



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA
EMPRESA TEIMSA-AMBATO”**

FREIRE ESPÍN PABLO ANDRÉS

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Junio, 25 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FREIRE ESPÍN PABLO ANDRÉS

Titulada:

**“ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA TEIMSA-AMBATO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pacífico Riofrío
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Geovanny Novillo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FREIRE ESPÍN PABLO ANDRÉS

TÍTULO DE LA TESIS: “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA TEIMSA-AMBATO”

Fecha de Examinación: Junio, 25 de 2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno R.(PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Pacífico Riofrío (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Geovanny Novillo (ASESOR) (Ausente)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Pablo Andrés Freire Espín

AGRADECIMIENTO

A la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH, por su alto nivel académico impartido a lo largo de la carrera.

Al Ing. Pacífico Riofrío, que en calidad de Director de Tesis, fue la guía académica segura para que un proyecto de este nivel llegue a feliz término.

Al Dr. Víctor Robalino, Gerente de Planta de TEIMSA, por su apoyo incondicional en el montaje y evaluación de la planta en la Empresa.

Al Ing. Xavier Caicedo, Gerente Administrativo de TEIMSA, por su confianza brindada para la culminación de este proyecto.

Pablo Andrés Freire

DEDICATORIA

A Dios, por haber hecho posible este importante logro académico.

A mis padres: Rodrigo y Wilma, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

Pablo Andrés Freire

CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación del problema.....	1
1.3 Justificación técnico, económica y ambiental.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Tratamiento de aguas residuales. Introducción.....	4
2.2 Clasificación de tratamientos de aguas residuales industriales.....	5
2.2.1 Tratamiento primarios (Tratamientos físicos).....	7
2.2.1.1 Separación de grandes sólidos (Pozo de gruesos).....	7
2.2.1.2 Desbaste (rejillas).....	9
2.2.1.3 Tamizado.....	10
2.2.1.4 Sedimentación.....	12
2.2.1.5 Desaceitado-desengrasado.....	13
2.2.1.6 Homogenización y neutralización.....	15
2.2.1.7 Pre aireación	21
2.2.2 Tratamiento secundarios (Tratamientos biológicos)	23
2.2.2.1 Introducción.....	23
2.2.2.2 Procesos biológicos aerobios.....	24
2.2.2.3 Procesos biológicos anaerobios.....	28
2.2.3 Tratamiento terciario (Tratamiento avanzado).....	39
2.2.3.1 Eliminación de sólidos en suspensión.....	39
2.2.3.2 Adsorción en carbón activado.....	40
2.2.3.3 Intercambio iónico.....	42
2.2.3.4 Ósmosis inversa.....	43
2.2.3.5 Electrodiálisis.....	46
2.2.3.6 Cloración.....	48
2.2.3.7 Ozonización	49

3.	PARÁMETROS Y EVALUACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	50
3.1	Introducción.....	50
3.2.1	Características del agua residual.....	51
3.2.1	Parámetros físicos.....	51
3.2.1.1	Sólidos.....	51
3.2.1.2	Temperatura.....	52
3.2.1.3	Olor.....	53
3.2.1.4	Densidad.....	53
3.2.1.5	Color.....	54
3.2.1.6	Turbiedad.....	55
3.2.2	Parámetros químicos.....	55
3.2.2.1	pH.....	55
3.2.2.2	Demanda teórica de oxígeno (DTeO).....	56
3.2.2.3	Demanda química de oxígeno (DQO).....	56
3.2.2.4	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	57
3.2.2.5	Metales, no metales.....	57
3.2.2.6	Tensoactivos.....	64
3.2.3	Parámetros biológicos.....	64
3.2.3.1	Bacterias.....	64
3.2.3.2	Algas.....	65
3.2.3.3	Hongos.....	66
3.2.3.4	Virus.....	66
3.3.	Manejo de normativa ecuatoriana NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DE DESCARGA DE EFLUENTES: Recurso agua. Presidencia de la República.....	67
3.3.1	Introducción.....	67
3.3.2	Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.....	67
3.3.3	Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.....	71
3.3.4	Criterios de calidad para aguas de uso industrial.....	73
3.3.5	Normas generales para la descarga de efluentes tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.....	73
3.3.6	Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público...	77
3.3.7	Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce.....	82

3.4	Evaluación del agua a la entrada y salida del tratamiento.....	87
4.	ELECCIÓN DEL MODELO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	92
4.1	Determinación de los parámetros del sistema.....	92
4.2	Operación y mantenimiento.....	97
4.3	Arranque del sistema de tratamiento.....	99
5.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA LA EMPRESA TEIMSA	101
5.1	Introducción.....	101
5.2	Procedimiento de análisis y evaluación.....	101
5.2.1	Identificación de los procesos de tratamiento.....	101
5.2.1.1	Tratamiento primario.....	103
5.2.1.2	Tratamiento secundario.....	104
5.2.1.3	Tratamiento terciario.....	104
5.2.1.4	Manejo de lodos.....	105
5.2.2	Comparación de equipos recibidos-ofertados.....	107
5.2.3	Análisis hidráulico.....	117
5.2.3.1	Caudal de paso en TK-1.....	118
5.2.3.2	Sistema de comunicación TK-1-TK-2.....	119
5.2.3.3	Caudal de paso en TK-2.....	126
5.2.3.4	Sistema de comunicación TK-2 - TK-3.....	128
5.2.3.5	Caudal de paso en TK-3.....	129
5.2.3.6	Sistema de comunicación TK-3 - TK-4.....	133
5.2.3.7	Caudal de paso en TK-4	134
5.2.3.8.	Sistema de comunicación TK-3 – TK-2.....	135
5.2.3.9	Sistema de comunicación TK-4 – TK-5.....	143
5.2.3.10	Caudal de paso en TK-5.....	150
5.2.3.11	Sistema de comunicación TK-5 – TK-6.....	154
5.2.3.12	Caudal de paso en TK-6	155
5.2.3.13	Sistema de comunicación TK-6 – salida.....	156
5.2.4	Análisis energético de los equipos.....	164
5.2.4.1	Motor blower.....	164

5.2.4.2	Motor bomba alimentación tanque biológico.....	165
5.2.4.3	Motor bomba recirculación de lodos.....	165
5.2.4.4	Motor flash mixer.....	165
5.2.4.5	Motor clarificador HRSC-1.....	166
5.2.4.6	Motor clarificador HRSC-2	166
5.2.4.7	Motor bomba 4-5.....	166
5.2.4.8	Motor bomba 6-7.....	167
5.2.4.9	Electrocoagulador.....	167
5.2.5	Comparación con el valor de energía ofertado.....	169
5.2.6	Análisis de costos de la planta.....	169
5.2.6.1	Costos directos.....	169
5.2.6.2	Costos indirectos.....	172
5.2.6.3	Costos totales.....	173
5.2.6.4	Costos operativos de la planta de tratamiento.....	173
6.	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	175
6.1	Introducción.....	175
6.2	Factores ambientales afectados.....	175
6.2.1	Suelo	175
6.2.2	Entorno ambiental.....	175
6.2.3	Desechos sólidos.....	175
6.3	Estudio de los procesos contaminantes.....	175
6.4	Valoración de impactos.....	177
6.4.1	Elaboración de Matriz de Leopold.....	177
6.1.4.1	Identificación tipos de contaminantes.....	177
6.1.4.2	Valoración de los procesos afectantes.....	177
6.5	Plan de mitigación ambiental.....	182
6.5.1	Programa de control de lodos.....	182
6.5.2	Programa de control de ruidos.....	184
6.5.3	Programa de control de desechos sólidos (pelusas).....	184
7.	PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	185
7.1	Identificación de equipos.....	185

7.2	Checklist de actividades diarias.....	186
7.3	Tablas registros control de bombas.....	187
7.4	Matriz de mantenimiento preventivo.....	191
7.4.1	Consideraciones.....	191
7.4.1.1	Jefatura de mantenimiento.....	191
7.4.1.2	Ingeniero mecánico.....	191
7.4.1.3	Ingeniero eléctrico.....	191
CAPÍTULO VIII.....		198
8	Conclusiones y recomendaciones.....	198
8.1	Conclusiones.....	198
8.2	Recomendaciones.....	199

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Tipos de aguas residuales por su acidez o alcalinidad.....	18
2	Parámetros de operación típicos en procesos de fangos activados.....	26
3	Condiciones de operación para distintos reactores anaerobios.....	35
4	Propiedades de típicas resinas ácidas.....	43
5	Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	67
6	Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego.....	69
7	Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.....	71
8	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	78
9	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	84
10	Límites máximos permisibles del agua para uso agrícola.....	88
11	Límites máximos permisibles del agua para uso pecuario.	89
12	Límites máximos permisibles del agua para descarga agua dulce..... ..	90
13	Límites máximos permisibles del agua para descarga alcantarillado.....	91
14	Evaluación de 4 sistemas de tratamiento de aguas.....	95
15	Parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.....	96
16	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Rejillas manuales.....	107
17	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Filtro motorizado.....	107
18	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Motor de blower.....	108
19	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Blower.....	108
20	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Difusores de burbuja fina...	108
21	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de ácido.	109
22	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Tanque de ácido.....	109
23	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de alimentación tanque biológico.....	109
24	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de recirculación de lodos.....	110
25	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Mecanismo de clarificador secundario.....	110
26	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Inversor para blower.....	110
27	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Medidor oxígeno disuelto...	111
28	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Inversor para bombas de	

	alimentación.....	111
29	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Electrocoagulador.....	111
30	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de vacío.....	112
31	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de limpieza de electrocoagulación.....	112
32	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba limpieza ácido.....	112
33	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Dosificación de polímero.....	113
34	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Flash mixer.....	113
35	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Clarificador HRSC.....	114
36	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de alimentación para el reactorEC.....	114
37	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de alimentación para el filtro de arena.	115
38	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Filtro de arena.....	115
39	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Controlador de pH.....	115
40	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Controlador de nivel.....	116
41	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Controlador indicador de temperatura.....	116
42	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de diafragma operada por Aire.....	116
43	Valoración equipos ofertados-recibidos.- Filtro prensa.....	117
44	Tubería succión bomba 1-2.....	120
45	Accesorios succión bomba 1-2.....	121
46	Tubería descarga bomba 1-2	122
47	Accesorios descarga bomba 1-2	123
48	Tubería succión bomba 3-2.....	136
49	Accesorios succión bomba 3-2.....	137
50	Tubería descarga bomba 3-2.....	138
51	Accesorios descarga bomba 3-2	140
52	Tubería succión bomba 4-5.....	144
53	Accesorios succión bomba 4-5.....	145
54	Tubería descarga bomba 4-5.....	146
55	Accesorios descarga bomba 4-5	147
56	Tubería succión bomba 6-7.....	158

57	Accesorios succión bomba 6-7.....	158
58	Tubería descarga bomba 6-7.....	160
59	Accesorios descarga bomba 6-7	161
60	Resumen consumo energético equipos-Teimsa.....	169
61	Detalle de costos de materiales-equipos.....	169
62	Costos de mano de obra.....	170
63	Resumen costos por herramientas.....	170
64	Resumen costos de transporte.....	171
65	Resumen costos directos totales.....	171
66	Resumen costos indirectos.....	172
67	Resumen costos totales.....	172
68	Costos operativos ofertados-Teimsa.....	173
69	Costos operativos reales-Teimsa.....	174
70	Tabla valoración de agentes contaminantes en PTAR-Teimsa.....	173
71	Valores de importancia para cuantificación de impactos ambientales	177
72	Identificación del tipo de factor afectante.....	178
73	Asignación cuantitativa de los factores afectantes.....	179
74	Referencial afectación completa de los factores afectantes.....	180
75	Clasificación y valoración de impactos.....	181
76	Evaluación factor afectante ruido.....	181
77	Evaluación factor afectante desechos sólidos.....	182
78	Evaluación factor afectante desechos sólidos (pelusas).....	182
79	Ficha control de manejo de lodos.....	183
80	Checklist de actividades diarias.....	186
81	Registros control bombas B-12-1 y B-12-2.....	187
82	Registros control bombas B-32-1 y B-32-2.....	188
83	Registros control bombas B-45-1 y B-45-2.....	189
84	Registros control bombas B-67-1 y B-67-2.....	190
85	Matriz de mantenimiento preventivo planta de tratamiento de efluentes Teimsa.....	192

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Secuencia de procesos de tratamiento.....	6
2	Diagrama explicativo de los procesos de tratamiento.....	6
3	Diagrama del pozo de gruesos.....	8
4	Cuchara bivalva.....	8
5	Rejilla para desbaste	9
6	Tamiz de malla inclinada con forma de cuña	10
7	Tamiz de tambor rotatorio.....	11
8	Tamiz de disco rotatorio	11
9	Zonificación de un sedimentador.....	13
10	Esquema del desengrasador.....	16
11	Unidad en línea.....	18
12	Unidad en derivación.....	18
13	Diagrama ejemplo diseño tanque homogenización.....	17
14	Difusores de aire.....	22
15	Proceso de fangos activados.....	24
16	Proceso biológico de contacto-estabilización.	26
17	Diagrama de operación típico de un filtro percolador.....	27
18	Esquema de la ruta de degradación anaerobia.....	30
19	Reactor anaerobio de contacto	32
20	Reactor UASB.	33
21	Reactor anaerobio de lecho fluidizado.	34
22	Proceso de combinación del nitrógeno.....	36
23	Proceso biológico de nitrificación-desnitrificación.	37
24	Canal de oxidación.	38
25	Proceso biológico Bardenpho modificado.....	39
26	Carbón Activado	40
27	Mecanismo de ósmosis y ósmosis inversa.....	44
28	Diagrama explicativo de la ósmosis inversa.....	45
29	Diagrama de un sistema tubular para un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante ósmosis inversa.....	46
30	Diagrama de una celda de electrodiálisis	47
31	Características a evaluarse en las aguas residuales	50

32	Clasificación de rango de tamaño de partículas en el agua.....	52
33	Procesos tratamiento aguas-Teimsa.....	102
34	Sistema de corrección de PH.....	103
35	Esquema circuito electrocoagulación.....	104
36	Dibujo filtro prensa.....	106
37	Esquema del trayecto del agua	117
38	Esquema caudal de paso a través de TK-1.....	118
39	Diagrama dimensional TK-1.....	118
40	Esquema sistema de bombeo TK1- TK-2	119
41	Datos placa motor bomba 1-2.....	125
42	Esquema paso agua a través de TK-2	127
43	Dimensional del TK-2.....	127
44	Esquema paso de agua TK-2 – TK-3	128
45	Esquema paso de agua a través de TK-3	130
46	Diagrama TK-3	130
47	Parte ancha TK-3	131
48	Parte angosta TK-3.....	132
49	Tubería de conducción TK-3 – TK-4.....	133
50	Caudal de paso en tanque TK-4	134
51	Sistema de bombeo retorno de lodos.....	135
52	Datos placa motor bomba 3-2.....	141
53	Sistema de comunicación TK-4 - TK-5.....	143
54	Datos placa motor bomba 4-5.....	149
55	Caudal de paso en el clarificador TK-5.....	151
56	Diagrama TK-5.....	151
57	Parte ancha TK-5.....	152
58	Parte angosta TK-5.....	153
59	Sistema de comunicación TK-5 – TK-6.....	154
60	Caudal de paso en el TK-6	155
61	Caudal de paso TK-6 – Salida	156
62	Datos placa motor bomba 6-7.....	163
63	Proceso para control de manejo de lodos.....	183
64	Proceso para control de ruidos.....	184

LISTA DE ABREVIACIONES

INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización	
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno	
DQO	Demanda química de oxígeno	
UASB	UpflowAnaerobicSludgeBlanket lodos anaeróbicos ascendente)	(Manto de
TEIMSA	Textiles Industriales Ambateños S.A.	

