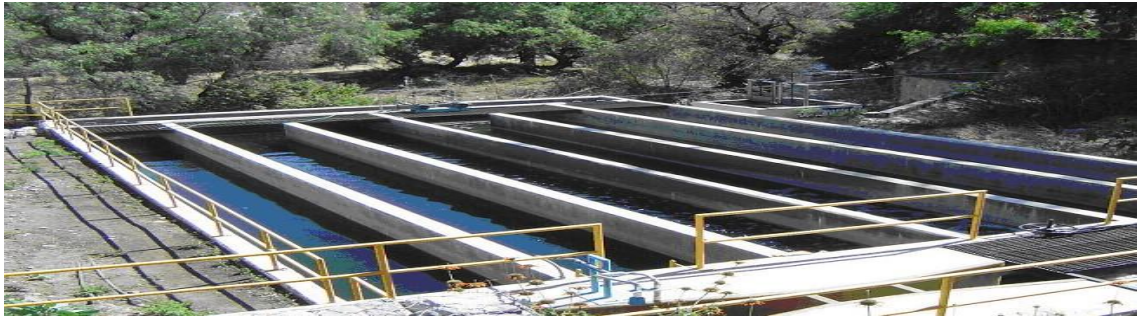


Figura 10-3 Esquema de un tanque de cloración

Fuente: Simapag, 2016

- Dimensionamiento del tanque de desinfección

Tabla 29-3 Criterios de almacenamiento para productos desinfectantes.

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros	3-6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3-6	1,4	4,3	10000-50000
Hipoclorito de Sodio	<1 mes	1,7	23,1	10000-50000

Fuente: Rodríguez Ayara, 2000

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

- Dosificación promedio del desinfectante D_d

$$D_d = \frac{D_m + D_M}{2}$$

Ecuación 97-3

Donde:

D_d : Dosificación promedio del desinfectante (mg/L)

D_m : Dosis mínima del producto (mg/L); 1.4

D_M : Dosis máxima del producto (mg/L); 4.3

$$D_d = \frac{1.4 + 1.6}{2}$$

$$D_d = 1.5 \text{ mg/l}$$

- Peso Requerido de desinfectante P_d

$$P_d = Q_p * D_d$$

Ecuación 98-3

Donde:

P_d : Peso del desinfectante (mg/s o Kg/día)

Q_p : Caudal punta de diseño L/s; 150

D_d : Dosificación promedio de desinfectante (mg/L); 1.5

$$P_d = 150 * 1.5$$

$$P_d = 225 \text{ mg/s}$$

$$P_d = 19.44 \text{ Kg/día}$$

- Volumen del tanque de cloración, V_{TD} :

$$V_{TD} = Q_p * T$$

Ecuación 99-3

Donde:

V_{TD} : Volumen del tanque de cloración (m^3)

Q_p : Caudal punta (m^3/s); 0.15

T : Tiempo de retención (s); 600 (10 min)

$$V_{TD} = 0,15 * 600$$

$$V_{TD} = 90 \text{ m}^3$$

- Área del tanque, A_{TD} :

$$A_{TD} = \frac{V_{tanque}}{H_{tanque}}$$

Ecuación 100-3

Donde:

A_{tanque} : Área del tanque (m^2)

V_{tanque} : Volumen del tanque de dosificación (m^3); 90

H_{tanque} : Altura del tanque (m); 3

$$A_{TD} = \frac{90}{3}$$

$$A_{TD} = 30 \text{ m}^2$$

- Consideraciones de diseño del tanque de desinfección

- Largo del tanque de desinfección L_{TM} (m); 6 m
- Ancho del tanque de desinfección B_{TD} (m); 5 m

- Dosificación en el hipoclorito

- Cálculo para la dosificación de Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, C_{HTH} :

$$C_{HTH} = 0,012 * Q_p * C$$

Ecuación 101-3

Donde:

C_{HTH} : Cantidad de HTH al día (lb/día)

Q_p : Caudal punta (*gal/min*); 0.15 (m³/s); 2377.55 (*gal/min*)

D_d : Dosificación promedio de desinfectante 1,5 mg/L

$$C_{HTH} = 0,012 * 2377.55 * 1.5$$

$$C_{HTH} = 42.8 \text{ lb/día}$$

- Cálculo del volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre, V_{AHTH} :

$$V_{AHTH} = \frac{C_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

Ecuación 102-3

Donde:

C_{HTH} : Masa de HTH (*g*); 42.8 lb \approx 19413.74 g

ρ_{HTH} : Densidad de HTH (*g/L*); 800 g/L (*Ficha técnica HTH,*)

$$V_{AHTH} = \frac{19413.74 \text{ g}}{800 \text{ g/L}}$$

$$V_{AHTH} = 24.27 \text{ L/día}$$

- Cálculo del volumen de la solución madre V_{SM}

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} * 65\%}{8,5\%}$$

Ecuación 103-3

Donde:

V_{SM} : Volumen de la solución madre (L)

V_{AHTH} : Volumen del agua para la dilución del hipoclorito de calcio (L); 24.27 L

$$V_{SM} = \frac{24.27 L * 65\%}{8,5\%}$$

$$V_{SM} = 185.6 L$$

- Cálculo del volumen para un día de solución madre, V_{SMd} :

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 104-3

$$1,5 * 185.6 = 0,65 * V_2$$

$$V_2 = 428.31 L$$

- Cálculo del volumen total para un día de solución, V_T :

$$V_T = V_1 + V_2$$

Ecuación 105-3

$$V_T = 185.6 L + 428.31 L$$

$$V_T = 613.91 L/día$$

La solución por goteo se calcula mediante la siguiente conversión:

$$Goteo = 613.91 \frac{L}{día} * \frac{1000 mL}{1 L} * \frac{1 día}{24 h} * \frac{1 h}{60 min}$$

$$Goteo = 426.33 mL/min$$

3.2.5.10 Lecho o era de secado

Los lechos de secado son sistemas muy económicos y sencillos encargados de eliminar una gran cantidad del agua proveniente del tratamiento, donde la humedad llega a ser eliminada en un 70%, el lodo una vez seco es recogido manualmente por palas mecánicas y carros recolectores y con un acondicionamiento previo. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

La deshidratación de fangos por secado al aire es un método ampliamente económico, utilizado regularmente en las plantas de tratamiento; la disposición de lodos es un problema que radica en la eliminación de la mayor cantidad de humedad proveniente de estos, los cuales si un tratamiento eficaz pueden llegar a producir los mismos efectos negativos del agua residual. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Los lodos se originan durante todo el proceso del tratamiento y los principales son:

- Lodos provenientes del pretratamiento (cribado y desarenado)
 - Lodos provenientes del tratamiento primario (floculación y sedimentación)
 - Los provenientes de la filtración
-
- Dimensionamiento del lecho de secado
 - Contribución per cápita de los sólidos suspendidos CPC_{SS}

La estimación de la carga de lodos se da en función a la contribución poblacional per cápita de sólidos en suspensión previamente determinados y que la población genera al día, por medio de los datos obtenidos en la caracterización del agua residual se tiene que, los SS = 63 mg/L, y con un caudal punta de 12956.59 m³/día.

$$CPC_{SS} = 63 \frac{mg}{L} * \frac{1}{32265 \text{ hab}} * \frac{12956.59 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} * \frac{1000L}{\text{m}^3} * \frac{1g}{1000mg} = 25.3 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}$$

- Carga en función a la contribución per cápita de sólidos suspendidos, C :

Se determinó la carga de sólidos por medio de la siguiente ecuación

$$C = \frac{Pf * CPC_{SS}}{1000}$$

Ecuación 106-3

Donde:

C : Carga en función a la contribución per cápita de sólidos suspendidos ($Kg_{ss}/día$)

Pf : Población futura; 32265 habitantes

$$C = \frac{32265 \text{ hab} * 25.3 \text{ g}_{SS}/\text{hab. día}}{1000}$$

$$C = 816.3 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

- Masa de los sólidos que conforman los lodos, M_{sd} :

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

Ecuación 107-3

Donde:

M_{sd} : Masa de sólidos que conforman los lodos ($Kg_{ss}/día$)

C : Carga de sólidos en suspensión ($Kg_{ss}/día$); 816.3

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 816.3) + (0,5 * 0,3 * 816.3)$$

$$M_{sd} = 265.3 \text{ Kg}_{SS}/\text{día}$$

- Cálculo del volumen diario de lodos digeridos, V_{DL} :

Tabla 30-3 Propiedades de lodos

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

Fuente: OPS/CEPIS/05.163

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

Ecuación 108-3

Donde:

V_{DL} : Volumen diario de lodos

M_{sd} : Masa de los sólidos que conforman los lodos ($\text{Kg}_{ss}/\text{día}$); 265.3

ρ_{lodo} : Densidad del lodo (*Valor considerado de la Tabla 30-3*) (Kg/L); 1.04

$\%sólidos$: Porcentaje de sólidos (*Valor considerado de la Tabla 30-3*) (%); 8

$$V_{DL} = \frac{265.3}{1.04 * \left(\frac{12}{100} \right)}$$

$$V_{DL} = 2125.8 \text{ Kg}/\text{L}$$

- Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque, V_{LE} :

Temperatura (°C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40

>25	30
-----	----

Tabla 31-3 Tiempo requerido para digestión del Lodo

Fuente: (OPS/CEPIS/05.163)

$$V_{LE} = \frac{V_{DL} * t_{DE}}{1000}$$

Ecuación 109-3

Donde:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse (m³)

V_{DL} : Volumen diario de lodos (Kg/L); 2125.8

t_{DE} : Tiempo de digestión a 20 °C (Valor considerado de la Tabla 31-3) (días); 40

$$V_{LE} = \frac{1724.84 \text{ kg/L} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{LE} = 85.3 \text{ m}^3 \text{ cada 40 días}$$

- Cálculo del área del lecho de secado, A_{LS} :

Tabla 32-3 Áreas de digestión del Lodo

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

Fuente: (UNATSABAR, 2005)

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Ecuación 110-3

Donde:

A_{LS} : Área de digestión de lodos

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse del tanque (m³); 68.99

H_d : Profundidad de aplicación (Valor considerado de la Tabla 32-3) (m); 0,9

$$A_{LS} = \frac{85.3}{0,9}$$

$$A_{LS} = 94.8 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la longitud del lecho de secado, L_{LS} :

El ancho del lecho de secado será de 6 m según lo mencionado por el OPS/CEPIS/05.163

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ecuación 111-3

Donde:

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m)

A_{LS} : Área del lecho de secado (m²); 94.8

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); 8

$$L_{LS} = \frac{94.8}{8}$$

$$L_{LS} = 11.85 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen del tanque para lodos, V_{TL} :

$$V_{TL} = L_{LS} * b_{LS} * H_s$$

Ecuación 112-3

Donde:

V_{TL} : Volumen del tanque para lodos (m^3)

L_{LS} : Longitud del lecho de secado (m); 11.85

b_{LS} : Ancho del lecho de secado (m); 8

H_s : Profundidad de aplicación (m); 0.9

$$V_{TL} = 11.85 \text{ m} * 8 \text{ m} * 0,9 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 85.3 \text{ m}^3$$

