



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

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE
CHIMBORAZO**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: RODRÍGUEZ CALAPIÑA WILSON MARCELO

TUTOR: ING. MÓNICA ANDRADE ÁVALOS

Riobamba – Ecuador

2015

@2015, Wilson Marcelo Rodríguez Calapiña

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 del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, de responsabilidad del señor Wilson Marcelo Rodríguez Calapiña, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Mónica Andrade Ávalos DIRECTORA DE TRAB. TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Danielita Borja COLAB. DEL TRAB. TITULACIÓN	_____	_____
DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH	_____	_____

Yo, Wilson Marcelo Rodríguez Calapiña soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

WILSON MARCELO RODRÍGUEZ CALAPIÑA

DEDICATORIA

Con cariño y amor para las personas que más amo, quienes me acompañaron e hicieron posible este sueño hecho realidad, dedico este trabajo a mi familia, para ustedes este Trabajo de Titulación, en agradecimiento por su arduo apoyo moral y económicamente en todo momento, Juan Pablo y Mercedes Olga.

Para todas las personas que estuvieron siempre a mi lado sin interés alguno, ustedes son la inspiración de este logro.

“El entusiasmo... El poder de todas las grandes acciones.” **Samuel Smil**

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios por regalarme día a día el don de vivir. A mi familia por su apoyo, comprensión, sacrificio y por proveerme todo en mi vida, a ustedes quienes han sabido formarme con sus valores.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Química, de manera especial a la Ing. Mónica Andrade e Ing. Danielita Borja, quienes me transmitieron su conocimiento y criterio profesional, para el desarrollo de este Trabajo.

Al G.A.D.M. Chambo “Señora del Agro, Princesa de Río”: Dr. Iván Rodrigo Pazmiño, Alcalde; por permitirme la ejecución del Trabajo de Titulación, bajo la dirección del Ing. Edwin Suarez e Lic. Wilson Bonifaz.

Un agradecimiento especial a todas las personas por su apoyo en mi formación estudiantil durante todo el tiempo en la “Ciudad Bonita” Riobamba – Ecuador.

Marcelino

ABREVIATURAS

%R	porcentaje de remoción esperado (%)
∅	diámetro (m)
∅ °	ángulo de inclinación (°)
θc	tiempo medio de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación (día)
π	número irracional (3,14159)
δ	grado de inclinación de las barras
β	factor dependiente de la forma de las barras
AR	agua residual
A_b	área entre barras (m ²)
A_n	ancho del sedimentador (m)
A_p	área del proyecto (Ha)
Ased	área superficial del tanque (m ²)
A_t	área de la sección transversal (m)
a y b	constantes empíricas
C	carga de sólidos que ingresan al sedimentador (KgSS/hab*día)
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
C_{pc}	contribución per cápita ((gSS/hab*día) *Kg)
C_{vertedero}	carga sobre el vertedero (m ³ /día*m)
D	dotación del agua (L/hab*día)
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
D_d	dosis promedio del desinfectante (mg/L)
D_M	dosis máxima (mg/L)
D_m	dosis mínima (mg/L)
d	diámetro de las partículas (m)
d_{max}	nivel máximo de agua (m)
e	espesor máximo de las barras (m)
e_b	separación entre barras (m)
F	factor de mayorización (L/s)
F/M	relación alimento/microorganismos (d ⁻¹)
f	factor de fricción de Darcy-Weisbach

f_{conv}	factor de conversión de DBO5 en DQO
g	aceleración de la gravedad (9,8 m/s ²)
H	altura del canal (m)
H_{al}	profundidad de aplicación (m)
h	altura de seguridad (m)
i	tasa de crecimiento (%)
K	constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado
K_d	coeficiente de degradación endógena (d-1)
L_g	largo del sedimentador (m)
M_{sd}	masa de sólidos que conforman los lodos (KgSS/hab*día)
n	periodo de crecimiento (años)
P_a	población actual (hab)
P_d	peso requerido de desinfectante (mg/s o Kg/día)
P_e	población según datos del CENSO 2010 (hab)
P_f	población futura (hab)
P_I	población institucional (hab)
P_w	potencia necesaria para cada soplante (kW)
P_x	producción diaria neta de fango activado medida en términos de SS volátiles Kg/día)
p₂	presión absoluta a la salida (atm)
p₁	presión absoluta a la entrada (atm)
Q	caudal del agua residual a tratar (m ³ /día)
Q_{CE}	caudal de conexiones erradas (L/s)
Q_{INF}	caudal de infiltración (L/s)
Q_M	caudal medio de agua residuales (L/s)
Q_{maxdiario}	caudal máximo obtenido en el día (L/d)
R	constante universal de los gases (8.314 kJ/kmol.°K)
R_h	radio hidráulico (m)
S	concentración de DBO en el efluente (Kg/m ³)
S_o	concentración de DBO o DQO en el afluente (Kg/m ³)
s	densidad relativa de las partículas
sen δ	ángulo de inclinación de las barras
T₁	temperatura absoluta a la entrada (°K)
Trh	tiempo de retención hidráulica (h)
V_c	velocidad terminal (m/h)

V_h	velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s)
V_r	volumen del reactor (m ³)
V_{sed}	volumen del tanque de sedimentador (m ³)
V_{te}	volumen a extraerse del tanque (m ³)
v	velocidad de aproximación (m/s)
v²/2g	carga de velocidad antes de la reja (m)
W	separación entre barras (m)
W_{aire}	caudal de aire en peso (kg/s)
X	concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (Kg/m ³)
Y	coeficiente de producción celular (kg de células producidas/kg de materia orgánica eliminada)
Y_{obs}	producción observada (Kg/Kg)

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ABREVIATURAS	vii
CONTENIDO	x
INDICE DE TABLAS	xiv
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xviii
INDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
SUMARY.....	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Aguas residuales.....	5
1.2 Tipos de Aguas Residuales	5
1.2.1 Aguas residuales domésticas.....	5
1.2.2 Aguas residuales industriales	6
1.2.3 Aguas fluviales	6
1.3 Caracterización de las aguas residuales.....	7
1.3.1 Parámetros físicos	8
1.3.1.1 Sabor y olor.....	8
1.3.1.2 Color	8
1.3.1.3 Turbidez	9
1.3.1.4 Conductividad y resistividad.....	9
1.3.1.5 pH.....	10
1.3.1.6 Fosfatos	10
1.3.1.6 Gases disueltos.....	11
1.3.2 Parámetros químicos	11
1.3.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.5).....	11
1.3.2.2 Demanda química de oxígeno (D.Q.O.).....	12
1.3.2.3 Tensoactivos.....	12
1.3.2.4 Aceites y grasas.....	13
1.3.2.5 Nitrógeno total Kjeldahl	14

1.3.3	<i>Parámetros biológicos</i>	14
1.3.3.1	<i>Protozoarios</i>	15
1.3.3.2	<i>Virus</i>	16
1.3.3.3	<i>Organismos coliformes</i>	16
1.3.3.4	<i>Coliformes fecales</i>	16
1.4	Tratamiento de aguas residuales	18
1.4.1	<i>Tratamiento preliminar</i>	19
1.4.2	<i>Tratamiento primario</i>	19
1.4.3	<i>Tratamiento secundario</i>	20
1.4.4	<i>Tratamiento terciario</i>	20
1.4.5	<i>Secado de lodos</i>	22
1.5	Sistema de tratamiento de aguas residuales para la zona de descarga Jesús del Gran Poder - cantón Chambo	23
1.5.1	Caudal de diseño	24
1.5.2	Rejillas	29
1.5.3	<i>Canal</i>	30
1.5.4	<i>Rejillas de limpieza manual</i>	32
1.5.5	<i>Sedimentación primario</i>	35
1.5.4.1	<i>Parámetros de diseño</i>	35
1.5.6	<i>Lodos activados _ aireación</i>	42
1.5.6.1	<i>Consideraciones de diseño</i>	43
1.5.7	<i>Sedimentador secundario</i>	47
1.5.7.1	<i>Consideraciones del diseño</i>	48
1.5.8	<i>Desinfección</i>	50
1.5.8.1	<i>Química de la cloración</i>	51
1.5.8.2	<i>Parámetros de diseño de la hipocloración</i>	52
1.5.9	<i>Tratamiento de lodos</i>	54
1.5.9.1	<i>Parámetros a considerar</i>	55
1.6	Normativas	57

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	59
2.1	Localización del proyecto	59
2.2	Muestreo	60
2.2.1	<i>Tipo de muestreo</i>	60
2.2.2	<i>Plan de muestreo</i>	61

2.2.3	<i>Materiales y equipo de muestreo</i>	61
2.3	Metodología	62
2.3.1	<i>Reconocimiento del lugar de investigación</i>	62
2.3.2	<i>Métodos y técnicas</i>	62
2.3.2.1	<i>Métodos</i>	62
2.3.2.2	<i>Técnicas</i>	63
2.4	Datos experimentales	72
2.4.1	Diagnóstico	72
2.4.2	Caracterización de agua residuales	74
2.4.3	<i>Datos del monitoreo del caudal</i>	77
2.5	Dimensionamiento del sistema de tratamiento de AR	84
2.5.1	<i>Proyección de habitantes</i>	84
2.5.2	<i>Caudal de diseño</i>	85
2.5.3	<i>Cálculo para el canal</i>	87
2.5.4	<i>Cálculos para rejillas</i>	87
2.5.5	<i>Cálculos para el diseño del sedimentador primario</i>	89
2.5.6	<i>Cálculos para el diseño de lodos activados</i>	92
2.5.7	<i>Cálculos para el diseño del sedimentador secundario</i>	94
2.5.8	<i>Cálculos para el diseño del tanque de desinfección</i>	97
2.5.9	<i>Diseño del lecho de secado</i>	98

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .	100
3.1	Población de diseño, zona de descarga Jesús del Gran Poder	101
3.2	Caudal de diseño	102
3.3	Resultados de los cálculos para el diseño del dimensionamiento de la planta de tratamiento para AR	102
3.3.1	<i>Canal</i>	102
3.3.2	<i>Rejillas para el canal</i>	102
3.3.3	<i>Resultados de los cálculos para el diseño del sedimentador primario</i>	103
3.3.4	<i>Resultados de los cálculos para el diseño del sedimentador primario</i>	103
3.3.5	<i>Resultados de los cálculos para el diseño del sedimentador secundario</i>	104
3.3.6	<i>Resultados de los cálculos para el diseño del tanque de desinfección</i>	105
3.3.7	<i>Resultados de los cálculos para el diseño del lecho de secado</i>	105
3.4	Análisis y discusión de resultados	106
3.4.1	<i>Disminución de D.B.O.5</i>	107

3.4.2	<i>Disminución de D.Q.O.</i>	108
3.4.3	<i>Disminución de la turbiedad</i>	108
3.4.4	<i>Disminución de sólidos suspendidos</i>	109
3.4.5	<i>Disminución de aceites y grasas</i>	109
CAPÍTULO IV		
4.	PROPUESTA	111
4.1	Propuesta para la construcción del sistema de la planta de tratamiento para aguas residuales en la zona de descarga Jesús del Gran Poder-cantón Chambo..	111
4.2	Costos aproximados de la propuesta	113
CONCLUSIONES		116
RECOMENDACIONES		117
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Composición típica del agua residual domestica bruta.....	7
Tabla 2-1: Límites permisibles para descargas de grasas y aceites en aguas.....	13
Tabla 3-1: Tipos y numero de microorganismo típicamente presentes en las aguas residuales domésticas brutas ^a	15
Tabla 4-1: Clasificación general de los microorganismos	16
Tabla 5-1: Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica bruta ^a	17
Tabla 6-1: Operaciones o procesos unitarios según el nivel de tratamiento de aguas residuales	21
Tabla 7-1: Sistemas de tratamiento utilizados para eliminar la mayoría de los contaminantes presentes en el agua residual.	22
Tabla 8-1: Población cantón Chambo	24
Tabla 9-1: Población actual en la zona de descarga.....	25
Tabla 10-1: Dotación en función del nivel de complejidad del sistema	27
Tabla 11-1: Información típica de rejas de barras de limpieza manual y mecánica	29
Tabla 12-1: Valores típicos de coeficientes de rugosidad.....	31
Tabla 13-1: Estándares de diseño para sedimentadores primarios.....	35
Tabla 14-1: Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria	36
Tabla 15-1: Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario.....	37
Tabla 16-1: Velocidades terminales a caudal medio.....	38
Tabla 17-1: Velocidades terminales a caudal máximo	38
Tabla 18-1: Tiempo de retención	40

Tabla 19-1: Valores de las constantes empíricas (20°).....	42
Tabla 20-1: Solubilidad del oxígeno.....	42
Tabla 21-1: Datos de sedimentación de SSLM.....	43
Tabla 22-1: Datos de sedimentación.....	44
Tabla 23-1: Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados	46
Tabla 24-1: Parámetros de diseño para procesos de lodos activados.....	46
Tabla 25-1: Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios	49
Tabla 26-1: Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes	52
Tabla 27-1: Datos para el diseño de lechos de secado	56
Tabla 28-2: Técnica para determinar el pH.....	63
Tabla 29-2: Técnica para determinar la conductividad.....	64
Tabla 30-2: Técnica para determinar la turbidez	64
Tabla 31-2: Técnica para determinar sólidos totales disueltos	65
Tabla 32-2: Técnica para determinar sólidos sedimentables	66
Tabla 33-2: Técnica para determinar el cloro libre.....	67
Tabla 34-2: Técnica para determinar la DBO.....	67
Tabla 35-2: Técnica para determinar la DQO.....	69
Tabla 36-2: Técnica para determinar aceites y grasas	69
Tabla 37-2: Técnica para determinar tensoactivos.....	70
Tabla 38-2: Técnica para determinar coliformes fecales	71
Tabla 39-2: Caudales y volúmenes mensuales promedio de agua cruda captados para junta administradora de agua del Jesús del Gran Poder	73

Tabla 40-2: Características principales de la red de alcantarillado	73
Tabla 41-2: Caracterización física	74
Tabla 42-2: Análisis físico – químico y microbiológico del agua residual zona de descarga Jesús del Gran Poder	74
Tabla 43-2: Análisis físico – químicos microbiológicos de y los parámetros a considerar	75
Tabla 44-2: Análisis físico – químicos y microbiológicos de los parámetros a considerar	76
Tabla 45-2: Caudal del día lunes.....	77
Tabla 46-2: Caudal del día martes	78
Tabla 47-2: Caudal del día miércoles	79
Tabla 48-2: Caudal del día jueves.....	80
Tabla 49-2: Caudal del día viernes	81
Tabla 50-2: Caudal del día sábado.....	82
Tabla 51-2: Caudal del día domingo.....	83
Tabla 52-2: Caudal semanal.....	84
Tabla 53-2: Variación de la concentración de DBO5 vs. tiempo de aireación	84
Tabla 54-2: Variación de la concentración de DQO vs. tiempo de aireación.....	84
Tabla 55-2: Población actual.....	84
Tabla 56-3-: Resultados de la medición de los caudales (L/s).....	100
Tabla 57-3: Resultado del cálculo de la población de diseño	102
Tabla 58-3: Resultado del cálculo de caudales de diseño	102
Tabla 59-3: Resumen de dimensionamiento de las rejillas	102

Tabla 60-3: Resultados de dimensionamiento del sedimentador primario	103
Tabla 61-3: Resultados de dimensionamiento del sistema de lodos activados	104
Tabla 62-3: Resumen de dimensionamiento del sedimentador secundario	104
Tabla 63-3: Resumen de dimensionamiento del tanque de desinfección.....	105
Tabla 64-3: Resumen de dimensionamiento del lecho de secado.....	105
Tabla 65-3: Análisis físico – químicos y microbiológicos de los parámetros a considerar	106
Tabla 66-4: Presupuesto para la ejecución de la planta	113

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1: Macro localización cantón Chambo.....	3
Figura 2-1: Micro localización, Jesús del Gran Poder - cantón Chambo	4
Figura 3-1: Turbidez del agua residual	9
Figura 4-1: Tratamiento de AR, 2015.....	19
Figura 5-1: Desbaste	29
Figura 6-1: Tipo de sección de canal	30
Figura 7-1: Ábaco de la Fórmula de Manning.....	32
Figura 8-1: Factores de forma β	34
Figura 9-1: Instalación típica de hipocloración	52
Figura 10-2: Cantón Chambo, IGM Instituto Geográfico Militar.	59
Figura 11-2: Toma de la muestra.....	60
Figura 12-3: Gráfica de caudal semanal, zona de descarga Jesús del Gran Poder.....	101
Figura 13-3: Gráfica de DBO5, antes y después del tratamiento.....	107
Figura 14-3: Gráfica de DQO, antes y después del tratamiento	108
Figura 15-3: Gráfica de la turbiedad, antes y después del tratamiento	108
Figura 16-3: Gráfica de SS, antes y después del tratamiento.....	109
Figura 17-3: Gráfica de aceites y grasas, antes y después del tratamiento	109
Figura 18-3: Gráfica de tensoactivos, antes y después del tratamiento	110
Figura 19-3: Gráfica de CF, antes y después del tratamiento	110

Figura 20-4: Diagrama propuesto para PTAR, Jesús del Gran Poder - cantón Chambo 111

Figura 21-4: Sistema por gravedad para PTAR, Jesús del Gran Poder - cantón Chambo 115

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12

ANEXO B. NTE INEN 2 176:1998

ANEXO C. CPE INEN 5

ANEXO D. Examen microbiológico inicial

ANEXO E. Informe de análisis de la caracterización del agua residual a tratar

ANEXO F. Informe de análisis de la caracterización del agua residual tratada

ANEXO G. Vista, tanque sedimentador circular primario

ANEXO H. Vista, cámara de aireación

ANEXO I. Vista, tanque sedimentador circular secundario

ANEXO J. Vista, tanque de desinfección

ANEXO K. Vista, lecho de secado natural

ANEXO L. Vista, planta propuesta

RESUMEN

Se diseñó un sistema de Planta de Tratamiento para Aguas Residuales en la zona de descarga Jesús del Gran Poder – cantón Chambo, provincia de Chimborazo, utilizando materiales básicos para la recolección de la muestra y la medición de los caudales en dicha zona de descarga, para posteriormente realizar en el laboratorio de análisis la caracterización física, química y biológica del agua residual tomadas in situ. Los primeros resultados hacen referencia a la medición de los caudales, indicándonos que existe una mayor producción de agua residual los días domingos y lunes, con un caudal de diseño de 15,44 L/s, dato indispensable para la realización del diseño de la planta, en este dato se incluye el factor de mayorización, las conexiones erradas y el caudal de infiltración. Los resultados de la caracterización física, química y microbiológica realizadas en el laboratorio de análisis nos indican que los parámetros se encuentran fuera de los límites según nos indica el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), Anexo 1- Tabla 12, son: Demanda Química de Oxígeno 250 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días 382,33 mg/L, Sólidos Suspendidos 189 mg/L, Aceites y Grasas 22 mg/L, Tensoactivos 1,8 mg/L y Coliformes Fecales $2,2 \times 10^5$ UFC/100ml. Como conclusión, se diseñó una Planta de Tratamiento con una eficiencia del 87,99%; este porcentaje se basa en la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DB5) soluble, y permite conocer si los valores de la concentración del afluente y efluente de la misma son correctos, de esta manera se cumple con la normativa ambiental. Se recomienda reutilizar esta agua residual después del tratamiento como agua de regadío, ya que la zona es conocida por la producción agrícola.

Palabras claves: <ACEITE Y GRASAS>, <DQO (DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO)>, <DBO5 (DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO EN CINCO DÍAS)>, <TENSOACTIVOS>, <TURBIEDAD>, <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULAS)>

SUMMARY

System treatment plant wastewater was designed in Waste Water in the discharge zone, Jesus del Gran Poder, Chambo canton, Chimborazo province, using basic materials for sample collection and measurement of flows in the discharge zone. Subsequently, the physical, chemical and biological characterization of the wastewater taken in situ is performed in the laboratory of analysis. First results refer to the measurement of flow, indicating that there is an increased production of waste water on Sundays and Mondays, with a design flow of 15.44 L/s. It is indispensable data for the realization of the plant design. In this data major factor, the wrong connections and infiltration rate is included. The results of the physical, chemical and microbiological characterization performed in laboratory analyzes indicate that the parameters are off limits. It indicates the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULAS), Annex 1 - Table 12 are: Demand Chemical Oxygen 250 mg/L, Biochemical Oxygen Demand in 5 days 382.33 mg/L, Suspended Solids 189 mg/L, Oils and Fats 22 mg/L, Surfactants 1,8 mg/L and fecal coliforms 2,2x10⁵ CFU/100ml. As a conclusion, a treatment plant was designed with an efficiency of 87.99%; This percentage is based on the Biochemical Oxygen Demand in five days (DB5) soluble, and reveals if the values of the influent and effluent concentration thereof is correct. So it complies with the environmental regulations. We recommend this wastewater reuse after treatment and irrigation water, as the area is known for agricultural production.

Keywords: <OIL AND FATS>, <COD (Chemical Oxygen Demand)>, <BOD5 (BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND IN FIVE DAYS)>, <SURFACTANTS>, <TURBIDITY>, <UNIFIED TEXT OF SECONDARY ENVIRONMENTAL LEGISLATION (TULAS)>

INTRODUCCIÓN

El líquido vital conocido como Agua, es el motor de desarrollo y fuente de riqueza, el cual ha constituido uno de los pilares fundamentales dentro de la sociedad.

Actualmente las normas medioambientales exigen no descargar aguas contaminadas hacia vertederos, siendo estos lagos, ríos o descargados a la naturaleza sin algún tipo de tratamiento.

Se habla de aguas contaminadas o aguas residuales cuando provienen de la utilización en nuestros hogares como detergentes para ropa, vajilla y productos de desinfección, así como aceites de frituras, pinturas, etc.; o procesos industriales, entre otras actividades diarias.

Estas aguas contienen contaminantes físicos; olor sabor, turbiedad, temperatura; químicos; presencia de sustancias como nitrógeno, fósforo, metales, etc.; y biológicos; contaminantes orgánicos. En ocasiones puede resultar incluso tóxicas, provocando graves consecuencias a futuro como puede ser la destrucción de recursos limitados, eutrofización, destrucción de la flora y fauna, perturbación en las plantas, etc.; por ende, la necesidad de la depuración.

El tratamiento a estas aguas residuales implica adoptar una serie de operaciones, que dependerán fundamentalmente una de la otra.

Todas las operaciones se realizarán con el fin de dar una mejor calidad de vida para la sociedad, cumpliendo con la norma de calidad del medio ambiente; límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12., reduciendo sus componentes a la mínima expresión que no contaminen los ríos o subsuelos.

JUSTIFICACIÓN

El agua es imprescindible para la vida en la Tierra. Los animales y el hombre toman agua como parte de su alimentación. Las plantas necesitan agua para poder consumir sus nutrientes del suelo, así como este líquido vital se encarga de disolver las sales y otras sustancias inorgánicas del suelo para que puedan ser absorbidas por las mismas. En definitiva, el agua es imprescindible para la vida: no hay vida sin agua.

Para dar solución a las Aguas Residuales se ha tomado tratamientos con el fin de brindar una mejor calidad de vida para el Cantón Chambo “Señora del Agro, Princesa de Río” y así cumpliendo con lo que dicta la norma de calidad del medio ambiente, límites de descarga de

aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12., permitiendo de esta manera descargar a un cuerpo de agua dulce o a su vez pueda ser reutilizada.

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos.

Iniciamos con un Tratamiento Preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación, seguido de un Tratamiento Primario, que comprende procesos de sedimentación y tamizado. Posterior seguimos con el Tratamiento Secundario, que comprende procesos biológicos aerobios – anaerobios y físicos – químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO. Por último, el Tratamiento Terciario o Avanzado, que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos.

Con estas operaciones se puede proporcionar y viabilizar el proyecto para brindar a la comunidad una reutilización de la misma, disminuyendo la contaminación en general.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Chambo se ha interesado en el estudio del Tratamiento de Aguas Residuales, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y reduciendo los componentes de impacto ambiental a la mínima expresión.

Objetivos

Objetivo general

- Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Cantón Chambo - Provincia de Chimborazo.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial mediante la caracterización Físico-Química y microbiológico según la norma, límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12.
- Identificar los parámetros que estén fuera de la norma, límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12.

- Determinar las variables del proceso adecuadas, para el diseño del sistema de Aguas Residuales.
- Realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento a base de cálculos ingenieriles.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización Físico-Química y microbiológico según la norma, límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12.

ANTECEDENTES

Naturalmente mágico y dueño de una gran riqueza cultural e histórica, Chambo "La Señora Del Agro", se ubica a 8 Km. de la ciudad de Riobamba, capital de la Provincia de Chimborazo. Su altitud va desde los 2.400 a 4.730 m.s.n.m.

Las características climáticas, geográficas y de tipo de suelo, posibilitan una gran variedad de producción agrícola y es la principal fuente económica de la población, y proveedora de alimentos para el país, podemos encontrar variedad de cultivos como: cebolla blanca, colorada, remolacha, lechuga, zanahoria, brócoli, col, coliflor, cilantro, fréjol, tomate riñón y de árbol. La producción pecuaria se basa especialmente en la producción de leche y cárnicos. (PDOTCH: 2012-2025:

<http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni>)

Límites Cantonales



Figura 1-1: Macro localización cantón Chambo

Fuente: Departamento de planificación GADM Chambo



Figura 2-1: Micro localización, Jesús del Gran Poder - cantón Chambo

Fuente: Departamento de planificación GADM Chambo, 2015

- Al norte, con la quebrada de Puchulcahuán;
- Al sur, el río Daldal, afluente del río Chambo, y las parroquias Pungalá y Licto del cantón Riobamba;
- Al este, la Provincia de Morona Santiago que se halla al otro lado de la cordillera central de los Andes;
- Al oeste, el río Chambo, parroquia San Luis y Licto; y al noroeste, con el Cantón Riobamba. (AME. 2015. <http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/institucion>)

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Aguas residuales

Las Aguas Residuales (AR) son aquellas que después de la actividad doméstica son desechadas, ensuciando cauces de agua dulce provocando la contaminación ambiental, este tipo de agua está definida por la contaminación de sustancias fecales y orina, procedentes de los desechos de humanos, animales y/u orgánicos.