LISTA DE ANEXOS

- A** Ordenamiento de los procesos de tratamiento de aguas residuales
- B** Diagrama de procesos planta de tratamiento
- C** Dibujo vista superior planta de tratamiento
- D** Diagrama 3D planta de tratamiento
- E** Diagrama rejilla motorizada
- F** Identificación tanques planta
- G** Norma de calidad-descarga de efluentes, recurso agua. Libro VI Anexo 1.
Presidencia de la República. Ministerio de Ambiente

RESUMEN

Se ha realizado el análisis y evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales textiles provenientes del proceso de tinturado, en la empresa TEIMSA, ubicada en la ciudad de Ambato.

Se realizó un estudio preliminar acerca de los procesos de tratamiento existentes, también fue necesario levantar un registro de comparación acerca de los límites permisibles de los diversos contaminantes que tiene el agua.

Antes de iniciar con la operación normal de la planta, se elaboraron parámetros de verificación de la misma que consistían en, verificación de equipos ofertados por parte de la empresa proveedora del sistema, verificación del sistema hidráulico de la planta de tratamiento, análisis de consumo de energía y verificación de los costos operativos de la planta.

Se verificó que la planta cumplía los parámetros hidráulicos de funcionamiento, pero no cumplió los parámetros de costos operativos, debido especialmente a un exceso en el consumo de energía. Tampoco se recibieron algunos equipos conforme a lo ofertado. El presente estudio aporta con un registro para el comprador de estas diferencias. También se elaboró un procedimiento para realizar mantenimiento a la planta de tratamiento.

Se concluye del presente, es importante realizar previamente una revisión de los contaminantes que una planta de tratamiento ofertada es capaz de remover, sus parámetros de funcionamiento (hidráulicos, energéticos), así como el cumplimiento de los costos operativos que la misma exige diariamente.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En el campo Industrial ecuatoriano, el ingeniero Mecánico tiene por misión fundamental llevar a cabo los proyectos industriales que satisfagan las necesidades de las empresas. Esta misión radica en implementar nuevas tecnologías, las mismas que se fundamentan en los principios Mecánicos de la hidráulica, la transferencia de calor, la ciencia de los materiales, entre otros.

Desde hace tiempo atrás, el gobierno ecuatoriano ha expresado su preocupación por la regulación ambiental, y ha iniciado una legislación para el control de la contaminación que realizan las fábricas (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes. Presidencia de la República).

Es entonces cuando surge la iniciativa tecnológica de Ingeniería Mecánica, que tiene al alcance el diseño de maquinaria industrial, el dimensionamiento de espacios necesarios para diseñar e instalar un sistema de bombeo, almacenaje y procesamiento de aguas residuales para una empresa.

Ya que el proceso de tratamiento de aguas residuales depende en gran parte de la aplicación de los sistemas de bombeo, del dimensionamiento de la capacidad de almacenaje de reservorios, de la dosificación uniforme de sustancias, es prioridad fundamental del Ingeniero Mecánico desarrollar este tipo de proyectos tecnológicos que van en beneficio del sector industrial ecuatoriano.

1.2 Situación del problema

Debido a la normativa ecuatoriana de no enviar agua con agentes contaminantes a la naturaleza, TEIMSA se encuentra en un problema a analizar, que es el de realizar un análisis correcto de los mejores sistemas de tratamiento e agua que puedan haber para tratar el agua del proceso de tinturado.

Una vez seleccionadas las alternativas de tratamiento, era necesario determinar qué tan eficiente es una planta de tratamiento determinada respecto a la eliminación de agentes

contaminantes. Para esto, la normativa local establece cuáles son los límites permisibles de los contaminantes que puedan haber en el agua.

Para el normal funcionamiento de la planta, aparece otro aspecto a considerar, que es el de un correcto mantenimiento de los equipos para garantizar la vida útil de la planta que se vaya a adquirir.

Los costos de operación de la planta son un parámetro importante a verificar en una planta de tratamiento, ya que pueden variar respecto a la carga contaminante, horas de operación diaria. Es necesaria la evaluación de los costos para verificar que los mismos estén acordes a lo ofertado por el Vendedor

1.3 Justificación técnica, económica y ambiental

El proyecto ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA EMPRESA TEIMSA-AMBATO presenta las siguientes justificaciones:

1.3.1 Justificación técnica. Es necesario desarrollar este tema para tratamiento residual de aguas ya que las empresas ecuatorianas cada vez más requieren la implementación de estos sistemas para sus instalaciones industriales, y en este caso, el proyecto puede encontrar un campo fértil para el desarrollo industrial dentro del campo del tratamiento de aguas.

1.3.2 Justificación económica. La implementación de este sistema supone una alternativa económica viable en el ahorro del agua, la misma que se puede reutilizar en los procesos industriales, y de este modo se evita el gasto permanente del recurso hídrico agua. Y si se desea liberar el agua tratada, retornará al ambiente purificada y libre de toda contaminación.

1.3.3 Justificación ambiental. Este proyecto de tesis toma como principal fundamento la conservación del medio ambiente y las iniciativas y regulaciones medioambientales que las entidades de control empiezan a priorizar para los sistemas que producen residuos que causan daño al medio ambiente. La producción de agua limpia es una alternativa tecnológica muy importante para nuestro entorno local, y es a la vez una tendencia global de la cultura de conservación para la renovación del medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.* Realizar el respectivo análisis y evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa Teimsa, ubicada en Ambato.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar los procesos involucrados en el tratamiento de aguas.
- Realizar la comprobación técnica de operatividad de los equipos.
- Acoplarse a la tecnología Ofertada del tratamiento de aguas.
- Evaluar las características necesarias que debe tener el agua tratada.
- Realizar un estudio económico que muestre el costo operativo del tratamiento de aguas.

CAPÍTULO II

1. MARCO TEÓRICO

2.1 Tratamiento de aguas residuales. Introducción

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, *Agua para todos, agua para la vida* (marzo 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km³ / año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³ / año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles. [1]

El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, y tiene valor económico, social y ambiental. Cada ciudadano, cada empresa, ha de tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la tercera pata del progreso, la protección del Medio Ambiente.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

La comunidad internacional ha reconocido en múltiples foros el importante papel que juega el agua en un sistema sostenible de desarrollo industrial a largo plazo. La Agenda 21, surgida de las conversaciones de Río 92, concluye en el capítulo 30 que las políticas y operaciones comerciales e industriales pueden desempeñar un papel decisivo en la conservación medioambiental y el mantenimiento de los recursos si se

incrementala eficacia de los procesos de producción y se adoptan tecnologías y procedimientoslimpios, reduciendo al mínimo, e incluso evitando, los deshechos.

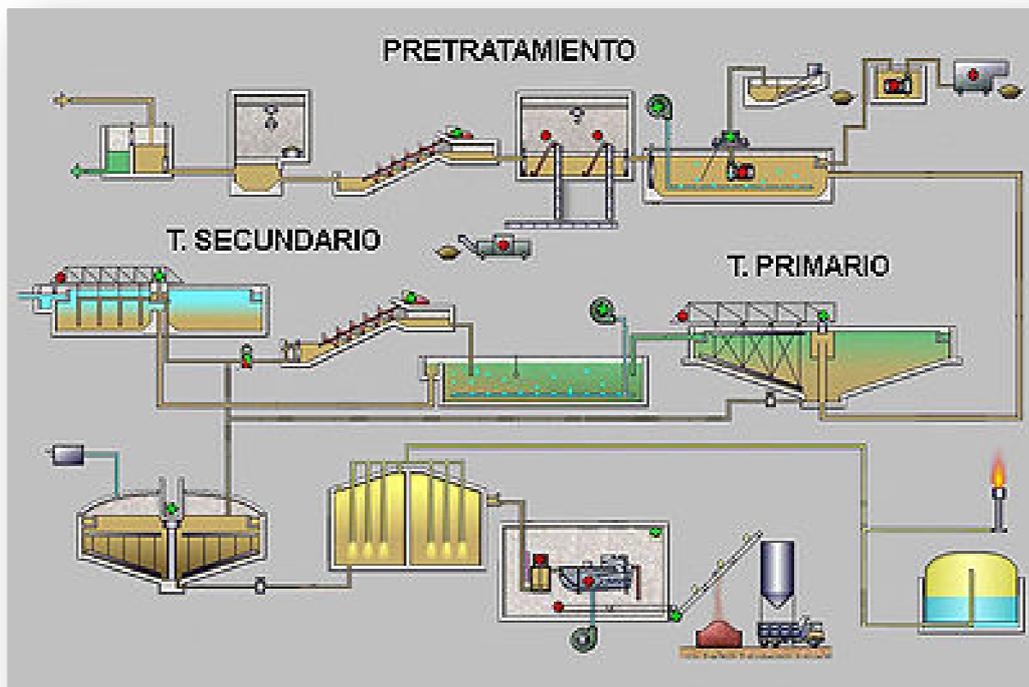
Por su parte, el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002 alienta a la industria a desarrollar su función social estableciendo sistemas de ordenación ambiental, códigos de conducta, medidas de certificación y publicación de informes sobre cuestiones ambientales y sociales. Un año más tarde, la Declaración Ministerial del Tercer Foro Mundial del Agua reunido en Kyoto propone recaudar fondos siguiendo criterios de recuperación de costes que se adapten alas condiciones climáticas, medioambientales y sociales del lugar, así como el principio de “*contaminador paga*”.

2.2 Clasificación de tratamientos de aguas residuales industriales

Es importante dar a conocer que el agua residual empieza a pasar por el Tratamiento primario, luego pasa por el Tratamiento secundario, después finaliza con el Tratamiento terciario. Es fundamental conocer el siguiente aspecto de diseño: los procesos que se seleccionarán para tratar el agua residual de una determinada localización o industria se ponderarán en base a la capacidad de reducción de agentes contaminantes de cada proceso específico. No hay que construir todos los procesos de tratamiento en una planta, sino aquellos que eliminen los contaminantes requeridos para la localidad o industria. Por ejemplo, no tiene sentido construir un proceso primario (Pozo de gruesos), en una industria que produce agua residual coloreada, ya que ésta no contiene sólidos gruesos, sino únicamente agua con colorante.

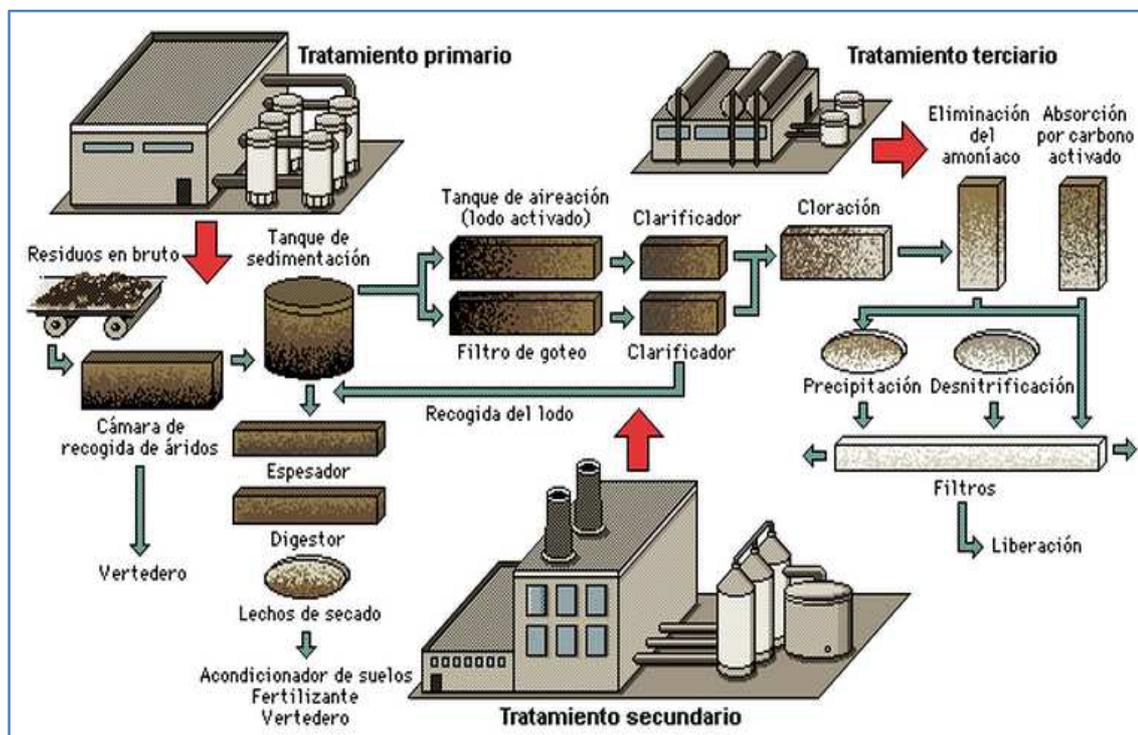
A continuación presentamos el siguiente esquema de la secuencia de los procesos:

Figura 1. Secuencia de procesos de tratamiento



Fuente: Procesos de tratamiento de aguas residuales. es.wikipedia.org (2012)

Figura 2. Diagrama explicativo de los procesos de tratamiento



Fuente: Procesos de tratamiento de aguas residuales. monografias.com (2012)

2.2.1 Tratamientos primarios (Tratamientos físicos). Todos los materiales que llegan a la alcantarilla y de esta a la planta de tratamiento de aguas residuales, si no son eliminados eficazmente, pueden producir serias averías en los equipos. Las piedras, arena, latas, etc. Producen un gran desgaste de las tuberías y de las conducciones así como de las bombas.

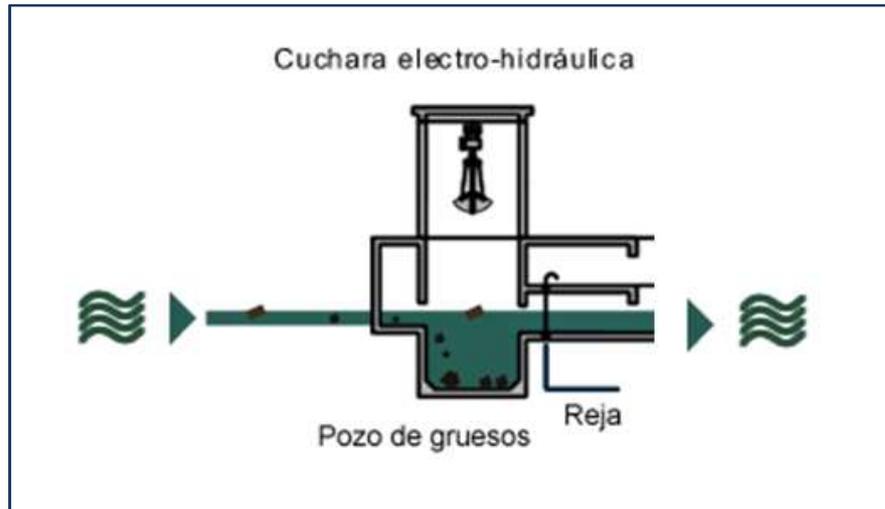
A la planta también llegan aceites y grasas de todo tipo, si estas grasas y aceites no son eliminados en el pre tratamiento, hace que nuestro tratamiento biológico se ralentice y el rendimiento de dicho tratamiento decaiga, obteniendo un efluente de baja calidad.