3.2.6 Resultados

3.2.6.1 Porcentajes de remoción de los parámetros fuera de norma

El porcentaje de remoción se determina con la finalidad de conocer la efectividad del tratamiento en lo que respecta a remoción de contaminantes. Se determina a partir de la siguiente expresión

$$E = \frac{x_0 - x_f}{x_0} * 100$$

Ecuación 113-3

Donde:

E : Eficiencia de remoción para cada parámetro (%)

x_0 : Carga inicial del contaminante

x_f : Carga final del contaminante

Tabla 33-3 Porcentaje de remoción para cada contaminante a partir de la caracterización

Parámetros	Unidad	Agua residual	Agua tratada	Límite permisible	Eficiencia de tratamiento %
Color	Upt-co	784	15	Inapreciable en dilución 1/20	98.09

Nitrógeno total	mg/l	42.5	6.78	30	84.05
Fósforo Total	mg/l	14.3	4.4	10	69.23
DBO₅	mgO ₂ /l	323	31	100	90.40
DQO	mg/l	787.33	97	200	87.67
Detergentes	mg/l	2.79	0.47	0.5	83.15
Aceites y grasas	mg/l	165.67	30	30	81.89
Coliformes fecales	UFC/100 ml	42726.67	Ausencia	10000	99.99

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

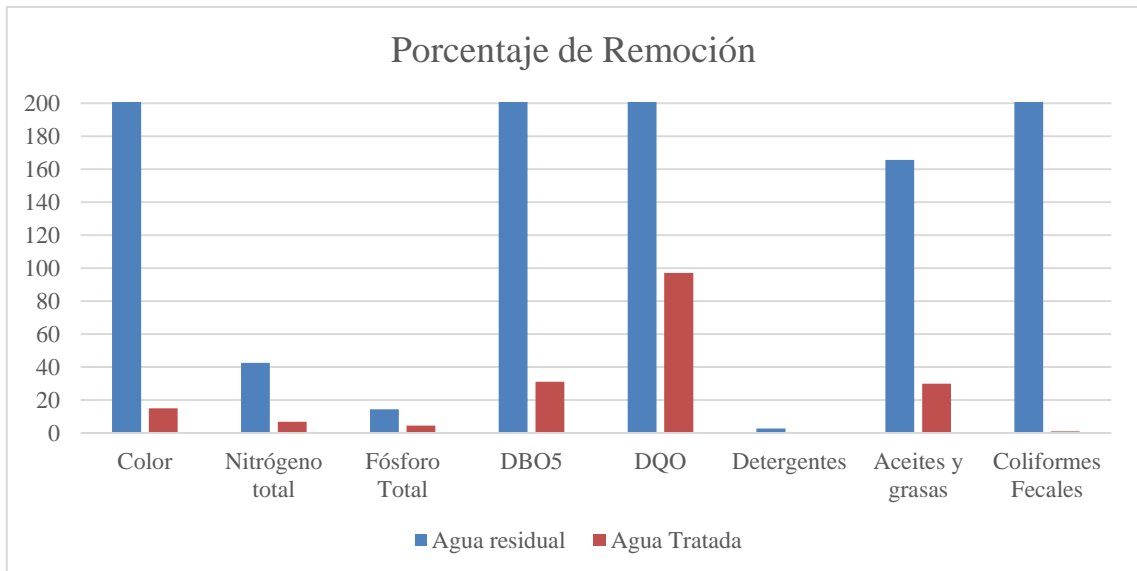


Gráfico 5-3 Histograma del porcentaje de remoción para cada parámetro fuera de norma

Elaborado por: Andrés Tacoamán, 2017

3.2.6.2 Resultados del dimensionamiento de las unidades de tratamiento de agua residual

a) Caudal de diseño

Tabla 34-3 Determinación de caudales y factor punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal Promedio	$Q_{promedio}$	m ³ /s	0.059
Caudal Medio	Q_m	m ³ /s	0.11
Factor Punta	F_p	adimensional	1.41
Caudal Punta	Q_p	m ³ /s	0.15

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

b) Sistema de enrejado

Tabla 35-3 Sistema de enrejado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área libre	A_{lib}	m ²	0.19
Área libre colmatación	A_{libc}	m ²	0.27
Altura del tirante en el canal	$h_{a'}$	m	0.36
Altura del tirante de construcción	h_a	m	0.86
Longitud de la barras	L_b	m	1.12
Numero de barras	N_{barras}	unidad	24
Perdida de carga	h	m	0.11
Gestión de sólidos provenientes de las rejillas			
Sólidos recogidos	$S_{recojidos}$	litros _{sólidos} /día	266.48

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

c) Dimensionamiento de un vertedero o canal de entrada

Tabla 36-3 Dimensionamiento de un vertedero o canal de entrada

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Profundidad del canal del vertedero	C_V	m	0.28
Largo del canal vertedero corregido	L_V	m	5.5
Ancho del canal del vertedero	B	m	0.65
Caudal por unidad de ancho	q	m ² /s	0.19
Profundidad crítica de flujo	h_c	m	0.15
Longitud del salto	L_m	m	0.73

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

d) Dimensionamiento de un desarenador aireado

Tabla 37-3 Dimensionamiento de un desarenador aireado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Cámara de aquietamiento zona de entrada			
Volumen de la cámara de aquietamiento	V_{ca}	m ³	5.25
Área superficial de la cámara de aquietamiento	A_{ca}	m ²	2.5
Longitud y ancho superficial de la cámara de aquietamiento	L_{ca}	m	1.58
Profundidad útil de la cámara de aquietamiento	P_{ca}	m	2.3
Zona de aireación			
Volumen del tanque desarenador	V_t	m ³	54
Área del tanque desarenador	A_D	m ²	27

Ancho del tanque mediante la relación ancho profundidad	a	m	4
Longitud del tanque	L_t	m	6.75
tiempo de retención a gasto promedio	T_r	min	16.34
Cálculo del suministro de aire necesario por longitud	$Q_{l(aire)}$	m ³ aire/min	4.05
Cálculo del suministro de aire necesario por volumen	$Q_{V(aire)}$	m ³ aire/min	0.9
Caudal de difusión	Q_{dif}	m ³ /h	10
Número de difusores	N_{dif}	unidad	24
Perdida de carga en el desarenador	ΔH	mbar	80.49
Presión ejercida por la soplante	$P_{soplante}$	mbar	1105.49
Variación de la presión	ΔP	mbar	80.49
Zona de lodos			
Volumen de arena producida en el desarenador	V_a	larena/día	201
Longitud de la primera placa de entrada en el fondo del desarenador	L'	m	2.25
Altura de la zona de lodos de la primera placa	H'	m	0.23
Longitud de la placa de salida en el fondo del desarenador	L''	m	4.5
Pendiente de la segunda placa en el fondo del desarenador	X'	%	5
Volumen del tanque de limpieza de lodos	V'	m ³	2.7
Longitud del canal de limpieza	L_{cl}	m	4
Alto del canal de limpieza	H_{cl}	m	0.68
Ancho del canal de limpieza	A_{cl}	m	1
Zona de salida			
Lámina o carga sobre la cresta del vertedero de salida	H_v	m	0.075
Velocidad sobre el vertedero de salida	v_v	m/s	0.5
Ancho mínimo del canal de recolección del agua desarenada	A_{rd}	m	0.36

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

e) Coagulación y floculación

Tabla 38-3 Coagulación y floculación

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Concentración óptima de PAC	$Conc_{PAC}$	ppm	400

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

f) Tanque Mezclador

Tabla 39-3 Tanque mezclador

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Volumen del tanque de mezcla	V_{TM}	m ³	270
Diámetro de la cámara de mezcla	Φ_M	m	8.83
Profundidad de la cámara de mezcla	H	m	4.42
Anchura de los deflectores	W_d	m	0.88
Diámetro del impulsor	D_I	m	2.94
Altura del impulsor con respecto al fondo	H_I	m	2.94
Ancho de las palas del impulsor	A_{PI}	m	0.59
Longitud de las palas del impulsor	L_{PI}	m	0.74
Longitud de las palas del impulsor montadas en el disco central	L_{DC}	m	0.37
Diámetro del disco central	S_{DC}	m	2.2
Numero de Reynolds	N_{RE}	adimensional	752.12*10 ⁶ (Régimen Turbulento)
Potencia aplicada al agua residual	P	HP	235.05
Velocidad de rotación	N	rpm	31
Cálculo de la dosificación óptima de PAC			
Volumen de dosificación de la solución de PAC por día	D_{PAC}	L/día	2160
Cantidad de Policloruro de Aluminio	C_{PAC}	Kg/día	0.86
Precio de PAC por día	$Precio_{PAC*dia}$	dólares/día	237.25

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

g) Sedimentador

Tabla 40-3 Sedimentador

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de sedimentación	A_s	m ²	64.94
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	v_o	cm/s	0.26
Longitud relativa del sedimentador	L_r	m	20
Número de Reynolds	N_{RE}	adimensional	140.37
Longitud de transición	L'		1.82
Longitud relativa del sedimentador de alta tasa en la longitud de transición,	L_{cr}		18.18
Velocidad de sedimentación crítica	v_{SC}	cm/s	0.026
Tiempo de retención en las placas	t_{rp}	min	11.3
Tiempo de retención en el tanque sedimentador	T_{RH}	min	21.65
Ancho del sedimentador	a_s	m	5.7
Longitud del sedimentador	l_s	m	11.4
Número de placas por modulo	N_p	unidades	142
Volumen del sedimentador	V_s	m ³	194.94
Altura del agua sobre las placas	H_{sp}	m	0.22
Altura de ubicación de las placas	H_p	m	1.04
Altura por debajo de las placas	H_{ap}	m	1.24

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

h) Filtro

Tabla 41-3 Filtro

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Número de unidades de filtración	n	unidad	5
Cálculo del área del filtro ascendente	A_F	m ²	54
Coefficiente de mínimo costo	K_c	adimensional	1.7
Cálculo de la longitud del filtro rápido	L_F	m	9.58
Cálculo del ancho del filtro rápido	a_F	m	5.64
Cálculo de la altura del filtro	h_F	m	1.76
Sistema de drenaje			
Cálculo del número de laterales perforadas	N_L	unidades	10
Cálculo del área de los orificios laterales	A_{oL}	cm ²	0.8

Cálculo del caudal en cada orificio	Q_o	m ³ /s	0.00024
Diámetros de tuberías de entrada y salida			
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	D_{te}	m	0.37
Diámetro de la tubería de salida del filtro	D_{ta}	m	0.18
Sistema de lavado			
Cálculo del caudal de lavado	Q_{lavado}	m ³ /min	64.8
Cálculo del área de canal	A_{CL}	m ²	0.72
Cálculo del ancho del canal de lavado	b_{CL}	m	0.85
Cálculo de la velocidad óptima del lavado de filtro	v_{optima}	m/min	0.72
Cálculo del volumen de agua requerida para el lavado del filtro	V_{LF}	m ³	388.8