Por eso es necesario incrementar plantas de tratamiento de aguas residuales las cuales se encargarán de limpiar para así no tener: cultivos regados con agua contaminada, enfermedades infecciosas, playas y lugares turísticos con una mala impresión visual, etc. Para evitar esto se cuentan con tecnología avanzada con la cual podemos obtener un agua que esté dentro del rango de las normas establecidas en el país.

Las AR actualmente lleva consigo tantos procedimientos de tratamiento y equipos, operaciones unitarias y de proceso que se ha hecho evidente, sobre todo, en la ingeniería química. Por ende, la imagen actual de una planta de tratamiento no es la de grandes depósitos de hormigón, sino la de una serie de procesos unitarios integrados.

1.2 Tipos de Aguas Residuales

1.2.1 Aguas residuales domésticas

Actualmente los diversos usos que le podemos dar al agua genera aguas residuales que se presenta en diferentes formas, ya sea aislada o mezclada en diferentes concentraciones.

- Las aguas domesticas se originan:
 - a. En las viviendas familiares por:
- La preparación de alimentos, el lavado de platos, la limpieza de la casa, el lavado de la ropa e higiene personal.
- El uso del inodoro

- El lavado de las superficies pavimentadas externas y de automóviles;
- b. En los edificios públicos por:
- La limpieza del edificio, la higiene personal, la preparación de alimentos y el lavado de vajilla en la cafetería.
 - El uso de los baños públicos
 - El lavado de las superficies pavimentadas externas y de automóviles;
- c. En los pequeños establecimientos por:
- La preparación de alimentos, el lavado de platos, la limpieza del local, el lavado de ropa e higiene personal
 - El uso de inodoros
 - El lavado de las superficies pavimentadas externas y de automóviles. (PöPe: 2010: p. 10)

1.2.2 Aguas residuales industriales

Este término suele referirse en forma general a los diferentes tipos de aguas industriales se encuentran en los sistemas públicos.

El consumo de agua y la consecuente descarga dependerá al tipo de industria, así también dependerá la disponibilidad y el precio del agua, los cuales se convierten en factores determinantes para la industria, el valor más bajo está en las zonas rurales.

1.2.3 Aguas fluviales

Se entiende por agua fluvial al conjunto que está representado por los ríos los cuales ejercen una poderosa acción erosiva como disolvente o químico corrosivo, a pesar de no estar contaminadas estas aguas no son conducidas a los reservorios más bien son canalizadas en conjunto con las aguas residuales hacia un sistema de alcantarillado, pasando de este modo a incrementar el caudal.

Para determinar la cantidad de aguas subterráneas que se infiltran en el denominado sistema de alcantarillado, se pueden practicarse mediciones entre las horas diurnas/nocturnas comparándose con los consumos donde se tenga un mayor pico de agua residual. (TIPOS DE AGUAS. 2015. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/026578/tomo1/026578-01>)

1.3 Caracterización de las aguas residuales

Normalmente los contaminantes en las AR son una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, no es práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las AR, pero actualmente se han desarrollado métodos empíricos para evaluación de las concentraciones de contaminantes, cuya aplicación no es necesario un conocimiento completo de la composición química determinada, antes de iniciar el tratamiento es necesario conocer y revisar los diferentes parámetros a utilizar para definir su calidad, algunos de estos parámetros se utilizan en el control de procesos de tratamiento realizando mediciones ya sea de forma continua o discreta.

(ANÁLISIS DE LABORATORIO. 2015. <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.>)

Tabla 1-1: Composición típica del agua residual domestica bruta

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentales	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5días, 20°C (DBO ₅ , 20°C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0

Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales ^b	n ^o ./100ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	< 100	100-400	>400

^a Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen en las aguas de suministro.

^b Consultar la Tabla 3-18 para obtener los valores típicos correspondientes a otros microorganismos.

Fuente: Metcalf & Eddy, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

1.3.1 Parámetros físicos

1.3.1.1 Sabor y olor

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida.

Estos parámetros tienen un interés evidente en las aguas destinadas al consumo humano, las mismas adquieren un sabor salado a partir de los 300ppm de Cl⁻, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄⁻. Para AR las trazas de fenoles y otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradable, principalmente se deben a la presencia de sustancias en descomposición anaerobia de la materia orgánica presente.

1.3.1.2 Color

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. No se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de ciertos contaminantes, se pueden presentar colores incluidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos, el color rojizo es la presencia de hierro, un color negro es la presencia de manganeso. Las medidas de color normalmente se las hace en el laboratorio en comparaciones obligadas con un estándar se expresan en una escala de unidades de Pt-Co (unidades Hanzen) o simplemente Pt.

Según el origen del color los principales tratamientos de eliminación pueden ser la coagulación y filtración, la cloración y/o la adsorción en carbón activado.

1.3.1.3 Turbidez

Se define como turbidez la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, ya sean coloidales o muy finos, que se puedan presentar principalmente en aguas superficiales, muchas de las veces son difíciles de decantar y filtrar, todo esto interfiere con la mayoría de los procesos a los cuales se puede destinar el agua.

La medición de este parámetro se la puede realizar mediante la comparación con la turbidez inducida por diversas sustancias, así la medición en ppm de SiO₂ fue la más utilizada, en la actualidad existen diversos tipos de turbidímetros modernos dando valores numéricos prácticamente idénticos, la turbidez se puede eliminar mediante un proceso de coagulación, decantación y filtración.



Figura 3-1: Turbidez del agua residual

Fuente: Rodríguez, W., 2015

1.3.1.4 Conductividad y resistividad

La conductividad eléctrica se define como la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es la indicativa de la materia ionizable total presente en el agua, en sí el agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en casi su totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes.

La resistividad es la medida recíproca de la conductividad, el aparato para medir estos parámetros se denomina conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la resistencia

de paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparada con la de una solución de ClK a la misma temperatura y referida a 20°C.

La unidad estándar de resistencia eléctrica es el ohm y la resistividad de las aguas se expresa convenientemente en megaohms-centimetro

La medida de la conductividad es una buena forma de control de calidad del agua:

- No se trate de contaminación orgánica por sustancias no ionizables.
- Las mediciones se realizan a la misma temperatura.
- La composición del agua se mantenga relativamente constante.

1.3.1.5 pH

El Ph es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como:

$$pH = \log(1 / [H^+]) \quad Ec.01$$

Es una medida de la naturaleza acida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

Su medición se realiza fácilmente mediante un aparato llamado pHmetro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que por coloración indican su valor, estos valores han de ser referidos a la temperatura de medición ya que varían con ella.

1.3.1.6 Fosfatos

El ión, PO_4^{-3} , forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico, esto es al corresponder a un ácido débil, contribuye a la alcalinidad de las aguas.

En general en el agua no se encuentra más del 1 ppm, pero por la contaminación de fertilizantes se puede llegar a varias decenas, muchas de las veces pueden ser crítico en la eutrofización de las aguas superficiales, por lo general no se puede determinar en análisis de rutina, pero se puede hacer por métodos colorimétricos.

1.3.1.6 Gases disueltos

Como característica principal del AR son los olores generados, ya sea en agua domesticas e industriales, estos olores dependerán del tiempo en que se encuentren a disposición.

El dióxido de carbono, CO₂ es un gas conocido relativamente soluble que se hidroliza formando iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua.

El oxígeno, O₂, por su carácter oxidante juega un papel importante en la solubilización o precipitación de iones que presentan una forma insoluble, su presencia es imprescindible para todas las formas de vida superior y para la mayoría de microorganismos, entonces por este motivo es el parámetro más importante en el control de calidad de las aguas superficiales en cauces naturales, al contrario, su ausencia puede representar la presencia de gases como el metano, sulfhídrico, entre otros.

El ácido sulfhídrico, SH₂, causa un olor a huevos podridos y es causa de corrosión, se puede eliminar por aireación u oxidarlo por cloración o también se puede eliminar por intercambiador aniónico fuerte.

El amoníaco, NH₃, es un indicador de contaminación del agua, en forma iónica es no es tóxico para las especies marinas, se puede realizar las mediciones con electrodos específicos o por colorimetría con el reactivo de Nessler y su eliminación se la puede realizar por desgasificación.

1.3.2 Parámetros químicos

1.3.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.5)

La DBO o Demanda Biológica de Oxígeno mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, se puede decir también es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual.

La DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable y la DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

La prueba de DBO5 se determina generalmente a 20 °C después de incubación durante 5 días; se mide el oxígeno consumido por las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual.

Se requiere controlar estos parámetros para asegurar una buena calidad de vertido a la vez que cumplimos con las normativas legales sin crear alteraciones ambientales poniendo en peligro nuestro ecosistema. Lo más adecuado para para reducir la DBO de un vertido son los procesos biológicos dentro de los cuales nos encontramos con distintas alternativas.

Los procesos aerobios se basan en microorganismos que en presencia de oxígeno transforman la materia orgánica en gases y en nueva materia celular que usan para su propio crecimiento y reproducción.

Para su eliminación se realiza por procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios.

(RIGOLA, M.: 2015: pp. 29-39: <https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&>)

1.3.2.2 Demanda química de oxígeno (D.Q.O.)

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permangato, por las materias oxidables contenidas en el agua residual, la reacción es completa en más de 95 % de los casos, es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido.

Una de las ventajas de las mediciones de DQO, es que los resultados se obtienen rápidamente, alrededor de tres horas a diferencia de la QBO5.

1.3.2.3 Tensoactivos

Este parámetro son moléculas orgánicas grandes, se componen de dos grupos: insoluble en agua y otro soluble (Crites y Tchobanoglous, 2013). El grupo soluble en agua tienen la capacidad de formar espuma en las plantas de tratamiento y/o en la superficie del agua, durante la aireación estos compuestos se depositan sobre superficie de burbuja de aire, así creando una espuma bastante estable, a los detergentes sintéticos se les conoce generalmente como tensoactivos típicos, como en el alquilbencen sulfonato (ABS), son causantes a la alta resistencia a la degradación biológica.

Desde el punto de vista estético, no es tan deseable la formación de espumas en los ríos a su vez la toxicidad de este parámetro representa un serio peligro a la flora y fauna acuática; aun cuando estas aguas no sean utilizadas para riego, iniciarían contaminando el suelo y por consiguiente afectando los cultivos.

Otro efecto negativo resulta la formación de espuma en las corrientes de agua es que dificulta la transferencia de oxígeno atmosférico al agua el cual impide también afecte las unidades de aireación de las plantas de tratamiento.

Los surfactantes son compuestos constituidos por una cadena polar alifática y una parte aromática no polar que se caracteriza por tener propiedades hidrofóbicas, estas características de las moléculas se deben las propiedades humectantes, dispersantes y emulsificantes de los detergentes. (RAMOS et al. 2015: p. 9: <https://books.google.com.ec/bookse>)

1.3.2.4 Aceites y grasas

Las grasas y aceites tienen como característica principal la insolubilidad en el agua. Actualmente las grasas y aceites son de gran uso en nuestros hogares, por tal motivo siempre están formando parte de las aguas residuales domésticas, debido al uso de mantequilla y aceites vegetales, así también se incluyen algunos derivados del petróleo debido a contribuciones no permitidas ya sea en estaciones de gasolina, lavaderos de autos, etc.

La gran importancia de la determinación de grasas y aceites radica en que estos compuestos ocasionan la formación de natas y limitan la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua. (TORRES, C.: 2015: pp, 8-13: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9401/1/UPS-QT07093.pdf>)

Tabla 2-1: Límites permisibles para descargas de grasas y aceites en aguas

Parámetro	Unidad	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Diario
Grasas y aceites	mg/L-mg/L	Ausente	Ausente	0,3	1,0	10

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica ,2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

1.3.2.5 Nitrógeno total Kjeldahl

El nitrógeno en aguas residuales se presenta en tres formas: nitrógeno orgánico, sales de amonio y amoníaco gas disuelto, y como nitratos, estos últimos se presentan en las aguas tratadas en aerobiosis.

El nitrógeno total Kjeldahl (NTK), representa la suma del nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal, el nitrógeno orgánico se determina mediante el método de Kjeldahl, midiendo y descontando antes el nitrógeno del amoníaco. El amoníaco se da por el desdoblamiento de las proteínas y de otros compuestos nitrogenados.

La contaminación procedente de los establos y corrales, está constituida principalmente por heces y orina, se caracteriza que el 50-60% del nitrógeno total Kjeldahl es nitrógeno orgánico soluble, siendo la urea procedente de la orina el origen más importante de este nitrógeno orgánico

Durante el tratamiento biológico de las aguas residuales, el desdoblamiento se acelera y la presencia de sales de amonio eleva el pH, lo que permite la liberación de amoníaco gas, el amoníaco en solución es tóxico para la vida acuática (TORRES, C.: 2015: pp. 8-13: <http://dspace.ups.edu.ec>)

1.3.3 Parámetros biológicos

Dentro de este parámetro tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas residuales naturales, así la descomposición de la materia animal y vegetal dan a lugar a ácidos húmicos y fúlvicos y materias colorantes, los residuos domésticos contienen materias orgánicas en descomposición, detergentes y microorganismos, a la par los vertidos industriales contienen múltiples compuestos orgánicos, tales como aceites y disolventes, como de la actividad agrícola resulta residuos de herbicidas y pesticidas, etc.

Hay que tomar en cuenta que la concentración de los compuestos orgánicos en el agua no siempre va a ser constante, siempre va a variar debido a múltiples causas, y obliga a ajustes permanentes en las plantas de tratamiento.

Es necesario llevar a cabo los ensayos o estudios de viabilidad para las aguas residuales ya que pueden contener sustancias tóxicas, perjudicando de esta manera los sistemas biológicos. RIGOLA, M.: 2015: p. 8: <https://books.google.com.ec/books?id>

Tabla 3-1: Tipos y numero de microorganismo típicamente presentes en las aguas residuales domésticas brutas ^a

Organismo	Concentración, número/ml
Coliformes totales	10^5 - 10^6
Coliformes fecales	10^4 - 10^5
Estreptococos fecales	10^3 - 10^4
Enterococos	10^2 - 10^3
Shigella	Presentes ^b
Salmonella	10^0 - 10^2
Pseudomonas aeruginosa	10^1 - 10^2
Clostridium perfringens	10^1 - 10^3
Mycobacterium tuberculosis	Presentes ^b
Cistos de protozoos	10^1 - 10^3
Cistos de giarda	10^1 - 10^2
Cistos de Cryptosporidium	10^1 - 10^1
Huevos de helmintos	10^2 - 10^1
Virus entéricos	10^1 - 10^2

^a Adaptado parcialmente de la bibliografía [3,7].

^b Los resultados de estos ensayos se suelen clasificar como positivos o negativos en lugar de ser ensayos cuantitativos

Fuente: CRITES R. and TCHOBANOGLIOUS G, Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Dentro de estos parámetros es necesario conocer algunos aspectos generales y específicos, se puede citar como factores esenciales:

1.3.3.1 Protozoarios

Son de gran importancia en la caracterización biológica de aguas residuales incluyen amebas, flagelos y ciliados de vida libre, estos protistas se alimentan de bacterias y otros protistas microscópicos y son esenciales en las operaciones de procesos de tratamientos biológicos y en la purificación de fluentes pues son los responsables del equilibrio natural entre los diferentes grupos del medio acuático.

1.3.3.2 Virus

La mayoría de los virus son excretados por los seres humanos los cuales a la vez son de importancia sanitaria, se puede citar el caso de los pacientes infectados con el virus de la hepatitis: cada gramo de heces de los enfermos puede contener entre 10000 y 100000 dosis infecciosas de virus, se han reportado referencias de virus de hasta 41 días a 20°C en aguas residuales.

1.3.3.3 Organismos coliformes

Estos organismos son excretados del extracto intestinal humano en cantidades que van entre 100 y 400 billones de coliformes por día, acompañados de otros tipos de bacterias. Son beneficiosas como dañinas, destruyen materia orgánica en procesos de tratamiento biológico en aguas residuales, y conllevan efectos negativos para el hombre, respectivamente.

Debido a la gran mayoría de los organismos patógenos son difíciles de aislar, el organismo más numeroso en este tipo de agua, y fácil de aislar a la vez, es utilizado como organismo indicador de la contaminación. Las bacterias coliformes incluyen el género *Escherichia* y *Aerobacter*.

1.3.3.4 Coliformes fecales

El agua en si actúa como un vehículo para la diseminación de enfermedades, la presencia de organismos coliformes en el agua es considerada evidencia de contaminación fecal, debido a que su origen es el tubo gastrointestinal de los humanos y otros animales de sangre caliente, este parámetro a diferencia del anterior no representa un riesgo grave para el agua de consumo.

(RAMOS et al. 2015: p. 142: <https://books.google.com.ec/books?id>)

Tabla 4-1: Clasificación general de los microorganismos

Grupo	Estructura Celular	Caracterización	Tamaño típico	Miembros Representativos
Eucariotas	Eucariota (a)	Multicelular con gran diferenciación de las células y el tejido. Unicelular, con escasa o nula	10 – 100 μm de diámetro 10 – 100 μm de diámetro	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e

		diferenciación de tejidos		invertebrados). Algas, hongos y protozoos.
Bacterias	Procariota (b)	Química celular parecida a las eucariotas.	0.2 – 2.0 μ m de diámetro	La mayoría de las bacterias
Arqueo bacterias	Procariota (b)	Química celular distintiva.	0.2 – 2.0 μ m de diámetro	Metanógenos, halófitos, termoacidófilos.

Fuente: CRITES R. and TCHOBANOGLIOUS G, Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 5-1: Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica bruta ^a

ORGANISMO	ENFERMEDAD	COMENTARIO
Bacteria		
Escherichiacoli (entero patogénica)	Gastroenteritis	Diarrea
Legionellapneumophila	Legionelosis	Enfermedades respiratorias
Lesptospirat (150 esp.)	Leptospirosis	Leptospirosis, fiebre (Enfermedad de Weil)
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado.
Salmonella (1700 esp.)	Salmonelosis	Envenenamiento de alimentos.
Salmonella (4 esp.)	Shigelosis	Disentería bacilar.
Vibrio cholerae	Cólera	Diarreas extremadamente fuertes, deshidratación.
Yersiniaenterolítica	Yersinosis	Diarrea
Virus		
Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades respiratorias	
Enterovirus (67 tipos)	Gastroenteritis	
p.e. polio, eco y virus (Coxsackie)	Anomalías cardíacas, meningitis.	
Hepatitis A	Hepatitis infecciosas	Leptospirosis, fiebre
Agente Norwalk	Gastroenteritis	Vómitos
Reovirus	Gastroenteritis	
Rotavirus	Gastroenteritis	
Protozoos		
Balantidium coli	Balantidiasis	Diarrea, disentería

Cryptosporidium	Criptosporidiosis	Diarrea
Entamoeba histolytica	Amebiasis (disentería amébrica)	Diarreas prolongadas con sangre.
Giardia lamblia	Giardiasis	Diarrea, náuseas, indigestión.
Helmintos^b		
Ascaris lumbricoides	Ascariasis	Infestación de gusanos
Enterobius vericularis	Enterobiasis	Gusanos
Fasciola hepática	Fascioliasis	Gusanos (tercera)
Hymenolepis nana	Hymealepiasis	Tenia enana
Taenia saginata	Teniasis	Tenia (buey)
T. solium	Teniasis	Tenia (cerdo)
Trichuris trichiura	Trichuriasis	Gusanos

^a Adaptado parcialmente de la bibliografía [3,19].

^b Los helmintos citados son aquellos de implantación a nivel mundial.

Fuente: Metcalf & Eddy. 1995.

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

1.4 Tratamiento de aguas residuales

Dentro de la selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales o la serie de procesos de tratamiento dependerán de un cierto número de factores, entre los que se incluyen:

- a) Características del agua residual: DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos.
- b) Calidad de efluente de salida requerido.
- c) Coste y disponibilidad de terrenos.
- d) Consideración de las futuras ampliaciones o la previsión de límites de calidad de vertido más estrictos, que necesiten el diseño de tratamientos más sofisticados en el futuro.
- e) Coste local del agua.

El tratamiento de AR puede llevarse mediante diferentes métodos basados en fenómenos físicos, químicos y biológicos, dentro de las operaciones y procesos disponibles para el tratamiento de aguas residuales comprende de los siguientes niveles: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o llamado también avanzado.

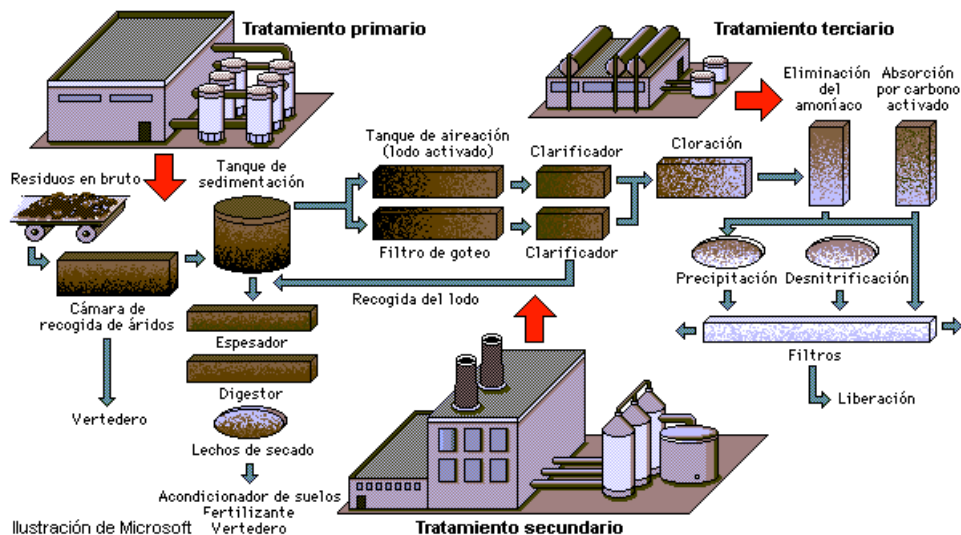


Figura 4-1: Tratamiento de AR, 2015

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=tratamiento+de+agua+residual>

1.4.1 *Tratamiento preliminar*

Llamado también pretratamiento tiene como objetivo acondicionar el AR para facilitar los tratamientos posteriores, evitando taponamientos, aquí podemos encontrar equipos como rejas, tamices o cribas, desarenadores y desengrasadores para la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arena así facilitando los procesos siguientes de arena, basura, vidrios, animales muertos, hortalizas, restos de comida, así como otros elementos que se encuentren flotando o en suspensión y si por razones topográficas fuera necesario utilizar una estación de bombeo en la entrada de la planta de tratamiento de AR, la separación de material mencionado debe efectuarse antes de dicha estación

1.4.2 *Tratamiento primario*

En este tratamiento está la eliminación de sólidos en suspensión y los materiales flotantes ya sea por métodos físicos o mecánicos, este tratamiento es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica la cual representa entre el 25% y 40% de la DBO y aprox. el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos, en caso que no se haya logrado disminuir una porción notable de contaminación orgánica, entonces es necesario someter estas AR a tratamientos superiores donde la acción de los microorganismos transforman la materia orgánica en material inestable e inofensivo a las fuentes que las reciben, es decir pasamos al siguiente tratamiento.

1.4.3 Tratamiento secundario

Denominado también “proceso químico” se utiliza principalmente para denominar los métodos basados en reacciones netamente químicas y fisicoquímicas, tiene como finalidad:

- a) Neutralización de las descargas alcalinas o ácidas;
- b) Separación de sólidos los cuales no pudieron eliminarse a través de medios mecánicos;
- c) Separación de sustancias coloidales principalmente orgánicas;
- d) Eliminación de residuos de grasa y aceite;
- e) Reducción en gran cantidad de la radioactividad en las AR contaminadas.

Cuando se tratan de sustancias no disueltas, ocurren generalmente los siguientes procesos básicos:

- a) Sedimentación;
- b) Filtración;
- c) Floculación;
- d) Adsorción;
- e) Flotación

1.4.4 Tratamiento terciario

Las AR domésticas, industriales y comerciales contienen una gran diversidad de sustancias en forma disuelta y no disuelta, las cuales estas son aprovechadas por los microorganismos para su crecimiento y por ende su multiplicación, los indicadores en el proceso de tratamiento serán las bacterias, las AR que contengan compuestos orgánicos biológicamente desagradables serán soluciones nutritivas para las bacterias creando así las condiciones necesarias para su creación y multiplicación de organismos vivientes de mayor nivel.

Los procesos que se describen a continuación son importantes para la recolección y tratamiento biológico de las AR, al igual que para el procesamiento biológico del lodo:

- a) *con alta prioridad aerobia* para la descomposición de compuestos orgánicos.

Productos finales:

- de C en CO_2
- de H en H_2O

➤ de N en NH_3

b) *con baja prioridad aerobia* para la:

➤ conversión de NH_3 en NO_3^- (nitrificación)

➤ conversión de S en SO_4^{2-} (oxidación de azufre)

c) *con alta prioridad anaerobia* para la respiración anaerobia de nitrato:

➤ conversión de 2NO_3^- en N_2 (desnitrificación)

d) *con baja prioridad anaerobia* en forma de:

➤ respiración anaerobia de sulfatos conjuntamente con conversión de SO_4^{2-} en S^{2-} (desulfuración)

➤ procesos de fermentación o, conversión de grasas, proteínas y carbohidratos en ácidos grasos bajos, alcoholes, CO_2 y H_2 , en la fermentación alcalina a un nivel industrial para lograr los productos finales de metano (CH_4) y CO_2

Tabla 6-1: Operaciones o procesos unitarios según el nivel de tratamiento de aguas residuales

Tipo de tratamiento	Operaciones o procesos unitarios
Preliminares	Dilaceración, desbaste, filtración, flotación, remoción por gravedad, tanque Imhoff, filtración por membrana, remoción de grasas y aceites, tamizado grueso y fino, y microtamizado.
Primarios	Tamizado, sedimentación primaria.
Secundarios	Lodos activados, reactores de lecho fijo, sistemas de lagunaje, sedimentación secundaria, desinfección.
Terciarios	Coagulación química, floculación, sedimentación seguida de filtración y carbón activado. Intercambio iónico, ósmosis inversa, electrocoagulación.