Con todo lo anterior expuesto, podemos ver la importancia del pre tratamiento, escatimar medios o esfuerzos en esta parte de la planta, es bajar rendimiento de todo la planta, aunque tuviera el mejor proceso biológico.

2.2.1.1 Separación de grandes sólidos (Pozo de gruesos). Es el primer elemento de eliminación de contaminación que nos podemos encontrar en una planta de tratamiento de aguas residuales. Se diseña cuando se espera encontrar en el agua residual, debido a las características del vertido o al diseño de los colectores, elevada cantidad de sólidos de gran tamaño y excesivas arenas. Se ubica en la zona de entrada y es importante que su sección tenga forma troncopiramidal con las paredes inclinadas, para evitar acumulación de sólidos y arenas en los laterales y esquinas y poder extraer de manera efectiva la mayor cantidad de residuos.

Para la extracción de los residuos se instala un equipo denominado cuchara bivalva que es accionada mediante un motor electrohidráulico. Su manejo es generalmente manual, introduciéndolo el personal periódicamente en posición abierta hasta el fondo del pozo, donde se cierra para recoger los residuos. Posteriormente es elevada y tras dejar reposar un tiempo para eliminar el agua, dichos residuos son depositados en un contenedor de almacenamiento mediante un polipasto motorizado.

Figura 3. Diagrama del pozo de gruesos



Fuente: tecnicoambientalenreciclaje.blogspot.com (2012)

Figura 4. Cuchara bivalva



a) Estructura abierta



b) Estructura en cuarto



b) Modelo de Cuchara



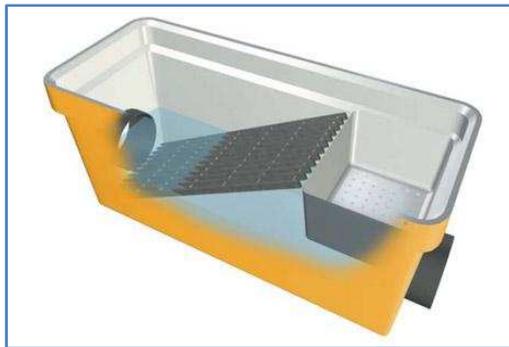
d) Funcionamiento de la cuchara

Fuente: Cuchara bivalva. Búsqueda en google.com (2012).

2.2.1.2 Desbaste (rejillas). Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento previo a cualquier otro.

El equipo que se suele utilizar son rejas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas entre 10 y 100 mm. Se limpian con rastrillos que se accionan normalmente de forma mecánica. Estos rastrillos suben limpiando la rejilla y depositan los plásticos o residuos atrapados en las rejillas en un canal aparte, para llevar a los residuos hacia la basura.

Figura 5. Rejilla para desbaste



a) Diagrama de rejilla



b) Proceso de Filtrado



c) Modelo de rejilla



d) Entrada canal con rejilla

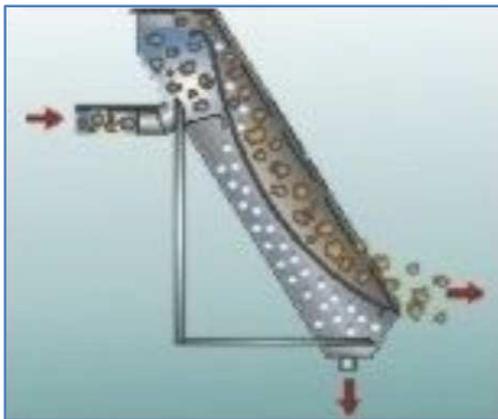
Fuente: Rejillas para desbaste. Búsqueda en google.com. (2012).

2.2.1.3 Tamizado. El tamizado consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores.

El tamizado es imprescindible cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos. Cuando existen vertidos industriales importantes provenientes principalmente del sector alimentario (residuos vegetales, de matadero, semillas, cáscaras de huevo, etc.).

Tamiz de malla inclinada con forma de cuña. Uno de los tamices más usados en el tratamiento preliminar de aguas residuales es el tamiz de malla inclinada con forma de cuña con autolimpieza. Tales tamices tienen orificios que van desde 0.01 a 0.125 pulgadas (0.25 a 3.2 mm). [2]

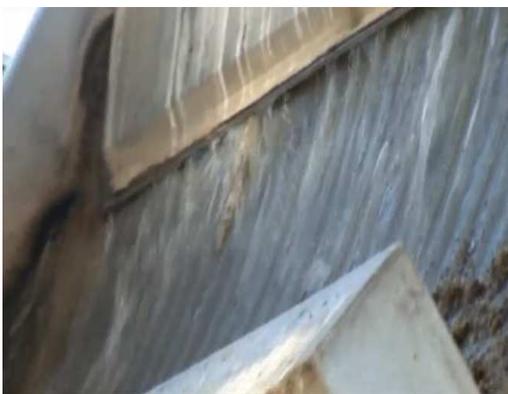
Figura 6. Tamiz de malla inclinada con forma de cuña



a) Diagrama de tamizado



b) Modelo de tamiz



b) Proceso de tamizado

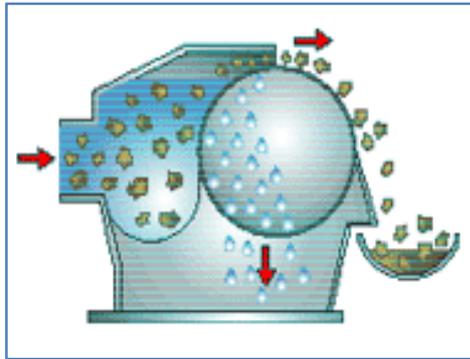


d) Residuos sólidos del proceso

Fuente: Tamiz de barra inclinada. Búsqueda en google.com (2012).

Tamiz de tambor rotatorio. El tamaño del orificio de un tamiz fino de tambor rotatorio puede variar de 0.01 a 0.125 (0.25 a 3.2mm). Los tamices finos de tambor rotatorio son similares a los tamices de secciones fina y gruesa presentados en la figura:

Figura 7. Tamiz de tambor rotatorio



a) Diagrama de tamizado

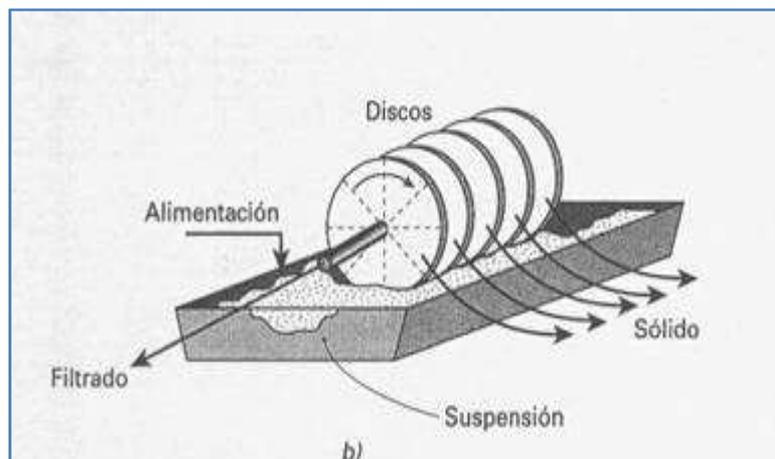


b) Modelo de tamiz

Fuente: Tamiz de tambor rotatorio. Búsqueda en google.com (2012).

Tamiz de disco rotatorio. Recientemente, muchos tamices finos con orificios de 0.01 pulgadas (0.25 mm) están siendo usados en reemplazo de tanques de sedimentación primaria. En la ciudad de San Diego se ha usado un tamiz de disco rotatorio por más de 10 años.

Figura 8. Tamiz de disco rotatorio



a) Proceso de tamizado con disco rotatorio



a) Modelo de Tamiz de disco rotatorio

Fuente: Tamiz de disco rotatorio. Búsqueda en google.com (2012).

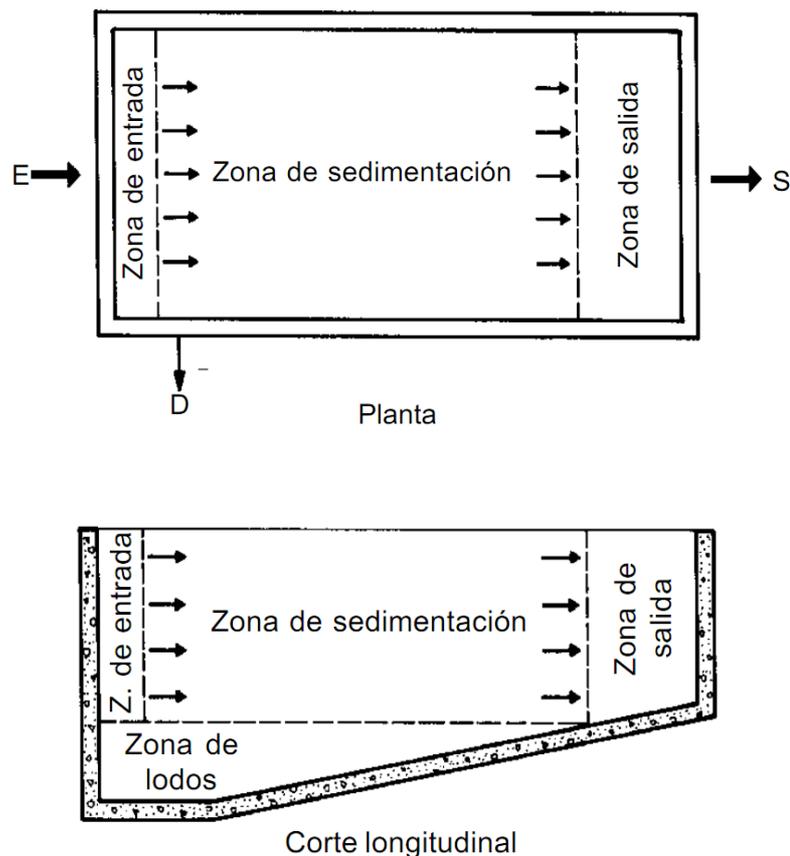
2.2.1.4 Sedimentación. Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido resuspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación.

Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. A menudo se utilizan para designar la sedimentación los términos de clarificación y espesamiento. Se habla de clarificación cuando hay un especial interés en el fluido clarificado, y de espesamiento cuando el interés está puesto en la suspensión concentrada [3]

Figura 9. Zonificación de un sedimentador



Fuente: Tratamiento de aguas residuales. (2003) [18]

2.2.1.5 Desaceitado-desengrasado. El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.

El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Se podría hacer esta separación en los decantadores primarios al ir provistos éstos de unas rasquetas superficiales de barrido, pero cuando el volumen de grasa es importante, estas rasquetas son insuficientes y la recogida es deficitaria.

Si se hacen desengrasado y desarenado juntos en un mismo recinto, es necesario crear una zona de tranquilización donde las grasas flotan y se acumulan en la superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial, y las arenas sedimentan en el fondo y son eliminadas por uno de los métodos que desarrollamos en el apartado anterior. En

este caso, las dimensiones del desarenador son diferentes, siendo los parámetros principales:

Carga Hidráulica: Menor o igual a $35 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ a Q máx.

Tiempo de Retención: 10-15 min a Q medio

Caudal de aire introducido: $0,5\text{-}2,0 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ de desengrasador

Los desengrasadores separados del desarenado son aconsejables cuando se busca una mayor calidad del agua o cuando el agua proviene de ciertos tipos de industrias: Petroquímicas y refinerías de petróleo producen gran cantidad de aceites, los mataderos producen gran cantidad de grasas, etc. Para este caso, el desengrasador se calcula para recibir una Carga Hidráulica menor o igual a $20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

Las grasas y flotantes extraídos de los desengrasadores unidos a los flotantes extraídos en la decantación primaria suelen tratarse posteriormente en un concentrador de grasas donde se desprenden de su contenido en agua. Podríamos deshacernos de las grasas y espumas en una digestión anaerobia junto a los fangos ya que son en su mayor parte residuos orgánicos. Pero esto no es recomendable, ya que presenta el inconveniente de favorecer la formación de costras en el digestor.

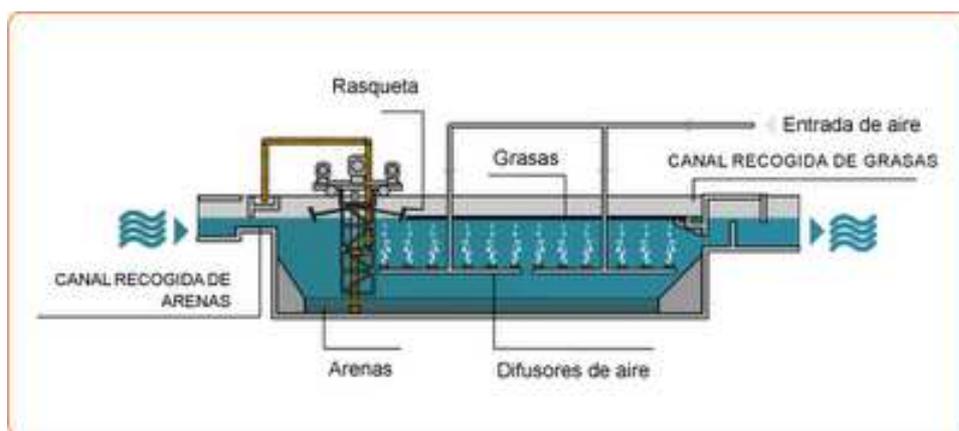
Las grasas concentradas se almacenan en contenedores especiales y posteriormente pasan a vertedero. También se podrían incinerar en caso de existiese en la planta un horno de incineración de fangos o para tratamiento de fangos.

Las tareas a realizar son:

- Mantener en perfecto estado las rasquetas de limpieza superficial, y en caso de deterioro, sustituirlas.
- Vigilar el nivel de los contenedores de grasas para su vaciado.
- Mantenimiento normal de los equipos según fabricante.

Podríamos decir que esta es la zona con más riesgo de resbalón por la gran cantidad de grasas que puede haber depositado en el suelo y barandillas.

Figura 10. Esquema del desengrasador



Fuente: Esquema desengrasador. Búsqueda en google.com (2012)

2.2.1.6 Homogenización y neutralización

Homogenización. La homogenización (o igualamiento) consiste en amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante.