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

i) Tanque de desinfección

Tabla 42-3 Tanque de desinfección

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Dosificación promedio del desinfectante	D_d	mg/l	1.5
Peso Requerido de desinfectante	P_d	Kg/día	19.44
Volumen del tanque de cloración	V_{TD}	m ³	90
Área del tanque	A_{TD}	m ²	30
Largo del tanque de desinfección	L_{TM}	m	6
Ancho del tanque de desinfección	B_{TD}	m	5
Dosificación de hipoclorito de calcio			
Cálculo para la dosificación de Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre	C_{HTH}	lb/día	42.8
Cálculo del volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH) para la preparación de la solución madre	V_{AHTH}	L/día	24.27
Cálculo del volumen de la solución madre	V_{SM}	L	185.6
Cálculo del volumen para un día de solución madre	V_{SMd}	L	428.31

Cálculo del volumen total para un día de solución	V_T	L/día	613.91
Solución por goteo	<i>Goteo</i>	ml/min	426.33

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

j) Lecho o era de secado

Tabla 43-3 Lecho de secado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Contribución per cápita de los sólidos suspendidos	CPC_{SS}	g _{ss} /hab.día	25.3
Carga en función a la contribución per cápita de sólidos suspendidos	C	Kg _{ss} /día	816.3
Masa de los sólidos que conforman los lodos	M_{sd}	Kg _{ss} /día	265.3
Cálculo del volumen diario de lodos digeridos,	V_{DL}	Kg/L	2125.8
Cálculo del volumen de lodos a extraerse del tanque cada 40 días	V_{LE}	m ³	85.3
Cálculo del área del lecho de secado	A_{LS}	m ²	94.8
Cálculo de la longitud del lecho de secado	L_{LS}	m	11.85
Cálculo del volumen del tanque para lodos,	V_{TL}	m ³	85.3

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

3.2.6.3 Análisis de resultados

Los resultados en las pruebas de tratabilidad demostraron que mediante la caracterización inicial y final del agua antes y después de las pruebas de tratabilidad, se obtuvieron una reducción de los diferentes parámetros considerados para el presente estudio, los mismos que viene detallados a continuación:

A nivel del color, se obtuvo un porcentaje de remoción del 98.09%, esta reducción ocurre en el proceso de coagulación-floculación y en la etapa de filtración, debido a la precipitación y retención de los sólidos en las etapas mencionadas. (METCALF & EDDY, 1995)

El nitrógeno total alcanzó un porcentaje de remoción de 84.05%, debido al proceso de oxigenación que se da en el tanque desarenador, y posteriormente en el proceso de coagulación-floculación. En el primer caso, el proceso ocurre por la oxidación del nitrógeno orgánico que se mineralizará bajo forma de nitrato; mientras que en el segundo caso, el proceso se da por la

desestabilización de la carga orgánica presente en el agua, formando pequeños flóculos que por la acción de la gravedad tienden a decantar. (METCALF & EDDY, 1995)

El fósforo total, alcanzó un porcentaje de remoción de 69.23%, esta reducción sucede netamente en los procesos de coagulación-floculación y de precipitación química (sedimentación), cuando el polímero (policloruro de aluminio) y el fósforo presente en el agua residual reaccionan entre sí, forman fosfatos con mayor peso molecular que precipitarán con mayor facilidad, depositándose en el fondo del tanque (Universidade da Coruña, 2007)

Los parámetros de DBO₅ y DQO alcanzaron porcentajes de remoción de 90.40% y 87.67% respectivamente, esta reducción se da por la oxigenación de la muestra, donde la materia orgánica es mineralizada. (Hidritec, 2016) Otro de los procesos que permiten la reducción de este parámetro es la coagulación-floculación, donde por la adición del policloruro de aluminio, la carga orgánica presente tiende a formar flóculos que precipitarán al fondo del tanque, mejorando así la calidad del agua. (METCALF & EDDY, 1995)

Los detergentes presentan un porcentaje de remoción de 83.05%, debido principalmente al proceso de coagulación-floculación y al proceso de filtración, donde en este último intervienen dos materiales filtrantes como son la arena y la zeolita, las mismas que actuarán como medio filtrante y medio adsorbente de los tensoactivos, permitiendo además la retención de las partículas que aún no sedimentaron durante los procesos anteriores. (Ferrer Polo, y otros, 2005)

Las grasas y aceites presentaron un porcentaje de remoción de 81.89%, esta reducción ocurre gracias al proceso de oxigenación donde las partículas de grasa en forma coloidal, son desestabilizadas desplazándose hacia la superficie, formando una sola capa de grasa, la cual puede ser eliminada con mayor facilidad. (Hidritec, 2016)

Los coliformes fecales presentan un porcentaje de remoción del 99.99%, lo cual indica que la eliminación de los mismos se producen tanto en la coagulación-floculación, filtración y en la desinfección, y se da principalmente en esta última por la acción desinfectante que presenta el cloro, que al ponerse en contacto con el agua residual, destruye la carga microbiana. (Microlab Industrial , 2015)

Una vez descritos los resultados de las pruebas de tratabilidad se consideró además trabajar con los caudales obtenidos del aforo, tomando en cuenta el período de diseño, la población futura y demás condiciones de trabajo, estableciéndose un caudal de punta para diseño de 0.15 m³/s, lo cual refleja una elevada cantidad de agua residual, que puede deberse a las acometidas derivadas de otras comunas y que no vienen catalogadas dentro del sistema de alcantarillado de la parroquia, por lo que los valores aforados son superiores a los que se maneja normalmente en poblaciones medianas.

3.3 Proceso de Producción

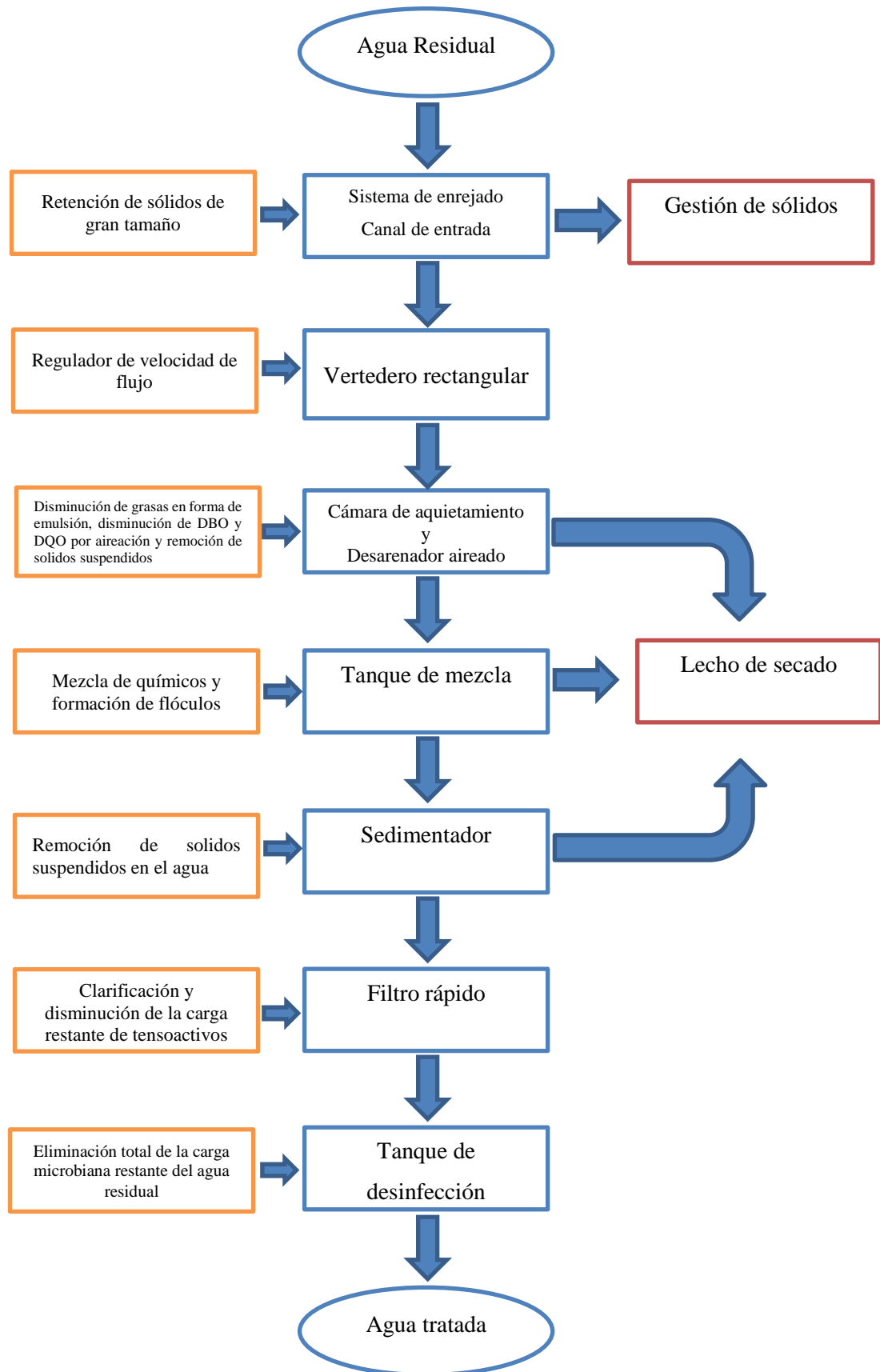


Figura 11-3 Sistema de Tratamiento propuesto
Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

3.4 Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

Para el presente estudio algunas de las necesidades de tecnología, equipos y maquinarias utilizadas durante su desarrollo son descritas a continuación.