Fuente: CRITES, R. - Otros., Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 2001.

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 7-1: Sistemas de tratamiento utilizados para eliminar los contaminantes en A.R.

Contaminante	Sistema de tratamiento, operación o proceso unitario
Sólidos en suspensión	Desbaste y dilaceración, desarenado, sedimentación, filtración, flotación, adición de polímeros, sistemas naturales (tratamiento de evacuación al terreno), coagulación/sedimentación
Materia orgánica biodegradable	Variantes de fangos activados, película fija: filtros percoladores y biodiscos, variantes de lagunaje, filtración intermitente en arena, sistemas físico – químicos, sistemas naturaleza
Compuestos orgánicos volátiles	Arrastre por aire, tratamiento de gases, absorción en carbón
Patógenos	Cloración, hipocloración, cloruro de bromo, radiación UV, sistemas naturales
Nutrientes	
Nitrógeno	Variantes de sistemas de cultivo en suspensión con nitrificación y desnitrificación, variantes de sistemas de película fija con nitrificación y desnitrificación, arrastre de amoníaco, intercambio iónico, coloración al breakpoint, sistemas naturales
Fósforo	Adición de sales metálicas, coagulación y sedimentación con cal, eliminación biológica del fósforo, eliminación biológica – química del fósforo, sistemas naturales
Nitrógeno y fósforo	Eliminación biológica de nutrientes
Materia orgánica refractaria	Adsorción en carbón, ozonación terciaria, sistemas naturales
Metales pesados	Precipitación química, intercambio iónico, sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Sólidos disueltos orgánicos	Intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

1.4.5 Secado de lodos

Dentro del tratamiento de AR por método biológico/químico podemos reducir los contaminantes del agua, se encuentran generalmente al final del sistema de tratamiento de aguas residuales.

a) Clasificación de lodos:

- Lodo crudo
- Lodo primario
- Lodo activo
- Lodo activo de retorno
- Lodo secundario
- Lodo terciario

- Lodos inchados y lodos flotantes
- Fango/lodo digerido

b) Tratamiento de lodos

Con el sistema de tratamiento de AR siempre debe mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento por consiguiente es de suma importancia que se extraigan y se procesen en ciertos casos los residuos o conocidos también como lodos.

Los puntos esenciales donde se generan tales residuos son:

- Cribado
- Desarenadores
- Separadores de aceites y grasas
- Clarificación primaria
- Etapa de tratamiento biológico
- Etapa de tratamiento químico

Una de las características especiales de los lodos es que posee nutrientes y con gran variedad en AR domésticas, los lodos de aguas industriales contienen principalmente carbón orgánico, a menudo carecen de otros tipos de nutrientes.

Por el alto contenido de agua de los lodos de AR hace que su tratamiento sea complicado y un tanto lento, por lo que existe la preocupación principal al aplicar un tratamiento, correspondiendo ser precisamente la disminución de dicho contenido de agua.

En general, el secado del lodo se le puede considerar sólo como una etapa preliminar a su incineración o bien como una etapa aplicable cuando la energía a utilizar sea relativamente económica, sabiendo utilizarse el gas de digestión producido en exceso o el calor remanente de las mismas plantas de energía. (LENNTECH: 2015: <http://www.lennotech.es/tipo-de-lodos.htm>)

1.5 Sistema de tratamiento de aguas residuales para la zona de descarga Jesús del Gran Poder - cantón Chambo

Actualmente la disposición de AR es uno de los más grandes problemas ambientales en el mundo ya sea en pequeñas o grandes poblaciones, cada uno requerirá de un sistema de tratamiento con el mismo fin en común.

En este caso del tratamiento de ARCH se emplearán los tratamientos convencionales anteriormente descritos, tomando en cuenta que el diseño es para una zona de descarga de población pequeña como es Jesús del Gran Poder en el cantón Chambo provincia de Chimborazo.

1.5.1 Caudal de diseño

Tiene como objetivo explicar e informar la forma de cómo se va a llevar a cabo el diseño del sistema de tratamiento de acuerdo con lo establecido en las normas para dar cumplimiento al objetivo. Para determinar los caudales para el diseño de AR, calculamos la proyección de habitantes y la escuela que está presente en dicha zona de descarga en el periodo de diseño que es 15 años.

a) Población actual

La población actual hace referencia al área que se tomara en cuenta para el diseño del sistema, tomando en consideración que en la cabecera cantonal se concentran el 99.9% de los servicios públicos y privados.

De acuerdo al último censo de población y vivienda realizada en el año 2010, el INEC determinó que la concentración poblacional se distribuía en el 38% de pobladores vive en la cabecera cantonal, y el 62% viven los habitantes viven en el sector rural.

Tabla 8-1: Población cantón Chambo

POBLACION	Población 2010	
	Urbano	Rural
Hombres	2,145	3,515
Mujeres	2,314	3,911
Sub total	4,459	7,426
Total	11,885	

Fuente: INEC 2010. Elaborado GAD. Municipal de Chambo, 2015
Realizado por: Ing. Wilson Bonifaz

Tabla 9-1: Población actual en la zona de descarga

Población	Pobladores
Comunidad Jesús del Gran Poder	704
Esc. Mercedes Amelia Guerrero	471

Fuente: GAD. Municipal de Chambo, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

➤ Población actual:

$$P_a = P_e + P_I \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

P_a = población actual (hab)

P_e = población según datos del CENSO 2010 (hab)

P_I = población institucional (hab)

b) Población futura

Conforme a datos del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario - Pluvial y Plantas de Tratamiento para el cantón Chambo la tasa de crecimiento promedio es de 1.33%, con este dato podremos conocer la población futura basándonos en el método geométrico el cual es el recomendado para poblaciones pequeñas.

$$P_f = P_a * (1 + i)^n \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

P_f = población futura (hab)

P_a = población actual (hab)

i = tasa de crecimiento (%)

n = periodo de crecimiento (años)

c) Caudal de diseño

Aplicaremos la siguiente expresión:

$$Q_{DISEÑO} = Q_M * F + Q_{INF} + Q_{CE} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

Q_M = caudal medio de agua residuales (L/s)

F = factor de mayorización (L/s)

Q_{INF} = caudal de infiltración (L/s)

Q_{CE} = caudal de conexiones erradas (L/s)

➤ Caudal medio

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las AR y el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales normalmente se estima con base en el caudal diario promedio, pero; como este varía con el tiempo, los sistemas deben ser diseñadas teniendo en cuenta periodos críticos de operación causadas por variación de caudal, (caudal punta o pico) concentración de contaminantes y carga contaminante (Metcalf & Eddy: 2015: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos>)

$$Q_{med} = \frac{P_f * D * C}{86400} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

P_f = población futura (hab)

D = dotación del agua (L/hab*día)

C = coeficiente de retorno

➤ Dotación

Hace referencia a la estimación del consumo medio diario por habitante en la zona de descarga Jesús del Gran Poder en el cantón Chambo, corresponde a la dotación neta, es decir, la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe para satisfacer las necesidades, la dotación neta dependerá del nivel de complejidad del sistema, del clima de la localidad y el tamaño de la población.

$$D = \frac{Q_{\text{max diario}}}{P_e} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

$Q_{\text{max diario}}$ = caudal máximo obtenido en el día (L/d)

P_e = población según datos del CENSO 2010 (hab)

Tabla 10-1: Dotación en función del nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab-día) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab-día) climas cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico, Título B, 2000, p. 38

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

➤ Factor de mayorización

Este factor tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población, disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta. En muchos de los casos no es factible ser medido en el campo, por lo cual es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas para poblaciones de 1000 a 1000000 habitantes, mediante la siguiente expresión establecida por Harmon:

$$F = 1 + \frac{14}{4\sqrt{P_f / 1000}} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

Pf = población futura (hab)

➤ Caudal de infiltración

Se define como el caudal de toda el agua que entra la red del alcantarillado proveniente del suelo a través de conexiones a construcciones, tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones no controladas o por las paredes de los pozos de inspección, mediante la siguiente expresión:

$$Q_{INF} = \infty * (A_p) \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

Ap = área del proyecto (Ha)

∞ = RAS 2000, Título D 0,15- 0,4 (L/s)

➤ Caudal de conexiones erradas

Se considera como caudal de conexiones erradas, los aportes de aguas lluvias al sistema del alcantarillado, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejado y patios, estos aportes son comúnmente de las conexiones domiciliarias y de la existencia de la disponibilidad del sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias.

$$Q_{CE} = 10 \% (Q_M * F) + Q_{INF} \quad \text{Ec. 7}$$

1.5.2 Rejillas

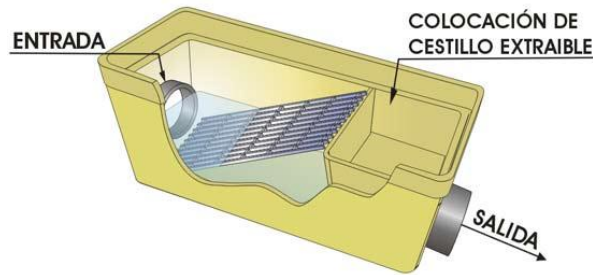


Figura 5-1: Desbaste

Fuente: https://www.google.com.ec/search?q=desbaste&es_sm=93, 2015

Tabla 11-1: Información típica de rejas de barras de limpieza manual y mecánica

Características	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra			
Ancho	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras	Mm	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical	Grados	25-50	50-82,5
Velocidad de aproximación	m/s	0,3-0,6	0,3-0,9
Pérdida de carga admisible	Mm	150	150

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Al acumularse el material retenido por las barras, se produce un aumento en el nivel del agua en el canal de llegada; las rejillas deben limpiarse cuando se llega al nivel máximo definido, ahora la acumulación excesiva de material retenido es inconveniente porque ocasiona que las partículas de menor tamaño que la separación entre barras no puedan pasar a través de ellas.

Las barras que conforman las rejillas llegan a tener máximo 10mm de anchura por 50 mm de profundidad, se consideran propicias un canal recto y perpendicular a la reja, así consiguiendo una distribución uniforme de los sólidos en el flujo. (METCALF & EDDY., 2015: p. 510)

1.5.3 Canal

Dentro del sistema de tratamiento de agua residual es necesario iniciar con el diseño del canal el cual nos conducirá el afluente tratamientos de un sistema continuo.

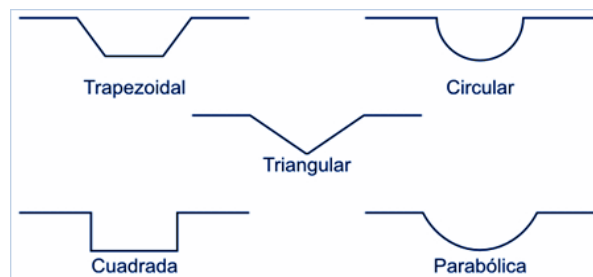


Figura 6-1: Tipo de sección de canal

Fuente: https://www.google.com.ec/search?q=desbaste&es_sm=93&biw, 2015

a) Área del canal

$$A = b * h \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde:

A = área del canal (m²)

b = base del canal (m)

h = altura del canal-nivel del agua (m)

b) Radio hidráulico

$$R_H = \frac{b * h}{b * 2h} \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

b = base del canal (m)

h = altura del canal-nivel del agua (m)

- Ecuación de Manning, calculamos la velocidad a la que se transporta el AR hacia el proceso de tratamiento.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. 10}$$

Dónde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de Manning

➤ para canales de hormigón o concreto simple se tiene: 0,013

R = radio hidráulico (m)

S = gradiente hidráulico (0.0005 m/m)

Tabla 12-1: Valores típicos de coeficientes de rugosidad

Material	Coef. Manning	Coef. Hazen-Williams C_H	Coef. rugosidad absoluta e (mm)
Asbestos cemento	0,011	140	0,0015
Latón	0,011	135	0,0015
Tabique	0,015	100	0,6
Fierro fundido(nuevo)	0,012	130	0,26
Concreto (cimbra metálica)	0,011	140	0,18
Concreto simple	0,013	135	0,36
Plástico (PVC)	0,009	150	0,0015

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

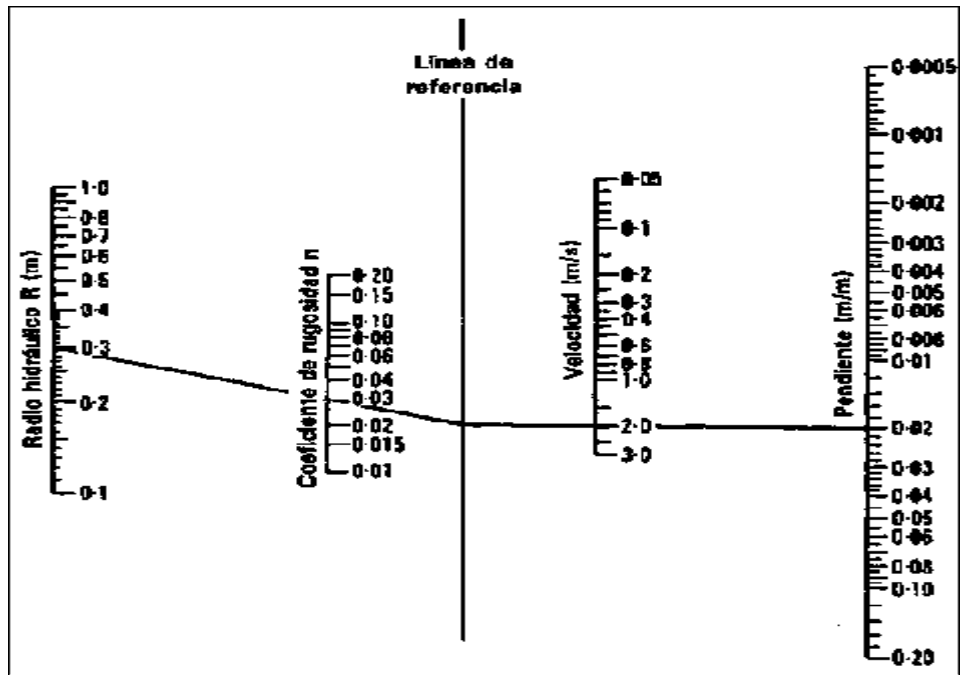


Figura 7-1: Ábaco de la Fórmula de Manning

Fuente: Juan, M., Ingeniería de Ríos Pp. 85, 2015

1.5.4 Rejillas de limpieza manual

El procedimiento para el diseño de rejillas de limpieza manual está efectuado de la siguiente manera:

- Se calculará el **área libre** al paso del agua con el caudal de diseño y la velocidad mínima recomendada:

$$A_b = \frac{Q}{v} \quad \text{Ec. 11}$$

Dónde:

A_b = área entre barras (m^2)

v = velocidad de aproximación (m/s)

Q = caudal (m^3/s)

- Área** de la sección transversal del flujo:

$$A_t = \frac{A_b (W + e)}{W} \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde:

A_b = área entre barras (m^2)

W = separación entre barras (m)

e = espesor máximo de las barras (m)

c) Altura del canal

$$H = h + h_s \quad \text{Ec. 13}$$

Dónde:

h = altura total (m)

h_s = altura de seguridad (m)

d) Longitud de las barras (L_b)

$$L_b = \frac{H}{\text{sen } \emptyset} \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

H = altura del canal (m)

∅ = ángulo de inclinación (°)

e) Número de barras (n)

$$n = \frac{b - W}{e_b + W} \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde:

b = ancho del canal (m)

e_b = separación entre barras (m)

W = espesor de las barras (m)

f) Longitud sumergida de la barra

$$d_{max} = \frac{Q}{v * b} \quad \text{Ec. 16}$$

Para longitud se tiene:

$$L_g = \frac{d_{max}}{\text{sen } \delta} \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

d_{\max} = nivel máximo de agua (m)

v = velocidad de aproximación (m/s)

b = ancho del canal (m)

δ = grado de inclinación de las barras

g) Pérdida de carga (H_f)

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad de flujo a través de los barrotes, las pérdidas de carga a través de una rejilla se estiman por la siguiente expresión: (Metcalf& Eddy: 2015: p. 150)

$$h_c = \beta * \left(\frac{e}{W}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \text{sen } \delta \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

h_c = pérdida de carga (m)

W = separación entre barras (m)

e = espesor máximo de las barras (m)

$v^2/2g$ = carga de velocidad antes de la reja (m)

$\text{sen } \delta$ = ángulo de inclinación de las barras.

β = factor dependiente de la forma de las barras.

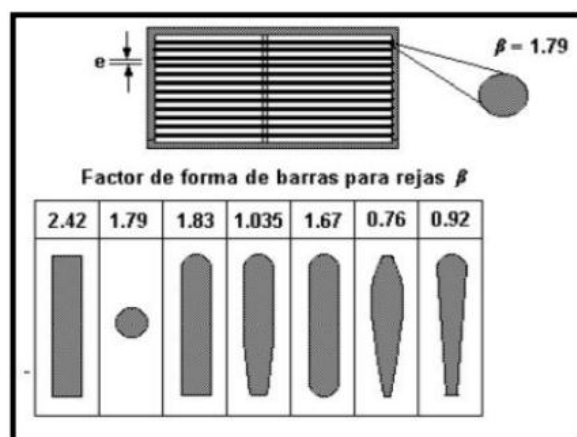


Figura 8-1: Factores de forma β

Fuente: VALDEZ, E., Ing. de sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales, 2015

1.5.5 Sedimentación primario

Los sistemas de sedimentación consisten en estanques por los que corre un efluente cuya velocidad de flujo ha sido reducida para que las sustancias sedimentables puedan precipitar y las sustancias flotantes puedan agruparse en la superficie del agua. Se utilizará dispositivos adecuados para remover las sustancias separadas tanto de la superficie del agua como como del fondo del estanque.

Tiene como objetivo remover lo más rápido posible los residuos sólidos sedimentables y material flotante para así disminuir la concentración de sólidos suspendidos, quedando el AR preparado para el siguiente proceso.

Los tanques de sedimentación primaria pueden llevarse a cabo en tanques rectangulares alargados o en tanques circulares, como resultado de este diseño tendremos la remoción de entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de DBO5. (TZINTZUN H., 2010: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream>)

1.5.4.1 Parámetros de diseño

El diámetro del sedimentador puede variar entre 5,6 a 6 metros, frecuentemente se puede encontrar de 12 a 30 metros en algunos casos.

Tabla 13-1: Estándares de diseño para sedimentadores primarios

Referencia	Carga superficial (m3 /m2 .día)	Tiempo de retención (h)	Profundidad (m)
Metcalf & Eddy	32-48	1,5-2,5	3-5
Normas de diez estados	41	-	>2,1
Manual del ejercito naval de los EE.UU	49	-	3
	12-41	2,5	2,5-4,5
Steel &McGhree	24-60	1-2	1-5
Fair et al	-	2	3
Sundstrom& Klei	-	1-4	-

USEPA	24-49	-	3-5
Tchonobanoglous &Schoreder	30-60	-	3-5
IWCP	30-45	2	>1,5

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de Aguas residuales, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

a) Cálculo del área

$$A_{sed} = \frac{Q}{C_S} \quad Ec. 19$$

Dónde:

A_{sed} = área superficial del tanque (m^2)

Q = caudal a tratar (m^3/h)

C_S = carga superficial ($m^3/m^2 \cdot día$)

Tabla 14-1: Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria

Características	Intervalo	Típico
Sedimentación primaria seguida del tratamiento secundario:		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga de superficie, $m^3/m^2 \cdot día$		
A caudal medio	30 -50	40
A caudal punta	80 – 120	100
Carga sobre vertedero, $m^3/m^2 \cdot día$	125 - 500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga de superficie, $m^3/m^2 \cdot día$		
A caudal medio	24 – 32	28

A caudal punta	48 - 70	60
Carga sobre vertedero, m ³ /m ² *	125-500	250

Fuente: Metcalf & Eddy, 2006

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 15-1: Información para diseño de sedimentadores rectang. y circulares - Trat. primario

Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor usual
Rectangular			
Profundidad	M	3 – 4,5	3,6
Longitud	M	15 – 90	25 – 40
Ancho *	m	3 – 25	5 – 10
Velocidad del barredor	m/s	0,6 – 1,2	0,9
Circular			
Profundidad	m	3 – 4,5	3,6
Longitud	m	3 – 60	12 – 45
Pendiente de la solera	mm/m	6,25 - 16	8
Velocidad de los rascadores	(r/min)	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: Metcalf & Eddy, 2006

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

b) Área superficial

$$A_{sup} = \frac{Q}{v_c} \quad Ec. 20$$

Dónde:

A_{sup} = área superficial del tanque sedimentador (m²)

Q = caudal a tratar (m³/h)

v_c = velocidad terminal (m/h)

Tabla 16-1: Velocidades terminales a caudal medio

Decantación primaria	Velocidad a caudal máximo (m/h)		
	Valor mínimo	Valor medio	Valor medio
Decantadores circulares	1,0	1,5	2,0
Decantadores rectangulares	0,8	1,3	1,8

Fuente: AURELIO HERNÁNDEZ., Manual de Depuración Urbana., p. 96, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 17-1: Velocidades terminales a caudal máximo

Decantación primaria	Velocidad a caudal máximo (m/h)		
	Valor mínimo	Valor medio	Valor medio
Decantadores circulares	2,0	2,5	3,0
Decantadores rectangulares	1,8	2,2	2,6

Fuente: AURELIO HERNÁNDEZ., Manual de Depuración Urbana., p. 96, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

c) Volumen del sedimentador

Al volumen se le considera una magnitud física, usaremos la relación de ½ de ancho/largo (NORMAS RAS 2000) y se expresa con la siguiente expresión;

$$A = L_g * A_n \quad Ec. 21$$

Dónde:

Lg = largo del sedimentador (m)

An = ancho del sedimentador (m)

Aplicando la relación:

$$A = 2 A_n * A_n \quad Ec. 22$$

$$A = 2 A_n^2 \quad Ec. 23$$

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad Ec. 24$$

➤ Volumen del tanque sedimentador:

$$V_{sed} = L_g * A_n * h_{sed} \quad Ec. 25$$

Dónde:

V_{sed} = volumen del tanque de sedimentador (m³)

A_n = ancho del sedimentador (m)

L_g = largo del sedimentador (m)

h_{sed} = altura del sedimentador (m)

d) Diámetro del sedimentador

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A_{sed}}{\pi}} \quad Ec. 26$$

Dónde:

\emptyset = diámetro del sedimentador

A_{sed} = área del sedimentador (m²)

π = número irracional (3,14159)

e) Tiempo de retención hidráulica

El Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) es uno de los parámetros más importantes en todo el sistema de tratamiento d AR, en el caso de los líquidos cloacales, donde la presencia de sólidos en suspensión es considerable, existirá un tiempo de retención óptimo que permite una máxima remoción de sólidos y materia orgánica el cual se denomina DQO. (González S. at al: 2015:

<http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2000/2000-t006-a006.pdf>)

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad Ec. 27$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención hidráulica (h)

V = volumen (m³)

Q = caudal (m³/h)

Por lo general los tanques de sedimentación se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 a 3,0 horas; en caso de no poder obtener el tiempo de retención mediante el uso de fórmulas se puede obtener mediante la tabla siguiente:

Tabla 18-1: Tiempo de retención

Decantación primaria	Velocidad a caudal máximo (h)		
	Valor mínimo	Valor medio	Valor medio
Tiempo de retención para caudal medio	1,5	2,0	3,0
Tiempo de retención para caudal máximo	1,0	1,5	2,0

Fuente: AURELIO HERNÁNDEZ., Manual de Depuración Uralita, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

f) Área de sección transversal

Utilizaremos la siguiente expresión:

$$A_t = \frac{V}{L_g} \quad Ec. 28$$

Dónde:

A_t = área de la sección transversal (m)

V = volumen del tanque de sedimentador (m³)

L_g = largo del sedimentador (m)

g) Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre es considerada como uno de los factores importantes en las operaciones de sedimentación, ya que las fuerzas actúan sobre las partículas de sedimentación las cuales son causadas por la fricción del agua que fluye sobre la misma, las velocidades horizontales se deben de mantener a niveles bajos de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque. (DIAZ P., 2015: <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4aa7c26986558.pdf>)

$$V_h = [8K (s - 1) \frac{gd}{f}]^{\frac{1}{2}} \quad Ec. 29$$

Dónde:

V_h = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s).

K = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado

- 0,04 para arena uní granular
- 0,06 para material más aglomerado
- para el cálculo usaremos el valor medio: 0,05.

s = densidad relativa de las partículas

- para el cálculo usaremos el valor 1,25

g = aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)

d = diámetro de las partículas (0,01)

f = factor de fricción de Darcy-Weisbach

- estos valores van desde 0,02 hasta 0,03
- para el cálculo usaremos el valor de 0,03

h) Remoción de sólidos suspendidos

Estará en función de la concentración del efluente y el tiempo de retención, se expresa de la siguiente manera:

$$R = \frac{T_{RH}}{a + bT_{RH}} \quad Ec. 31$$

Dónde:

R = porcentaje de remoción esperado (%)

TRH= tiempo de retención hidráulica (h)

a y b = constantes empíricas

Tabla 19-1: Valores de las constantes empíricas (20°)

Variables	a, h	b
DBO	0,018	0,02
SST	0,0075	0,014

Fuente: CRITES, R., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

1.5.6 Lodos activados _ aireación

Una de las primeras manifestaciones del efecto de la contaminación orgánica del agua, es la disminución brusca de la concentración de oxígeno disuelto, este fenómeno ocurre debido a que este parámetro, es utilizado por los microorganismos para su proliferación, de esta manera impidiendo el desarrollo de vida en las especies superiores, esto no solo ocurre por la falta de oxígeno sino también por la insalubridad que acarrea la población microbiana.

En aguas contaminadas, la concentración del oxígeno disuelto alcanza un valor bajo, en equilibrio con la utilización por la flora microbiana, y el aporte por el contacto con el aire.