Cuando se va a utilizar para conseguir la neutralización, la homogenización significa la mezcla de las corrientes de aguas residuales, ácidas o alcalinas, en un tanque de homogenización. La homogenización se utiliza a menudo para otros objetivos aparte de la neutralización, como son:

Objetivos de la homogenización. Son los siguientes:

- Superar los problemas operacionales causados por las variaciones de caudal.
 - Proveer un control adecuado de pH para minimizar los requerimientos posteriores de dosificación en procesos de neutralización.
 - Mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento biológico al controlar las cargas de choque orgánicas.
 - Permitir descargas de caudales muy variables al alcantarillado municipal.
 - Proveer un flujo continuo en plantas de residuos industriales con operación de procesos intermitentes o de colchada.
 - Aminorar las variaciones de la DBO del afluente a los sistemas de tratamiento.
- Con este propósito se utilizan tanques de homogenización

Se usa principalmente para igualar:

- Caudales de tiempo seco
- Caudales de invierno en alcantarillados sanitarios
- Caudales de alcantarillados combinados
- Caudales de plantas industriales

Ventajas de la homogenización. Entre otras están las siguientes

- Mejora la tratabilidad del agua residual
- Minimiza cargas choque sobre el tratamiento biológico
- Diluye sustancias inhibidoras
- Estabiliza el pH
- Mejora la eficiencia, y por lo tanto, la calidad del efluente
- Uniformiza la carga de sólidos sobre el sedimentador secundario y mejora el espesamiento de lodos

Tipos de homogenización. Según los gráficos podemos ver los 2 tipos existentes:

Figura 11. Unidad en línea

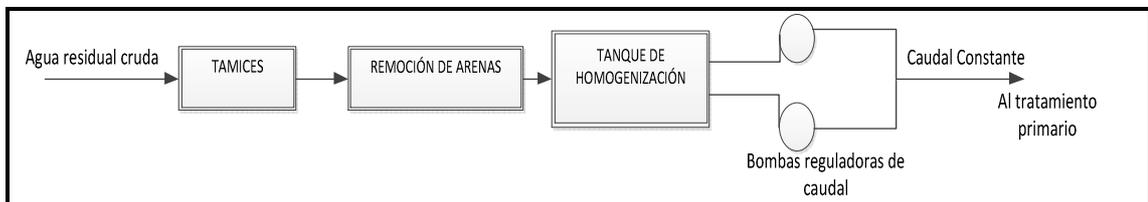
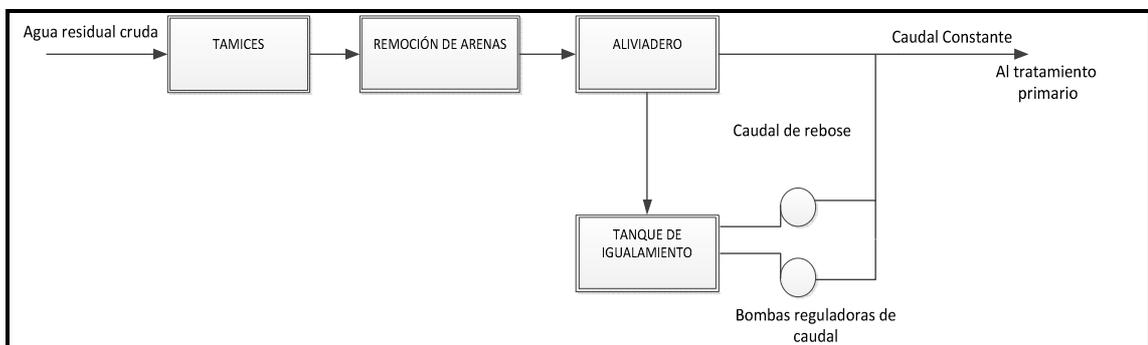


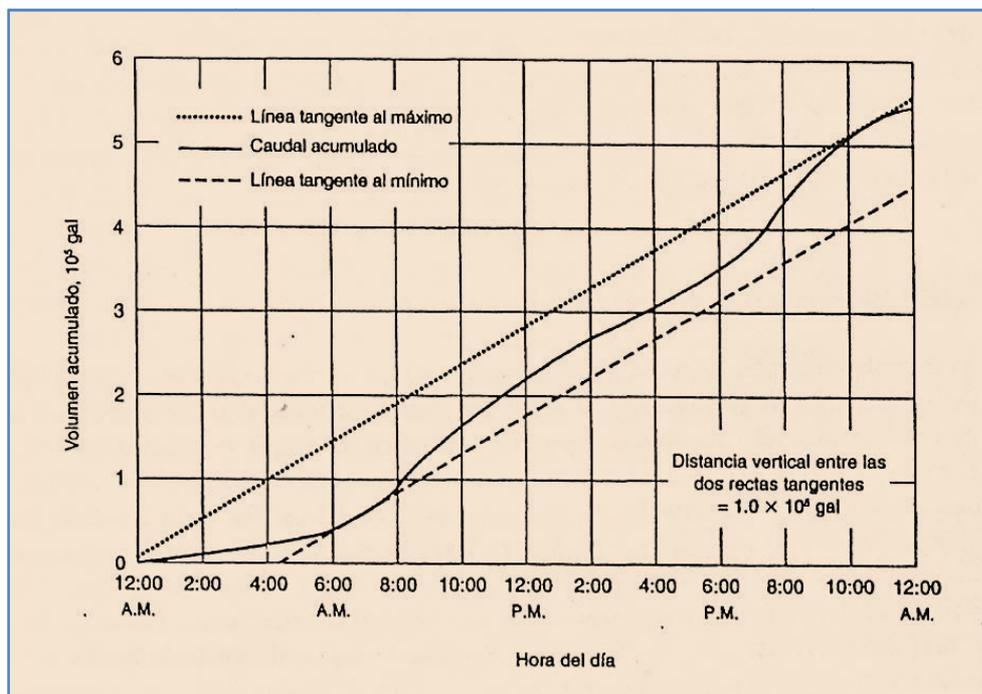
Figura12.Unidad en derivación



Fuente: Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones (2000). [19]

Diseño del volumen del tanque para homogenización. El volumen requerido del tanque de igualamiento se obtiene trazando una recta paralela a la recta representativa del caudal promedio diario, por el punto de tangencia más extremo, superior e inferior, de la curva de caudales acumulados. El volumen necesario es igual a la distancia vertical entre las 2 tangentes. Cuando la curva de caudal acumula se extiende sobre la recta de caudal promedio diario, el volumen es igual a la distancia vertical entre la tangente por el punto mínimo de la curva y la recta representativa por el caudal promedio diario (ver diagrama ejemplo). [4]

Figura 13. Diagrama ejemplo diseño tanque homogenización



Fuente: Tratamiento de aguas residuales. (2003). [20]

En el ejemplo del diagrama superior:

Distancia vertical entre las 2 rectas tangentes = Volumen del tanque de homogenización
 = 10^6 galones

Neutralización. La neutralización, o ajuste de pH, generalmente implica la adición de un álcali o de un ácido a un residuo, para obtener un rango de pH cercano a 7, se usa para proteger fuentes receptoras de descargas alcalinas o ácidas fuertes, o para permitir el posttratamiento de dicho residuo. Como las normas de vertimiento generalmente requieren pH entre 5 y 9, la neutralización constituye un proceso químico de

pretratamiento en muchos residuos industriales. El proceso, sin embargo, requiere valorar con cuidado el efecto de cualquier reacción perjudicial al sistema de recolección o de tratamiento posterior que pueda ocurrir después de la neutralización: por ello, además de la obtención de un pH adecuado, es importante asegurar una capacidad tampona suficiente para mantener dicho pH. En la siguiente Tabla se ilustran algunas industrias que producen aguas residuales alcalinas o ácidas.

Tabla 1. Tipos de aguas residuales por su acidez o alcalinidad

Industria	Agua residual ácida	Agua residual alcalina
Aluminio	X	
Bebidas Carbonatadas		X
Bronce y Cobre	X	X
Café	X	
Caucho	X	X
Cervecería y destilería	X	X
Cola	X	X
Curtiembres	X	X
Drenaje minas de carbón	X	
Energía	X	X
Enlatados	X	X
Explosivos	X	
Farmacéuticos	X	X
Fosfatos	X	
Hierro y acero	X	
Lavanderías comerciales		X
Limpieza de metales	X	
Papel	X	X
Pesticidas	X	
Plantas de ablandamiento		X
Plantas químicas	X	X
Refinerías de petróleo	X	X
Textiles	X	X

En toda fuente receptora, el pH es un factor importante para los sistemas de reacciones químicas y biológicas. Por ejemplo, la toxicidad del cianuro para los peces aumenta a medida que el pH disminuye; el amoníaco es 10 veces más tóxico a pH 8,0 que a pH 7,0, y además, la solubilidad de los compuestos metálicos contenidos en los sedimentos y en los sólidos suspendidos cambia con el pH. En general, en aguas de consumo el pH debe estar entre 5 y 9; en aguas dulces, para la vida acuática debe estar entre 6,5 y 9 y en el mar, para la vida acuática, debe oscilar entre 6,5 y 8,5.

El tratamiento de neutralización se utiliza normalmente en los siguientes casos que se presentan en la depuración de aguas residuales:

1. Antes de la descarga de aguas residuales en un medio receptor. La justificación para la neutralización es que la vida acuática es muy sensible a las variaciones de pH fuera de un intervalo cercano a $\text{pH}=7$
2. Antes de la descarga de aguas residuales industriales al alcantarillado municipal. La especificación del pH de las descargas industriales en las alcantarillas se hace de forma frecuente. Es más económico hacer una neutralización de las corrientes de aguas residuales industriales antes de descargar en el alcantarillado municipal, que intentar hacer una neutralización de los mayores volúmenes de las aguas residuales mixtas combinadas domésticas e industriales.
3. Antes del tratamiento químico o biológico. Para los tratamientos biológicos, el pH del sistema se mantiene en un intervalo comprendido entre 6,5 y 8,5 para asegurar una actividad biológica óptima. El proceso biológico en sí mismo puede conseguir una neutralización y en cualquier caso tiene una capacidad tampón como resultado de la producción de CO_2 , que da lugar a la formación de carbonatos y bicarbonatos en la solución.

Métodos para la neutralización. Los métodos para neutralización de aguas residuales incluyen:

1. Homogenización que consiste en mezclar las corrientes, algunas de las cuales son ácidas y otras alcalinas, disponibles en la planta, y
2. Métodos de control directo de pH, que consiste en la adición de ácidos (o bases) para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas

Químicos para la neutralización:

Aguas ácidas. La neutralización de aguas ácidas se hace comúnmente agregando: cal, óxido de cal, óxido o hidróxido de Magnesio o hidróxido de Sodio. La cal, óxido de Cal (CaO), o su forma deshidratada, hidróxido de Calcio (Ca(OH)₂) es la más usada por su bajo costo. Sin embargo, la gran cantidad de lodo producido es un problema significativo.

El hidróxido de Sodio, aunque costoso, es una forma química muy conveniente para la neutralización de residuos ácidos en plantas pequeñas y cuando se quiere minimizar la cantidad de lodo producido, Se consigue como líquido en concentración del 50% - NaOH, la cual inicia su cristalización a 12°C y en concentración del 73% - NaOH, que empieza su cristalización a 63°C; por esto, requiere almacenamiento apropiado y dilución adecuada antes de usarlo. También se consigue sólido, en polvo o granulado, en concentración del 100%, la tasa de dilución y el método de enfriamiento se deben, por tanto, controlar apropiadamente, para que no haya ebullición o salpicamiento.

Aguas alcalinas. La neutralización de aguas alcalinas se hace agregando, comúnmente, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y CO₂ en plantas donde existe la disponibilidad de dióxido de Carbono.

El ácido sulfúrico (H₂SO₄), es el más barato y el más usado; es fuertemente corrosivo, denso, aceitoso, de color carmelita claro u oscuro, según su pureza; debe estar libre de metales pesados y se consigue en concentraciones del 60 al 94% - H₂SO₄; diluido es extremadamente corrosivo.

El ácido clorhídrico, o muriático, es un líquido de color claro o amarillo, fumante o irritante. Es venenoso, puede contener hierro o arsénico, y se consigue en concentraciones hasta el 35% - HCl.

2.2.1.7 Preaireación. Es un término que se usa en el tratamiento de aguas servidas y que indica la inyección de aire u oxígeno en este fluido en la etapa preliminar o de pre-tratamiento.

Tiene como objetivo fundamental el reducir los malos olores que se generan en esta etapa producto de las condiciones anaerobias (es decir, libres de oxígeno) que se presentan en estas aguas al ingreso a la planta de tratamiento.

Estas condiciones anaerobias favorecen la multiplicación de bacterias que crecen en este medio y las que producen, como consecuencia de su metabolismo, gases que son muy malolientes (por lo general este producto corresponde a Sulfidrilos). Estas emanaciones malolientes pueden causar serios problemas con la comunidad circundante cuando son transportadas por los vientos.

La preaireación, como tratamiento de aguas residuales, persigue los siguientes objetivos:

- Mejorar la tratabilidad del agua, en cuanto que esta llega séptica, contaminada, a la depuración.
- Control de olores.
- Mejorar la separación de las grasas.
- Favorecer la floculación de sólidos.
- Mantener el oxígeno en la decantación aun a bajos caudales.
- Incrementar la eliminación de DBO5.
- Evitar los depósitos en las cámaras húmedas.

Hay que considerar los tipos de pre aireación y éstos son principalmente: difusores y aireadores mecánicos.

Los difusores se clasifican en:

Porosos: Con forma de disco o de tubos. Construidos de SiO₂ (óxido de silicio) o de Al₂O₃ (óxido de aluminio), pueden ser de tipo cerámico o estar construidos sobre una masa porosa con ligazón cerámica.

No porosos: De tipo boquilla, orificios, válvulas. Los de tipo boquilla y orificios están construidos de metal o plástico, tienen aberturas anchas y sueltan unas burbujas más grandes que los difusores de tipo poroso. La cantidad de difusores requeridos se

calcula determinando la cantidad total de aire necesario y dividiéndolo por el caudal medio recomendado para cada difusor. Normalmente este caudal es de 1,9-7 l/s y difusor. La distancia entre difusores es generalmente de 250-600 mm. La aireación mecánica se consigue mediante turbinas y aireadores de superficie. [5]

Las tareas que debemos realizar para su correcto mantenimiento serán:

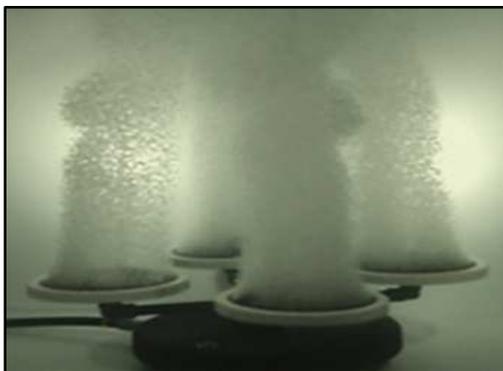
- Comprobar que el caudal de aire insuflado es el adecuado.
- Reparar y cambiar los difusores deteriorados.
- Mantenimiento de equipos.

El tiempo de retención varía según el objetivo que se pretenda:

- La disminución de los olores y la prevención de la septicidad implican un tiempo mínimo de 10-15 minutos.
- La floculación efectiva de los sólidos necesita, aparte de la adición de ciertos productos químicos, un tiempo de retención de 30 minutos.
- Para la reducción de DBO será de 45 minutos.

El factor predominante es la necesidad de mantener la adecuada turbulencia en el tanque para que su contenido se mantenga en suspensión y no se produzcan sedimentaciones. Esto se consigue suministrando una cantidad de aire mínima entre 2-6 l/s y m del tanque teóricamente. En la práctica se deben suministrar 0,8 m³ aire/m³ de agua residual

Figura14. Difusores de aire



Fuente: Difusores de aire. Búsqueda en google.com (2012)

2.2.2 Tratamientos secundarios (Tratamientos biológicos)

2.2.2.1 Introducción. Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas. Atendiendo a cuál es dicho aceptor de electrones distinguimos tres casos:

Sistemas aerobios. La presencia de O_2 hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

Sistemas anaerobios. En este caso el aceptor de electrones puede ser el CO_2 o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, CH_4 . La utilización de este sistema, tendría, como ya se explicará, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.

Sistemas anóxicos. Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3^- hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente inerte. Por

tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, existe una gran variedad de formas de operar, dependiendo de las características del agua, así como de la carga orgánica a tratar.