Tabla 44-3 Materiales y equipos utilizados en la fase inicial del proyecto

Materiales y equipos utilizados en la fase de medición de caudal		
Método	Materiales	
Para la determinación de caudal se utilizó el método del flotador	<ul style="list-style-type: none"> • Testigo (objeto flotador) • Cronómetro • Flexómetro • Cámara 	
Materiales y equipos utilizados en la fase de muestreo		
Fundamento	Materiales	Procedimiento
Muestreo basado en la normativa actual vigente NTE-INEN 2169:98, Agua. Calidad del Agua, Muestreo. Manejo y conservación de la muestras	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Balde para recolección de agua • Botellas ámbar de 1 litro • Recipiente estéril para caracterización microbiológica • Embudo • Botella plástica limpia 	En la etapa de muestreo se tomaron muestras simples en los horarios pico de descarga para posteriormente realizar una muestra completa para cada día de medición (Lunes, Miércoles y Viernes)

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

Tabla 45-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados en la caracterización del agua residual

Requerimientos utilizados en la caracterización de agua residual		
Materiales	Equipo	Reactivos
Botellas Plásticas	ph-metro	Buffer pH 4.0
Guantes	turbidímetro	Buffer pH 7.0
Papel Filtro	Conductivímetro	Reactivo Nitrógeno Total
Vasos de Precipitación	Espectrofotómetro	Agua Destilada
Cono Imhoff	Incubadora	Nitrover
Pera de Succión	Destilador	Ferover
Piseta	Digestor DBO	Cromo +2
Pipetas	Digestor DQO	Dicromato de Potasio
Botellas de Vidrio	Estufa	Nutrientes para DBO
Cajas Petri		Ampollas m-colibblue
Esferográfico		Nitraver 5
Matraz Erlenmeyer		Nitrover
Probeta		Cuver 1
Toallas Absorbentes		Sulfater 4
Embudo		
Tubos De Ensayo		
Celdas de Vidrio		
Cepillo para pipetas		
Mandil		
Recipientes para muestras		

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

Tabla 46-3 Materiales, equipos y reactivos utilizados en las pruebas de tratabilidad

Requerimientos utilizados en la tratabilidad de agua residual		
Materiales	Equipo	Reactivos
Balde con llave de desfogue de 12 litros	ph-metro	Buffer pH 4.0
Cono Imhoff	Turbidímetro	Buffer pH 7.0
Difusor	Conductivímetro	Reactivo Nitrógeno Total
Mangueras	Espectrofotómetro	Agua Destilada
Recipientes de 1 litro	Incubadora	Nitrover
Varilla de agitación	Digestor DBO	Ferover
Vasos de precipitación	Digestor DQO	Cromo +2
Pipetas	Estufa	Dicromato de Potasio
Pera de succión	Balanza Analítica	Nutrientes para DBO
Piseta	Compresor de Aireación	Ampollas m-coliblu
Cronómetro	Equipo de Filtración	Nitraver 5
Espátula		Nitrover
Zeolita Activada		Cuver 1
Arena		Sulfater 4
Grava Fina y Gruesa		Hipoclorito de Sodio
Balón Aforado		Policloruro de Aluminio
Matraz Erlenmeyer		Cloruro de Sodio
Toallas Absorbentes		
Celdas de Vidrio		
Guantes		
Mandil		

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

3.5 Análisis costo-beneficio del proyecto

Tabla 47-3 Determinación de costos del sistema de tratamiento de aguas residuales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
1	VERTEDERO O CANAL DE ENTRADA				
1.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	5,72	0,67	3,83
1.2	Excavación estructuras manual	m3	3,83	5,64	21,60
1.3	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	5,72	4,48	25,63
1.4	Hormigón simple replantillo f'c=180 kg/cm2 e=5cm	m3	0,28	122,16	34,20
1.5	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	13,30	12,56	167,05
1.6	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof e=15cm	m3	1,29	197,18	254,36
			SUBTOTAL 1:		506,67
2	SISTEMA ENREJADO				
2.1	Construcción e Instalación de rejilla de finos acero inoxidable número de barras 24 unidades 0.89m*1.16m	u	1,00	181,50	181,50
			SUBTOTAL 2:		181,50
3	DESARENADOR AIREADO				
3.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	41,93	0,67	28,09

3.2	Excavación a máquina	m3	62	2,92	181.04
3.3	Excavación estructuras manual	m3	2,09	5,64	11,79
3.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	31,93	4,48	143.05
3.5	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	2,09	122,16	255,31
3.6	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	124	12,56	1557.44
3.7	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof e=20cm	m3	16.5	197,18	3253.47
3.8	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.70x0.70m incl. candado	u	2,00	80,62	161.64
3.9	Desalojo de material a maquina	m3	109,02	2,89	315,07
3.10	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	4,00	20,76	83,04
3.11	Compresor (soplante)	u	1,00	1200	1200
3.12	Difusores de burbuja gruesa*24 (FLYGT)	u	24	100	2400
			SUBTOTAL 3:		9589.94
4	TANQUE MEZCLADOR				
4.1	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	58,35	0,67	39,09
4.2	Excavación a máquina	m3	100,4	2,92	293.17
4.3	Excavación estructuras manual	m3	2,91	5,64	16,41
4.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	58,35	4,48	261,41
4.5	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	2,91	122,16	355,49
4.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	27,14	16,00	434,24
4.7	Malla electrosoldada 15*15*8mm TRASLAPE DE 20CM POR LADO	m2	229,09	12,56	2.877,37
4.8	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof	m3	15.8	197,18	3155.44
4.9	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	30,00	20,76	622,80
4.10	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	3,00	379,37	1.138,11
4.11	Componentes de tanque mezclador	glob	1,00	2.879,58	2.879,58
4.11	Desalojo de material a maquina	m3	266,69	2,89	770,73
			SUBTOTAL 4:		12843.84
5	SEDIMENTADOR				
5.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	184,35	0,67	123,51
5.2	Excavación a máquina	m3	15.72	2,92	45.90
5.3	Excavación estructuras manual	m3	4,21	5,64	23.75
5.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	111,35	4,48	498.85

5.5	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m ³	9,21	122,16	1.125,09
5.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	37,28	16,00	596.48
5.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO PISO	m ²	216,95	12,56	2724.89
5.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO PAREDES	m ²	109,96	12,56	1.381.10
5.9	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO LOSA	m ²	124.7	12,56	1566.23
5.10	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PISO)	m ³	17.94	197,18	3537.41
5.11	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES)	m ³	16.78	197,18	3308.68
5.12	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (LOSA)	m ³	12.47	197,18	2458.83
5.13	Tapa metálica tool e= 4 mm 0.70x0.70m incl. candado	u	4,00	86,62	346,48
5.14	Desalojo de material a maquina	m ³	44,53	2,89	128.69
5.15	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	12,00	20,76	249.12
5.16	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	4,00	214.4	857.6
5.17	Te PVC E/C 160 mm presión	u	1,00	66,57	66,57
5.18	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2,00	23.57	47.14
			SUBTOTAL		19086
			5:		
6	FILTRO DE FLUJO RAPIDO				
6.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m ²	43,17	0,67	28.92
6.2	Excavación a máquina	m ³	86.32	2,92	252.05
6.3	Excavación estructuras manual	m ³	3,90	5,64	22,00
6.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m ²	37,17	4,48	166.52
6.5	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m ³	3,90	122,16	476,42
6.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	31,54	16,00	504,64
6.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PISO)	m ²	71,20	12,56	894.27
6.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PAREDES)	m ²	88,93	12,56	1116.96
6.9	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PISO)	m ³	7,83	197,18	1543.92
6.10	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES)	m ³	11.74	197,18	2314.89
6.11	Desalojo de material a maquina	m ³	151,38	2,89	437.49
6.12	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	12,00	20,76	249.12

6.13	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	1,00	379,37	379.37
6.14	Codo 90° PVC E/C D=160 mm presión	u	2,00	44,85	89,70
6.15	Capa de zeolita	m3	22,79	25,70	585.70
6.16	Capa de arena fina	m3	45,68	13,60	621,25
			SUBTOTAL		8788.95
			6:		
7	TANQUE DE DESINFECCION				
7.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	12,89	0,67	8.63
7.2	Excavación a máquina	m3	21.34	2,92	62.31
7.3	Excavación estructuras manual	m3	1,69	5,64	9,53
7.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	13,89	4,48	62.22
7.5	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	1,69	122,16	206,45
7.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	23,96	16,00	383,36
7.7	Malla electrosoldada 15*15*8mm	m2	80,32	12,56	1008.81
7.8	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof e=15cm	m3	9,13	197,18	1800.25
7.9	Desalojo de material a maquina	m3	86,24	2,89	249.23
7.10	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	17,00	20,76	352.92
7.11	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2,00	379,37	758,74
7.12	Hipoclorito de calcio HTH (para un mes de dosificación según tabla de cálculo)	kg	583.2	3.25	1895.4
			SUBTOTAL		6797.85
			7:		
8	LECHO O ERA DE SECADO				
8.1	Nivelacion y replanteo (estructuras)	m2	81,84	0,67	54,83
8.2	Excavación a máquina	m3	110,49	2,92	322,63
8.3	Excavación estructuras manual	m3	4,09	5,64	23,07
8.4	Empedrado en contrapiso e=20cm (piedra de mina)	m2	81,84	4,48	366,64
8.5	Hormigón simple replantillo f _c =180 kg/cm ² e=5cm	m3	4,09	122,16	499,63
8.6	Cinta PVC para juntas de Hormigón a=0.20m	ml	38,78	16,00	620,48
8.7	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PISO)	m2	49,52	12,56	621.97
8.8	Malla electrosoldada 15*15*8mmTRASLAPE DE 20CM POR LADO (PAREDES)	m2	58,83	12,56	738.90
8.9	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PISO)	m3	8,36	197,18	1648.42
8.10	Hormigón simple f _c =210 kg/cm ² incl.encof (PAREDES)	m3	3,98	197,18	784.77

8.11	Desalojo de material a maquina	m3	49,49	2,89	143.03
8.12	Válvula bridada de mariposa gatillo U/E 160 mm incl. Accesorios	u	2,00	379,37	758,74
8.13	Tubería PVC D=160 mm *6m 0.63MPA	ml	12,00	20,76	249.12
			SUBTOTAL		6832.23
			8:	SUBTOTAL:	64626.98

Fuente: Ing. Marcelo Tigmasa, GADP Salcedo, 2017

Elaborado por: Andrés Tacoamán, 2017

3.6 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diagnóstico del estado actual de la parroquia	■	■	■																									
Determinación de caudal y muestreo del agua residual			■	■																								
Caracterización y de aguas residuales en el laboratorio					■	■	■	■																				
Análisis de resultados						■	■	■																				
Selección del tipo de tratamiento									■	■	■	■																
Pruebas de tratabilidad										■	■	■																
Cálculos y propuesta de diseño													■	■	■	■	■	■	■	■								
Análisis de resultados																		■	■	■								
Ordenamiento y tabulación información																												
Tipiado del trabajo final									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Revisión y correcciones del trabajo final																					■	■	■	■				
Empastado y presentación del trabajo final																										■	■	■
Auditoría académica																											■	■
Defensa del trabajo																												■

Realizado por: Andrés Tacoamán, 2017

CONCLUSIONES

- En el presente estudio se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Izamba del cantón Ambato, la cual considera la implementación de ciertas operaciones unitarias, las mismas que fueron seleccionadas en función de los criterios y necesidades referentes a la calidad del agua a tratar, y que estará constituida de un sistema de rejillas, un canal de entrada con vertedero rectangular, dos desarenadores aireados, un tanque de mezcla, un sedimentador, un sistema de filtración rápida y una tanque de desinfección.
- Se realizó la determinación del caudal promedio generado por los habitantes de la parroquia Izamba utilizando el método del flotador, obteniendo un valor de $0.059 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual permitió establecer el caudal de diseño, considerando factores de mayoración, población futura, factor punta, el cual será de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Se caracterizó el agua proveniente del canal recolector de aguas residuales de la Parroquia de Izamba, obteniéndose ciertos parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, y que son el Color (784 UPt-Co), Nitrógeno total (42.5 mg/L), Fósforo Total (14.3 mg/L), DBO5 (323 mg/L), DQO (787.33 mg/L), Detergentes (2.79 mg/L), Aceites y grasas (165.67 mg/L) y Coliformes fecales ($42726.67 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$).
- Mediante la caracterización inicial del agua residual, se determinaron las variables de diseño como el índice de biodegradabilidad, el caudal de punta y la población futura a 20 años, obteniéndose valores en torno a 0.39, $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ y 32265 habitantes respectivamente, los mismos que permitieron considerar al tratamiento físico-químico como una alternativa viable para la depuración de los efluentes en el presente estudio.
- Una vez conocidas las variables de diseño se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Izamba, el mismo que constará de los siguientes proceso: un sistema de rejillas con un área libre de 0.27 m^2 , un canal de entrada con vertedero rectangular de longitud 5.5 m, un desarenador aireado con un área de 27 m^2 , un tanque de mezcla para los reactivos con una capacidad de 270 m^3 , un sedimentador de alta tasa con un área de 65 m^2 , un filtro rápido con un área de 54 m^2 y una tanque de desinfección con un área de 30 m^2 , las cuales permitirían la depuración eficiente del agua tratada.