(RAMALHO, R.: 2015: p. 199: <https://books.google.com.ec/books>)

En la siguiente tabla se presenta algunos datos de la solubilidad del oxígeno en agua, a presiones desde la presión atmosférica a nivel del mar.

Tabla 20-1: Solubilidad del oxígeno

T (°C)	Presión (mm de Hg)			
	760	725	700	650
0	14,9	13,98	13,4	12,5

5	12,8	12,2	11,8	10,9
10	11,5	10,8	10,4	9,6
15	10,2	9,7	9,4	8,7
20	9,2	8,8	8,5	7,8
25	8,4	8,0	7,7	7,5

Fuente: Manuel Gil, Depuración de aguas residuales: modelización de procesos de lodos activos, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Por lo indicado, se constata la importancia del oxígeno en el agua y la medida del oxígeno disuelto y su variación.

1.5.6.1 Consideraciones de diseño

a) Elección del tipo de reactor

Para este sistema de tratamiento de AR utilizaremos el reactor de mezcla completa para así de esta manera suministrar la mayor cantidad de oxígeno y por ende la distribución será uniforme.

Tabla 21-1: Datos de sedimentación de SSLM

SSLM	1600	2500	2600	4000	5000	8000
Velocidad de sedimentación inicial	3.3	2.4	1.5	0.6	0.3	0.09

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Dentro de este proceso utilizaremos la expresión siguiente:

$$V_r = \frac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X (1 + K_d \theta_c)} \quad Ec. 32$$

Dónde:

V_r = volumen del reactor (m^3)

θ_c = tiempo medio de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación (día)

S_0 = concentración de DBO o DQO en el afluente (Kg/m^3)

S = concentración de DBO en el efluente (Kg/m^3)

Q = caudal del agua residual a tratar ($m^3 / día$)

X = concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (Kg/m³)

Kd = Coeficiente de degradación endógena (d⁻¹)

Tabla 22-1: Datos de sedimentación

SSLM	1600	2500	2600	4000	5000	8000
Velocidad de sedimentación inicial	3,3	2,4	1,5	0,6	0,3	0,09

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

b) Eficiencia

Para conocer la eficiencia se basa en la DB5 soluble y permite conocer si los valores de la concentración del afluente y efluente de la misma son correctos, para ello utilizaremos la siguiente expresión:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \quad Ec. 33$$

c) Criterios de carga

Entre los parámetros dentro de esta operación tenemos: la relación de alimento y microorganismos, así como el tiempo de retención celular.

➤ La relación de alimento/microorganismo se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{F}{M} = \frac{S_0}{TRH * X} \quad Ec. 34$$

Dónde:

F/M = relación alimento/microorganismos (d⁻¹)

So = concentración de DBO o DQO en el afluente (Kg/m³)

X = concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (Kg/m³)

TRH = tiempo de retención hidráulica del tanque de aireación (día)

➤ El tiempo de retención hidráulica se puede obtener a través de la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V_r}{Q} \quad Ec. 35$$

Dónde:

V_r = volumen del tanque de aireación (m^3)

Q = caudal de entrada (m^3/d)

d) Producción de lodo

En esta operación tendremos una producción de lodo diaria la cual hay que purgar, utilizaremos la siguiente expresión:

$$P_x = Y_{obs} * Q * (S_o - S) * (10^3 \frac{g}{Kg})^{-1} \quad Ec. 36$$

Dónde:

P_x = producción diaria neta de fango activado medida en términos de SS volátiles Kg/día)

Y_{obs} = producción observada (Kg/Kg)

Q, S_o, S = Según definición anterior

➤ La producción observada se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d + (\theta_o \text{ o } \theta_{ct})} \quad Ec. 37$$

Dónde:

Y = coeficiente de producción celular (kg de células producidas/kg de materia orgánica eliminada)

K_d = coeficiente de degradación endógena (d^{-1})

Tabla 23-1: Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados

Coeficientes	Unidades para SSV	Rangos	Típicos
Y	mg SSV/mg DBO5	0,4	0,6
Kd	d -1	0,0025-0,0075	0,06
K	mg /L DBO5	25-100	60

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

e) Necesidad y transferencia de oxígeno

$$kg \frac{O_2}{d} = \frac{Q (S_0 - S) * (10^3 \frac{g}{kg})^{-1}}{f_{conv}} - 1.42(P_x) \quad Ec. 38$$

Dónde:

f_{conv} = factor de conversión de DBO5 en DQOL (0.45 – 0.68)

El suministro de aire debe proporcionar un mezclado adecuado y mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto en todo el tanque de aireación comprendido entre 1 y 2 mg/L. (METCALF & EDDY., 2003: p. 611)

Tabla 24-1: Parámetros de diseño para procesos de lodos activados

Modificación del proceso	θ_c, d	F/M KgDBO5aplicada/ KgSSVLMd	Carga volumétrica KgDBO5aplicada/ m3d	SSLM mg/L	V/Q, h	Qr/Q
Convencional	5-15	0.2-0.4	0.32-0.34	1500- 3000	4-8	0.25- 0.75
Mezcla completa	5-15	0.2-0.4	0.80-1.92	2500- 4000	3-5	0.25- 1.0

Aireación prolongada	20-30	0.005-0.15	0.16-0.40	3000-6000	18-36	0.5-1.50
----------------------	-------	------------	-----------	-----------	-------	----------

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

f) Aireación por difusores

Se requerirá una potencia para llevar a cabo el proceso de compresión adiabática, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$P_w = \frac{W_{aire} R T_1}{8.41 e} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0.283} - 1 \right] \quad Ec. 39$$

Dónde:

P_w = potencia necesaria para cada soplante (kW)

W_{aire} = caudal de aire en peso (kg/s)

R = constante universal de los gases (8.314 kJ/kmol.°K)

T_1 = temperatura absoluta a la entrada (°K)

p_2 = presión absoluta a la salida (atm)

p_1 = presión absoluta a la entrada (atm)

$n = (k-1) / k = 0.283$ (para el aire)

e = eficiencia (normalmente en compresores entre 0.70 y 0.90)

1.5.7 Sedimentador secundario

Los tanques circulares secundarios con una capacidad de 300 m³ no deberán ser diseñados con un sistema de barrido, deberán ser cónicos con una inclinación mínima de las paredes de la tolva de 15 grados, la remoción de lodos será por medio de tuberías. (IEOS., 2003: p. 378)

1.5.7.1 Consideraciones del diseño

a) Área del sedimentador

El área del sedimentador secundario, se obtiene a partir de la relación propuesta por Metcalf y Eddy, utilizando el valor de la carga de superficie para sedimentación a continuación del proceso de lodos activados con oxígeno, y se expresa de la siguiente manera:

$$A_{sedd} = \frac{Q}{C_s} \quad Ec. 40$$

Dónde:

A_{sedd} = área del tanque (m^2)

Q = caudal secundario a tratar (m^3/h)

C_s = carga superficial ($m^3/m^2 \cdot día$)

b) Diámetro del sedimentador

Para el diámetro del sedimentador se tiene la siguiente expresión:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A_{sedd}}{\pi}} \quad Ec. 41$$

Dónde:

\emptyset = diámetro del sedimentador

A_{sedd} = área del sedimentador (m^2)

π = número irracional (3,14159)

c) Tomando en consideración que el 25% del diámetro es el reparto central, se expresa mediante la siguiente expresión:

$$R_{central} = \emptyset * 0.25 \quad Ec. 42$$

d) Tomaremos valores referenciales de la siguiente tabla, para determinar la profundidad del sedimentador.

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} \times \text{profundidad} \quad \text{Ec. 43}$$

Tabla 25-1: Parámetros de diseño para sedimentadores secundarios

Tipo de tratamiento	Carga de superficie m ³ /m ² d		Carga de solidos kg/m ² h		Profundidad (m)
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	16-32	41-49	3,90 -5,85	9,76	3,6-6,0
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	16-32	41-49	4,88-6,83	9,76	3,5-6,0
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	8-16	24, 42-32	0,97-4,88	6,83	3,6-6,0
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	16 - 24	41-49	2,93-4,88	7,81	3,0-4,5
Sedimentación a continuación de biodiscos: Efluente secundario Efluente nitrificado	16 - 32	41- 49	3,90-5,85	9,76	3,0-4,5
	16 - 24	32 - 41	2,93-4,88	7,81	3,0-4,5

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

e) Carga sobre el vertedero de salida

La carga sobre el vertedero de salida se determinaremos mediante la expresión:

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi * \emptyset} \quad \text{Ec. 44}$$

Dónde:

$C_{\text{vertedero}}$ = carga sobre el vertedero (m³ /día*m)

Q = caudal (m³ /s)

f) Ancho del sedimentador

El ancho del sedimentador, calcularemos mediante la siguiente expresión:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad Ec. 45$$

$$L_{sedd} = \frac{A}{A_n} \quad Ec. 46$$

Con las expresiones anteriores podemos calcular el volumen del sedimentador:

$$V = L_{sedd} * A_n * h \quad Ec. 47$$

Dónde:

V = volumen del tanque de sedimentador (m³)

A_n = ancho del sedimentador (m)

L_{sedd} = largo del sedimentador (m)

h = altura del sedimentador (m)

g) Tiempo de retención hidráulica (TRH)

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad Ec. 48$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención hidráulica (h)

V = volumen del sedimentador (m³)

Q = caudal a tratar (m³/h)

1.5.8 Desinfección

Los indicadores durante el proceso de tratamiento de AR, son las bacterias, estas aguas contienen compuestos orgánicos biológicamente degradables son soluciones nutritivas para

estas bacterias, pues allí pueden crecer y multiplicarse creando de esta manera las condiciones perfectas para el desarrollo y la multiplicación de organismos vivientes de mayor nivel.

El cloro es un desinfectante que tiene ciertos criterios limitantes en términos de salubridad y seguridad, al mismo tiempo tiene un largo historial como un desinfectante efectivo.

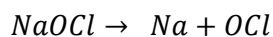
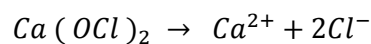
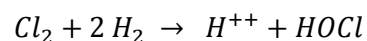
Una vez conocida las ventajas como se puede mencionar: en la actualidad la cloración es más eficiente en términos de costo que la radiación UV o la desinfección con ozono (excepto cuando la descloración y el cumplimiento con requisitos de la prevención de incendios son requeridos); y desventajas: se desconocen los efectos a largo plazo de la descarga de compuestos de la descloración a altas concentraciones al medio ambiente.

El hipoclorito de calcio comercial contiene aproximadamente un 70% de cloro disponible, mientras que el hipoclorito de sodio solo contiene de 3 a 5% de cloro disponible.

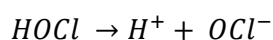
El hipoclorito de calcio tiene un tiempo de almacenamiento de 3 a 6 meses, este compuesto en aguas residuales no debe ser mayor a 20 mg/L de cloro libre ya que afecta a la vida acuática y por consiguiente al ambiente. (EPA: 1999:<http://water.epa.gov/aboutow/owm>)

1.5.8.1 *Química de la cloración*

El cloro puede suministrarse de diferentes maneras así tenemos en forma gaseosa (Cl_2) o como un producto ionizado de sólidos: hipoclorito de calcio [$Ca(OCl)_2$] e hipoclorito de sodio [$NaOCl$], a continuación se puede observar como se dan las reacciones en el agua:



En las ecuaciones anteriores, el ácido hipocloroso (HOCl) y el ión hipoclorito se relacionan por:



La suma de HOCl y OCl^- se llama cloro libre residual y es el desinfectante primario empleado. El HOCl es el desinfectante más efectivo; produce en una relación uno a uno con la adición de

Cl₂ gas junto con una reducción de pH que limita la conversión a OCl⁻. El cloro gas puede licuarse por compresión y transportarse al sitio en tanques. Debido a que se re-gasifica fácilmente y tiene una solubilidad de aproximadamente 700 mg/l en el agua al pH y temperatura presentes en el agua tratada, generalmente esta forma de cloro es la especie preferida. La aplicación de hipocloritos tiende a aumentar el pH, llevando la reacción al OCl⁻ menos efectivo. (2015: <http://es.scribd.com/doc/100943465/Demanda-de-Cloro#scribd>)

1.5.8.2 Parámetros de diseño de la hipocloración

Dentro de la aplicabilidad el cloro es el desinfectante más usado para el tratamiento de AR domésticas ya que destruye los organismos al ser inactivados mediante la oxidación del material celular, este químico puede ser suministrado en muchas formas que incluyen el gas de cloro, las soluciones de hipoclorito y otros compuestos clorados en forma sólida o líquida. La selección de un desinfectante adecuado para una instalación de tratamiento depende de los siguientes criterios:

- La capacidad de penetrar y destruir los gérmenes infecciosos en condiciones normales de operación.
- La facilidad y seguridad en el manejo, el almacenamiento y el transporte.
- La ausencia de residuos tóxicos y de compuestos mutagénicos o carcinógenos.
- Costos razonables de inversión de capital y de operación y mantenimiento (O/M). (EPA: 1999: <http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload>)

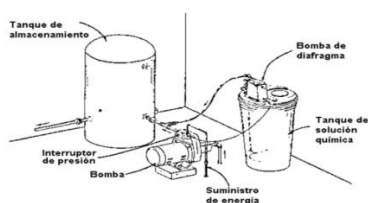


Figura 9-1: Instalación típica de hipocloración

Fuente: VALDEZ C, Tratamiento y disposición del agua residual, 2015

Tabla 26-1: Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	

Cloro en cilindros a presión	3-6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3-6	1,4	4,3	10000-50000
Hipoclorito de sodio	<1 mes	1,7	23,1	10000-50000

Fuente: Rodríguez Ayara, 2000

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

a) Peso requerido de desinfectante

$$P_d = Q * D_d \quad Ec. 49$$

Dónde:

P = peso requerido de desinfectante (mg/s o Kg/día)

Q = caudal (L/s)

Dd = dosis promedio del desinfectante (mg/L)

b) Dosis promedio del desinfectante

$$D = \frac{D_M + D_m}{2} \quad Ec. 50$$

Dónde:

D = dosis promedio del desinfectante (mg/L)

D_M = dosis máxima (mg/L)

D_m = dosis mínima (mg/L)

c) Volumen del tanque donde se mezcla el hipoclorito

$$V = Q * Tr \quad Ec. 51$$

Dónde:

V = volumen del tanque (m³)

Q = caudal (m³ /s)

Tr = Tiempo de retención, s

Para esta operación utilizaremos el tiempo de 30 minutos

d) Altura del tanque de desinfección

$$A_t = \frac{V}{L * A} \quad Ec. 52$$

Dónde:

At = altura del tanque (m)

V = volumen del tanque (m³)

A = ancho del tanque (m)

L = largo del tanque (m)

e) Volumen del tanque hipoclorador

$$V_H = \frac{P_{Cl}}{5 * C} * Q_{med} \quad Ec. 53$$

Dónde:

C = concentración del hipoclorito de calcio

V_H = volumen del tanque hipoclorador (m³)

1.5.9 Tratamiento de lodos

Generalmente el objetivo del tratamiento de lodos es reducir el peso de lodos para después utilizar como compost, debido a su gran cantidad de nutrientes, básicamente si el AR es doméstica.

El secado de lodos para este sistema será natural y/o por radiación, suministrando el calor mediante la radiación, ya que no se producirá en grandes cantidades y, con esto se fomentará el ahorro al momento de la construcción del sistema.

1.5.9.1 Parámetros a considerar

- Humedad relativa
- Temperatura
- Evaporación
- Precipitación

El factor decisivo será la humedad relativa, ya que no se puede bajar el grado de humedad de un lodo por debajo de su valor. (LENNTECH: 2015: <http://www.lenntech.es/tipo-de-lodos.htm>)

a) Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

$$C = \frac{P_f * C_{pc}}{1000 g} \quad Ec. 54$$

Dónde:

P_f = población futura (hab)

C_{pc} = contribución per cápita ((gSS/hab*día) *Kg)

b) Masa de sólidos que conforman los lodos

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C) \quad Ec. 55$$

Dónde:

C = carga de sólidos que ingresan al sedimentador (KgSS/hab*día)

c) Volumen diario de lodos digeridos

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\%sólidos}{100}\right)} \quad Ec.56$$

Dónde:

M_{sd} = masa de sólidos que conforman los lodos (KgSS/hab*día)

d) Volumen a extraerse del tanque

$$V_{et} = \frac{V_{ld} * T}{1000} \quad Ec.57$$

Dónde:

V_{ld} = volumen diario de lodos digeridos (L/día)

T = tiempo de digestión (días)

e) Área lecho de secado

$$A_{ls} = \frac{V_{et}}{Hal} \quad Ec.58$$

Dónde:

V_{et} = volumen a extraerse del tanque (m³)

Hal = profundidad de aplicación (m)

Tabla 27-1: Datos para el diseño de lechos de secado

Parámetro	Símbolo	Datos
Tiempo de digestión	Td	55 Días
Profundidad de aplicación	Hal	0,4 m

Fuente: Normas OPS/CEPIS, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

1.6 Normativas

- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del ministerio del ambiente (TULAS) El libro VI Anexo 1, tabla 12: trata sobre la calidad ambiental y descarga de efluentes y tiene como objeto la prevención y control de la contaminación ambiental en lo que se refiere al agua.
- El artículo 276 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que el régimen de desarrollo tendrá como objetivo el recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.
- Norma Técnica OS.090 "Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales" del Reglamento Nacional de Edificaciones según Decreto Supremo N° 022-2009- VIVIENDA, publicado en el peruano el 27 de noviembre 2009.
- Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, publicada en 1995, Décima Parte (X) Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Proyecto de Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias Co 10.07 – 601 Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales en el Área Rural (SSA)
- El artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza
- El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce: el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.
- Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La

sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización del proyecto

La ubicación de la zona de descarga está ubicada en el barrio Jesús del Gran Poder, cantón Chambo, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, región Sierra (4.711 m. s. n. m.), dentro de país Ecuador, la cabecera cantonal está localizada a 142' 32" de la línea equinoccial y a 78 35'32" de longitud occidental al Sur Este de la provincia a 8 km de la ciudad.

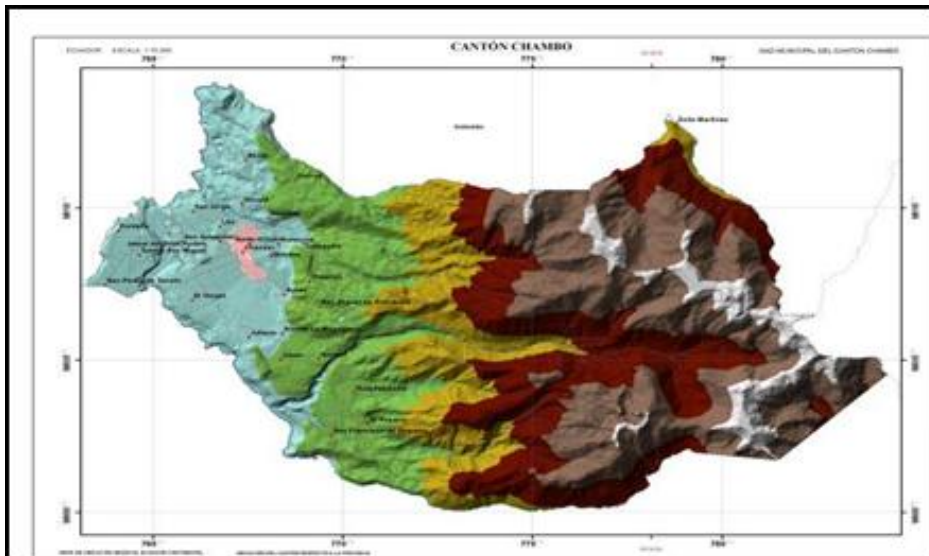


Figura 10-2: Cantón Chambo, IGM Instituto Geográfico Militar.

Fuente: GAD.M.CH. Planificación, 2015

➤ Límites

Al norte: la quebrada de PuchulCahuan

Al sur: río Daldal afluente importante del río Chambo y las parroquias de Pungalá y Licto del Cantón Riobamba.

Al este: la provincia de Morona Santiago, cantón Pablo Sexto.

Al oeste: el límite natural y el río cual lleva su nombre el Chambo. (PDOTCH: 2012-2025:

<http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/%23recycle/PDyOT>)

2.2 Muestreo

Las técnicas de muestreo que se van a utilizar deben garantizar la obtención de muestras representativas, ya que los datos que se deriven de ellas definen el sistema de tratamiento. Dichas técnicas están encaminadas a conocer los componentes del agua residual, la determinación del flujo, frecuencia y sitio de vertido.

Para obtener una base de datos, tomamos como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 Agua. Calidad del Agua. Muestreo - Técnicas de Muestreo.

2.2.1 Tipo de muestreo

El tipo de muestreo que utilizaremos para el desarrollo del proyecto es el muestreo compuesto el cual está formado por alícuotas de AR individuales tomados en diferentes tiempos y/o momentos de la zona de descarga, luego se colocan en el mismo recipiente o en recipientes individuales, finalmente en el laboratorio se preparamos la muestra compuesta en función de los caudales determinados.



Figura 11-2: Toma de la muestra
a analizarse

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

2.2.2 Plan de muestreo

Las características del AR por lo general no son constantes; muestran grandes fluctuaciones a través del tiempo, por esta razón es fundamental la determinación de los sitios de muestreo, el conocimiento del caudal y tipo de descarga.

En primera instancia la medición del caudal fue diario por una semana, con la finalidad de tener una idea clara de cómo es la variación del caudal durante un día y cada hora del mismo, en determinada zona de descarga, con esto logramos conocer el día representativo para poder realizar la toma de muestra compuesta.

Los análisis correspondieron a los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2015, estos meses corresponden a verano e invierno respectivamente, los tres primeros meses se realizaron las caracterizaciones a cada uno de los parámetros tanto físicos, químicos y biológicos; por último, el mes de septiembre se validarán los resultados del tratamiento.

Las muestras compuestas fueron de 600 mL cada 15 min., y el volumen compuesto de 6000 mL, se debe tomar en cuenta que los valores de las muestras compuesta varían según la necesidad del laboratorio de análisis.

2.2.3 Materiales y equipo de muestreo

- Vaso de precipitación de 800ml
- Probeta de 500 ml
- Envase de plástico de 6 L
- Envase de plástico estéril de 200 ml
- Termómetro 50 °C
- Cámara fotográfica
- Hielera
- Hielo
- Guantes de látex
- Botas de caucho
- Mascarilla
- Mandil

2.3 Metodología

2.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación

Para el proyecto denominado DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO, se hizo el reconocimiento de la zona de descarga de AR en el barrio Jesús del Gran Poder, mediante un recorrido y con la explicación a cargo del Ing. Suarez Edwin, Jefe de Agua Potable y

Alcantarillado del GADM Chambo, observamos la línea del alcantarillado el cual no sigue hasta la descarga final que sería en el rio Chambo, la descarga se hace a la altura de una parcela, el cual hace uso de estas aguas contaminadas, probando de esta manera una contaminación ambiental y visual, para los habitantes de dicha zona.

2.3.2 Métodos y técnicas

La metodología es el instrumento que enlaza el sujeto con el objeto dentro de la investigación, sin este instrumento sería casi imposible llegar a cumplir un objetivo el cual conduciría a un conocimiento científico. En sí el método es un instrumento necesario en la ciencia; con esto podemos demostrar que un argumento es válido.

Las técnicas de investigación son un conjunto de procedimientos organizados de una forma sistemática, aplicables a una ciencia. Dentro de sus objetivos está ordenar las etapas que va a seguir la investigación y llevar un control de datos.

2.3.2.1 Métodos

a) Deductivo

Este método parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular, es decir analiza de lo general a lo particular, en este caso conlleva a decir que la zona de descarga Jesús del Gran Poder, produce una contaminación ambiental y como posible solución es el sistema de tratamiento de AR.

b) Inductivo

Este método parte de lo particular a lo general, llegando a conclusiones generales, en este proyecto trabajaremos con este método debido a su definición, es decir conoceremos la cantidad de contaminantes del AR generadas en la zona de descarga Jesús del Gran Poder, el cual nos va a permitir obtener conclusiones claras, haciendo un análisis minucioso conocido como caracterización (físico, químico, y biológico).

c) Experimental

El experimento dentro de los métodos empíricos resulta el más complejo y eficaz; surge como resultado del desarrollo de la técnica y del conocimiento humano, resulta del esfuerzo que el humano realiza por involucrarse en lo desconocido a través de sus capacidades físicas e intelectuales, modificando las condiciones bajo las cuales tiene lugar el proceso o fenómeno de forma planificada.

Para este proyecto es aplicable en la caracterización del AR mediante el uso de los instrumentos y equipos disponibles en el laboratorio de análisis, el cual nos arrojará datos para con base en ellos hacer una comparación con las normas establecidas (TULAS. Libro VI. Anexo 1), con esto podremos conocer si están dentro del rango permitido, en caso de no cumplir y estar fuera del rango sabremos que el siguiente paso será hacer una simulación del diseño de un sistema de tratamiento para AR.