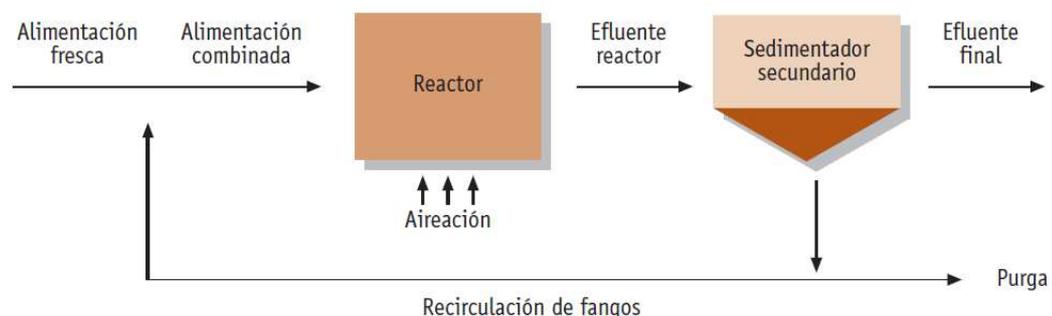
2.2.2.2 Procesos biológicos aerobios. Los tenemos en dos grupos principales, que son:

Cultivos en suspensión: Proceso de fangos activados (lodos activados), y modificaciones en la forma de operar: aireación prolongada, contacto-estabilización, reactor discontinuo secuencial (SBR). [6]

Cultivos fijos. Los microorganismos se pueden inmovilizar en la superficie de sólidos (biomasa soportada), destacando los filtros percoladores (también conocido como lechos bacterianos o filtros biológicos).

Fangos activados: Proceso básico. Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una bañera aireada, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados, de los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza una recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior de reactor, además de una purga equivalente a la cantidad crecida de organismos. Un esquema simplificado se muestra en la figura.

Figura 15. Proceso de fangos activados.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Dentro de los parámetros básicos de funcionamiento, un parámetro muy importantes el de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (en torno a 8-9 mgO₂/l dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario asegurar el suministro a los microorganismos, utilizando aireadores superficiales, capaces de suministrar 1 kgO₂/kW·h, o bien difusores. El valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/l. El consumo eléctrico en esta operación será importante dentro de los costes de operación del proceso.

Otro parámetro clave en el proceso se refiere al parámetro A/M, algunas veces denominada I, intensidad de carga. Se refiere a la relación entre la carga orgánica alimentada y la cantidad de microorganismos disponibles en el sistema, con unidades kgDBO₅ (o DQO) / kgSSV·día. Es un parámetro de diseño fundamental, teniendo un valor óptimo entre 0.3-0.6 para las condiciones más convencionales de funcionamiento.

Además tiene una influencia determinante en la buena sedimentación posterior.

La denominada “edad celular” también es un parámetro importante. Se refiere al tiempo medio que permanecen los fangos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema. Esta magnitud suele tener un valor de 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

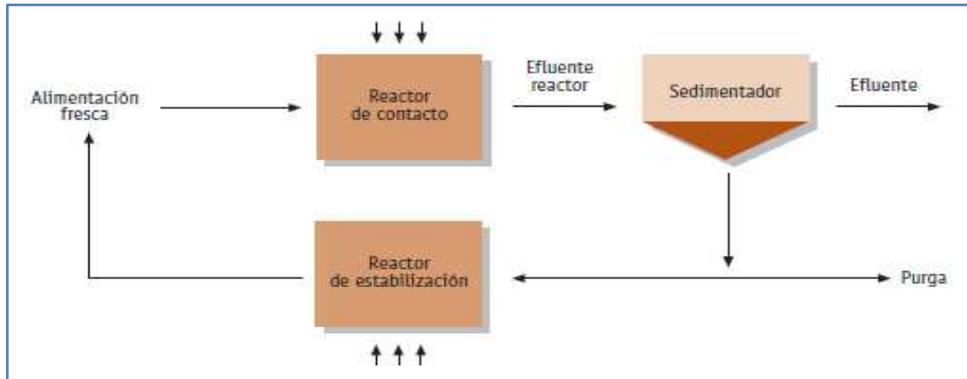
Fangos activados: Modificaciones del proceso básico. Son procesos de fangos activados, pero se diferencian en la forma de operar.

Aireación extendida. Se suele trabajar con relaciones A/M más pequeñas (mayores tiempos de residencia), consiguiendo mayores rendimientos en la degradación de materia orgánica. Otra ventaja añadida es la pequeña generación de fangos de depuradora. Es interesante su utilización, además, cuando se pretenda eliminar compuestos con nitrógeno simultáneamente con la materia orgánica.

Contacto estabilización. En el reactor de aireación se suele trabajar con menores tiempos de residencia (sobre una hora) pretendiendo que se lleve a cabo solo la adsorción de la materia orgánica en los flóculos. La verdadera degradación se realiza en una balsa de aireación insertada en la corriente de recirculación de fangos, tal como muestra la figura 2.2, y donde la concentración de fangos es mucho más elevada

que en el primer reactor. Es interesante esta opción cuando buena parte de la materia orgánica a degradar se encuentra como materia en suspensión.

Figura 16. Proceso biológico de contacto-estabilización.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Reactores discontinuos secuenciales (SBR). Todas las operaciones (aireación y sedimentación) se llevan a cabo en el mismo equipo, incluyendo una etapa de llenado y terminando con la evacuación del agua tratada. Es una opción muy válida para situaciones en las que se dispone de poco espacio, como ocurre en muchas industrias. Son versátiles en cuanto a las condiciones de operación y habitualmente se utilizan columnas de burbujeo como reactores.

Tabla 2. Parámetros de operación típicos en procesos de fangos activados.

	<i>Convencional</i>	<i>Aireación prolongada</i>	<i>Contacto estabilización</i>
A/M (kgDBO₅/kg_{XV} · d)	0.2-0.4	0.05-0.15	0.2-0.6
TRH (h)	4-8	18-36	3-6
TRS (d)	5-15	20-30	5-15
MLTSS (ppm)	1500-3000	1500-5000	4000-9000
Carga orgánica (kgDBO₅/m³d)	0.3-0.6	0.1-0.4	1.0-1.2
r (%)	25-50	5-15	5-15

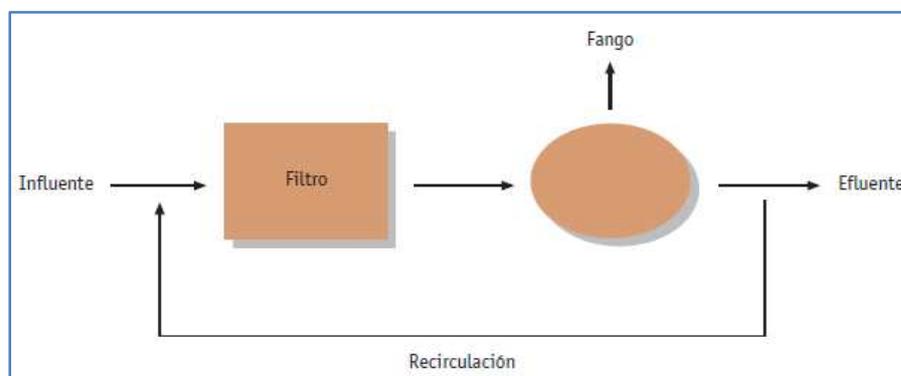
Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Procesos aerobios con biomasa soportada. Otra de las formas para conseguir concentraciones suficientes de microorganismos, sin necesidad de recirculación, es favoreciendo su crecimiento en la superficie de sólidos. Se evitan de esta forma los posibles problemas en la sedimentación y recirculación de fangos, frecuente en los procesos clásicos de fangos activados. Sin embargo el aporte de oxígeno será de nuevo un factor importante, consiguiéndose en este caso bien en la distribución del líquido, bien por movimiento del sistema.

Filtros percoladores. También denominados filtros biológicos o lechos bacterianos. Son los sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para su separación del efluente.

En general también se realiza una recirculación de parte del efluente limpio, una vez producida la separación. Un esquema sencillo se muestra en la figura 2.3. En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es el parámetro más importante, teniendo rangos de aplicación en la industria desde 30 a 10.000 kg DBO₅/día y 100 m³ de reactor, siendo los tamaños muy variables (desde 2 hasta 10 m de altura).

Figura 17. Diagrama de operación típico de un filtro percolador.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Contactores biológicos rotatorios - RBC (Biodiscos). Consisten en una serie de placas o discos, soportados en un eje y parcialmente sumergidos (40%) en un tanque que contiene el agua residual. El eje junto con los discos, gira lentamente. Sobre la superficie de los discos crece la biopelícula, que sucesivamente, se “moja” y entra en contacto con el aire, produciéndose la degradación de la materia orgánica. Son fáciles de manejar y convenientes cuando se trata de pequeños caudales.

Normalmente el tamaño es de entre 1 y 3 m de diámetro, están separados unos 10-20 cm y con velocidades de giro de 0.5-3 rpm.

Procesos biológicos anaerobios.

Introducción. El tratamiento anaerobio es un proceso biológico ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Cuando éstas tienen una alta carga orgánica, se presenta como única alternativa frente al que sería un costoso tratamiento aerobio, debido al suministro de oxígeno. El tratamiento anaerobio se caracteriza por la producción del denominado “biogás”, formado fundamentalmente por metano (60-80%) y dióxido de carbono (40-20%) y susceptible de ser utilizado como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica. Además, solo una pequeña parte de la DQO tratada (5-10%) se utiliza para formar nuevas bacterias, frente al 50-70% de un proceso aerobio. Sin embargo, la lentitud del proceso anaerobio obliga a trabajar con altos tiempos de residencia, por lo que es necesario diseñar reactores o digestores con una alta concentración de microorganismos.

Realmente, es un complejo proceso en el que intervienen varios grupos de bacterias, tanto anaerobias estrictas como facultativas, en el que, a través de una serie de etapas y en ausencia de oxígeno, se desemboca fundamentalmente en la formación de metano y dióxido de carbono. Cada etapa del proceso, que se describen a continuación, la llevan a cabo grupos distintos de bacterias, que han de estar en perfecto equilibrio.

Hidrólisis: La hidrólisis es la ruptura de moléculas grandes, solubles e insolubles, en moléculas de menor tamaño que pueden ser transportadas dentro de las células y metabolizadas. En este proceso no se produce metano, y en la mayor parte de los casos supone una etapa que se desarrolla lentamente.

Formación de ácidos (acidogénesis) y acetato (acetogénesis): Los productos finales de la hidrólisis son transformados en ácidos orgánicos de cadena corta, otros compuestos de bajo peso molecular, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas bacterias son altamente resistentes a variaciones en las condiciones ambientales. Por ejemplo, aunque el pH óptimo para el desarrollo de su actividad metabólica es 5-6, los procesos anaerobios generalmente son conducidos a pH 7, y aún en estas condiciones su actividad metabólica no decae. [7]

Metanogénesis: La formación de metano, siendo este el último producto de la digestión anaerobia, ocurre por dos grandes rutas: La primera de ellas, es la formación de metano y dióxido de carbono a partir del principal producto de la fermentación, el ácido acético. Las bacterias que consumen el ácido acético se denominan bacterias acetoclastas. La reacción, planteada de forma general, es la siguiente:



Algunas bacterias metanogénicas son también capaces de usar el hidrógeno para reducir el dióxido de carbono a metano (metanogénicas hidrogenoclastas) según la reacción:

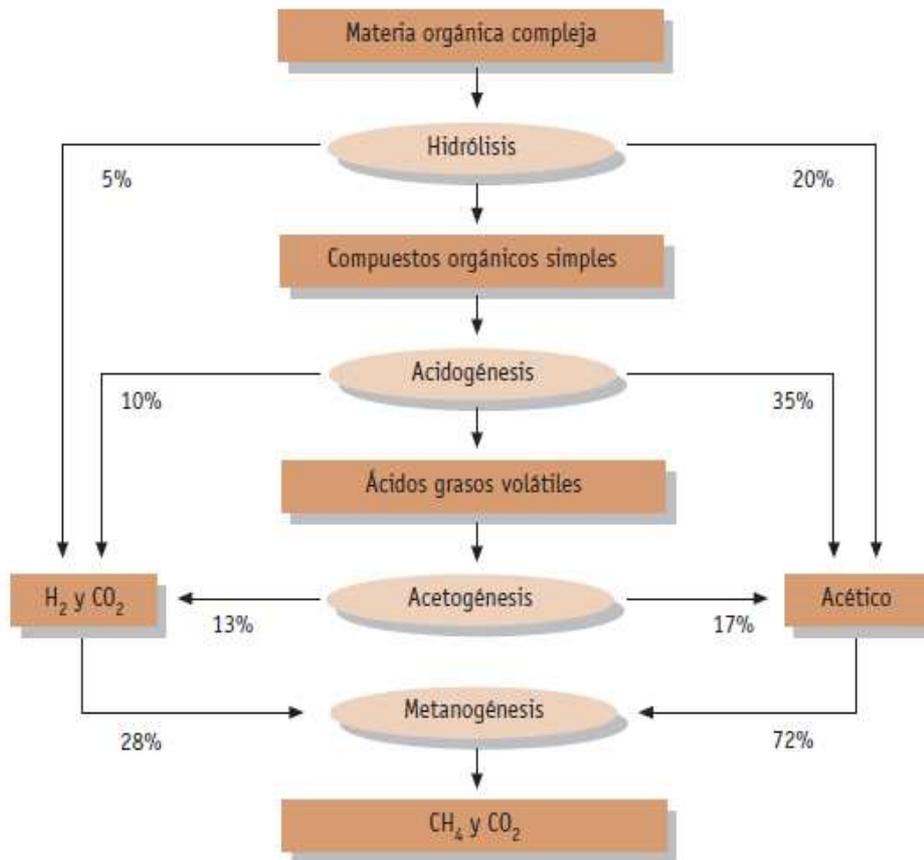


La metanogénesis es la etapa crítica en el proceso de degradación, por las características de las bacterias que la llevan a cabo, y por ser la más lenta de todo el proceso. En buena medida, la digestión anaerobia se ha de llevar a cabo en las condiciones óptimas para el buen funcionamiento de estas bacterias metanogénicas.

Es un complejo proceso en el que intervienen varios grupos de bacterias, tanto anaerobias estrictas como facultativas, en el que, a través de una serie de etapas y en ausencia de oxígeno, se desemboca fundamentalmente en la formación de metano y dióxido de carbono. Cada etapa del proceso, que se describen a continuación, la llevan a cabo grupos distintos de bacterias, que han de estar en perfecto equilibrio.

Actualmente está ampliamente aceptado que la degradación de la materia orgánica sigue una distribución como la detallada, y que se muestra resumida en la figura 18.

Figura 18. Esquema de la ruta de degradación anaerobia.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Entre las ventajas más significativas del tratamiento anaerobio frente al aerobio cabe destacar la alta eficacia de los sistemas, incluso en aguas residuales de alta carga, el bajo consumo de energía, pequeña producción de fangos y por tanto, pequeño requerimiento de nutrientes, así como su eficacia ante alteraciones importantes de carga y posibilidad de grandes periodos de parada sin alteración importante en la población bacteriana. Sin embargo, como desventajas caben destacar la baja efectividad en la eliminación de nutrientes y patógenos, generación de malos olores y la necesidad

de un post-tratamiento, generalmente aerobio, para alcanzar los niveles de depuración demandados, así como los generalmente largos periodos de puesta en marcha.