- Se realizó la validación del sistema mediante la caracterización final del agua tratada, los niveles de contaminación en el agua disminuyeron y cada parámetro mostró altos porcentajes de remoción, tal como se indica a continuación: Color (15 UPt-Co -remoción 98.09 %), Nitrógeno total (6.78 mg/L - remoción 84.05 %), Fósforo Total (4.4 mg/L - remoción 69.23 %), DBO5 (31 mg/L - remoción 90.40 %), DQO (97 mg/L - remoción 87.67 %), Detergentes (0.47 mg/L - remoción 83.15 %), Aceites y grasas (30 mg/L - remoción 81.89 %) y Coliformes fecales (ausencia- remoción total).
- Los costos a los cuales ascendería la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales alcanzan un monto de 64627 dólares americanos, los cuales contempla la remoción de escombros, nivelación de tierras, dispositivos necesarios en cada una de las unidades de tratamiento, entre otros

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una caracterización físico-química y medición de caudales periódica, con el fin de obtener una base de datos que ayude en el correcto funcionamiento de la planta y no ocurran daños ni percances en sus unidades de tratamiento.
- Una limpieza periódica de las rejillas de desbaste, es muy importante ya que al ser una unidad de pretratamiento, recoge en su interior una serie de impurezas y basuras, con lo que una depuración adecuada de este sistema mantendrá en óptimas condiciones el funcionamiento de la planta de tratamiento.
- Los lodos generados en el proceso de tratamiento son de carácter químico; una adecuada implementación de un sistema de espesamiento de lodos, ayudará a su confinación en un relleno sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

Ambientum. Ambientum.com. [En línea] 2015.
http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Determinacion_de_sulfatos.asp
p.

Castro Solís, Michael. Serquimsa. [En línea] 2012. <http://www.serquimsa.com/sistemas-de-aireacion-en-tratamiento-de-agua-residual-industrial/>.

Cueva del Ingeniero Civil. Cueva del Ingeniero Civil. [En línea] 09 de 02 de 2011.
<http://www.cuevadelcivil.com/2011/02/metodo-del-flotador.html>.

Estrucplan. Estrucplanonline. [En línea] 09 de 09 de 2008.
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2519>.

Ferrer Polo, José y Seco Torrecillas, Aurora. *Tratamientos Fisicos Y Quimicos de Aguas Residuales*. Valencia : Universitat Politecnica de Valencia, 2005.

Geocities. [En línea] 2009. <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/sedimentacion.htm>.

Hidritec. Hidritec. [En línea] 2016. <http://www.hidritec.com/hidritec/desarenadores-desengrasadores>.

Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Rural de Izamba. GAD de Izamba. [En línea] 2015. [Citado el: 11 de 07 de 2017.]
<http://www.gadizamba.gob.ec/attachments/article/74/PDOT%202015.pdf>.

Kinkaa. [En línea] 2017. http://www.kinkaa.es/aeropuertos/Ambato-Chachoan_ATF.

Marron, César. *Planta de tratamiento con filtro lento.* Lima : s.n., 1999.

Melo García, Laura. Universitat Politècnica de Valencia. [En línea] 2016. <http://hdl.handle.net/10251/65158>.

METCALF & EDDY, INC. *INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACION.* Madrid : McGraw-Hill, 1995. Vol. Volumen I.

Microlab Industrial. Aguasresiduales.info. [En línea] 22 de 01 de 2015. <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/cloracion-en-los-procesos-de-tratamiento-de-aguas-residuales>.

Pérez, Jorge Arturo. *Sedimentación. Manual de Tratamiento de Aguas.* Colombia : s.n., 1981.

QuimiNet. QuimiNet. [En línea] 27 de 08 de 2007. <https://www.quiminet.com/articulos/los-tensoactivos-y-su-clasificacion-22143.htm>.

Ramalho, Rubens. *Tratamiento de Aguas Residuales.* Barcelona : Editorial Reverté, S.A, 2003.

Romero, Alberto. *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.* Bogota : s.n., 2002.

Romero, Jairo Alberto. *Calidad del agua.* Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.

Tejero, J, Suárez , A y Jácome, J. CERES. [En línea] 2011.
ftp://ceres.udc.es/Grado_TECIC/Cuarto_Curso/Ingenieria%20Ambiental/Filtracion/TEMA-filtracion%20rapida-rev140211-ajb.pdf.


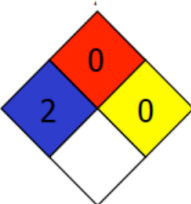
TULSMA. *Libro VI, Anexo 1, tabla 9 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.* 2015.

UFPS. Academia. [En línea] 2015.
http://www.academia.edu/11430189/UNIDAD_5._CAPTACION_Y_PRETRATAMIENTO._Parte_2.

Universidade da Coruña. Ceres. [En línea] 01 de 2007.
ftp://ceres.udc.es/Master_en_Ingenieria_del_Agua/master%20antigo_antes%20del%202012/Segundo_Curso/Tratamientos_Avanzados_del_Agua/master___TEMA_N___ELIMINACION_DE_FOSFORO.pdf.

ANEXOS

ANEXO A. Ficha técnica policloruro de aluminio (PAC)

	<p style="text-align: center;">FICHA TÉCNICA POLICLORURO DE ALUMINIO PAC-700</p>	<p>Calle del Establo y Calle E Edif. Site Center, Torre 1, Oficina 010. Telfs.: 3801-340 / 41 /42 Santa Lucía, Cumbayá Quito – Ecuador</p>														
<p>1. PROPIEDADES</p> <p>FORMULA: $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ SINONIMOS: PAC, Polímero de aluminio. PESO MOLECULAR: 241</p> <p>2. REGULACIONES</p> <p>RIESGO ASOCIADO: Irritante, Corrosivo.</p> 	<p>El producto se comercializa en un material plástico ya que el producto es ligeramente corrosivo.</p> <p>6. PRECAUCIÓN</p> <p>Usar los elementos de seguridad: guantes, gafas y protección respiratoria durante la manipulación del producto. En caso del contacto con la piel y los ojos lavar con abundante agua. En caso de ingestión lavar la boca inmediatamente y suministra 500 ml de agua. En caso de inhalación salir del área y buscar un área con aire fresco. En caso de paro respiratorio, emplear método de reanimación cardiopulmonar. Si respira dificultosamente se debe suministrar oxígeno. Obtener ayuda médica inmediatamente para todos los casos de derrame, recoja el residuo con precaución y lave la zona contaminada con agua.</p>															
<p>3. USOS INDICADOS</p> <p>El PAC-700 tiene excelentes resultados en el uso como coagulante y/o floculante en el tratamiento de agua potable. Amplio uso en agua con turbiedades bajas y aguas con bajo contenido de materia orgánica y alta alcalinidad.</p> <p>4. PROPIEDADES TÍPICAS</p> <table><tr><td>Apariencia:</td><td>Transparente</td></tr><tr><td>pH (1%):</td><td>3.0 – 4.0</td></tr><tr><td>Al₂O₃ %:</td><td>14±1%</td></tr><tr><td>Insoluble %:</td><td>< 0.1 %</td></tr><tr><td>Densidad:</td><td>1.2</td></tr><tr><td>Contenido de Hierro:</td><td>< 0.05 %</td></tr><tr><td>Basicidad:</td><td>55%</td></tr></table>	Apariencia:	Transparente	pH (1%):	3.0 – 4.0	Al ₂ O ₃ %:	14±1%	Insoluble %:	< 0.1 %	Densidad:	1.2	Contenido de Hierro:	< 0.05 %	Basicidad:	55%		
Apariencia:	Transparente															
pH (1%):	3.0 – 4.0															
Al ₂ O ₃ %:	14±1%															
Insoluble %:	< 0.1 %															
Densidad:	1.2															
Contenido de Hierro:	< 0.05 %															
Basicidad:	55%															
<p>5. MANEJO Y ALMACENAMIENTO</p> <p>El PAC-700 no es tóxico pero deben ser manejados como ligeramente corrosivos; se debe utilizar guantes de caucho, gafas de seguridad y overol. El PAC-700 es un producto higroscópico por lo que se debe almacenar en lugares frescos, con mínima humedad, luz solar directa y cambios de temperatura extremos.</p>																

ANEXO B. TULSMA, libro VI, Anexo 1, tabla 9 (límites de descarga a un cuerpo de agua dulce)

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

**ANEXO C
CARACTERIZACIÓN INICIAL**

a



b



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Caracterización inicial del agua residual en el espectrofotómetro b. Determinación de la DBO del agua residual	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			3	-	11/12/2017

**ANEXO C
CARACTERIZACIÓN INICIAL**

a



b



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Determinación inicial de DQO b. Conteo de UFC en la muestra inicial	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA ESCALA FECHA		
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		4	-	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

**ANEXO D
PRUEBAS DE TRATABILIDAD**

a



b



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Aireación de la muestra b. Prueba de jarras utilizando PAC	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	-	11/12/2017

**ANEXO D
PRUEBAS DE TRATABILIDAD**

a



b



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Filtro de Zeolita b. Conteo de coliformes fecales después de la desinfección	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA ESCALA FECHA		
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		6	-	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

**ANEXO E
RESULTADOS DE LA TRATABILIDAD EN CADA UNO DE LOS PROCESOS**

a



b



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Muestra de agua después del proceso de aireación b. Muestras de agua después del proceso de coagulación-floculación	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA ESCALA FECHA		
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN		7	-	11/12/2017

**ANEXO E
RESULTADOS DE LA TRATABILIDAD EN CADA UNO DE LOS PROCESOS**

a



b



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Muestra de agua después del proceso de filtración	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b. Muestra de agua después del proceso de desinfección	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		8	-	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

ANEXO F. Análisis de laboratorio (Caracterización de las muestras)

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703
Ecuador

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba -

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Fecha de Análisis: 16 - Junio - 2017

Tipo de muestras: Agua residual generada por la Parroquia San Jacinto de Izamba (muestra 1 caracterización)

Localidad: Parroquia Izamba - Cantón Ambato - Provincia de Tungurahua.