2.3.2.2 Técnicas

a) Parámetros físicos

Tabla 28-2: Técnica para determinar el pH

Potencial de hidrogeno, Ph	
Código:	STANDARD METHODS 4500-B
Fundamento:	El pH es el parámetro que nos indica la alcalinidad o acidez del agua, tiene un rango de 1a14. Si el agua es ácida el pH es menor a 7, si es básica mayor a 7, si es igual a7 es neutro.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none">➤ pH metro➤ Buffer 7

Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calibrar el equipo utilizando buffer ➤ Introducir el electrodo en la muestra, agitar suavemente. ➤ Esperar unos segundos que se estabilice, y tomar la lectura.
Reporte de resultados:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lectura directa.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 29-2: Técnica para determinar la conductividad

Conductividad	
Código:	STANDARD METHODS 2510-B
Fundamento:	Es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, depende de la presencia de iones y su concentración total, de su movilidad valencia y sus concentraciones relativas, así como de la temperatura.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conductímetro ➤ Vaso de precipitado de 250ml
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar la muestra problema en un vaso de precipitación y vertimos en el recipiente que trae el Conductímetro. ➤ Tomar la lectura en el Conductímetro el cual trae tres diferentes escalas (0-1, 0- 10, 0-1000) micro ohms*cm, la misma que tenemos que regular de acuerdo a la escala que se requiera.
Reporte de resultados:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 30-2: Técnica para determinar la turbidez

Turbidez	
Código:	MÉTODO HACH 46500-88

Fundamento:	La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación de agua cruda y luego de la filtración (agua tratada), este equipo identifica toda impureza finamente dividida, cualquiera que sea su naturaleza, que pueda ser suspendida. Estas impurezas pueden ser de origen inorgánicas tales como las arcillas, limos, carbonatos de calcio, sílice, hidróxido férrico, azufre, etc. O pueden ser de naturaleza orgánica tales como materia vegetal finamente dividida, aceites, grasas, microorganismos.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Turbidímetro. ➤ Celda. ➤ Pizeta. ➤ Muestra (AR)
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar en la celda el agua recolectada en el tanque de recepción. Y agua tomada luego del proceso de filtración. ➤ Colocar la celda en el Turbidímetro. ➤ Leer directamente el valor según la escala deseada (0-1, 0-10,0-100 NTU).
Reporte de resultados:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 31-2: Técnica para determinar sólidos totales disueltos

Sólidos totales disueltos	
Código:	MÉTODO HACH2004A
Fundamento:	Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vaso de precipitación de 250mL. ➤ Electrodo sensible HACH ➤ Agua cruda ➤ Agua tratada

Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar aproximadamente 100ml de agua cruda en el vaso de 250ml. ➤ Leer directamente la medida en el HACH series. ➤ Realizar el mismo procedimiento con agua tratada
Reporte de resultados:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 32-2: Técnica para determinar sólidos sedimentables

Sólidos sedimentables	
Código:	MÉTODO 2540-F 76
Fundamento:	Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas, así como los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/l) o de un peso (mg/l).
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capsulas de Porcelana ➤ Platino ➤ Vaso alto de sílice ➤ Mufla ➤ Baño de vapor ➤ Desecador ➤ Balanza analítica
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Volumétrico: llénese un icono Imhoff hasta la marca con la muestra deje sedimentar durante 45min removiendo constantemente con una varilla.
Reporte de resultados:	<p>Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:</p> $\text{mg SS/L} = \text{mg de STS suspensión /L} - \text{kmg SNS/L}$ <p>Dónde:</p> <p>SS=sólidos sedimentables STS=sólidos totales en suspensión SNS= sólidos no sedimentables</p>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

b) Parámetros químicos

Tabla 33-2: Técnica para determinar el cloro libre

Cloro libre	
Código:	METODO HACH2004
Fundamento:	Los niveles de cloro en aguas superficiales y subterráneas naturales son generalmente de unos pocos mg/L. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de cloro debido a los clarificadores usados en los sistemas de tratamientos.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vaso de precipitación de 50mL. ➤ HACH 2004. ➤ Pipeta de 1mL ➤ Reactivo DPD, reactivo para cloro libre
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar en 25mL de muestra de agua cruda con el reactivo DPD ➤ Esperar 3 minutos ➤ Colocar 10 mL en la celda ➤ Medir en el HACH.
Reporte de resultados:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lectura directa

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 34-2: Técnica para determinar la DBO

DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)	
Código:	STANDARD METHODS 5210-B
Fundamento:	Se llena una muestra hasta rebosar un frasco hermético e incubarlo a una temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Equipo de DBO ➤ Botellas de incubación ➤ Grasa ➤ Tampones de Copa ➤ Capsula magnética ➤ Probeta graduada ➤ Termómetro ➤ Embudo

<p>Procedimiento:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Caliente o enfríe la muestra hasta 2°C de la T de incubación (20°). Usando una probeta graduada, vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura. ➤ Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella de muestra. Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias si las características de la muestra original lo requieran. ➤ Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa. ➤ Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo. Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a 20 ± 2 °C. ➤ Prenda el equipo. ➤ Seleccione la duración de la prueba
<p>Reporte de resultados:</p>	<p>Cuando el agua de la disolución no está sembrada:</p> $ROB5 = (D1 - D2) / P$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROB (5mg/l) = ((D1 - D2) - (B1 - B2) * f) / P$ <p>Dónde:</p> <p>D1= OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación (mg/L)</p> <p>D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C (mg/L)</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada</p> <p>B1= OD del control de simiente antes de la incubación (mg/L)</p> <p>B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L</p> <p>f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 35-2: Técnica para determinar la DQO

DQO (Demanda química de oxígeno)	
Código:	MÉTODO 5220-C
Fundamento:	Una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos son oxidados con una mezcla de ácido crómico y sulfúrico a ebullición, la muestra se coloca a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio. El dicromato no reducido se mide por titulación o espectrofotométricamente.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reactor de DQO ➤ Probeta graduada ➤ Vaso de precipitación ➤ Tubos de reactivos de digestión con tapa ➤ Toallas de papel ➤ Pipetas volumétricas
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Precalentar a 150°C el digestor de DQO y tomar la muestra Homogeneizada. ➤ Añadir la disolución digestora respectiva. ➤ Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos. ➤ Colocar los tubos en el digestor y dejar por 2h. ➤ Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar ➤ Medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación
Reporte de resultados:	<p>El DQO se expresa mg O₂/L:</p> $DQO = (V1 - k VP * 8000) / V_s$ <p>Dónde:</p> <p>V1= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo.</p> <p>V2= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra.</p> <p>V_s= volumen de la muestra.</p>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 36-2: Técnica para determinar aceites y grasas

Aceites y grasas	
Código:	STANDARD METHODS 5530-C

Fundamento:	En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determina cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.
Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Embudo de separación ➤ Matraz de destilación ➤ Baño de agua ➤ Papel filtro (diámetro 11cm)
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tome un 1ml de muestra y marque el nivel en la botella. ➤ Acidifíquela hasta un pH de 2 o inferior con 5ml de HCl, pásela por un embudo. ➤ Dejar que separe las dos capas y drenar la capa del disolvente con el uso papel filtro. ➤ Si la capa no es clara añadir 1g de sulfato de sodio y drene. ➤ Hágase dos extracciones con 30 ml de disolvente
Reporte de resultados:	<p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante:</p> $\text{mg de aceites y grasas/L} = (A \text{ k B}) \times 1000 \text{ ml de muestra}$ <p>Dónde:</p> <p>A= la ganancia total del peso.</p> <p>B = peso del matraz tarado menos el residuo calculado.</p>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 37-2: Técnica para determinar tensoactivos

Tensoactivos	
Código:	STANDARD METHODS 5530-C
Fundamento:	El método se basa en la destilación de los fenoles a un pH de 10 en presencia de ferrocianuro de potasio formando compuestos de color amarillo intenso a rojo, son extraídos con cloroformo midiendo su absorbancia.

Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Balanza analítica ➤ Equipo de destilación ➤ Potenciómetro de laboratorio ➤ Espectrómetro ➤ Papel filtro ➤ Embudos de separación
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tomar 500 ml de muestra y ajustar el pH a 4 con de ácido fosfórico utilizando el indicador naranja de metilo. ➤ Destilar la muestra, adicionar 500ml de agua caliente, seguir destilando hasta un volumen de 500ml de destilado total.
Reporte de resultados:	<p>Para calcular los fenoles se utiliza la siguiente ecuación de la curva de calibración:</p> $Y = mx + b$ <p>Para la concentración:</p> $U \text{ fenol} / L = (A/B)$ <p>Dónde:</p> <p>A = μgr de fenol determinada en la curva</p> <p>B = ml de la muestra original</p>

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

d) Parámetros microbiológicos

Tabla 38-2: Técnica para determinar coliformes fecales

Coliformes fecales	
Código:	STANDARD METHODS 4500-B
Fundamento:	El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de T óptima de desarrollo son variables. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre.

Materiales y Reactivos:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cajas Petri ➤ Pipetas ➤ Autoclave ➤ Estufa ➤ Disco filtrante ➤ Agar de Plata ➤ Agua destilada ➤ Pinzas ➤ Papel filtro ➤ Matraz ➤ Bomba al vacio
Procedimiento:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un disco filtrante estéril se pone en la unidad de filtración, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. ➤ Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. ➤ Las almohadillas absorbentes se acomodan en cajas de Petri, las cuales se incuban. ➤ Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración. ➤ La placa Petri con el contenido se lleva a estufa a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.
Reporte de resultados:	Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

2.4 Datos experimentales

2.4.1 Diagnóstico

Los sistemas de agua para regadío y consumo humano a nivel cantonal están administrados por las Juntas de Agua y por el GADM de Chambo, respectivamente.

De la sentencia de concesión del agua para consumo humano aprobado por Instituto Ecuatoriano de Recursos Humanos INERHI el 09 de abril de 1993, a favor del GAD. Municipal de Chambo realiza la dotación del agua para los barrios Jesús del Gran Poder y Gilbut

administrados por la Junta de agua Jesús del Gran Poder, aclarando que está agua no ingresa a las plantas de tratamiento, de hecho, es conducido hasta la planta de distribución para estos 2 barrios ubicados al nor-oeste de la cabecera cantonal.

Tabla 39-2: Caudales y volúmenes mensuales promedio de agua cruda captados para junta administradora de agua del Jesús del Gran Poder

Captación	Promedio caudal (L / s)	Promedio Volumen (m³ / mes)	Tipo de fuente	Observación
Galtèn	3.5	9.072	Vertiente	Jesús del Gran Poder y Gilbut. Altura 2880 m.s.n.m
Total	3.5	9.072		

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos INERHI 1993.

Realizado por: GAD. Municipal de Chambo. Unidad de Agua Potable y Alcantarillado, 2015

En la cabecera cantonal el sistema de alcantarillado está dividido en alcantarillado sanitario y alcantarillado fluvial.

Por la topografía de la cabecera cantonal existe la descarga del alcantarillado sanitario en el sector denominado Jesús del Gran Poder, cerca de las riveras del río Chambo, los mismos que no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 40-2: Características principales de la red de alcantarillado

Variable	Características
Tipo sanitario longitud	----
Tipo hídrico longitud	----
Diámetro	200 a 300 mm
Material	Hormigón Simple
Estado de las redes	Malo
Existe catastro de las redes	Si
Tipo de mantenimiento	Correctivo

Fuente: GAD. Municipal de Chambo, Agua Potable, mayo 2015.

Realizado por: Dirección de Planificación, 2015

La descarga no llega a su punto final, existe un taponamiento en la penúltima caja de revisión, esto provoca contaminación a los cultivos cercanos y a la ganadería de quienes habitan en el sector, produciendo así también malos olores y, contaminación visual para los transeúntes, es por ello la necesidad de construir un sistema de tratamiento de AR, lo cual ayudará a todos sus habitantes ya que dejaría de alterar la calidad de vida que hoy llevan, ayudando también al sectores agrícolas y ganaderas que no se verán afectadas ya que los habitantes de la parroquia usarán en ciertas ocasiones el agua para regar sus parcelas, circunstancias que hoy en día son más severas, por la disminución y contaminación del agua, por tal razón se necesita aprovechar el agua tratada y de esta manera evitando el uso del agua que está en las reservas hídricas

2.4.2 Caracterización de agua residuales

En la ejecución del proyecto del sistema de tratamiento de AR se tomaron muestras puntuales y compuestas para caracterizar el agua afluyente al sistema, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de Análisis Técnico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y SAQMIC.

Tabla 41-2: Caracterización física

Determinación	Aspecto
Color	Gris
Olor	Huevos podridos

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 42-2: Análisis físico – químico y microbiológico del agua residual zona de descarga Jesús del Gran Poder

Parámetros	Expresado como:	Unidad	**Límites máximo permisible	Resultados
*Potencial hidrogeno	Ph	Und.	5-9	7,00
*Conductividad		µSiems/cm		920
*Turbiedad		UNT		173,0
*Demanda	D.Q.O.	mg/L	250	452,67

Química de Oxígeno				
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O.5	mg/L	100	382,33
*Sólidos totales		mg/L	1600	1126,33
*Sólidos Suspendidos		mg/L	100	189
*Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	1000	107,33
***Aceites y Grasas		mg/L	0.3	22
***Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	15	9,7
***Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5	1,8
***Coliformes Fecales	Nmp/100ml	UFC/100ml	Remoción > al 99%	2,2*10 ⁵

Fuente: * Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, **Anexo 1-Tabla 12 TULAS, ***Lab. UNACH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 43-2: Análisis físico – químicos microbiológicos de y los parámetros a considerar

Parámetros	Expresado como:	Unidad	**Límites máximo permisible	Resultados
*Turbiedad		UNT		173,0
*Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250	452,67
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O.5	mg/L	100	382,33
*Sólidos Suspendidos		mg/L	100	189

***Aceites y Grasas		mg/L	0,3	22
***Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5	1,8
***Coliformes Fecales	Nmp/100ml	UFC/100ml	Remoción > al 99%	$2,2 \cdot 10^5$

Fuente: * Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, **Anexo 1-Tabla 12 TULAS, ***Lab. UNACH, 2015

Realizado por: Wilson Rodríguez

Tabla 44-2: Análisis físico – químicos y microbiológicos de los parámetros a considerar

Parámetros	Expresado como:	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
*Turbiedad		195	125	200	173,0
*Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	409	469	480	452,67
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	D.B.O.5	308	380	459	382,33
*Sólidos Suspendedos		190	179	198	189
**Aceites y Grasas		22	22	22	22
**Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	1,8	1,8	1,8	1,8
**Coliformes Fecales	Nmp/100ml	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^6$	$3,015 \cdot 10^6$	$37,015 \cdot 10^6$

Fuente: * Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, **Lab. UNACH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

2.4.3 Datos del monitoreo del caudal

El monitoreo de caudal se realizó durante 7 días, a continuación, se muestra:

Tabla 45-2: Caudal del día lunes

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	10	7,3	1,370	4,932	1369,863
6:30	10	7,45	1,342	4,832	1342,282
7:00	9,6	7,1	1,352	4,868	1352,113
7:30	9,4	7	1,343	4,834	1342,857
8:00	10	7,4	1,351	4,865	1351,351
8:30	9,7	7,4	1,311	4,719	1310,811
9:00	9,7	7,6	1,276	4,595	1276,316
9:30	8,4	6,8	1,235	4,447	1235,294
10:00	7,9	6,8	1,162	4,182	1161,765
10:30	8,4	6,5	1,292	4,652	1292,308
11:00	9,3	7	1,329	4,783	1328,571
11:30	9	6,9	1,304	4,696	1304,348
12:00	9,8	7,3	1,342	4,833	1342,466
12:30	9,7	6,8	1,426	5,135	1426,471
13:00	10	7,5	1,333	4,800	1333,333
13:30	9,7	6,63	1,463	5,267	1463,047
14:00	9,8	7,66	1,279	4,606	1279,373
14:30	10	6,9	1,449	5,217	1449,275
15:00	9,4	7,1	1,324	4,766	1323,944
15:30	8,1	6,3	1,286	4,629	1285,714
16:00	8,2	6	1,367	4,920	1366,667
16:30	6,4	7	0,914	3,291	914,286
17:00	7,9	6	1,317	4,740	1316,667
17:30	8,1	6,9	1,174	4,226	1173,913
18:00	8	6,4	1,250	4,500	1250,000
SUMA			32,593	117,335	32593,034
PROM.			1,304	4,693	1303,721
MAX			1,463	5,267	1463,047
MIN			0,914	3,291	914,286

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 46-2: Caudal del día martes

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	10	7,34	1,362	4,905	1362,398
6:30	9,7	7,11	1,364	4,911	1364,276
7:00	9,4	7,18	1,309	4,713	1309,192
7:30	9,4	7,1	1,324	4,766	1323,944
8:00	8,8	6,9	1,275	4,591	1275,362
8:30	9,1	7,16	1,271	4,575	1270,950
9:00	9,2	7,14	1,289	4,639	1288,515
9:30	9,4	7	1,343	4,834	1342,857
10:00	7,9	6,8	1,162	4,182	1161,765
10:30	7,8	7,1	1,099	3,955	1098,592
11:00	7,7	6,8	1,132	4,076	1132,353
11:30	8,1	6,65	1,218	4,385	1218,045
12:00	8,4	7,1	1,183	4,259	1183,099
12:30	9,5	6,9	1,377	4,957	1376,812
13:00	9,4	6,8	1,382	4,976	1382,353
13:30	9,8	7,1	1,380	4,969	1380,282
14:00	9,7	6,9	1,406	5,061	1405,797
14:30	9,5	6,9	1,377	4,957	1376,812
15:00	8,5	7,4	1,149	4,135	1148,649
15:30	7,9	6,8	1,162	4,182	1161,765
16:00	7,5	6,7	1,119	4,030	1119,403
16:30	7,5	7,5	1,000	3,600	1000,000
17:00	7,6	7,45	1,020	3,672	1020,134
17:30	7,1	6,5	1,092	3,932	1092,308
18:00	5,9	6,8	0,868	3,124	867,647
SUMA			30,663	110,388	30663,307
PROM.			1,227	4,416	1226,532
MAX.			1,406	5,061	1405,797
MIN.			0,868	3,124	867,647

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 47-2: Caudal del día miércoles

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	9,7	7,3	1,329	4,784	1328,767
6:30	9,4	7,5	1,253	4,512	1253,333
7:00	9,7	7,1	1,366	4,918	1366,197
7:30	8,7	6,5	1,338	4,818	1338,462
8:00	8,9	7,1	1,254	4,513	1253,521
8:30	7,6	7,1	1,070	3,854	1070,423
9:00	8,4	7,1	1,183	4,259	1183,099
9:30	7,9	6,99	1,130	4,069	1130,186
10:00	7,5	6,8	1,103	3,971	1102,941
10:30	7,7	6,4	1,203	4,331	1203,125
11:00	6,5	7,7	0,844	3,039	844,156
11:30	6,9	7,3	0,945	3,403	945,205
12:00	7,9	7,4	1,068	3,843	1067,568
12:30	8,1	7,1	1,141	4,107	1140,845
13:00	8,8	6,4	1,375	4,950	1375,000
13:30	9,7	7	1,386	4,989	1385,714
14:00	9,4	7,8	1,205	4,338	1205,128
14:30	9,1	6,5	1,400	5,040	1400,000
15:00	9	7,4	1,216	4,378	1216,216
15:30	8,4	6,9	1,217	4,383	1217,391
16:00	8	6,7	1,194	4,299	1194,030
16:30	7,4	6,77	1,093	3,935	1093,058
17:00	6	5,9	1,017	3,661	1016,949
17:30	6,3	7	0,900	3,240	900,000
18:00	5,9	6,45	0,915	3,293	914,729
SUMA			29,146	104,926	29146,043
PROM.			1,166	4,197	1165,842
MAX.			1,400	5,040	1400,000
MIN.			0,900	3,24	900,000

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 48-2: Caudal del día jueves

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	9,9	6,9	1,435	5,165	1434,783
6:30	9,4	7,5	1,253	4,512	1253,333
7:00	9,8	7,6	1,289	4,642	1289,474
7:30	9,7	7,5	1,293	4,656	1293,333
8:00	8,6	7,2	1,194	4,300	1194,444
8:30	7,8	7,5	1,040	3,744	1040,000
9:00	8,6	6,9	1,246	4,487	1246,377
9:30	9	6,8	1,324	4,765	1323,529
10:00	8,7	7,4	1,176	4,232	1175,676
10:30	8,4	6,9	1,217	4,383	1217,391
11:00	8,6	6,5	1,323	4,763	1323,077
11:30	7,5	6,8	1,103	3,971	1102,941
12:00	8,7	7	1,243	4,474	1242,857
12:30	8,8	7,3	1,205	4,340	1205,479
13:00	9,1	7,35	1,238	4,457	1238,095
13:30	10	7,15	1,399	5,035	1398,601
14:00	6,4	7,66	0,836	3,008	835,509
14:30	7,1	6,8	1,044	3,759	1044,118
15:00	8,8	6,8	1,294	4,659	1294,118
15:30	7,6	6,78	1,121	4,035	1120,944
16:00	8,5	7,15	1,189	4,280	1188,811
16:30	7,4	7,62	0,971	3,496	971,129
17:00	6,9	6,87	1,004	3,616	1004,367
17:30	6,9	7,29	0,947	3,407	946,502
18:00	7,8	7,4	1,054	3,795	1054,054
SUMA			29,439	105,980	29438,943
PROM.			1,178	4,239	1177,558
MAX.			1,435	5,165	1434,783
MIN.			0,836	3,008	835,509

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 49-2: Caudal del día viernes

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	9,7	7,4	1,311	4,719	1310,811
6:30	10	7	1,429	5,143	1428,571
7:00	9,4	7,35	1,279	4,604	1278,912
7:30	8,4	7,1	1,183	4,259	1183,099
8:00	8,3	6,9	1,203	4,330	1202,899
8:30	6,8	7,15	0,951	3,424	951,049
9:00	9,4	7,4	1,270	4,573	1270,270
9:30	6,9	7,5	0,920	3,312	920,000
10:00	6,89	7,3	0,944	3,398	943,836
10:30	7,45	7,4	1,007	3,624	1006,757
11:00	8,66	7,4	1,170	4,213	1170,270
11:30	7	7,05	0,993	3,574	992,908
12:00	7,9	7,25	1,090	3,923	1089,655
12:30	8,1	7,45	1,087	3,914	1087,248
13:00	8,7	7,15	1,217	4,380	1216,783
13:30	8,7	7,45	1,168	4,204	1167,785
14:00	9	7,3	1,233	4,438	1232,877
14:30	7,7	7	1,100	3,960	1100,000
15:00	8,4	6,9	1,217	4,383	1217,391
15:30	6,8	6,7	1,015	3,654	1014,925
16:00	6,7	6,46	1,037	3,734	1037,152
16:30	6,8	7,41	0,918	3,304	917,679
17:00	6,9	7,14	0,966	3,479	966,387
17:30	6,8	7	0,971	3,497	971,429
18:00	6,4	6,9	0,928	3,339	927,536
SUMA			27,606	99,382	27606,228
PROM.			1,104	3,975	1104,249
MAX.			1,429	5,143	1428,571
MIN.			0,920	3,312	920,000

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 50-2: Caudal del día sábado

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	9,8	7,1	1,380	4,969	1380,282
6:30	9,5	7,6	1,250	4,500	1250,000
7:00	9,8	7,25	1,352	4,866	1351,724
7:30	9,9	7,14	1,387	4,992	1386,555
8:00	8,1	7,41	1,093	3,935	1093,117
8:30	7,9	7,62	1,037	3,732	1036,745
9:00	7,8	7	1,114	4,011	1114,286
9:30	7,1	7,1	1,000	3,600	1000,000
10:00	7,6	7,14	1,064	3,832	1064,426
10:30	8,1	7,22	1,122	4,039	1121,884
11:00	7,5	7,51	0,999	3,595	998,668
11:30	8,9	7,3	1,219	4,389	1219,178
12:00	8,7	7	1,243	4,474	1242,857
12:30	8,9	7,4	1,203	4,330	1202,703
13:00	9,6	6,5	1,477	5,317	1476,923
13:30	7,9	7,1	1,113	4,006	1112,676
14:00	8,7	7,35	1,184	4,261	1183,673
14:30	8,1	7,14	1,134	4,084	1134,454
15:00	7,6	7	1,086	3,909	1085,714
15:30	6,9	6,8	1,015	3,653	1014,706
16:00	6,8	6,7	1,015	3,654	1014,925
16:30	6,1	7,4	0,824	2,968	824,324
17:00	6,5	7,1	0,915	3,296	915,493
17:30	6,8	6,1	1,115	4,013	1114,754
18:00	7,1	6,15	1,154	4,156	1154,472
SUMA			28,495	102,580	28494,540
PROM.			1,140	4,103	1139,782
MAX.			1,477	5,317	1456,923
MIN.			0,824	2,968	824,324

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 51-2: Caudal del día domingo

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m3/h)	Caudal Q (mL/s)
6:00	9,9	6,8	1,456	5,241	1455,882
6:30	9,7	6,4	1,516	5,456	1515,625
7:00	9,4	6,8	1,382	4,976	1382,353
7:30	9,5	6,7	1,418	5,104	1417,910
8:00	9,1	7,1	1,282	4,614	1281,690
8:30	9,7	7,2	1,347	4,850	1347,222
9:00	8,5	6,4	1,328	4,781	1328,125
9:30	8,9	6,9	1,290	4,643	1289,855
10:00	9,1	6,89	1,321	4,755	1320,755
10:30	8,7	6,79	1,281	4,613	1281,296
11:00	8,4	6,95	1,209	4,351	1208,633
11:30	8,8	6,78	1,298	4,673	1297,935
12:00	9,6	6,5	1,477	5,317	1476,923
12:30	9,8	6,9	1,420	5,113	1420,290
13:00	9,2	6,75	1,363	4,907	1362,963
13:30	9,5	6,45	1,473	5,302	1472,868
14:00	8,9	6,55	1,359	4,892	1358,779
14:30	9	6,4	1,406	5,063	1406,250
15:00	8,6	6,7	1,284	4,621	1283,582
15:30	7,9	6,55	1,206	4,342	1206,107
16:00	8,1	6,74	1,202	4,326	1201,780
16:30	7,7	6,8	1,132	4,076	1132,353
17:00	6,9	6,1	1,131	4,072	1131,148
17:30	7,2	6,7	1,075	3,869	1074,627
18:00	6,9	6,7	1,030	3,707	1029,851
SUMA			32,685	117,665	32684,802
PROM.			1,307	4,707	1307,392
MAX.			1,516	5,456	1515,625
MIN.			1,030	3,707	1029,851

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 52-2: Caudal semanal

Día	Caudal Q(L/s)	Caudal Q (m3 /h)
Lunes	1,304	4,693
Martes	1,227	4,416
Miércoles	1,166	4,197
Jueves	1,178	4,239
Viernes	1,104	3,975
Sábado	1,140	4,103
Domingo	1,307	4,707

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 53-2: Variación de la concentración de DBO5 vs. tiempo de aireación