Condiciones de operación. Tanto las variables físicas como las químicas influyen en el hábitat de los microorganismos. En los procesos anaerobios es importante tener en cuenta la influencia de factores medioambientales. Las bacterias formadoras de metano son las más sensibles a estos factores, por lo que un funcionamiento inadecuado de las mismas pueden causar una acumulación de productos intermedios (ácidos) y desestabilizar por completo el sistema. Entre las variables más importantes se encuentran la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, la mezcla es un factor importante en el control del pH y en la uniformidad de las condiciones medioambientales. Una buena mezcla distribuye las propiedades tampón a todo el reactor y evita la concentración de metabolitos intermedios que pueden ser causa de inhibición para las bacterias metanogénicas.

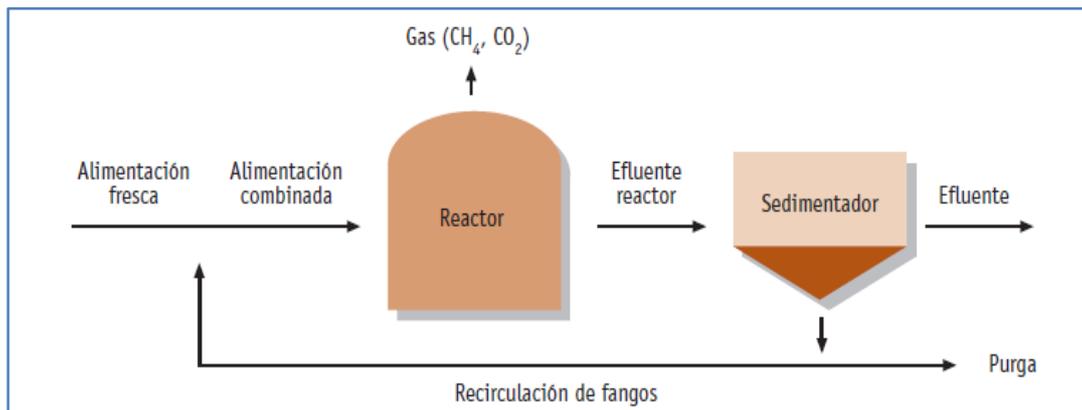
Los parámetros de seguimiento y control de un digestor anaerobio pueden situarse en la fase sólida (materiales orgánicos e inorgánicos en suspensión); fase líquida (parámetros físico-químicos y composición) y gaseosa (producción y composición). Estos parámetros pueden tener diferente significado y utilidad según la situación particular del equipo, que puede encontrarse en un período de puesta en marcha, en estado estacionario para sistemas continuos, o en sistemas discontinuos. Entre los parámetros de operación se pueden mencionar velocidad de carga orgánica, toxicidad, velocidad volumétrica de flujo, tiempo de retención hidráulico, concentración de sólidos volátiles en el reactor, producción de fangos, etc.

Reactores utilizados. El desarrollo del tratamiento anaerobio ha sido paralelo al desarrollo del tipo de reactor donde llevar a cabo el proceso. Dado el bajo crecimiento de las bacterias metanogénicas y la lentitud con la que llevan a cabo la formación de metano, es necesario desarrollar diseños en los que se consiga una alta concentración de microorganismos (SSV) en su interior si se quiere evitar el utilizar reactores de gran tamaño. Para conseguirlo, habitualmente es necesario que el tiempo de retención hidráulico (TRH) sea inferior al tiempo de retención de sólidos (TRS) y esto se puede hacer por distintos medios. A todos estos reactores se les denomina de alta carga, dado

que son los únicos que pueden tratar aguas con elevada carga orgánica de una forma viable. Dando un repaso a los más utilizados, podemos hablar de:

Reactor de contacto (mezcla completa con recirculación de biomasa). Se trata de un proceso equivalente al proceso de fangos activados aerobio. Consiste en un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitar la pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos. La figura 19 representa esquemáticamente las características de un reactor de este tipo.

Figura 19. Reactor anaerobio de contacto.



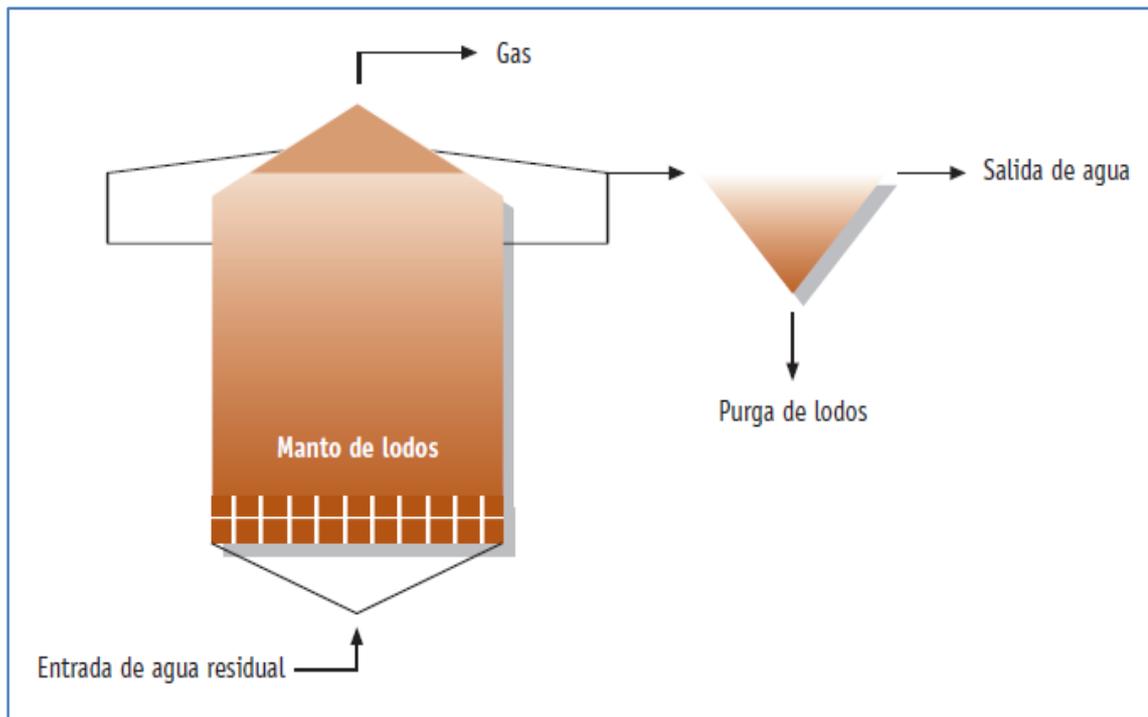
Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Reactor de manto de lodos y flujo ascendente (UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Estos reactores solucionan el problema de recirculación de lodos al aumentar la concentración de biomasa en el reactor manteniéndola en su interior. Estos reactores fueron desarrollados en Holanda, por el Prof. Lettinga en la década de los 80. Se trata de un reactor cuyo lecho está formado por gránulos de biomasa. Estos gránulos son porosos y con una densidad poco mayor que la del líquido, con lo que se consigue un buen contacto de éste con la biomasa. Los reactores suelen tener en su parte superior un sistema de separación gas-sólido-líquido, puesto que se acumula biogás alrededor de las partículas, éstas manifiestan una

tendencia a ascender separándose con estos dispositivos. Se consigue una alta concentración de biomasa dentro del reactor que conlleva una elevada velocidad de eliminación de materia orgánica con rendimientos elevados de depuración. El agua residual se introduce por la parte inferior, homogéneamente repartida y ascendiendo lentamente a través del manto de lodos (gránulos). Los principales problemas que tiene este tipo de reactor son: puesta en marcha, ya que se ha de conseguir que se desarrollen gránulos lo más estables posibles, la incidencia negativa que tiene el que el agua residual a tratar contenga una gran cantidad de sólidos en suspensión y la deficiente mezcla en la fase líquida que se logra.

Este último problema se soluciona de una forma eficaz recirculando parte del gas producido e inyectándolo en la parte inferior del equipo, consiguiendo una expansión del manto de lodos, y por lo tanto, una buena mezcla. A estos reactores se les denomina EGSB (Expanded granular sludge blanket). Habitualmente la relación altura/diámetro es mayor que para los convencionales UASB siendo capaces de alcanzar mayores cargas orgánicas (10-25 kgDQO/m³·día). También recientemente se ha desarrollado un sistema semejante denominado Internal Circulation (IC). Estos tipos de reactores han conseguido una muy alta implantación en el mercado, mostrándose como los más fiables para todo tipo de aguas residuales de alta carga, especialmente las que tienen un bajo contenido de sólidos en suspensión.

Figura 20. Reactor UASB



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

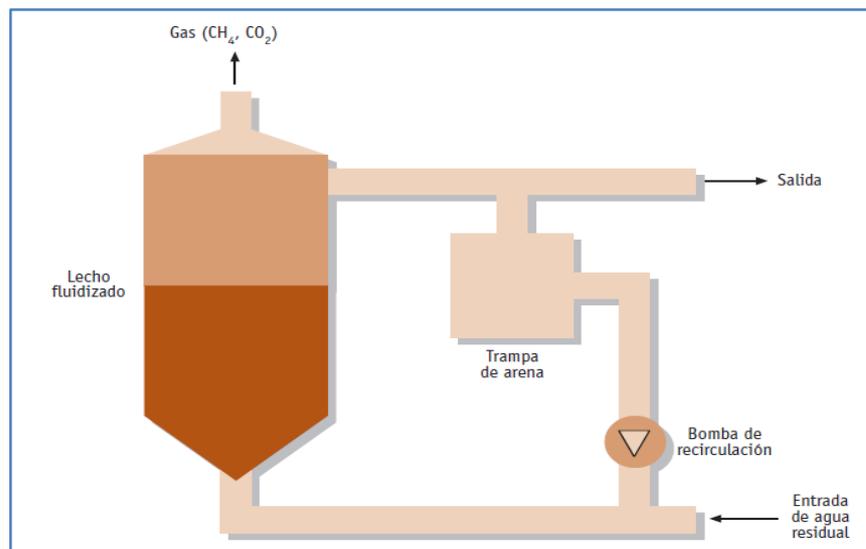
Filtro anaerobio (FA). En este caso, los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una biopelícula de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo, habitualmente una columna, constituyendo un lecho fijo. El agua residual se hace circular a través del lecho, bien con flujo ascendente o bien descendente, donde entra en contacto con la biopelícula. Son sistemas tradicionalmente utilizados en muchas depuradoras de aguas residuales industriales con alta carga orgánica. Resisten muy bien alteraciones de carga en el influente pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión con el influente. El rango típico de cargas tratadas desde 5-15 KgDQO/m³-día. [8]

Reactor anaerobio de lecho fluidizado (RALF). Son columnas en cuyo interior se introducen partículas de un sólido poroso (arena, piedra pómez, biolita, etc.) y de un tamaño variable (1-5 mm) con el objetivo de que sobre su superficie se desarrolle una biopelícula bacteriana que lleve a cabo la degradación anaerobia.

Para que las partículas permanezcan fluidizadas (en suspensión), es necesario realizar una recirculación del líquido, para que la velocidad del mismo en el interior de la columna sea suficiente como para mantener dichas partículas expandidas o fluidizadas.

Se consiguen muy altas concentraciones de microorganismos, así como una muy buena mezcla en el lecho. Sin embargo su implantación a nivel industrial no ha alcanzado las expectativas que se crearon.

Figura 21. Reactor anaerobio de lecho fluidizado.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Otros tipos (reactor discontinuo secuencial SBR). Más que otros tipos de reactores, nos referimos a distintas formas de operar, de llevar a cabo la degradación anaerobia. Tenemos por una parte los reactores discontinuos secuenciales (SBR, sequencing batch reactors), equipo en el que de forma secuencial se lleva a cabo el llenado, reacción, sedimentación y evacuación del agua depurada, para volver otra vez a iniciar el ciclo, todo ello en un mismo equipo. Como ventaja fundamental tiene el menor requerimiento de espacio, así como una mayor flexibilidad en la forma de operar, por ejemplo en el caso de flujos estacionales, ayudado por la gran capacidad de las bacterias para estas situaciones.

Por otro lado, especialmente para el caso en el que la materia orgánica a degradar sea compleja, y en el que la etapa de hidrólisis sea importante, se suele llevar a cabo la degradación en dos etapas, en dos reactores en serie. En el primero se ponen las condiciones necesarias para que se realice la hidrólisis y acidificación de forma

óptima (por ejemplo a pH=6), sin formación de metano. El efluente de este reactor, constituido fundamentalmente por ácidos de cadena corta, pasa al reactor metanogénico, donde las bacterias metanogénicas, mayoritarias, llevarán a cabo la metanización final del residuo.

Estos equipos se han puesto en práctica desde hace tiempo, con éxito, incluso para la metanización de la fracción orgánica de los RSU, aménudo mezclados con lodos de depuradoras.

Tabla 3. Condiciones de operación para distintos reactores anaerobios.

<i>Reactor</i>	<i>DQO de entrada (mg/l)</i>	<i>Tiempo de retención hidráulico (h)</i>	<i>Carga orgánica (kg DQO/m³ día)</i>	<i>Eliminación de DQO (%)</i>
De contacto	1.500-5.000	2-10	0,5-2,5	75-90
EGSB	5.000-15.000	4-12	15,0-25,0	75-85
FA	10.000-20.000	24-48	5,0-55,0	75-85
RALF	5.000-10.000	5-10	5,0-10,0	80-85

Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

El tratamiento anaerobio, por tanto, constituye una forma eficaz de tratar aguas y residuos de alta carga orgánica, siendo una tecnología madura y contribuyendo no solo a la eliminación de la materia orgánica, sino a su aprovechamiento energético derivado de la utilización del metano producido.

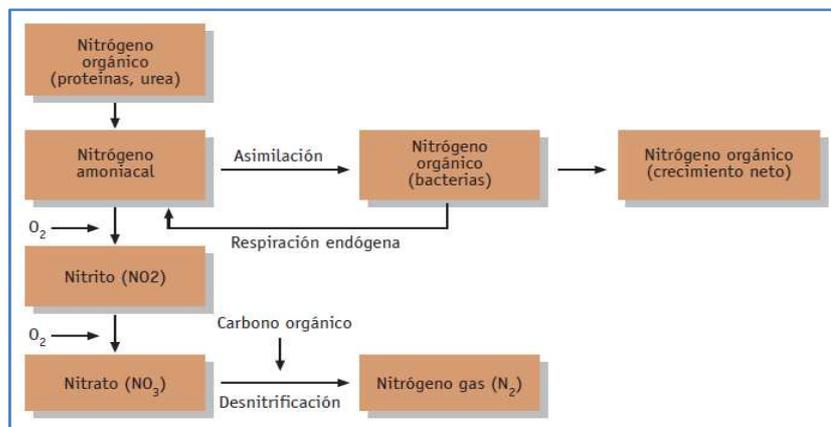
Dependiendo del tipo de agua residual y de otros factores relacionados con cada aplicación particular, una tecnología anaerobia puede ser más apropiada y eficaz que otra.

Tratamiento biológico de compuestos con nitrógeno. Los compuestos con nitrógeno sufren una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de distintos organismos, como se muestra en la figura 2.8. En primer lugar, una serie de bacterias autótrofas (Nitrosomonas y Nitrobacter) son capaces de llevar a cabo una nitrificación, con demanda de oxígeno. A continuación, otra serie de bacterias

desnitrificantes llevan a cabo la eliminación de NO_3^- , en un sistema anóxico, donde el propio nitrato actúa de aceptor de electrones, siendo en este caso bacterias heterótrofas, es decir su fuente de carbono es materia orgánica. Este proceso en su conjunto es conocido como nitrificación-desnitrificación.