Análisis Químicos

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	8.16
Turbidez	UTN	2130-B	58.9
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	1660
Color	Und. Pt Co	HACH 125	693
Nitrógeno total	mg/L	HACH 10072	45.8
Sulfatos	mg/L	HACH 685	56
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	5220-C	791
Demanda Biológica de Oxígeno	mgO ₂ /L	5210-B	324
Sólidos totales disueltos	mg/L	2540-A	880
Cromo hexavalente	mg/L	HACH 8024	0.025
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	2.2
Coliformes totales	UFC/100 mL	microfiltración	48200
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	microfiltración	45300

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

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICO

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703
Ecuador

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba -

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Fecha de Análisis: 16 - Junio - 2017

Tipo de muestras: Agua residual generada por la Parroquia San Jacinto de Izamba (muestra 2 caracterización)

Localidad: Parroquia Izamba - Cantón Ambato - Provincia de Tungurahua.

Análisis Químicos

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	8.52
Turbidez	UTN	2130-B	119.2
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	2530
Color	Und. Pt Co	HACH 125	1149
Nitrógeno total	mg/L	HACH 10072	34.6
Sulfatos	mg/L	HACH 685	54
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	5220-C	957
Demanda Biológica de Oxígeno	mgO ₂ /L	5210-B	375
Sólidos totales disueltos	mg/L	2540-A	1350
Cromo hexavalente	mg/L	HACH 8024	0.045
Hierro	mg/L	3500-Fe-D	0.09
Coliformes totales	UFC/100 mL	microfiltración	63600
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	microfiltración	62100

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

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 049-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacoaman **INFORME N° 049- 17**
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE: 049-17**
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena

TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 29 - 03 -17
FECHA DE INFORME: 05 - 04 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 120-17 Agua residual Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 120-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H ⁺]	PE-LSA-01	7,28	+/- 0,08	29 - 03 -17
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	33,98	N/A	29 - 03 -17
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	2260	+/- 8 %	29 - 03 -17
* Color	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	510	N/A	29 - 03 -17
* Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E	-	N/A	29 - 03 -17
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	14,3	N/A	29 - 03 -17
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	47,1	N/A	29 - 03 -17
DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	270	N/A	29 - 03 -17
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	614	N/A	29 - 03 -17
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	63	N/A	29 - 03 -17
* Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - C	1539	N/A	29 - 03 -17
* Cromo	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cr - 3111B	0,12	N/A	29 - 03 -17
* Hierro	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Fe - 3111B	0,7	N/A	29 - 03 -17
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	-	N/A	29 - 03 -17
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418,1	176	N/A	29 - 03 -17
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	16380	N/A	29 - 03 -17

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página1 de2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 067-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacoaman **INFORME N° 072- 17**
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE: 072-17**
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena
FECHA DE RECEPCIÓN: 01 - 06 -17
TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE INFORME:** 05 - 06 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 193-17 Agua residual Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 192-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	4,08	N/A	01 - 06 -17
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	189	N/A	05 - 06 - 17

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
Benito Mendoza T., Ph.D.


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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 067-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacoaman **INFORME N° 072- 17**
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE: 072-17**
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena
FECHA DE RECEPCIÓN: 01 - 06 -17
TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE INFORME:** 05 - 06 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 192-17 Agua residual Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 192-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	1,49	N/A	01 - 06 -17
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	132	N/A	05 - 06 - 17

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
Benito Mendoza T., Ph.D.


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

ANEXO G. Análisis de laboratorio (Tratabilidad con el proceso de aireación)

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703
Ecuador

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba -

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Fecha de Análisis: 30 - Junio - 2017

Tipo de muestras: Agua residual generada por la Parroquia San Jacinto de Izamba
(tratabilidad con el proceso de aireación)

Localidad: Parroquia Izamba - Cantón Ambato - Provincia de Tungurahua.

Análisis Químicos

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	8.02
Turbidez	UTN	2130-B	32
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	1590
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	5220-C	211
Demanda Biológica de Oxígeno	mgO ₂ /L	5210-B	91

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

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 067-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacoaman **INFORME Nº** 072- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 072-17
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena
FECHA DE RECEPCIÓN: 05 - 06 -17
TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE INFORME:** 10 - 06 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 194-17 Agua residual Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 192-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	30	N/A	10 - 06 -17

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
Benito Mendoza T., Ph.D.


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

ANEXO H. Análisis de laboratorio (Tratabilidad con el proceso de Coagulación-Floculación)

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703
Ecuador

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba -

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Fecha de Análisis: 03 - Julio - 2017

Tipo de muestras: Agua residual generada por la Parroquia San Jacinto de Izamba
(muestra 2 agua tratada proceso de coagulación-floculación)

Localidad: Parroquia Izamba - Cantón Ambato - Provincia de Tungurahua.

Análisis Químicos

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7.47
Turbidez	UTN	2130-B	3.16
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	1530
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	5220-C	97
Demanda Biológica de Oxígeno	mgO ₂ /L	5210-B	31

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

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.



RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 067-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacoaman **INFORME Nº** 072- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 072-17
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena **FECHA DE RECEPCIÓN:** 05 - 06 -17
TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE INFORME:** 10 - 06 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 194-17 Agua residual Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 192-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	6,78	N/A	10 - 06 -17
* Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SC4 - E	324	N/A	10 - 06 -17
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - B mod	4,4	N/A	10 - 06 -17
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0,64	N/A	10 - 06 -17

MÉTODOS UTILIZADOS:

EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.

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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO I. Análisis de laboratorio (Tratabilidad con el proceso de Filtración)

ESPOCH

**LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703
Ecuador

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba -

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Fecha de Análisis: 05 - Julio - 2017

Tipo de muestras: Agua residual generada por la Parroquia San Jacinto de Izamba
(muestra 2 agua tratada proceso de filtración)

Localidad: Parroquia Izamba - Cantón Ambato - Provincia de Tungurahua.

Análisis Químicos

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	Und.	4500-B	7.40
Turbidez	UTN	2130-B	0.66
Conductividad	µSiems/cm	2510-B	1530
Sólidos totales	mg/L	2540-A	490

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

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.



RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacoaman **INFORME N°** 072- 17
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 072-17
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena

FECHA DE RECEPCIÓN: 01 - 06 -17
TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE INFORME:** 05 - 06 - 17

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 192-17 Agua residual tratada Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 192-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C.mcd	0,47	N/A	01 - 06 -17
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	30	N/A	05 - 06 - 17

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
Benito Mendoza T., Ph.D.


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ANEXO J. Análisis de laboratorio (Tratabilidad con el proceso de Desinfección)

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703
Ecuador

Telefax: 2998 200 ext. 332

Riobamba -

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Fausto Andrés Tacoamán Rivera

Fecha de Análisis: 07 - Julio - 2017

Tipo de muestras: Agua residual generada por la Parroquia San Jacinto de Izamba
(muestra 2 agua tratada proceso de desinfección)

Localidad: Parroquia Izamba - Cantón Ambato - Provincia de Tungurahua.

Análisis Químicos

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
Coliformes totales	UFC/100 mL	microfiltración	ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	microfiltración	ausencia

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

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.


Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

ANEXO K. Análisis de laboratorio (Muestra validación del sistema)



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 067-17

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Andrés Tacosman **INFORME N° 072- 17**
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE: 072-17**
DIRECCIÓN: Av. 11 de Noviembre y Rafael Jimena **FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 - 06 -17
TELÉFONO: 0999941082 **FECHA DE INFORME:** 05 - 07 - 17
NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual doméstica, Parroquia Izamba, Ambato **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 194-17 Agua residual Agua

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 192-17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Color	Upt-co	STANDARD METHODS 2120 C	13	N/A	05 - 07 -17
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B mod	5,25	N/A	05 - 07 -17
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - B mod	4,1	N/A	05 - 07 -17
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	47	N/A	05 - 07 -17
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - B	112	N/A	05 - 07 -17
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0,47	N/A	05 - 07 -17
* Aceites y Grasas	mg/l	EPA 418,1	29	N/A	05 - 07 -17
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	0	N/A	05 - 07 -17

MÉTODOS UTILIZADOS:

EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.
Dr. Método Normalizado para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.


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

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

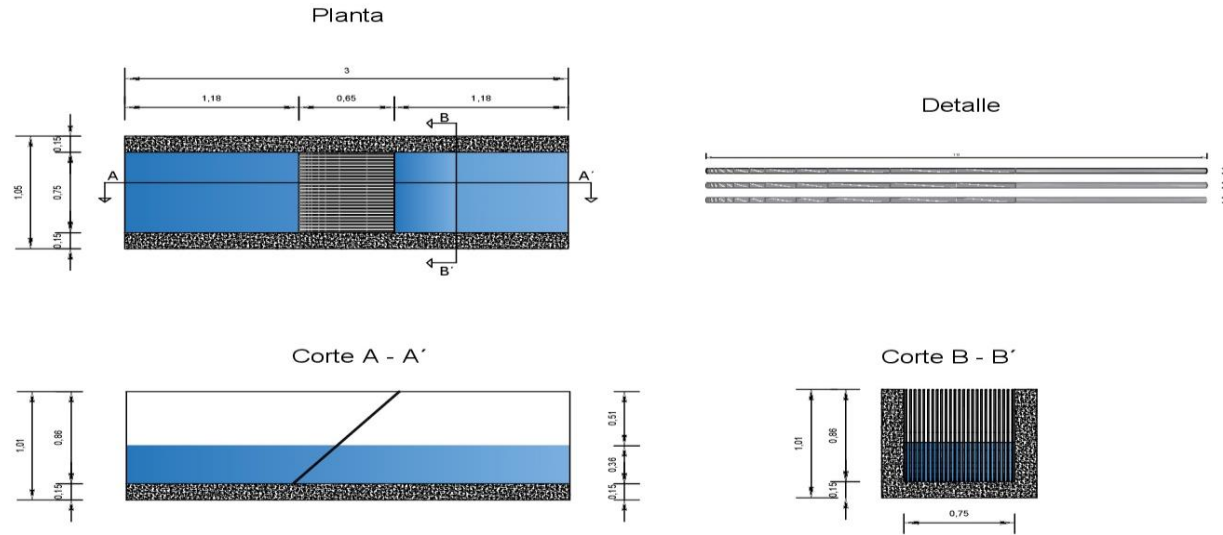
Página del

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía a Guano Bloque Administrativo.