Tiempo de Aireación (Días)	Concentración DBO5(mg/L)
1	308
3	204
6	37

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

Tabla 54-2: Variación de la concentración de DQO vs. tiempo de aireación

Tiempo de Aireación (Días)	Concentración DQO(mg/L)
1	409
3	190
6	56

Fuente: Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

2.5 Dimensionamiento del sistema de tratamiento de AR

2.5.1 Proyección de habitantes

Tabla 55-2: Población actual

Población	Pobladores
Comunidad Jesús del Gran Poder	704

Esc. Mercedes Amelia Guerrero	471
Total	1175

Fuente: GAD. Municipal de Chambo, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

- Población actual, según la Ec. 2:

$$P_a = P_e + P_f$$

$$P_a = (704 + 471)hab$$

$$P_a = 1175 hab$$

- Población futura; Ec. 3:

$$P_f = P_a * (1 + i)^n$$

$$P_f = 1175 * (1 + 0,0133)^{15}$$

$$P_f = 1432,55 hab$$

2.5.2 Caudal de diseño

- Caudal medio; Ec. 4:

$$D = \frac{Q_{\max \text{ diario}}}{P_e}$$

$$D = \frac{124,97 \frac{L}{\text{día}}}{704 hab}$$

$$D = 177 \frac{L}{hab * \text{día}}$$

El nivel de complejidad del sistema es alto en función de la dotación, según la Tabla 10-1, reemplazando en la Ec.3:

$$Q_{med} = \frac{1435,55 (hab) * 177 \left(\frac{L}{hab} * d \right) * 0.7}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Q_{med} = 2,05 \frac{L}{s}$$

- Factor de mayorización; Ec. 5:

$$F = 1 + \frac{14}{4\sqrt{P_f / 1000}}$$

$$F = 1 + \frac{14}{4\sqrt{1432,55 / 1000}}$$

$$F = 3,92$$

- Caudal de infiltración; Ec. 6:

$$Q_{INF} = 0,15 \frac{L}{s * Ha} * A_p$$

$$Q_{INF} = 0,15 \frac{L}{s} * 40 Ha$$

$$Q_{INF} = 6 \frac{L}{s}$$

- Caudal de conexiones erradas; Ec. 7:

$$Q_{CE} = 10\% (Q_M * F) + Q_{INF}$$

$$Q_{CE} = 0,10 (2,05 * 3,92) L/s + 6 L/s$$

$$Q_{CE} = 1,40 L/s$$

- Caudal de diseño; Ec. 2:

$$Q_{DISEÑO} = (2,05 * 3,92) + (6 + 1,40)$$

$$Q_{DISEÑO} = 15,44 L/s$$

$$Q_{DISEÑO} = 0,01544 m^3/s$$

$$Q_{DISEÑO} = 1334,02 m^3/d$$

2.5.3 Cálculo para el canal

Reemplazando valores con los datos de la Tabla 11-1 y la Ec. 8, se tiene:

$$A = b * h$$
$$A = 0,5 \text{ m} * 0,6 \text{ m}$$
$$A = 0,3 \text{ m}^2$$

➤ Radio hidráulico; Ec. 9:

$$R_H = \frac{b * h}{b * 2h}$$
$$R_H = \frac{0,5 \text{ m} * 0,6 \text{ m}}{(0,5 * 2 (0,6)) \text{ m}}$$
$$R_H = 0,176 \text{ m}$$

➤ Velocidad a la que se transporta el AR hacia el proceso de tratamiento, Tabla 12-1 y la Ec. 10:

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$
$$v = \frac{1}{0,013} * (0,176)^{\frac{2}{3}} * (0,0005)^{\frac{1}{2}}$$
$$v = 0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2.5.4 Cálculos para rejillas

➤ Área libre, los datos se toman de la tabla 5, Ec. 11:

$$A_b = \frac{Q}{v}$$
$$A_b = \frac{0,01544 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$
$$A_b = 0,0343 \text{ m}^2$$

- Área de la sección transversal del flujo, Ec. 12:

$$A_l = \frac{A_b (W + e)}{W}$$
$$A_l = \frac{0,0343 \text{ m}^2 (0,025 + 0,010)m}{0,025m}$$
$$A_l = 0,0480 \text{ m}^2$$

- Altura del canal, Ec. 13:

$$H = h + h_s$$
$$H = (0,0686 + 0,5)m$$
$$H = 0,57 \text{ m}$$

- Longitud de las barras, Ec. 14:

$$L_b = \frac{H}{\text{sen } \emptyset}$$
$$L_b = \frac{0,57 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$
$$L_b = 0,81 \text{ m}$$

- Número de barras, Ec. 15:

$$N^* = \frac{b - W}{e_b + W}$$
$$N^* = \frac{(0,5 - 0,025)m}{(0,010 + 0,025)m}$$
$$N^* = 14 \text{ barras}$$

- Longitud sumergida de la barra, Ec. 16:

$$d_{max} = \frac{Q}{v * b}$$

$$d_{max} = \frac{0,01544 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s} * 0,5\text{m}}$$

$$d_{max} = 0,069 \text{ m}$$

➤ Para longitud, Ec. 17:

$$L_g = \frac{d_{max}}{\text{sen } \delta}$$

$$L_g = \frac{0,069 \text{ m}}{\text{sen } 45}$$

$$L_g = 0,098 \text{ m}$$

➤ Pérdida de carga, Figura 8.1 y Ec. 18:

$$h_c = \beta * \left(\frac{e}{W}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \text{sen } \emptyset$$

$$h_c = 1,79 * \left(\frac{0,010}{0,025}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0,45^2}{2(9,8)} * \text{sen } 45$$

$$h_c = 0,0039 \text{ m}$$

2.5.5 Cálculos para el diseño del sedimentador primario

➤ Cálculo del área superficial, Tabla 13-1 y Ec.20:

$$A_{sed} = \frac{Q}{V_c}$$

$$A_{sed} = \frac{55,58 \text{ m}^3/\text{h}}{2,0 \text{ m/h}}$$

$$A_{sed} = 27,79 \text{ m}^2$$

➤ El ancho del sedimentador, Ec. 24:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_n = \sqrt{\frac{27,79}{2}} m^2$$

$$A_n = 3,73 m$$

- El largo del sedimentador, Ec. 21:

$$L_g = \frac{A}{A_n}$$

$$L_g = \frac{27,79 m^2}{3,73 m}$$

$$L_g = 7,45 m$$

- Volumen del tanque, Ec. 25:

$$V_{sed} = L_g * A_n * h_{sed}$$

$$V_{sed} = 7,45 m * 3,73 m * 3,6 m$$

$$V_{sed} = 100,04 m^3$$

- Diámetro del sedimentador, Ec. 26:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{27,79 m^2}{\pi}}$$

$$\emptyset = 5,95 m$$

- Tiempo de retención hidráulica, Ec. 27:

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

$$TRH = \frac{100,04 \text{ m}^3}{55,58 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$TRH = 1,79 \text{ h}$$

- Para el área de sección transversal, Ec. 28:

$$A_t = \frac{V}{L_g}$$

$$A_t = \frac{100,04 \text{ m}^3}{7,45 \text{ m}}$$

$$A_t = 13,43 \text{ m}^2$$

- Velocidad de arrastre, Ec. 29:

$$V_h = [8K(s-1)\frac{gd}{f}]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_h = \left[\frac{8(0,05)(1,25-1)(9,8)(0,0001)}{0,025} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_h = 0,063 \text{ m/s}$$

- La velocidad de arrastre se puede comparar con la velocidad horizontal, Ec. 30:

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

$$V_h = \frac{0,01544 \text{ m}^3/\text{s}}{27,79 \text{ m}^2}$$

$$V_h = 0,000556 \text{ m/s}$$

La velocidad horizontal es considerablemente menor que la velocidad de arrastre. Por lo tanto, el material sedimentado no será re-suspendido.

- Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos, Tabla 19-1 y la Ec. 31:

$$R = \frac{T_{rh}}{a + bT_{rh}}$$

$$R = \frac{1,8 h}{0,0075 + (0,014)(1,8) h}$$

$$R = 55,05\%$$

2.5.6 Cálculos para el diseño de lodos activados

Para este sistema de tratamiento de AR utilizaremos datos de los valores según la Tabla 21-1 hasta la Tabla 24-1:

- Eficiencia (DB5 soluble), Ec. 32:

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} * 100$$

$$E = \frac{(0,308 - 0,037) \text{ kg/m}^3}{0,308 \text{ kg/m}^3} * 100$$

$$E = 87,99 \%$$

- Volumen del reactor, Ec. 31

$$V_r = \frac{\theta_c Q Y (S_o - S)}{X (1 + K_d \theta_c)}$$

$$V_r = \frac{20 d (1334,02 \text{ m}^3/d)(0,6 \text{ kg/kg}) (0,308 - 0,037) \text{ kg/m}^3}{4 \text{ kg/m}^3 (1 + (0,06 \text{ d}^{-1} * 20 d))}$$

$$V_r = 492,98 \text{ m}^3$$

Valores referenciales para el dimensionamiento del tanque: 8,3 m de ancho, 8,3 m de largo y 7,2 m de altura.

- Tiempo de retención hidráulica, Ec. 35:

$$TRH = \frac{V_r}{Q}$$

$$TRH = \frac{492,88 \text{ m}^3}{55,58 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$TRH = 8,87 \text{ h}$$

$$TRH = 0,37 \text{ d}$$

- La relación de alimento/microorganismo:

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o}{TRH * X}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{0,308 \text{ kg/m}^3}{0,37 \text{ d} * 4 \text{ kg/m}^3}$$

$$\frac{F}{M} = 0,21 \text{ d}^{-1}$$

- Producción de lodo

La producción observada, Ec. 37:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d + (\theta_o \text{ o } \theta_{ct})}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,6}{(1 + (0,06 \text{ d}^{-1} * 20 \text{ d}))}$$

$$Y_{obs} = 0,273 \text{ kg/kg}$$

- Producción de lodo diaria, Ec. 36:

$$P_X = Y_{obs} * Q * (S_o - S) * (10^3 \frac{\text{g}}{\text{Kg}})^{-1}$$

$$P_X = \left(0,273 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right) \left(1334,02 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right) \left(308 - 37 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) \left(0,001 \frac{\text{kg}}{\text{g}} \right)$$

$$P_x = 98,69 \text{ kg/d}$$

- La necesidad y transferencia de oxígeno, Ec. 38:

$$kg \frac{O_2}{d} = \frac{Q (S_o - S) * (10^3 \frac{g}{kg})^{-1}}{f_{conv}} - 1,42(P_x)$$

$$kg \frac{O_2}{d} = \frac{\left(1334,02 \frac{m^3}{d}\right) \left(308 - 37 \frac{g}{m^3}\right) \left(0,001 \frac{kg}{g}\right)}{0,45} - 1,42 \left(98,69 \frac{kg}{d}\right)$$

$$kg \frac{O_2}{d} = 663,24$$

- Aireación por difusores, Ec. 39:

$$P_w = \frac{W_{aire} R T_1}{8,41 e} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_w = \frac{(0,63)(8,314)(303)}{8,41 (0,705)} \left[\left(\frac{1,7}{0,95} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$P_w = 45 \text{ kW}$$

2.5.7 Cálculos para el diseño del sedimentador secundario

- Área del sedimentador, Tabla 25-1 y Ec 40:

$$A_{sedd} = \frac{Q}{C_s}$$

$$A_{sedd} = \frac{1334,02 \text{ m}^3/d}{32 \text{ m}^3/m^2 d}$$

$$A_{sedd} = 41,69 \text{ m}^2$$

- Diámetro del sedimentador, Ec. 41:

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * \frac{41,69 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$\emptyset = 7,29 \text{ m}$$

Tomando en consideración que el 25% del diámetro es el reparto central, Ec. 42:

$$R_{central} = \emptyset * 0,25$$

$$R_{central} = 7,29 \text{ m} * 0,25$$

$$R_{central} = 1,82 \text{ m}$$

Valores referenciales de la tabla 20, para determinar la profundidad del sedimentador, Ec. 43:

$$H_{reparto} = \frac{1}{4} * profundidad$$

$$H_{reparto} = \frac{1}{4} * 3,6$$

$$H_{reparto} = 0,9 \text{ m}$$

➤ La carga sobre el vertedero de salida, Ec. 44:

$$C_{vertedero} = \frac{Q}{\pi * \emptyset}$$

$$C_{vertedero} = \frac{0,01544 \text{ m}^3/s}{\pi * 7,29 \text{ m}}$$

$$C_{vertedero} = 0,000674 \text{ m}^2/s$$

➤ El ancho del sedimentador, Ec. 45:

$$A_n = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$A_n = \sqrt{\frac{41,69 \text{ m}^2}{2}}$$

$$A_n = 4,57 \text{ m}$$

- Largo del sedimentador, Ec. 46:

$$L_{sedd} = \frac{A}{A_n}$$

$$L_{sedd} = \frac{41,69 \text{ m}^2}{4,57 \text{ m}}$$

$$L_{sedd} = 9,12 \text{ m}$$

- Volumen del sedimentador, Ec. 47:

$$V = L_{sedd} * A_n * h$$

$$V = 9,12 \text{ m} * 4,57 \text{ m} * 3,6 \text{ m}$$

$$V = 150,04 \text{ m}^3$$

- Tiempo de retención hidráulica, Ec. 48:

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

$$TRH = \frac{150,04 \text{ m}^3}{55,58 \text{ m}^3/h}$$

$$TRH = 2,7 \text{ h}$$

- Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos, Ec. 31:

$$R = \frac{T_{rh}}{a + b T_{rh}}$$

$$R = \frac{2,7 \text{ h}}{0,0075 + 0,014(2,7)h}$$

$$R = 59,6 \%$$

2.5.8 Cálculos para el diseño del tanque de desinfección

- Peso requerido de desinfectante, Tabla 26-1 y Ec. 50:

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

$$D_d = \frac{1,6 + 1,4}{2}$$

$$D_d = 1,5 \text{ mg/L}$$

- Peso requerido del desinfectante, Ec. 49

$$P_d = Q * D_d$$

$$P_d = 15,44 \text{ L/s} * 1,5 \text{ mg/L}$$

$$P_d = 23,16 \text{ mg/s}$$

- Volumen del tanque donde se mezcla el hipoclorito de calcio, Ec. 51:

$$V = Q * Tr$$

$$V = 0,01544 \text{ m}^3/\text{s} * 1200 \text{ s}$$

$$V = 18,53 \text{ m}^3$$

- Altura del tanque, Ec. 52:

$$A_t = \frac{V}{L * A}$$

$$A_t = \frac{18,53 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m} * 2 \text{ m}}$$

$$A_t = 3,71 \text{ m}$$

- Volumen del tanque hipoclorador, Ec. 53:

$$V_H = \frac{P_{Cl}}{5 * C}$$

$$V_H = \frac{2 \text{ Kg}}{5 * 70} * 104,03 \text{ m}^3$$

$$V_H = 0,60 \text{ m}^3$$

2.5.9 Diseño del lecho de secado

Relación en gramos de sólidos suspendidos:

$$189 \text{ SS} \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1}{1175 \text{ hab}} * 1334,02 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 214,58 \text{ gSS/hab} * \text{ día}$$

➤ Carga de sólidos que ingresan al sedimentador, Ec. 54:

$$C = \frac{P_f * C_{pc}}{1000 \text{ g}}$$

$$C = \frac{1433 \text{ hab} * 214,58 (\text{gSS/hab} * \text{ día}) * \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$C = 307,49 \text{ KgSS/hab} * \text{ día}$$

➤ Masa de sólidos que conforman los lodos, Ec. 55:

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

$$M_{sd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 307,49 \text{ KgSS/hab} * \text{ día}) + (0,5 * 0,3 * 307,49 \text{ KgSS/hab} * \text{ día})$$

$$M_{sd} = 99,93 \text{ KgSS/hab} * \text{ día}$$

➤ Volumen diario de lodos digeridos, Ec. 56:

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\%sólidos}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = \frac{99,93 \text{ KgSS/hab} * \text{ día}}{1,04 \text{ Kg/L} * \left(\frac{10\%}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 960,87 \text{ L/día}$$

- Volumen a extraerse del tanque, Tabla 27-1 y Ec. 57:

$$V_{et} = \frac{V_{ld} * T}{1000}$$

$$V_{et} = \frac{960,87 \text{ L/día} * 55 \text{ días}}{1000 \text{ L}}$$

$$V_{et} = 52,85 \text{ m}^3$$

- Área del lecho de secado, Tabla 27-1 y Ec. 58:

$$A_{ls} = \frac{V_{et}}{H_{apl}}$$

$$A_{ls} = \frac{52,85 \text{ m}^3}{0,4 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 132,13 \text{ m}^2$$

Para obtener el área de cada lecho de secado, nos queda:

$$A_{lsind} = \frac{132,13 \text{ m}^2}{4}$$

$$A_{lsind} = 33,03 \text{ m}^2$$

Valores referenciales para el área aproximada del lecho individual:

$$A_{aproxls} = b * L$$

$$A_{aproxls} = 5,4 \text{ m} * 6,2 \text{ m}$$

$$A_{aproxls} = 33,48 \text{ m}^2$$

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presenta los resultados obtenidos en el proceso del diseño de un sistema de la planta de tratamiento para AR en la zona de descarga Jesús del Gran Poder, ubicada en el cantón Chambo, finalmente el afluente tendría como recorrido final al río Chambo, pero existe en este caso un taponamiento en la penúltima caja de revisión, por este motivo se da el desbordamiento del AR, provocando que la gente utilice tal agua para regadío a sus parcelas, en este punto se tomó las muestras en el horario de 6:00 am a 18:00 pm, para los análisis respectivos, obteniendo los siguiente resultados:

Tabla 56-3-: Resultados de la medición de los caudales (L/s)

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Semanal
6:00	1,370	1,362	1,329	1,435	1,311	1,380	1,456	
6:30	1,342	1,364	1,253	1,253	1,429	1,250	1,516	
7:00	1,352	1,309	1,366	1,289	1,279	1,352	1,382	
7:30	1,343	1,324	1,338	1,293	1,183	1,387	1,418	
8:00	1,351	1,275	1,254	1,194	1,203	1,093	1,282	
8:30	1,311	1,271	1,070	1,040	0,951	1,037	1,347	
9:00	1,276	1,289	1,183	1,246	1,270	1,114	1,328	
9:30	1,235	1,343	1,130	1,324	0,920	1,000	1,29	
10:00	1,162	1,162	1,103	1,176	0,944	1,064	1,321	
10:30	1,292	1,099	1,203	1,217	1,007	1,122	1,281	
11:00	1,329	1,132	0,844	1,323	1,170	0,999	1,209	
11:30	1,304	1,218	0,945	1,103	0,993	1,219	1,298	
12:00	1,342	1,183	1,068	1,243	1,090	1,243	1,477	
12:30	1,426	1,377	1,141	1,205	1,087	1,203	1,42	
13:00	1,333	1,382	1,375	1,238	1,217	1,477	1,363	
13:30	1,463	1,380	1,386	1,399	1,168	1,113	1,473	
14:00	1,279	1,406	1,205	0,836	1,233	1,184	1,359	
14:30	1,449	1,377	1,400	1,044	1,100	1,134	1,406	
15:00	1,324	1,149	1,216	1,294	1,217	1,086	1,284	
15:30	1,286	1,162	1,217	1,121	1,015	1,015	1,206	
16:00	1,367	1,119	1,194	1,189	1,037	1,015	1,202	
16:30	0,914	1,000	1,093	0,971	0,918	0,824	1,132	
17:00	1,317	1,020	1,017	1,004	0,966	0,915	1,131	
17:30	1,174	1,092	0,900	0,947	0,971	1,115	1,075	

18:00	1,25	0,868	0,915	1,054	0,928	1,154	1,03	
PROM.	1,304	1,227	1,166	1,178	1,104	1,14	1,307	8,426
MAX	1,463	1,406	1,400	1,435	1,429	1,477	1,516	10,126
MIN	0,914	0,868	0,9000	0,836	0,920	0,824	1,030	6,292

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

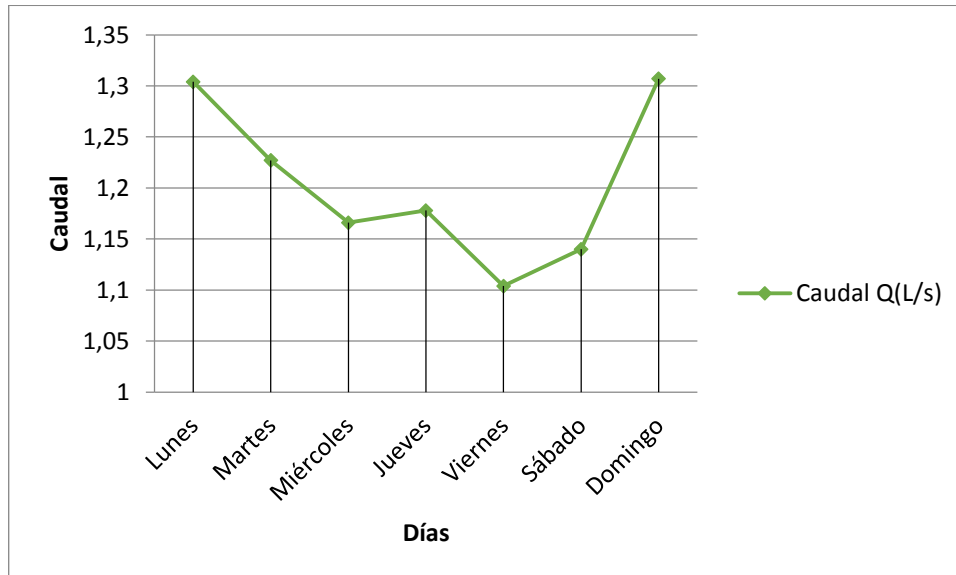


Figura 12-3: Gráfica de caudal semanal, zona de descarga Jesús del Gran Poder

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Se puede observar en la Tabla 45-3 y en la Fig. 11-3; la medición de los caudales diarios durante una semana y la gráfica del caudal semanal, respectivamente, quedándonos de la siguiente manera:

- Con un caudal máximo de 1,307 L/s, durante el día domingo en el horario de 6:00 am a 18:00pm.
- Con un caudal mínimo de 1,104 L/s, durante el día viernes en el horario de 6:00 am a 18:00pm.
- Con un caudal promedio semanal de 8,43 L/s, en el horario de 6:00 am a 18:00pm.

3.1 Población de diseño, zona de descarga Jesús del Gran Poder

Con una tasa de crecimiento de 1,33% y, un periodo de crecimiento para 15 años, se tiene:

Tabla 57-3: Resultado del cálculo de la población de diseño

Parámetro	Datos
P _f	1432,55 hab.

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.2 Caudal de diseño

Tabla 58-3: Resultado del cálculo de caudales de diseño

Parámetro	Resultado (L/s)
Caudal de infiltración	6
Caudal de conexiones erradas	1,4
Caudal de diseño	15,44

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.3 Resultados de los cálculos para el diseño del dimensionamiento de la planta de tratamiento para AR

3.3.1 Canal

Las dimensiones del canal tendrán 0,5 m de base; 0,6 m de altura, 1 m de longitud y un tirante de agua de 0,3 m.

El perímetro mojado es de 1,7 m; con un radio hidráulico de 0,176 m, para un caudal proyectado que pasará por el canal de 1334,02 m³/d; por lo que se requiere un gradiente hidráulico de 0.0005 m para que la velocidad a la que se transporta el fluido sea de 0.54 m/s.

3.3.2 Rejillas para el canal

Tabla 59-3: Resumen de dimensionamiento de las rejillas

Parámetro	Dimensión
*Ancho	0,5 m
*Profundidad	0,6 m
Separación entre barras	0,025 m

Pendiente en relación con la	45°
Velocidad de aproximación	0,54 m/s
Espesor de la barra	0,010 m
**Tipo de barra circular	1,79
Longitud de las barras	0,81 m
Número de barras	14
Nivel máximo de agua	0,57m
Longitud sumergida de la barrilla	0,069 m
Pérdida de carga de las rejillas	0,0039 m

Fuente: *METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales, 1995., ** Factores de forma β para secciones usuales de barras de rejillas

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.3.3 Resultados de los cálculos para el diseño del sedimentador primario

Tabla 60-3: Resultados de dimensionamiento del sedimentador primario

Parámetro	Dimensión
*a, h	0,02
*b	0,014
Área	27,79 m ²
Ancho	3,73 m
Largo	7,45 m
Volumen	100,04 m ³
Diámetro	5,95m
Tiempo de retención hidráulica	1,8 h
Área de la sección transversal	13,43 m ²
Velocidad de arrastre	0,063 m/s
Porcentaje de remoción de SS	55,05%

Fuente: * CRITES, R., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.3.4 Resultados de los cálculos para el diseño del sedimentador primario

Se utilizará el reactor de mezcla completa, por razones discutidas en el Cap. 2, con un caudal a tratar de 55,58 m³/h con los parámetros siguientes:

Tabla 61-3: Resultados de dimensionamiento del sistema de lodos activados

Parámetro	Dimensión
*Tiempo de retención celular θ_c	20 d
*Coeficiente de producción celular (Y)	0,6 kg/kg
*Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación (X)	4 kg/m ³
*Coeficiente de degradación endógena (kd)	0,06 d ⁻¹
Concentración de DBO del afluente (So)	0,308 kg/m ³
Concentración de DBO del efluente (S)	0,037 kg/m ³
Eficiencia basada en la DBO5 soluble	87,99%
Volumen del reactor (Vr)	100,04 m ³
Tiempo de retención hidráulico (Trh)	1,79 d
Relación Alimento/microorganismo F/M	0,21 d ⁻¹
Producción de lodo observada (Yobs)	0,273 kg/kg
Producción diaria de fango	98,69 kg/d
Necesidad de oxígeno	663,24 kg O ₂ /d
Potencia necesaria por los difusores (Pw)	45 Kw
Largo	8,3 m
Ancho	8,3 m
Altura	,2 m

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

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.3.5 Resultados de los cálculos para el diseño del sedimentador secundario

Tabla 62-3: Resumen de dimensionamiento del sedimentador secundario

Parámetro	Dimensión
Área	41,69 m ²
Diámetro	7,29 m
Reparto central	1,82 m
Altura del reparto	1 m

Carga de vertedero	0,000674 m ² /s
Ancho	2,04 m
Largo	9,12 m
Volumen	150,04 m ³
Tiempo de retención hidráulica	2,7 h
Remoción de sólidos suspendidos	59,6%

Fuente: Rodríguez W., 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.3.6 Resultados de los cálculos para el diseño del tanque de desinfección

Tabla 63-3: Resumen de dimensionamiento del tanque de desinfección

Parámetro	Dimensión
*Tiempo de almacenamiento	3-6 meses
Peso requerido del desinfectante	23,16 mg/s
Volumen del tanque de cloración	18,53 m ³
Largo del tanque	2,5 m
Ancho del tanque	3,71 m
Altura del tanque	3,71 m

Fuente: *Rodríguez Ayara, 2000

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.3.7 Resultados de los cálculos para el diseño del lecho de secado

Para el buen manejo de los lodos, se requiere de los siguientes parámetros:

Tabla 64-3: Resumen de dimensionamiento del lecho de secado

Parámetro	Dimensión
*Profundidad de aplicación de lodos	0,40 m
*Espesor de la capa de arena	0,20 m
*Espesor de la capa de grava	0,30 m
**Tiempo de digestión	55 días
Carga de sólidos que ingresan al sedimentador	307,49 KgSS/hab*día
Masa de sólidos que conforman el lodo	99,93 KgSS/hab*día

Volumen diario de lodos digeridos	960,87 L/día
Volumen a extraer del tanque	52,85 m ³
Área del lecho	132,13 m ²
Número de secadores	4
Área individual	33,03 m ²

Fuente: *Valores recomendados en la norma RAS 2000, ** OPS/CEPIS, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.4 Análisis y discusión de resultados

Para la caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos, de la zona de descarga Jesús del Gran Poder, cantón Chambo, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos, Facultad Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (pH, conductividad, turbiedad, D.Q.O, D.B.O.5, sólidos totales, sólidos suspendidos y sulfatos), laboratorios de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (aceites y grasas, nitrógeno total Kjeldahl y tensoactivos) y en el laboratorio de Servicios Analíticos-Químicos y Microbiológicos (coliformes fecales).