De esta forma y en dos reactores consecutivos se puede llevar a cabo la eliminación de compuestos con nitrógeno: primero en un reactor aerobio seguido de otro con condiciones anóxicas, pero en el que será necesario adicionar fuente de carbono para el desarrollo de las bacterias desnitrificantes.

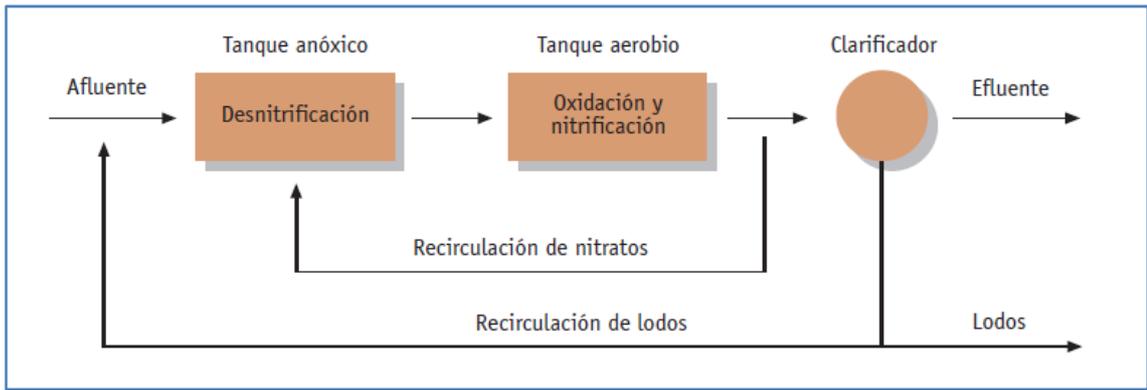
Figura 22. Proceso de combinación del nitrógeno



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Sin embargo, es muy común la presencia de materia orgánica con materia nitrogenada en aguas residuales, no solo en aguas residuales urbanas, y la tendencia es la eliminación conjunta de ambos contaminantes. En este caso no se puede seguir la secuencia mencionada: En el primer reactor de nitrificación la materia orgánica inactivaría las bacterias nitrificantes, y en el segundo se necesitaría materia orgánica. Para evitar estos problemas, es necesario iniciar el proceso con un reactor anóxico, donde la materia orgánica del agua residual actúa como fuente de carbono, pero sería necesario recircular parte del efluente del segundo reactor de nitrificación: en este reactor se producirán nitratos, y sería un reactor aerobio. Un esquema simplificado se muestra en la figura 23.

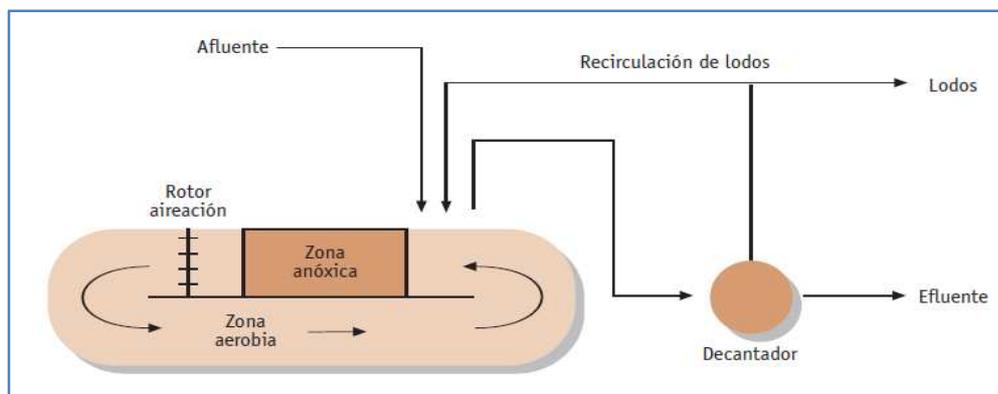
Figura 23. Proceso biológico de nitrificación-desnitrificación.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

El proceso es semejante al de fangos activados, pero para que se alcance la nitrificación y desnitrificación es necesario trabajar con relaciones A/M por debajo de 0.15 días⁻¹, como ocurre en procesos de aireación prolongada. Otra forma de llevar a cabo la eliminación conjunta de compuestos con nitrógeno y materia orgánica utilizando un único reactor es en los denominados “canales de oxidación”, en los que tanto el punto de alimentación del agua residual como el de aireación han de tener unas posiciones estratégicas, como se indica en la figura 24.

Figura 24. Canal de oxidación.

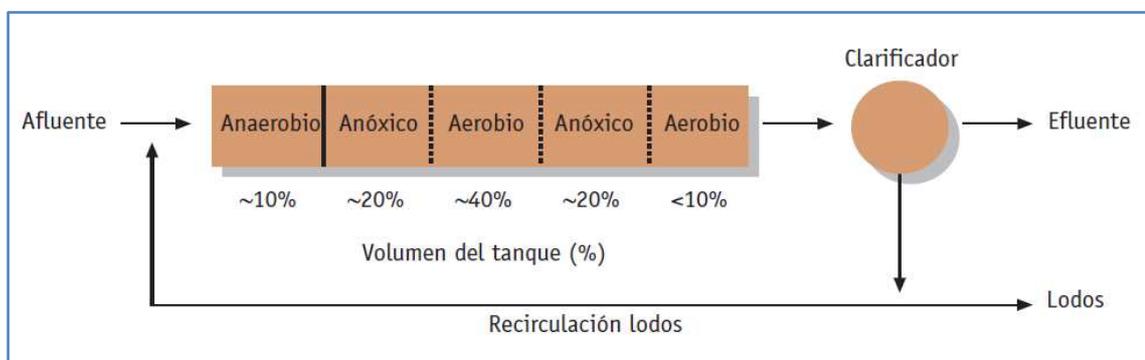


Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

Eliminación biológica del fósforo. Aunque la eliminación del fósforo (en forma de fosfato) ha sido tradicionalmente por precipitación con Ca^{2+} , se han desarrollado métodos para su eliminación biológica, más allá de lo que supone la simple asimilación por parte de los organismos para integrarlo en su crecimiento celular. Todavía no está perfectamente descrita la acción de los microorganismos, entre los que son especialmente activos los Acinetobacter.

Los métodos están basados en someter inicialmente a la masa bacteriana a un ambiente anaerobio, donde los microorganismos parece que tienen tendencia a no consumir fósforo para el crecimiento debido a la presencia de ácido acético. Sin embargo, si posteriormente son sometidos a un sistema aerobio, consumen con “avidez” fósforo, momento en el que se sedimentan y separan. Son muchos los procesos que se han desarrollado, tanto para la eliminación conjunta de P y materia orgánica (procesos PhoStrip, Bardenpho, etc), como para también la materia nitrogenada (A2O, Bardenpho modificado) En todos ellos el reactor suele ser un balsa alargada, compartimentada de forma que en cada zona se somete a la masa microbiana al ambiente adecuado (anaerobio, anóxico, aerobio). En la figura 25 se muestra la secuencia en el proceso Bardenpho modificado, para la eliminación conjunta de materia orgánica, y compuestos con N y P.

Figura 25. Proceso biológico Bardenpho modificado.



Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

2.2.3 Tratamiento terciario (tratamiento avanzado). Consta de los siguientes procesos:

2.2.3.1 Eliminación de sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión que no han sido eliminados en las operaciones convencionales de tratamiento primario y secundario pueden constituir una parte importante de la DBO de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se dispone de los siguientes procesos para la eliminación de estos sólidos en suspensión:

1. Micro tamizado,
2. Filtración,
3. Coagulación.

Los microtamices se construyen sobre tambores rotativos. El agua residual se alimenta de forma continua en la parte interior del tambor, fluyendo hasta una cámara de almacenamiento de agua clara en la parte exterior. La limpieza de la superficie interior del tambor se lleva a cabo mediante pulverizadores de agua clara, necesitándose normalmente del orden del 5% del volumen de alimentación para esta limpieza.

Con el micro tamizado se consigue eliminaciones del 70-90% de los sólidos en suspensión.

Se utiliza normalmente la filtración para conseguir rendimientos en la eliminación de sólidos en suspensión de hasta el 99%. Los materiales de relleno de los filtros más empleados son arena, antracita y tierra de diatomeas.

La coagulación se lleva a cabo utilizando sulfato de alúmina, polielectrolitos, cal y otros reactivos químicos.

2.2.3.2 Adsorción en carbón activado. El carbón activado es un derivado del carbón que ha sido tratado de manera de convertirlo en un material extremadamente poroso y por lo tanto posee un área superficial muy alta que torna muy eficiente los fenómenos de adsorción o las reacciones químicas. Es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores que 2 nanómetros). A causa de su alta microporosidad, un solo gramo de carbón activado posee un área superficial de aproximadamente unos 500 m². [9]

Figura 26.- Carbón activado



Fuente: Carbón activado. Búsqueda en google.com (2012)

El carbón activado se utiliza en la extracción de metales (v. gr. oro), la purificación del agua (tanto para la potabilización a nivel público como doméstico), en medicina para casos de intoxicación, en el tratamiento de aguas residuales, clarificación de jarabe de azúcar, purificación de glicerina, en máscaras antigás, en filtros de purificación y en controladores de emisiones de automóviles, entre otros muchos usos.

El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la superficie específica del sólido, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo. La necesidad de una mayor calidad de las aguas está haciendo que este tratamiento esté en auge. Es considerado como un tratamiento de refinado, y por lo tanto al final de los sistemas de tratamientos más usuales, especialmente con posterioridad a un tratamiento biológico.

Factores que afectan a la adsorción

- Solubilidad: Menor solubilidad, mejor adsorción.
- Estructura molecular: Más ramificada, mejor adsorción.
- Peso molecular: Grandes moléculas, mejor adsorción.
- Problemas de difusión interna, pueden alterar la norma.
- Polaridad: Menor polaridad, mejor adsorción.
- Grado de saturación: Insaturados, mejor adsorción.

El sólido universalmente utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo, aunque recientemente se están desarrollando diversos materiales sólidos que mejoran, en ciertas aplicaciones, las propiedades del carbón activo.

Hay dos formas clásicas de utilización de carbón activo, con propiedades diferentes y utilizadas en diferentes aplicaciones:

a. *Carbón activado granular (GAC)*. Se suele utilizar una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y asciende hacia la superior. El tamaño de partícula en este caso es mayor que en el otro. Se suele utilizar para eliminar elementos traza, especialmente orgánicos, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido un tratamiento biológico. Son elementos, que a pesar de su pequeña concentración, en muchas ocasiones proporcionan mal olor, color o sabor al agua.

b. *Carbón activo en polvo (CAP)*. Este tipo de carbón se suele utilizar en procesos biológicos, cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden resultar tóxicos. También se suele añadir al agua a tratar, y pasado un tiempo de contacto, normalmente con agitación, se deja sedimentar las partículas para su separación previa. Suelen ser operaciones llevadas a cabo en discontinuo.

La viabilidad económica de este proceso depende de la existencia de un medio eficaz de regeneración del sólido una vez agotada su capacidad de adsorción. El GAC se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y posterior eliminación de la superficie del sólido en un horno. Las propiedades del carbón activo se deterioran, por lo que es necesario reponer parte del mismo por carbón virgen en cada ciclo. Por otro lado el CAP es más difícil de regenerar, pero también es cierto que es más fácil de producir.

El coste es un parámetro importante a la hora de la elección del adsorbente.

Alternativas al carbón activo son las zeolitas, arcillas (montmorillonita, sepiolita, bentonita, etc.), los denominados adsorbentes de bajo coste, procedentes en su mayor parte de residuos sólidos orgánicos. Recientemente se están desarrollando derivados de polisacáridos (biopolímeros derivados del almidón).

Las aplicaciones de la operación de adsorción es amplia, desde un amplio abanico de sustancias orgánicas (colorantes, fenol, mercaptanos, etc.) hasta metales pesados en todos sus estados de oxidación.

2.2.3.3 Intercambio iónico. Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener

selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones, siendo típica la aplicación para la desmineralización y el ablandamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos químicos y la desmineralización de jarabes de azúcar.

Las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y que a la vez determinan sus características principales son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con valores relativos de afinidad de 15 o más.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad.

Hay sustancias naturales (zeolitas) que tienen capacidad de intercambio, pero en las industrias se utilizan resinas poliméricas de fabricación sintética con muy claras ventajas de uso.

Tabla 4. Propiedades de típicas resinas ácidas.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Estructura de gel</i>	<i>Estructura macroporosa</i>
Diámetro de partícula	mm	0,3-1,2	0,3-1,2
Densidad	Kg m ⁻³	850	833
Tolerancia a sólidos (turbidez)	NTU	5	5
Velocidad del lavado	m ³ h ⁻¹ m ⁻²	12,2	14,7
Tiempo de lavado	min	20	20
Velocidad de operación	m ³ h ⁻¹ m ⁻³	16-50	16-50
Velocidad de regeneración	m ³ h ⁻¹ m ⁻³	4	4
Capacidad total	Keq m ⁻³	1,5	1,8

Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales (2006). [20]

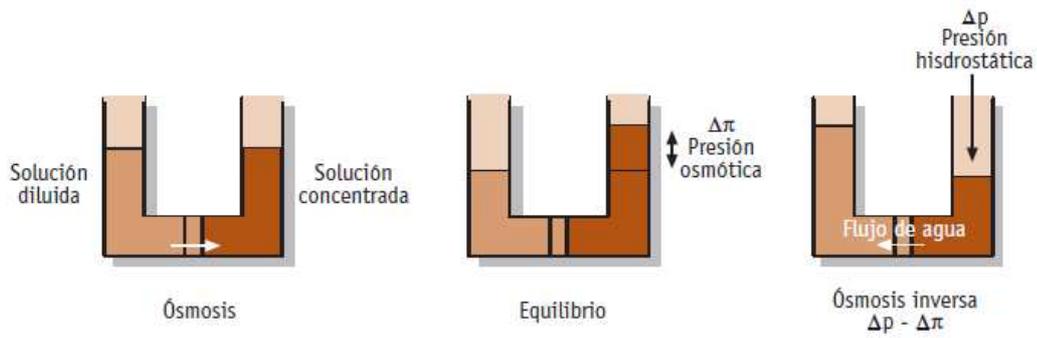
Entre las ventajas del proceso iónico en el tratamiento de aguas cabe destacar:

- Son equipos muy versátiles siempre que se trabaje con relativas bajas concentraciones de sales.
- Actualmente las resinas tienen altas capacidades de tratamiento, resultando compactas y económicas
- Las resinas son muy estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración

2.2.3.4 Ósmosis inversa

Introducción. Principio de Ósmosis. La ósmosis es el proceso que tiene lugar cuando una membrana, con permeabilidad selectiva al agua, separa dos soluciones salinas acuosas de distinta concentración, que se encuentran a la misma presión y temperatura. De forma natural el agua pasa de la solución más diluida a la más concentrada a través de la membrana. El fenómeno cesa cuando el aumento de presión hidrostática, en el lado de la membrana de la solución más concentrada, supone una resistencia suficiente para impedir el paso del agua proveniente de la solución diluida. La diferencia de presión entre las dos soluciones cuando se alcanza este estado de equilibrio se denomina diferencia de presión osmótica transmembrana (D_p). Si lo que se pretende es invertir el flujo de agua generado por la ósmosis es necesario aplicar, en el lado de la solución concentrada, una presión que origine una diferencia de presión transmembrana (D_p) superior a la presión osmótica. De esta forma se logra que el flujo de agua sea en el sentido de la solución concentrada a la solución diluida (RO), obteniéndose agua desalada, a partir de soluciones acuosas salinas, de calidad suficiente para ser utilizada en el consumo humano o en otras aplicaciones.