**ANEXO L
SISTEMA DE ENREJADO**

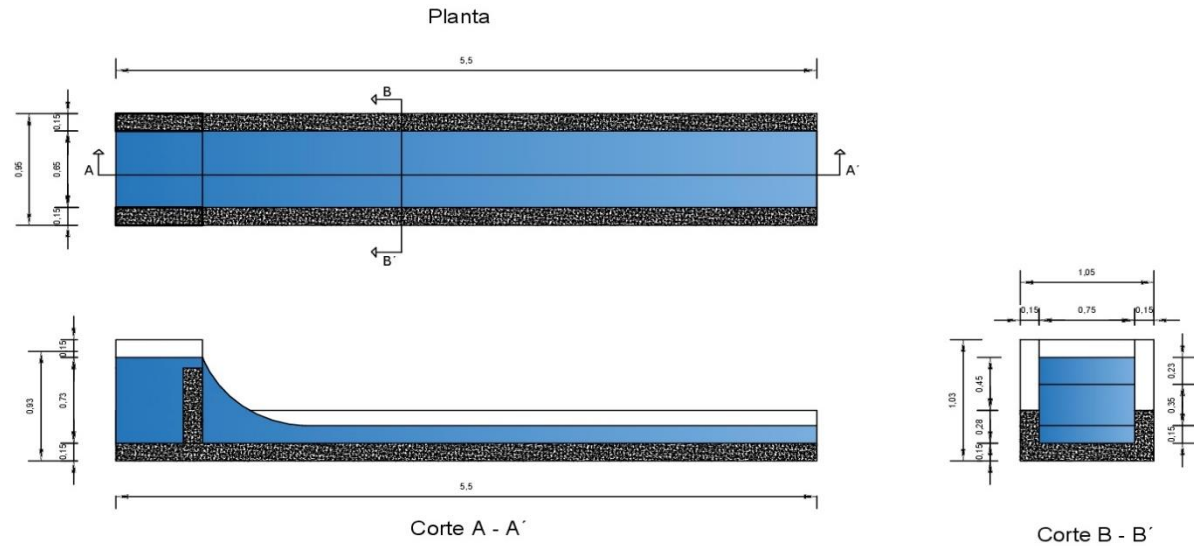
a



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema de enrejado	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN		21	1:85	11/12/2017

ANEXO M
CANAL DE ENTRADA CON VERTEDERO RECTANGULAR

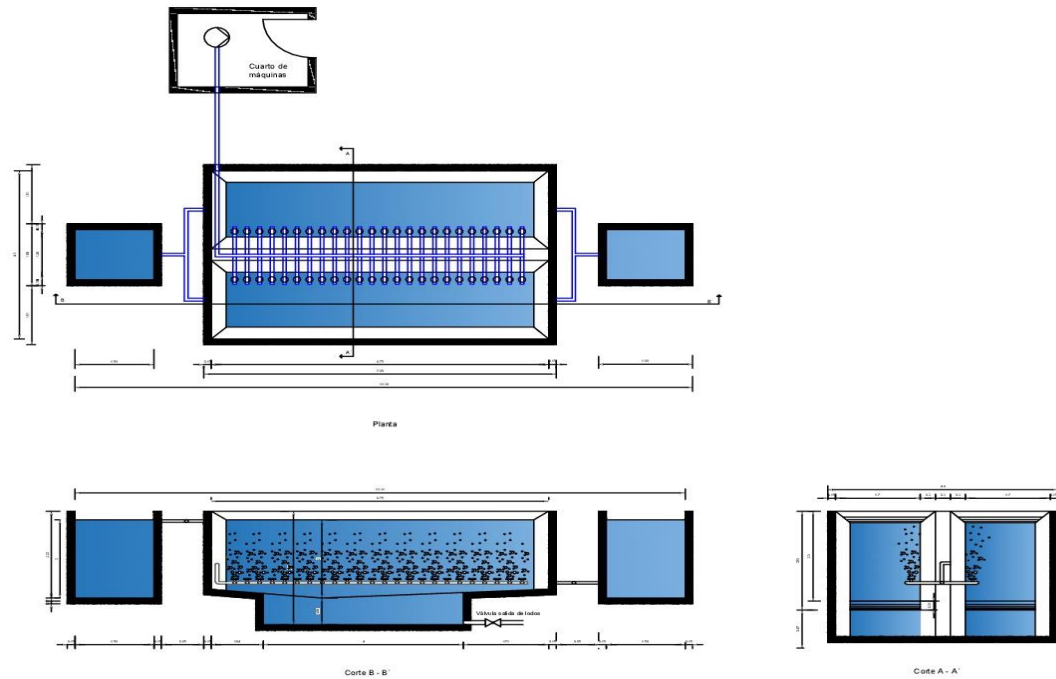
a



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del canal de entrada con vertedero rectangular	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		22	1:85	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

ANEXO N DESARENADOR AIREADO

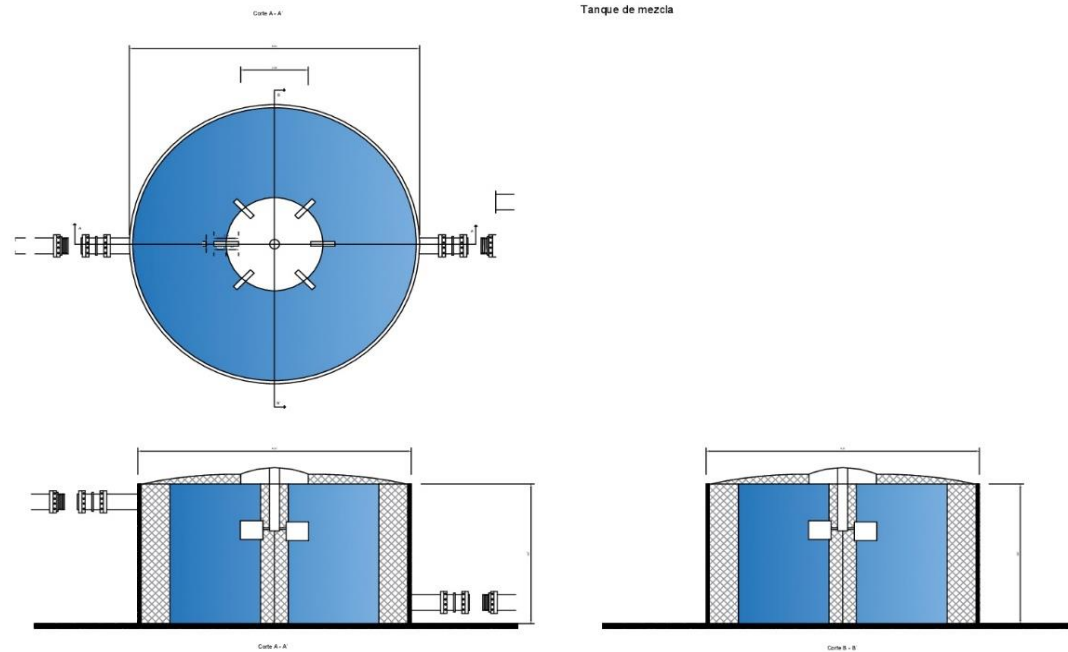
a
Desarenador aireado



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema de desarenado-aireado	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO		23	1:85	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	ANDRÉS TACOAMÁN			
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

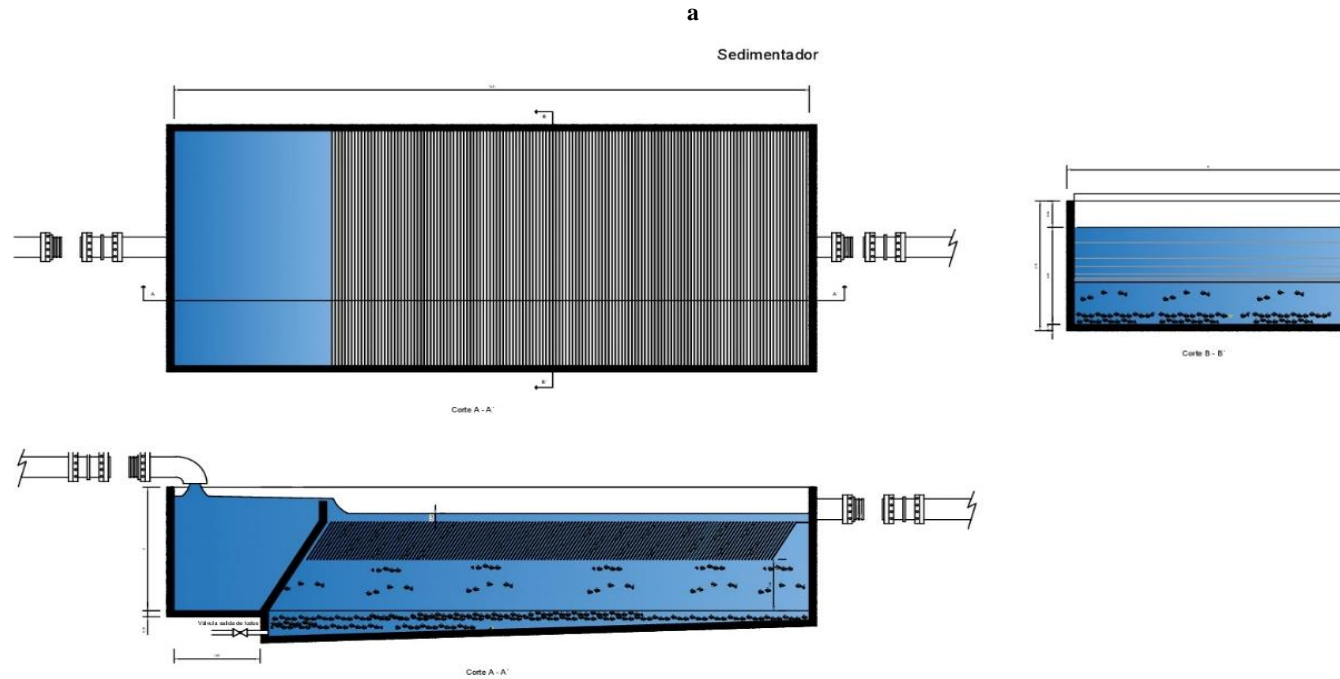
ANEXO O TANQUE DE MEZCLA

a



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema de mezcla	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			24	1:85	11/12/2017

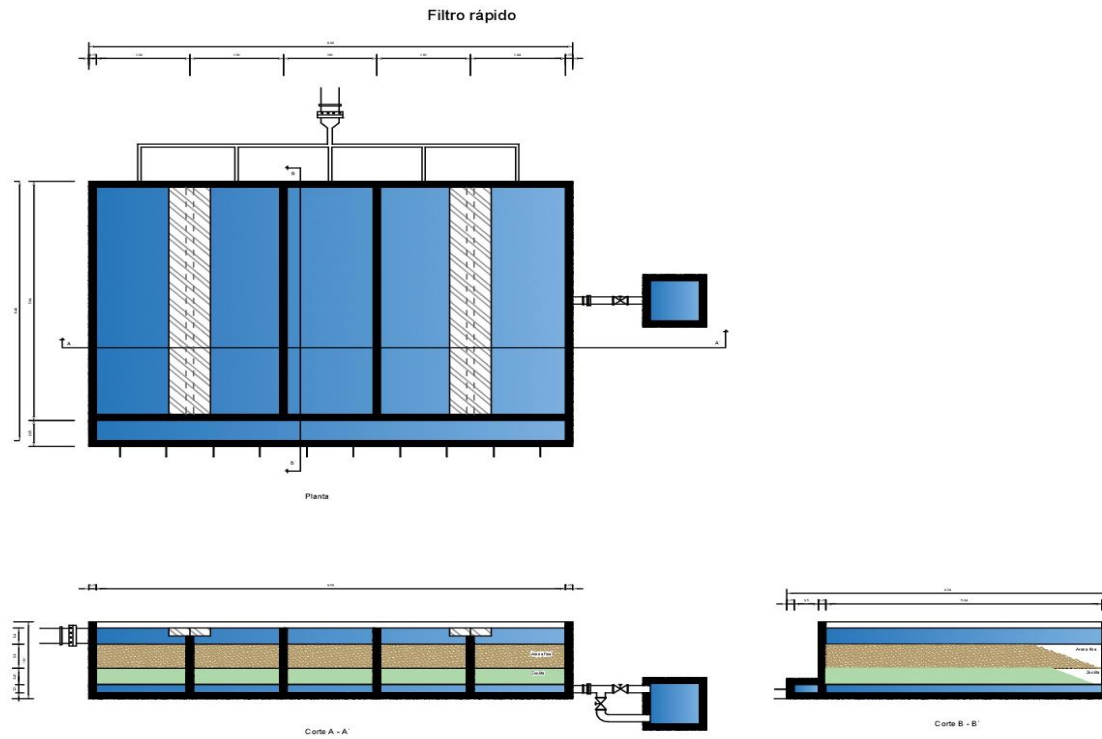
**ANEXO P
SEDIMENTADOR DE ALTA TASA**



CONTIENE: a. Planos del sistema de sedimentación	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			25	1:85	11/12/2017