A continuación, se muestra los resultados del antes y del después del tratamiento, a nivel de laboratorio del agua residual doméstica, mediante el sistema de lodos activados, con esto se da cumplimiento según los límites permisibles, como se observa en la Tabla 65-3:

Tabla 65-3: Análisis físico – químicos y microbiológicos de los parámetros a considerar

Parámetros	Expresado como:	Unidad	*Antes del tratamiento	**Límites máximo permisible	***Después del tratamiento
Turbiedad		UNT	173,0		3,46
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	452,67	250	56
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	D.B.O.5	mg/L	382,33	100	37
Sólidos Suspendidos		mg/L	189	100	2
Aceites y		mg/L	22	0.3	0,2

Grasas					
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	1,8	0,5	0,3
Coliformes Fecales	Nmp/100ml	UFC/100ml	$2,2 \cdot 10^5$	Remoción > al 99%	>2(ausencia)

Fuente: * Laboratorio de Análisis Técnicos ESPOCH, **Anexo 1-Tabla 12 TULAS, ***Lab. UNACH, 2015

Realizado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.1 Disminución de D.B.O.5

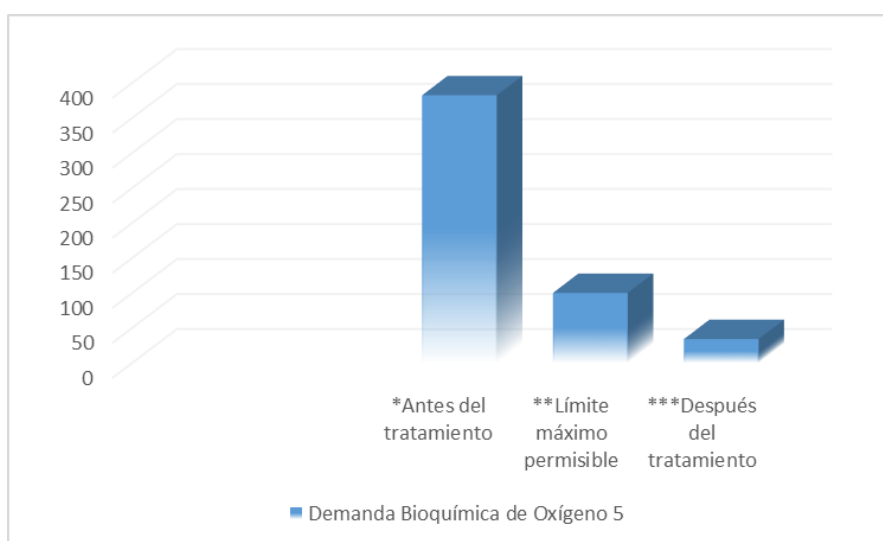


Figura 13-3: Gráfica de DBO5, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.2 Disminución de D.Q.O.

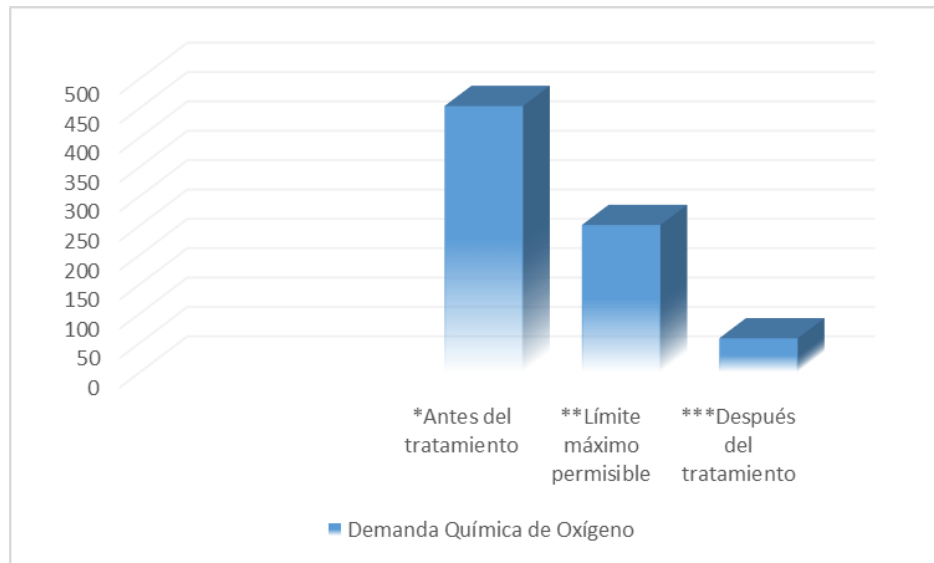


Figura 14-3: Gráfica de DQO, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.3 Disminución de la turbiedad

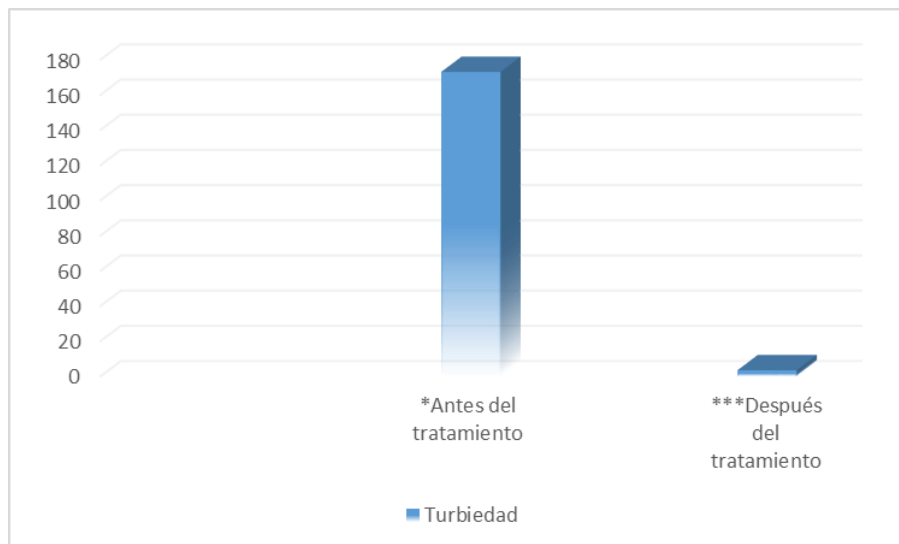


Figura 15-3: Gráfica de la turbiedad, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.4 Disminución de sólidos suspendidos



Figura 16-3: Gráfica de SS, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.5 Disminución de aceites y grasas

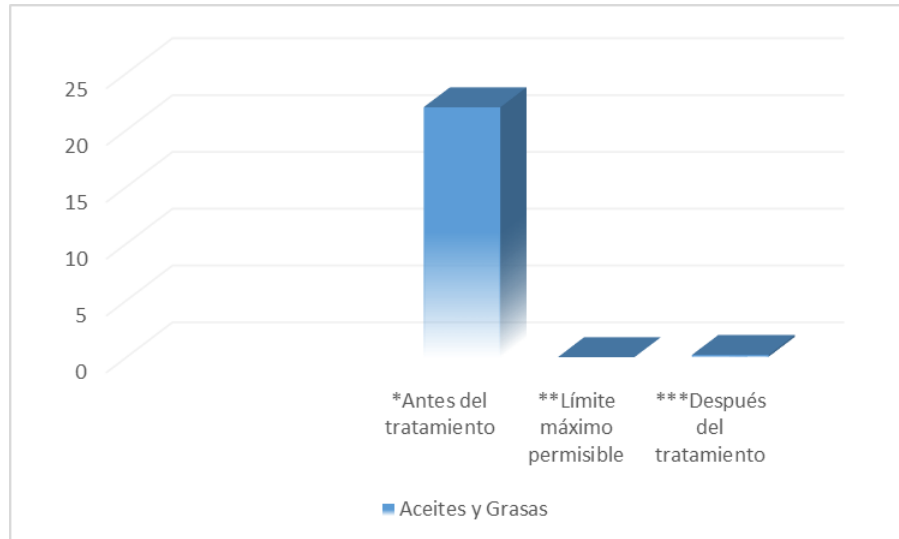


Figura 17-3: Gráfica de aceites y grasas, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.6 Disminución de tensoactivos

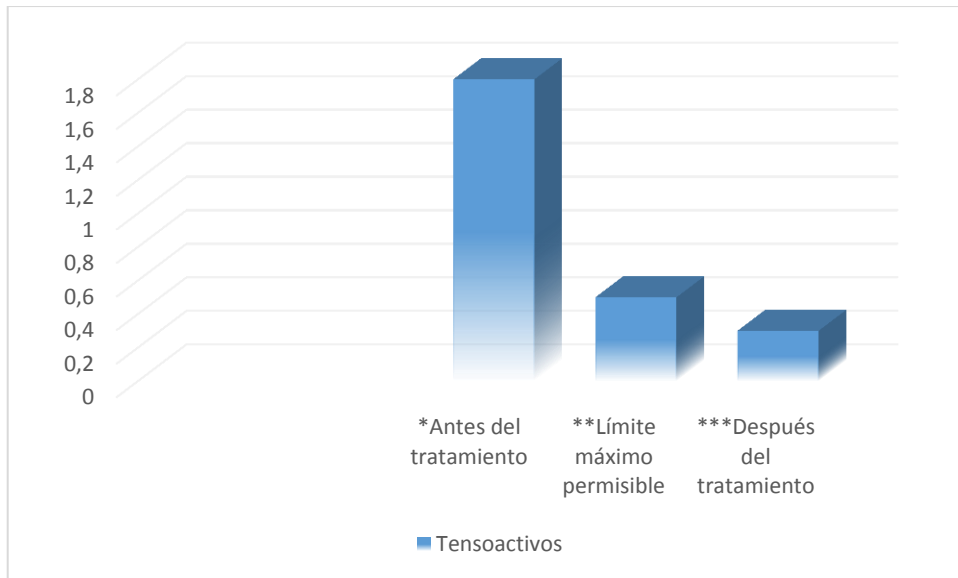


Figura 18-3: Gráfica de tensoactivos, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

3.4.7 Disminución de coliformes fecales

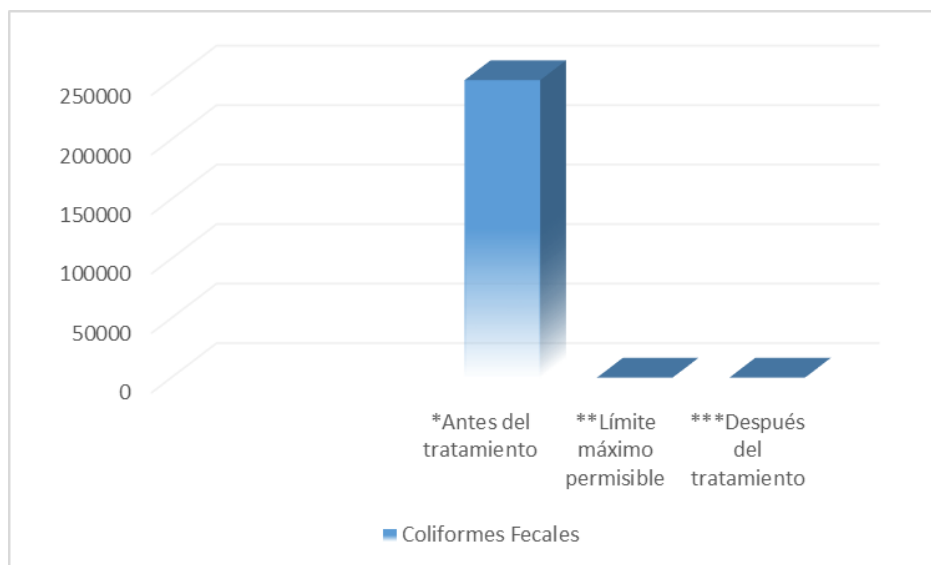


Figura 19-3: Gráfica de CF, antes y después del tratamiento

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1 Propuesta para la construcción del sistema de la planta de tratamiento para aguas residuales en la zona de descarga Jesús del Gran Poder-cantón Chambo

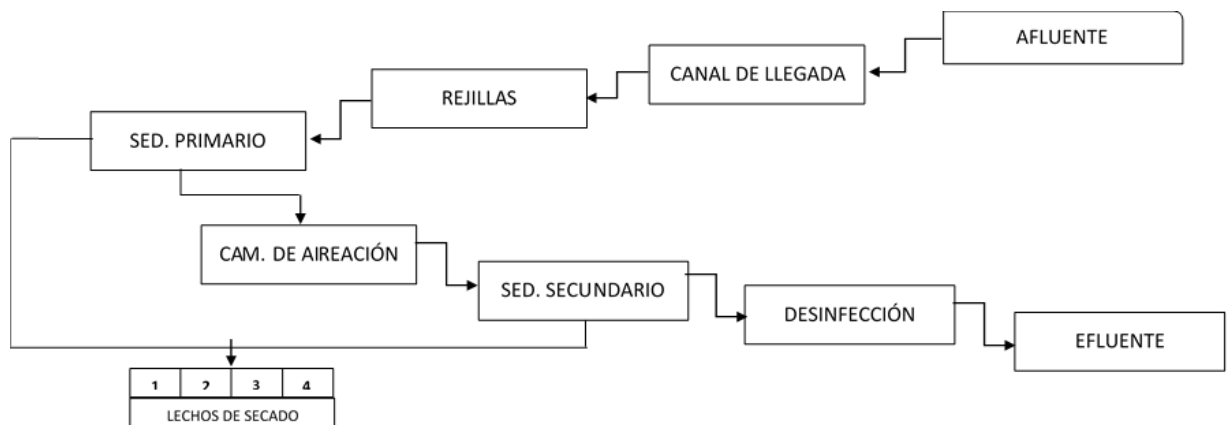


Figura 20-4: Diagrama propuesto para PTAR, Jesús del Gran Poder - cantón Chambo

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

Para cumplir con las normas de calidad del medio ambiente, límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12., reduciendo sus componentes a la mínima expresión y, que no contamine el río Chambo o subsuelos en la zona de descarga del barrio Jesús del Gran Poder, en el cantón Chambo, se propone el siguiente diseño de un sistema de tratamiento para aguas residuales:

- No existe un punto final del caudal, debido a un taponamiento, por esta razón, habrá que realizar las debidas correcciones para de esta manera tener en lugar exacto de la descarga, por ende se hace la propuesta del diseño de un canal para iniciar con el sistema de tratamiento, las dimensiones serán: el canal tendrá 0,5 m de base; 0,6 m de altura, 1 m de longitud y un tirante de agua de 0,3 m; el perímetro mojado será de 1,7 m; con un radio hidráulico de 0,176 m, para un caudal proyectado que pasará por el canal de 1334,02 m³/d; por lo que se requerirá un gradiente hidráulico de 0.0005 m para que la velocidad a la que se transporte el fluido sea de 0.54 m/s.

- El efluente pasará por unas rejillas que constarán de 14 barras, con una separación de 0,05m.
- La siguiente operación será el tanque sedimentador circular primario tomando en cuenta que será por gravedad el transporte del efluente, constará de las siguientes dimensiones para un caudal de 15,44 L/s a tratar: un área de 27,79 m², volumen de 100,04 m³, diámetro del sedimentador de 5,95 m y un ángulo de inclinación de 10° el cual facilitará la sedimentación en un tiempo de retención de 1,79 h; brindando una remoción de sólidos sedimentables del 55,05%.
- Pasando el afluente al tanque de aireación, aquí tendremos la oxidación de la materia orgánica con aireación extendida, quedándonos las dimensiones de la siguiente manera: altura de 7,2 m; largo de 8,3 m y una profundidad de 8,3 m; conociendo la eficiencia en base al DBO5 soluble 87,99%, con una capacidad de 492,88 m³, la aireación se realizará mediante difusores, con una potencia de 45kW, esto se justifica con la necesidad de oxígeno de 0,0983 kgO₂/d en un tiempo de residencia de 8,87 h, los demás valores son referenciales descritas en las tablas correspondientes.
- Pasando el afluente a un tanque sedimentador secundario con un área de 41,69 m² de diámetro 7,29 m; el cual tendrá un reparto central de 1,82 m y, un ángulo de inclinación de 15°, permitiendo de esta manera la remoción de sólidos sedimentables del 59,6%; finalmente en un tiempo de retención hidráulica de 2,7 h.
- Como último proceso en el sistema de tratamiento de la planta será la desinfección del agua tratada en un tanque de 3,71 m de alto; 3,71 m de profundidad y 2,5 m de largo, se utilizaría hipoclorito de calcio, una vez conocido el peso de 23,16 mg/s, con un volumen de 18,53 m³ en el tiempo de 1200 s.
- Como resultado secundario del sistema de la planta de tratamiento, tanto en el sedimentador primario y sedimentador secundario, tendríamos la producción de lodos o fangos de depuración, pudiendo ser utilizada como compost debido a su alto contenido en nutrientes y en la utilización de regeneración de terrenos ya que las aguas residuales son de origen doméstica.
- El proceso de secado se desarrollaría de manera natural, es decir sin la necesidad de la intervención por parte del operador, en el lecho estará diseñado con una profundidad de

aplicación de lodos de 0,40 m; espesor de la capa de arena y grava de: 0,20 y 0,30 m; respectivamente, para una carga de sólidos de 307,49 KgSS/hab*día, se extraerá un volumen de 52,85 m³ del tanque sedimentador, pasando 2 meses aproximadamente del tiempo de secado, alternando en cada uno de los 4 lechos, para posteriormente ser retirado dando paso a una nueva carga.

4.2 Costos aproximados de la propuesta

A continuación, se detallan los presupuestos por cada uno de los procesos para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en la zona de descarga Jesús del Gran Poder:

Tabla 66-4: Presupuesto para la ejecución de la planta

Unidad	Detalle	Costo (\$)
Canal		
1	Canal de hormigón	250,00
Rejillas		
1	Rejillas manuales con 14 barras de acero inoxidable	100,00
Sedimentador primario		
1	Sedimentador circular de hormigón	2000,00
Tanque de aireación		
1	Cámara de aireación	8000,00
Sedimentador secundario		
1	Sedimentador circular secundario de hormigón	2500,00
Tanque de desinfección		
1	Tanque de desinfección	1000,00
Lechos de secado		
4	Lechos 33,03 m ² c.u.	2000,00
Accesorios		
1	Válvula de compuerta	80,00
2	Motor 0,5 Hp	1500,00
8	Difusores de aire en forma de domo	2000,00

1	Compresor industrial de aire de 10HP	3000,00
	Codos, válvulas de globo, uniones	120,00
Mano de obra		
4	Construcción de la Planta	3000,00
1	Gastos varios	2000,00
Desinfección		
66,6 Kg/ mes	Hipoclorito de calcio	199,8
Subtotal		
12%	IVA	3329,98
5%	FISCALIZACIÓN EXTERNA	1387,5
Total		32467,28

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

- El costo de 1,00 Kg de hipoclorito de calcio se encuentra en el mercado a \$3,00
- El costo de 2,22 Kg/día de hipoclorito de calcio, será de \$6,66
- El costo de 66,6 Kg/mes de hipoclorito de calcio, será de \$199,8
- El costo de 799,2 Kg/año de hipoclorito de calcio, será de \$2397,6

Costo promedio de la inversión para la construcción de la Planta de Tratamiento en la zona de descarga Jesús del Gran Poder es: **32467,28 dólares.**

Se necesitará un operador para la planta y sistema de tratamiento, el cual controlará el proceso completo, sus principales funciones serán:

- Añadir el hipoclorito de calcio, el cuál sirve como desinfectante y desodorizante del agua tratada, de esta manera eliminando microorganismos patógenos.

- Inspeccionar y supervisar las condiciones de funcionamiento de los equipos y detectar las fallas de los mismos.
- Recoger y hacer los análisis respectivos de las muestras de aguas residuales, haciendo uso de los equipos de ensayo y normas estándares de análisis, para su respectiva comparación de los rangos máximos y mínimos.

El área total requerida para la construcción de la planta será de 300 m² aproximadamente, área que si es disponible en la zona de descarga Jesús del Gran Poder.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual está diseñada para un caudal de diseño de 15,44 L/s; funcionará a través de un sistema por gravedad, debido a que la superficie de la zona de descarga es pendiente al Río Chambo.

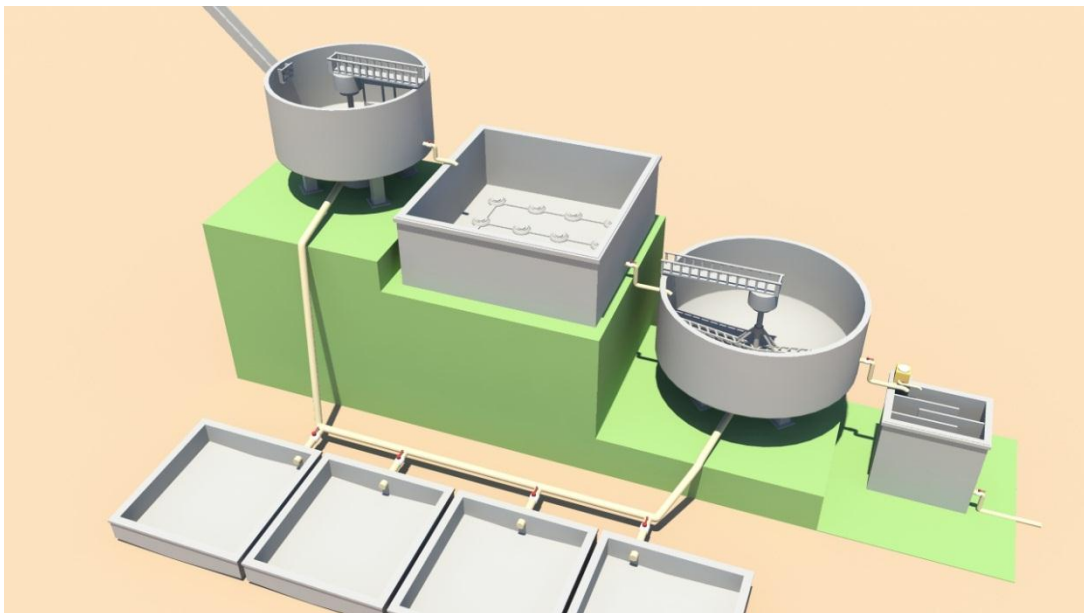


Figura 21-4: Sistema por gravedad para PTAR, Jesús del Gran Poder - cantón Chambo

Elaborado por: Rodríguez, W., 2015

CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Cantón Chambo - Provincia de Chimborazo, fundamentada en el proceso de lodos activados, haciendo uso de la aireación expandida y para esto se utilizará el reactor de mezcla completa, como resultado del proceso se obtienen lodos, para el cual se diseñó un lecho de lodos, el cual será de secado natural y remoción manual, se adjunta el plano en el Anexo K.
- Se realizó el diagnóstico inicial mediante la caracterización físico-química y microbiológico; obteniendo como resultados: olor gris y un olor a huevos podridos; potencial hidrógeno 7 Und, conductividad 920 μ Siems/cm, turbiedad 173 UNT, DQO 452,64 mg/L, DBO5 382,33 mg/L, sólidos totales 1123,33 mg/L, sólidos suspendidos 189 mg/L, sulfatos 107,33 mg/L, aceites y grasas 22mg/L, nitrógeno total Kjeldahl 9,7 mg/L, tensoactivos 1,8 mg/L y coliformes fecales $2,2 \times 10^5$ UFC/100ml, respectivamente
- Se identificó los parámetros fuera de la norma a considerar para el tratamiento, los cuales son: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días, Sólidos Suspendidos, Aceites y Grasas, Turbidez, Tensoactivos y Coliformes Fecales; conforme a los límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12.
- Se determinaron las variables del proceso adecuadas, para el diseño del sistema de Aguas Residuales como son: Demanda Química de Oxígeno 250 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días 382,33 mg/L, Sólidos Suspendidos 189 mg/L, Aceites y Grasas 22 mg/L, Tensoactivos 1,8 mg/L y Coliformes Fecales $2,2 \times 10^5$ UFC/100ml; conforme a los límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12.
- Se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento a base de cálculos ingenieriles, para dar cumplimiento a los parámetros que están fuera de los límites permisibles, el sistema consta de: Canal de llegada al Sistema de Rejillas, Sedimentador Circular Primario, Tanque de Lodos Activados-Cámara de Aireación, Sedimentador Circular Secundario, Tanque de Desinfección, Lechos de Secado Natural, como se muestra en el Anexo L.
- Se validó los parámetros de caracterización físicos, químicos y microbiológicos, del agua residual tratada, quedando conforme a los límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce, TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12, en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo, como se indica en el Anexo F.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al GADM Chambo, antes de la ejecución del proyecto propuesto se evalúe la factibilidad y que los caudales no tengan variaciones considerables, en caso de existir diferenciaciones, los encargados deberán tomar las respectivas medidas necesarias a fin de que la planta tenga los resultados esperados.
- Las rejillas son de limpieza manual, por ende, se recomienda limpiar en cuanto el operador de la planta pueda observar una cantidad considerable de materia de los sólidos que inicie a obstruir el paso del agua residual al siguiente proceso, llevando estos sólidos a un lugar adecuado.
- La calidad del lodo activado para uso como compost dependerá de la naturaleza de los compuestos de la materia de donde se genere el agua residual, un residuo con baja cantidad de nitrógeno estimulará al crecimiento de hongos, con esto habrá una sedimentación pobre y por ende una baja eficiencia en la remoción de DBQ5, por lo que recomienda estar en permanente análisis del agua residual antes de ingresar a la planta.
- La extracción de lodos se realizará de acuerdo al tiempo de diseño, cada 55 días, por esta razón se diseñó 4 lechos de secado natural para que no exista una saturación y para que el operador vaya alternando según la disposición, el lodo no se extraerá en su totalidad de los sedimentadores circulares primario y secundario.

BIBLIOGRAFÍA

- **AGUAS DE PROCESO Y RESIDUALES.** *Sistema de lodos activados / Demanda Bioquímica de Oxígeno / Tensioactivos / Parámetros bacteriológicos.* Riobamba/Chimborazo. [Consulta: 14 agosto 2015]. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&dq=tratamiento+de+aguas+residuales+AIREACION&hl=es&sa=X&ved=0CC4Q6AEwAGoVChMIkqr_ taSkyAIVBSceCh2L5Qez#v=onepage&q=tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20AIREACION&f=false
- **AGUAS RESIDUALES.** *Aguas residuales.* Riobamba/Chimborazo. [Consulta: 13 septiembre 2015]. Disponible en:
<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/026578/tomo1/026578-01.pdf>
- **ALLENDE., A.,** *Manual de tratamiento de aguas residuales.,* 2ª ed., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría., La Habana – Cuba., 1994., pp. 200- 246.
- **Berrones, D, & Zúñiga, M.,** *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia Sibambe* (Tesis pregrado). [en línea] Ingeniería Química., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. p. 64 [Consulta: 12 agosto 2015]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3200/96T00234.pdf?sequence=1>
- **CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.** *Caracterización física, química y microbiológica.* Riobamba/Chimborazo. [Consulta:15 agosto 2015] Disponible en:
<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>
- **CRITES., R., & TCHOBANOGLOUS., G.,** *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones.,* 3ª ed., Bogotá – Colombia., McGraw Hill., 2000., pp. 21, 33, 42-44, 46-48.
- **ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE.,** Texto Unificado de Legislación Ambiental., 2 a ed., Quito – Ecuador., pp. 330 - 333
- **ECUADOR., SUBSECRETARIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL., ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS.,** Normas para Estudio y Diseño de

Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes., Décima Parte (X)., Quito – Ecuador., 1992., pp. 344 – 345 – 346

- **EPA.** *Ventajas y desventajas del uso del cloro.* Riobamba/Chimborazo. [Consulta: 19 agosto 2015] Disponible en:
http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf
- **GADM CHAMBO.** *Antecedentes.* Chambo/Chimborazo. [Consulta: 21 agosto 2015] Disponible en:
[http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0660001680001/PDyOT/19062013_123409_PDyOT%20Chambo%20Consolidado%20Final%20\(Sin%20fotos\)2.pdf](http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/0660001680001/PDyOT/19062013_123409_PDyOT%20Chambo%20Consolidado%20Final%20(Sin%20fotos)2.pdf)
- **MERCADO, I.,** *La electrocoagulación, una nueva alternativa para el Tratamiento de aguas residuales.*, 1ª. ed., Editores Asociados Técnicos., Bogotá - Colombia., 2005., Pp. 26, 72.
- **METCALF., & EDDY.,** *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización.*, 3ª ed., Madrid – España., McGraw-Hill., 1995., pp. 95-102, 508 – 515, 538– 551, 555 – 557, 605 – 682.
- **RAMALHO., R.,** *Tratamiento de Aguas Residuales.*, 2ª ed., Reverté S.A., Sevilla – España., 2003., pp. 78-88
- **ROMERO., J.,** *Tratamiento de Aguas Residuales.*, 3ª ed., Bogotá – Colombia., Alfaomega., 2002., pp. 67 – 71 – 74 – 223 – 706 – 707.
- **ROJAS., R.,** *Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales.*, CEPIS/OPS – OMS. Curso internacional: “Gestión integral de tratamiento de aguas residuales”., 3ª ed., Lima – Perú., Pp. 19-35
- **VALDEZ., & VAZQUEZ.,** *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales.*, 2ª ed., México D F. – México., Fundación ICA., 2003., pp. 37-57

ANEXO A. TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehidos		mg/l	2.0
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
Cloro activo	Cl ⁻	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	Nmp/100ml		*Remoción > al 99.9%
Color real	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)	D. B. O ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D. Q. O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0

Continuación ...

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo Total	P	mg/l	10
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	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Niquel	Ni	mg/l	2.0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10.0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0.05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Sedimentables		mg/l	1.0
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	100
Sólidos Totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃ ⁻²	mg/l	2.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0
Vanadio		mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	5.0

*Aquellos regulados con descarga de coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.

*La apreciación del color se estima sobre 10cm de muestra diluida.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO - PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
TULAS Libro VI, Anexo I, Tabla 12 Límites de descarga de aguas a un cuerpo de agua dulce	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA WILSON RODRÍGUEZ	Lámina	Escala	Fecha

ANEXO B. NTE INEN 2176:1998



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 01.05-203
CCLL: 614.777-620.113
CIRL: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química WILSON RODRÍGUEZ	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			Lámina	Escala	Fecha
Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo	Por aprobar Por revisar Para información				

ANEXO C. CPE INEN 5



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

CÓDIGO DE PRACTICA ECUATORIANO

**CPE INEN 5
Parte 9-1:1992**

CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C.

**NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE
AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES
PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES**

Primera Edición

EQUATORIAN BUILDING CODE. PLUMBING DESIGN: DESIGN OF RUNNING WATER SUPPLY SYSTEMS, EXCRETA
AND LIQUID RESIDUES FOR POPULATION OVER 1000 INHABITANTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, calidad del agua, agua potable, aguas servidas, abastecimiento agua potable,
disposición de excretas y residuos líquidos en área rural.

CO: 01.05-603


CDU: 628.1

CRU: 4205-6000

ICS: 13.090.20-13.090.30



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química WILSON RODRÍGUEZ	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			Lámina	Escala	Fecha
Código ecuatoriano de la construcción	Por aprobar Por revisar Para información				

ANEXO D. Examen microbiológico inicial



SAQMIC
Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA CÓDIGO 348-15

CLIENTE: Sr. Marcelo Rodríguez		TELÉFONO:	
DIRECCIÓN: Ciudadela Los Olivos			
TIPO DE MUESTRA: Agua residual			
FECHA DE RECEPCIÓN: 16 de junio del 2015			
FECHA DE MUESTREO: 16 de junio del 2015			
EXAMEN FÍSICO			
COLOR: Amarillenta			
OLOR: Desagradable			
ASPECTO: Presencia de sólidos			
PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	2000	2,2 x 10 ⁵
TULAS , libro VI del texto unificado 2014			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 16 de junio del 2015			
FECHA DE ENTREGA: 18 de junio del 2015			
RESPONSABLES:			
 Dra. Gina Álvarez R.		 Dra. Fabiola Villa	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			Lámina	Escala	Fecha
Examen microbiológico inicial	Por aprobar Por revisar Para información	Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química WILSON RODRÍGUEZ			

ANEXO E. Informe de análisis de la caracterización del agua residual a tratar

ESPOCH

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Wilson Rodríguez

Fecha de Análisis: 15-06-2015

Fecha de Entrega de Resultados: 23-06-2015

Tipo de muestras 3: Agua Residual Doméstica por Tratar

Localidad: Descarga Jesús del Gran Poder - Cantón Chambo

Código LAT/100-15

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.23
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1100
Turbiedad	UNT	2130-B		200
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	480
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	459
Sulfatos	mg/L	4500- SO4-B	1000	118
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540-D	100	198
Sólidos Totales	mg/L	2540-A	1600	980

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

**TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.





Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química WILSON RODRÍGUEZ	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			Lámina	Escala	Fecha
Análisis químico	Por aprobar Por revisar Para información				

ANEXO F. Informe de análisis de la caracterización del agua residual tratada

LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE I.E.C 12-006

N° SE: 069 - 15

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Sr. Wilson Rodríguez **INFORME N°:** 069 - 15
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **N° SE:** 069 - 15
DIRECCIÓN: Cda. Los Olivos

TELÉFONO: 0987695194 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 15 - 09 - 15
FECHA DE INFORME: 21 - 09 - 15

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua Residual Doméstica Tratada **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 110 -15 Jesús del Gran Poder, Chambo Agua

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


RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 110-15

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANALISIS
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	3,46	N/A	15 - 09 - 15
* Sólidos Suspendedos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 D	2	N/A	15 - 09 - 15
* Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	< 2 (Ausencia)	N/A	15 - 09 - 15
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	34	N/A	15 - 09 - 15
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	57	+/- 10 %	15 - 09 - 15
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	0,2	N/A	15 - 09 - 15
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C mod	0,3	N/A	15 - 09 - 15

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

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.



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

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
 - Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.
 - Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

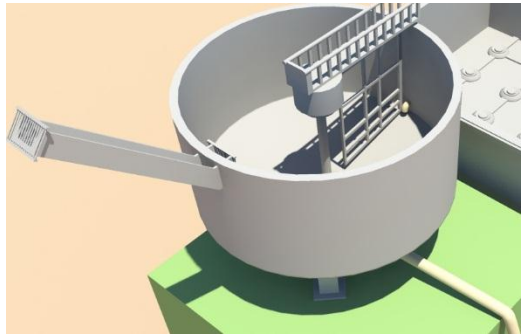
FMC2101-01

Página 1 de 1

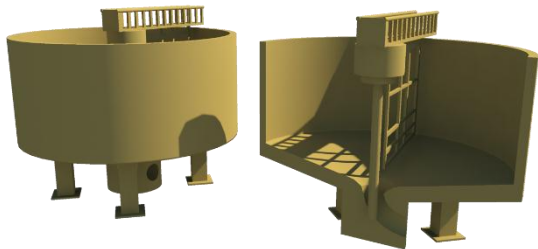
L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química WILSON RODRÍGUEZ	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO - PROVINCIA DE CHIMBORAZO		
			Lámina	Escala	Fecha
Análisis químico	Por aprobar Por revisar Para información				

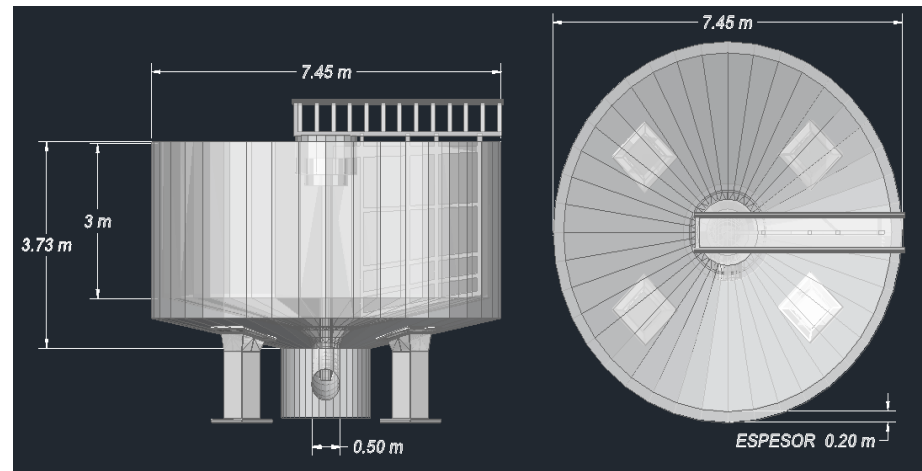
ANEXO G. Vista, tanque sedimentador circular primario



b)

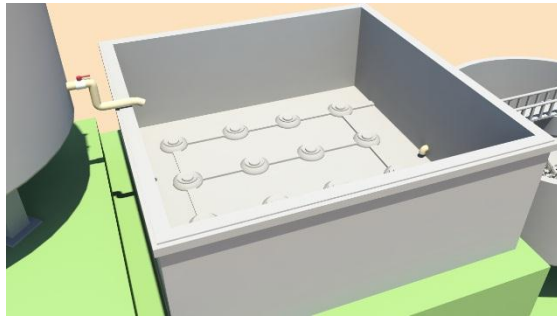


b)

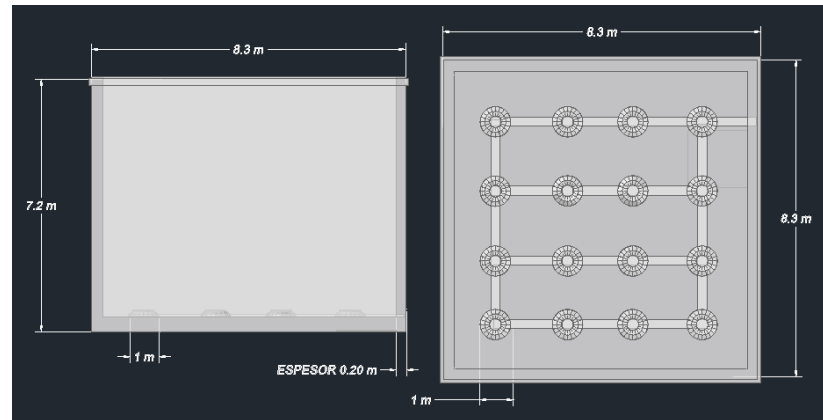


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA WILSON RODRÍGUEZ</p>	SEDIEMNTADOR CIRCULAR PRIMARIO		
a) Vista general y corte b) Cotas	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lámina	Escala	Fecha

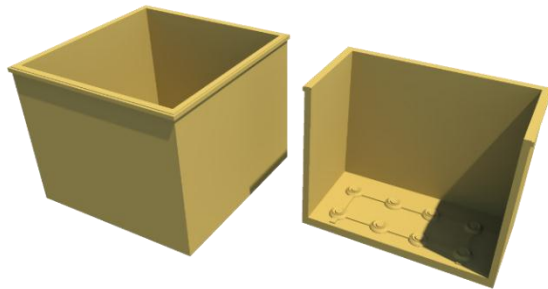
ANEXO J. Vista, cámara de aireación



c)

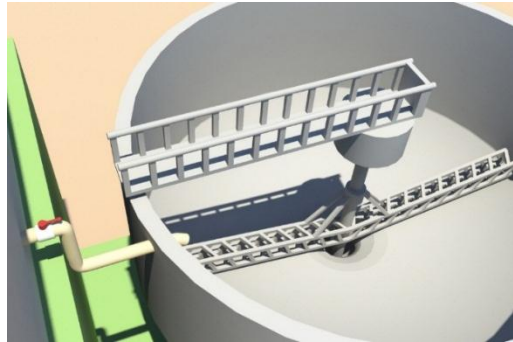


e)

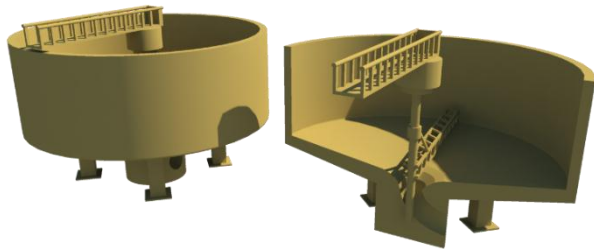


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	CÁMARA DE AIREACIÓN		
c) Vista general y corte	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA WILSON RODRÍGUEZ	Lámina	Escala	Fecha
d) Cotas	<input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado				

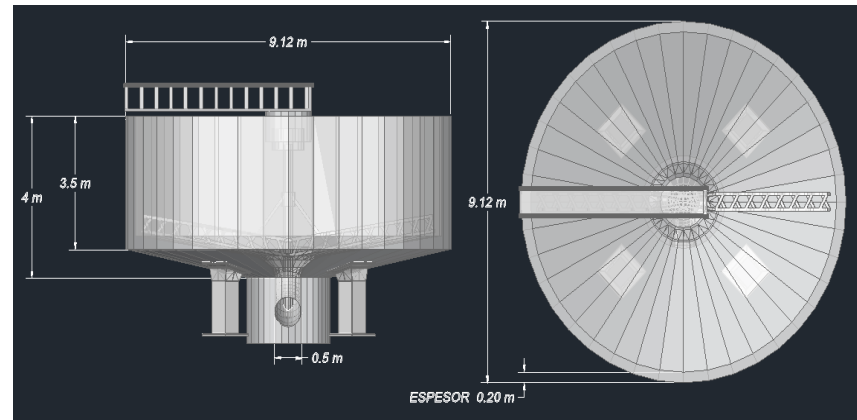
ANEXO M. Vista, tanque sedimentador circular secundario



i)

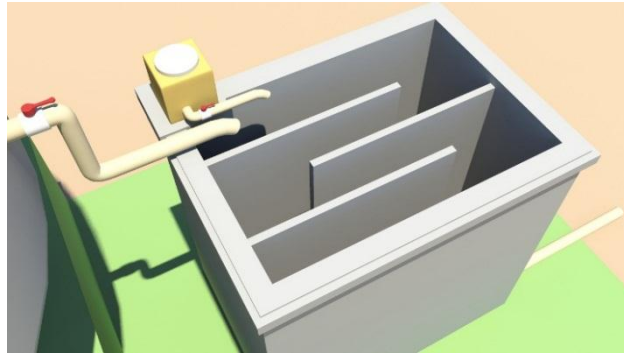


g)

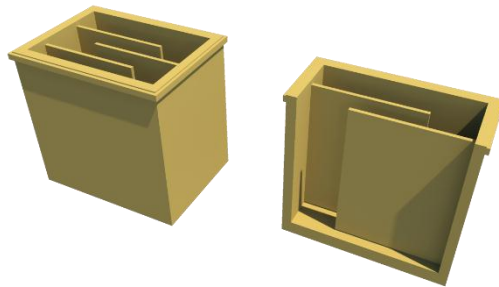


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	SEDIEMNTADOR CIRCULAR SECUNDARIO		
e) Vista general y corte	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA WILSON RODRÍGUEZ	Lámina	Escala	Fecha
f) Cotas	<input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado				

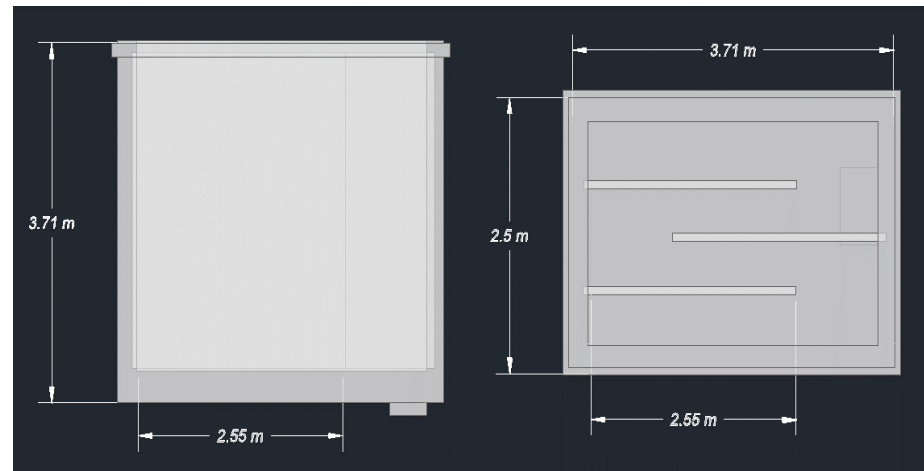
ANEXO P. Vista, tanque de desinfección



m)

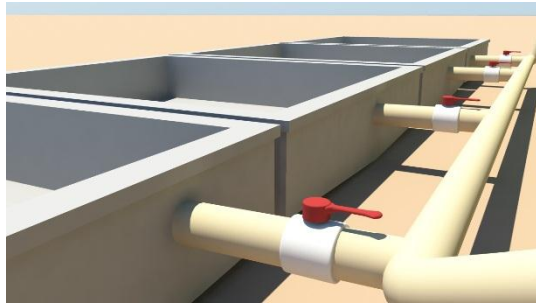


k)

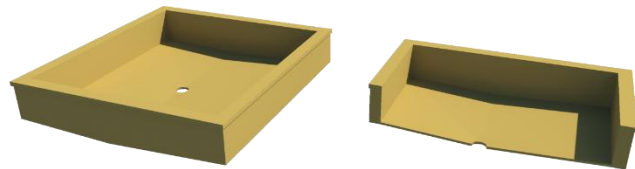


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	TANQUE DE DESINFECCIÓN		
g) Vista general y corte	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA WILSON RODRÍGUEZ			
h) Cotas	<input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lámina	Escala	Fecha

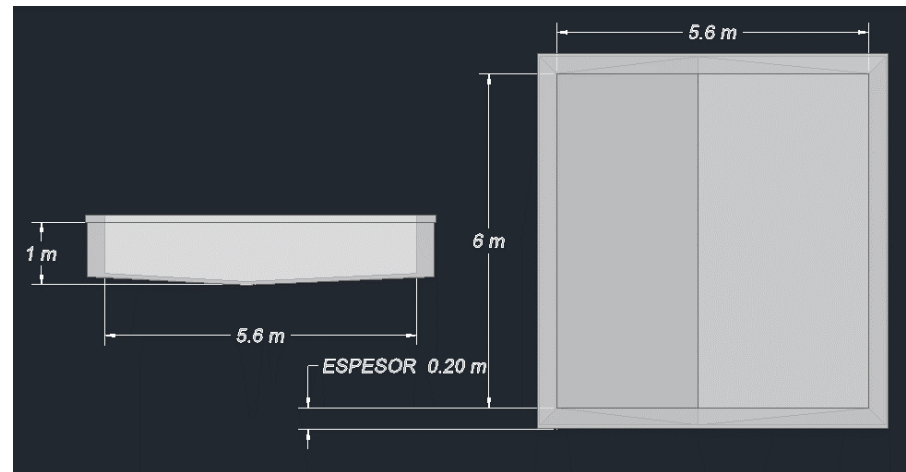
ANEXO S. Vista, lecho de secado natural



i)

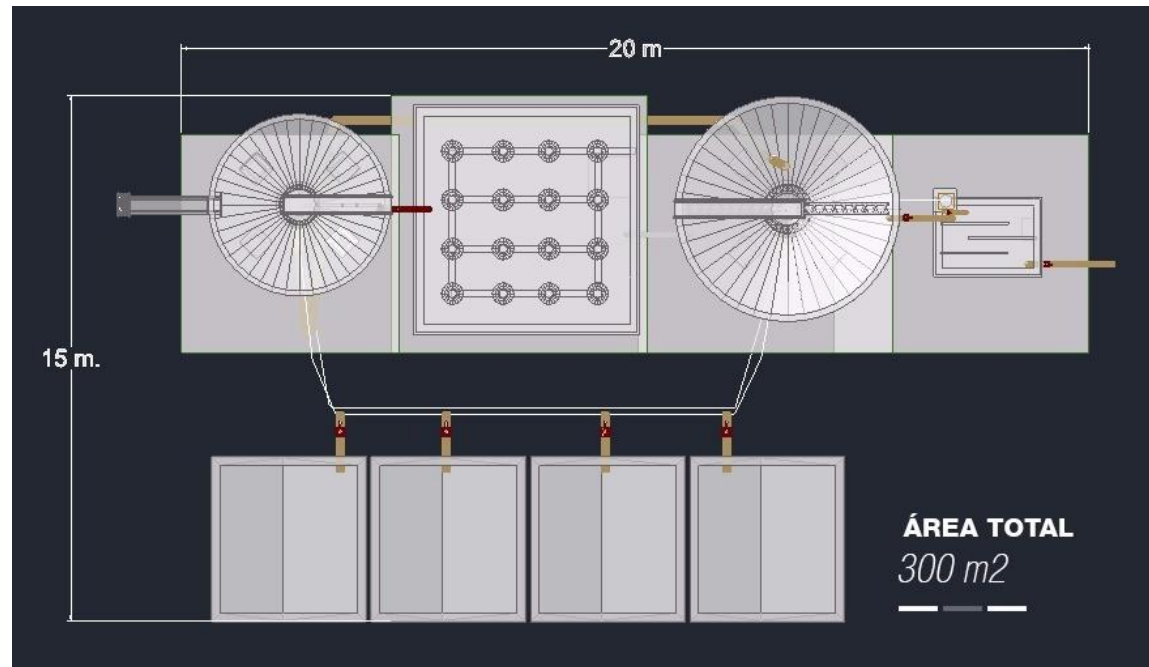


j)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH			
i) Vista general y corte	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA WILSON RODRÍGUEZ	LECHO DE SECADO NATURAL		
j) Cotas	<input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado		Lámina	Escala	Fecha

ANEXO V. Vista, planta propuesta



<p>NOTAS</p> <p>VISTA DE LA PLANTA PROPUESTA</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar</p> <p><input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado</p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>WILSON RODRÍGUEZ</p>	<p>DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CANTÓN CHAMBO – PROVINCIA DE CHIMBORAZO</p>		
			Lámina	Escala	Fecha