**ANEXO Q
FILTRO RÁPIDO**

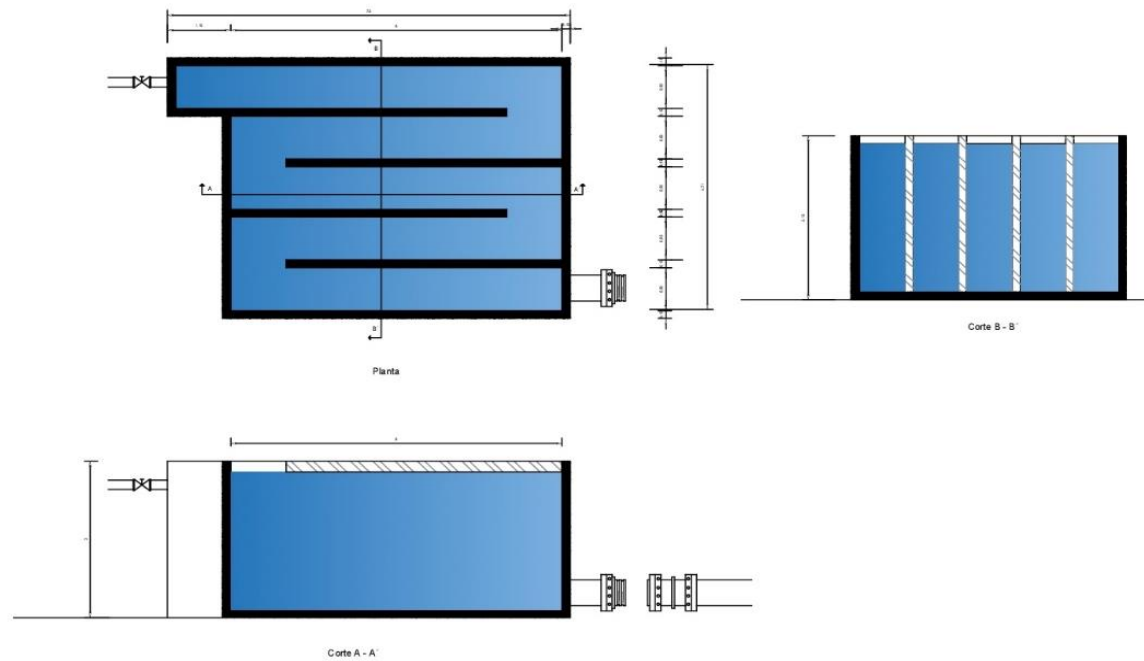
a



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema de filtrado rápido	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			26	1:85	11/12/2017

**ANEXO R
TANQUE DE DESINFECCIÓN**

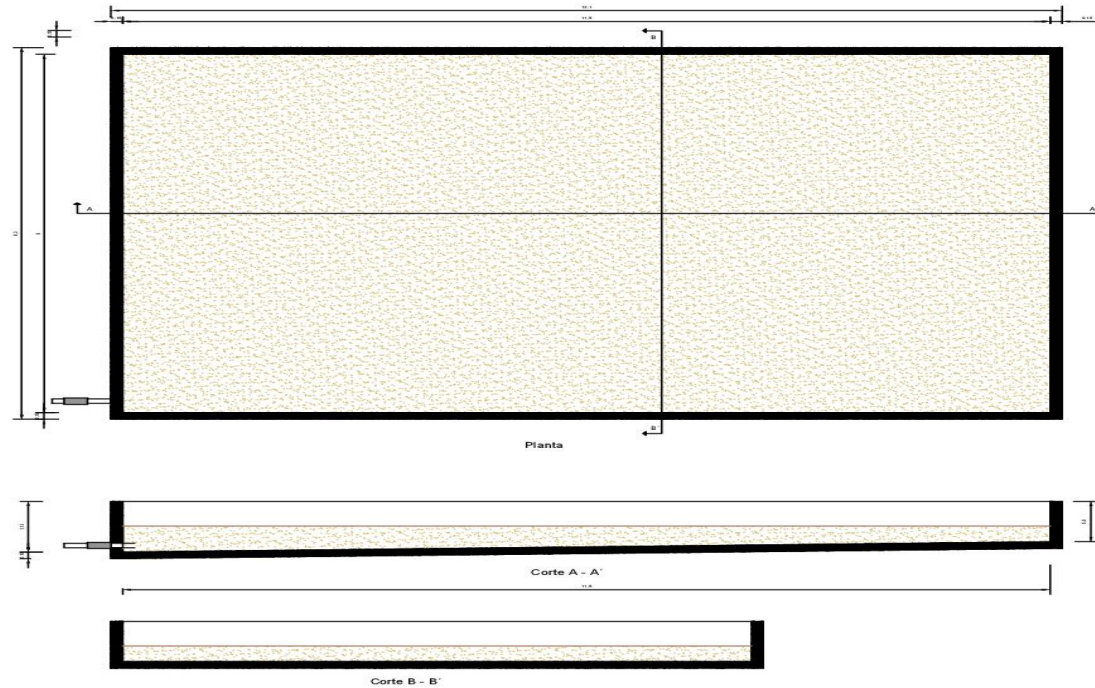
a



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema de desinfección	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO		27	1:85	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR				
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

**ANEXO S
LECHO DE SECADO**

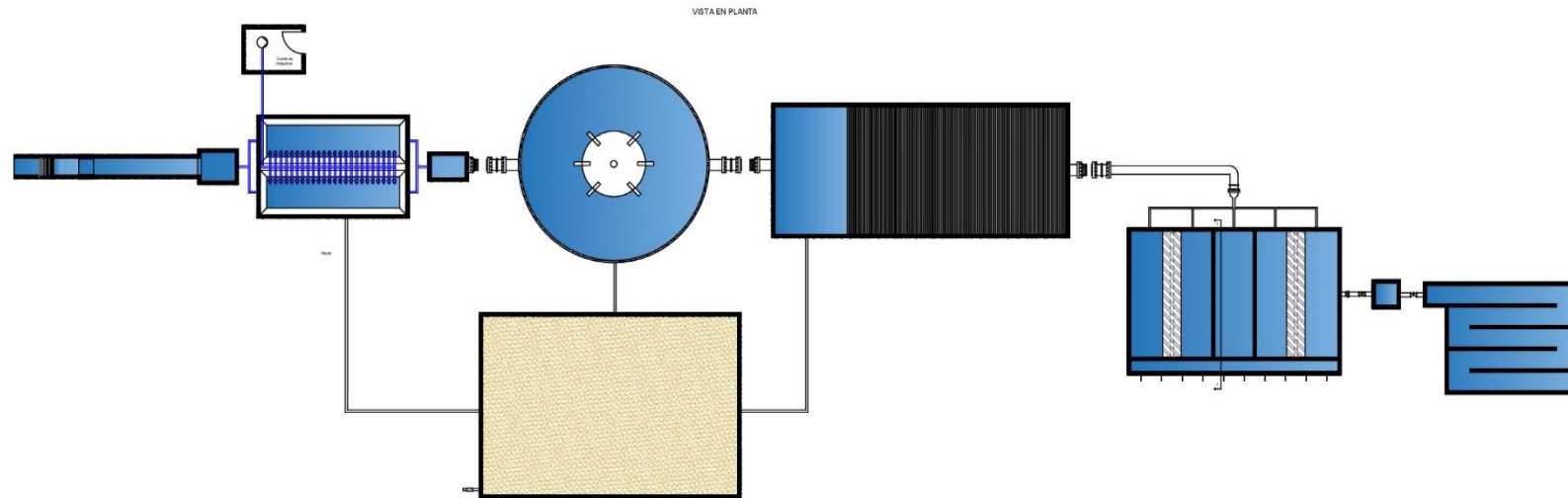
a



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema de secado de lodos	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			28	1:85	11/12/2017

ANEXO T
SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO (VISTA EN PLANTA)

a

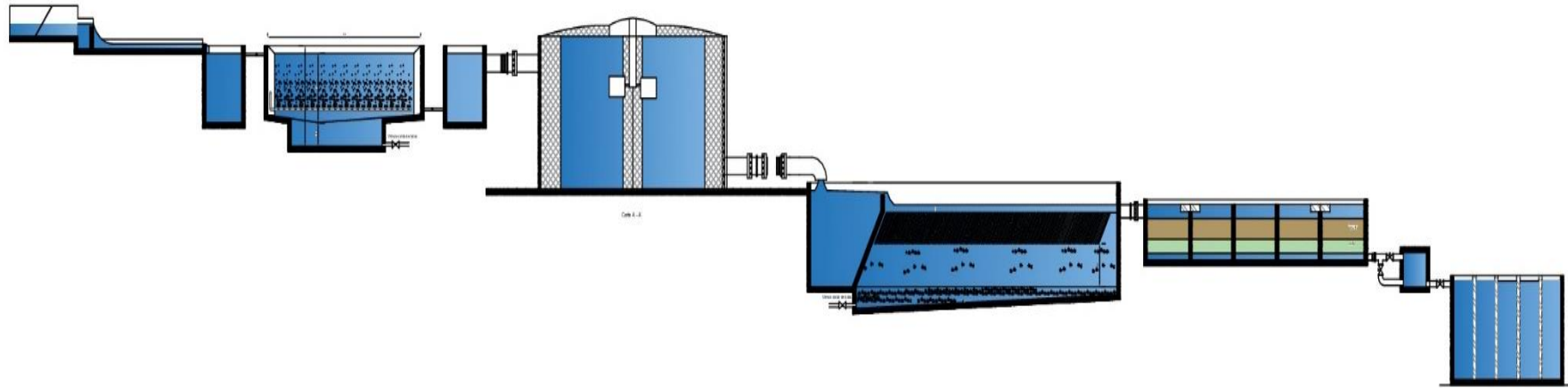


CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema propuesto vista en planta	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR		29	1:85	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN				

ANEXO U
SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO (VISTA EN CORTE)

a

VISTA EN CORTE



CONTIENE:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN JACINTO DE IZAMBA DEL CANTÓN AMBATO		
a. Planos del sistema propuesto vista en corte con gradiente hidráulico.	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA ANDRÉS TACOAMÁN	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> APROBADO		30	1:85	11/12/2017
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/> INFORMACIÓN