Figura 27. Mecanismo de ósmosis y ósmosis inversa

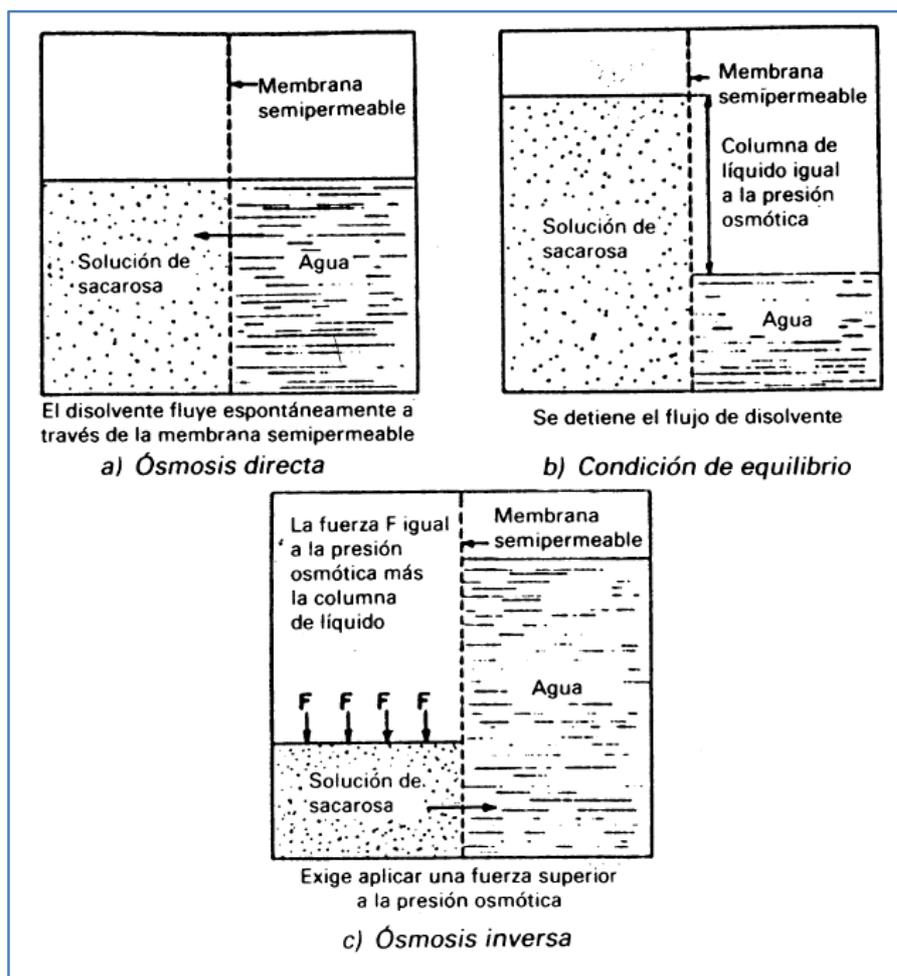


Fuente: Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales (2006). [20]

Principio de ósmosis inversa. El principio en el que se basa la osmosis inversa se representa en la figura 28. La figura 28 (a) representa la osmosis directa (esto es, las condiciones existentes al comienzo del experimento con la solución de sacarosa de la figura 28 (b)). El disolvente huye espontáneamente a través de la membrana semipermeable. En la figura 28 (b) se representa la condición de equilibrio. En este momento la altura del líquido que se ha desarrollado como consecuencia del flujo de disolvente a través de la membrana es igual a la presión osmótica. El flujo de disolvente se detiene. En la figura 28 (c) se representa lo que sucede cuando se aplica una fuerza F superior al valor de la presión osmótica a la solución de sacarosa. [10]

El flujo de disolvente se invierte, o sea, desde el compartimento conteniendo la solución de sacarosa al compartimento de agua. Este fenómeno se denomina osmosis inversa.

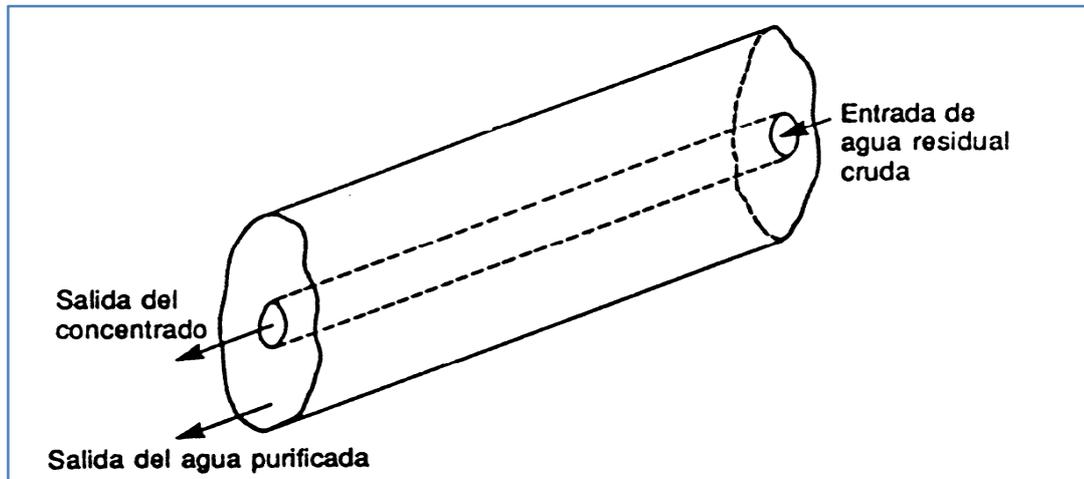
Figura 28. Diagrama explicativo de la ósmosis inversa



Fuente: Tratamiento de aguas residuales (2003). [18]

En el tratamiento de aguas residuales mediante ósmosis inversa, el afluente contaminado se pone en contacto con una membrana adecuada a una presión superior a la presión osmótica de la solución (situación análoga a la de la figura 28 (c), excepto en lo que se refiere a que el compartimento de la izquierda contiene agua residual en lugar de solución de sacarosa). Bajo estas circunstancias, el agua con una cantidad muy pequeña de contaminantes pasa a través de la membrana. Los contaminantes disueltos se concentran en el compartimento del agua residual. Este concentrado, que posiblemente sea una pequeña fracción del volumen total de agua residual a tratar, se descarga. Se obtiene agua purificada en el otro compartimento.

Figura 29. Diagrama de un sistema tubular para un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante ósmosis inversa

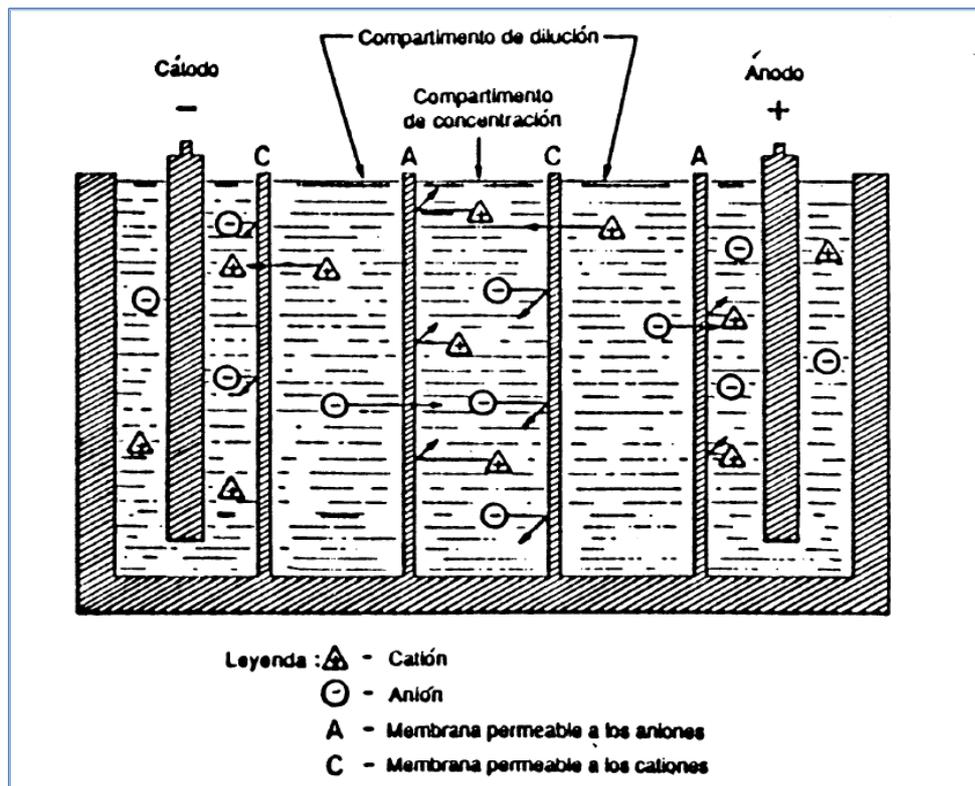


Fuente: Tratamiento de aguas residuales (2003). [18]

2.2.3.5 Electrodiálisis. La Electrodiálisis se desarrolló para la desalación del agua del mar. Es un método prometedor de eliminación de nutrientes inorgánicos (fósforo y nitrógeno) de las aguas residuales y, por ello, una posible etapa final en los procesos de tratamiento de aguas residuales.

En la figura se presenta un diagrama de una celda de electrodiálisis. Los componentes básicos de la celda son una serie de membranas hechas de resina de intercambio iónico. Estas membranas son permeables solo a las especies iónicas y son relativamente selectivas de un tipo específico de iones. Existen dos tipos de membranas utilizadas en las celdas de electrodiálisis: (1) Membranas catiónicas, que poseen una carga fija negativa, permitiendo a los cationes (iones positivos) pasar a través de ellas pero repeliendo a los aniones (Cargas negativas); y (2) membranas aniónicas, que poseen una carga positiva fija, permitiendo el paso de los aniones (iones negativos) a través de ellas pero repeliendo a los cationes (iones positivos).

Figura 30. Diagrama de una celda de electrodiálisis



Fuente: Tratamiento de aguas residuales (2003). [18]

El paso de los iones a través de las membranas se acelera por la aplicación de una tensión constante a lo largo de una serie de membranas permeables al catión y al anión, tal como se indica en la figura. El cátodo y el ánodo se colocan en los dos extremos de la celda de forma tal que la membrana más próxima al cátodo sea permeable a los cationes y la más próxima al ánodo sea permeable a los aniones. El agua residual cruda se alimenta continuamente en los compartimentos de concentración y el agua residual tratada se extrae continuamente de los compartimentos de dilución.

Para un funcionamiento adecuado de la celda de electrodiálisis, la materia en suspensión, los iones orgánicos de gran tamaño y la materia coloidal deben separarse antes del proceso. Si esto no se hace, estos materiales pueden provocar el ensuciamiento de la membrana, lo que conduce a un aumento de la resistencia eléctrica total. Para una tensión constante aplicada, la corriente que pasa a través de la celda disminuye. Por lo tanto, la capacidad desmineralizadora del equipo disminuye también y según la ley de Faraday hay migración de un equivalente-gramo de una especie iónica por amperio por segundo aplicado.

El ensuciamiento de las membranas es el mayor problema a superar con objeto de alcanzar el funcionamiento económico de la electrodiálisis en el tratamiento de las aguas residuales. El ensuciamiento se disminuye mediante:

1. El tratamiento del agua residual cruda con objeto de separar la materia en suspensión coloidal y los iones orgánicos de gran tamaño. Esto se realiza mediante la adición de coagulantes, la filtración a través de micro filtros y/o la adsorción en columnas de carbón activo. El coste de este tratamiento puede hacer que el proceso resulte antieconómico.
2. Mediante la parada periódica de la planta para limpieza.
3. La inversión frecuente de la corriente tiende a minimizar los efectos del ensuciamiento.

2.2.3.6 Cloración-desinfección con cloro (Cl_2). Es el oxidante más ampliamente utilizado. Hay una serie de factores que influyen en el proceso: Naturaleza y concentración de organismos a destruir, sustancias disueltas o en suspensión en el agua así como la concentración de cloro y el tiempo de contacto utilizado. Las sustancias presentes en el agua influyen en gran medida en la cloración: En presencia de sustancias orgánicas, el poder desinfectante es menor. La presencia de amonio consume cloro (formación de cloraminas). El hierro y manganeso aumentan la demanda del mismo.

En este sentido, es importante realizar un estudio de la demanda del cloro (breakpoint) para determinar la dosis de cloro correcta para cada tipo de agua.

Además de la dosis, es también importante el tiempo de contacto, de manera que el parámetro a utilizar es la expresión $C \cdot t$: Concentración de desinfectante final en mg/l (C) y tiempo de exposición mínimo en minutos (t). Normalmente la expresión utilizada es $C_n \cdot t = \text{constante}$, que para el cloro adopta valores entre 0.5 y 1.5. Sin embargo, una de las principales desventajas de la utilización del cloro como desinfectante es la posibilidad de formación, aunque en cantidades muy reducidas, de compuestos como los trihalometanos.

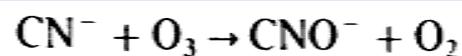
El hipoclorito sódico, fabricado a partir del Cl₂ está también utilizado como desinfectante en sistemas con menores caudales de trabajo, aunque las propiedades son muy semejantes a las del Cl₂. Otro compuesto con posibilidades de utilización es el ClO₂, más oxidante que el cloro, no reacciona con amonio, por tanto no forma cloraminas y parece ser que la posibilidad de formación de trihalometano es mucho menor que con Cl₂. Todas estas ventajas están abriendo nuevas posibilidades a la utilización de este compuesto para la desinfección.

2.1.3.7 Ozonización. La oxidación química con ozono es un método efectivo para tratar las aguas residuales, basándose en los siguientes factores:

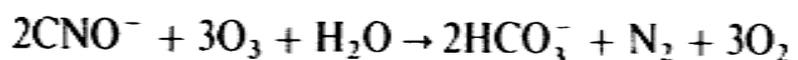
1. El ozono reacciona fácilmente con los productos orgánicos no saturados presentes en las aguas residuales.
2. La tendencia a la formación de espuma de las aguas residuales se reduce después del tratamiento con ozono.
3. La ruptura de los anillos y la oxidación parcial de los productos aromáticos deja a las aguas residuales más susceptibles de tratamiento convencional biológico.
4. El ozono presente en el efluente se convierte rápidamente a oxígeno una vez que ha servido a sus fines. Este oxígeno es beneficioso para las corrientes receptoras y ayuda a mantener la vida acuática. Por el contrario, el cloro (que es el agente más ampliamente usado para eliminar las bacterias) permanece en el efluente y se convierte en contaminante. Eckenfelder y Ford describen un equipo de laboratorio de ozonización para evaluar la factibilidad del proceso en su aplicación a las aguas residuales.

El ozono puede sustituir al cloro en el tratamiento de las aguas residuales que contienen cianuro. La oxidación tiene lugar en dos etapas de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

Primera Etapa:



Segunda Etapa:



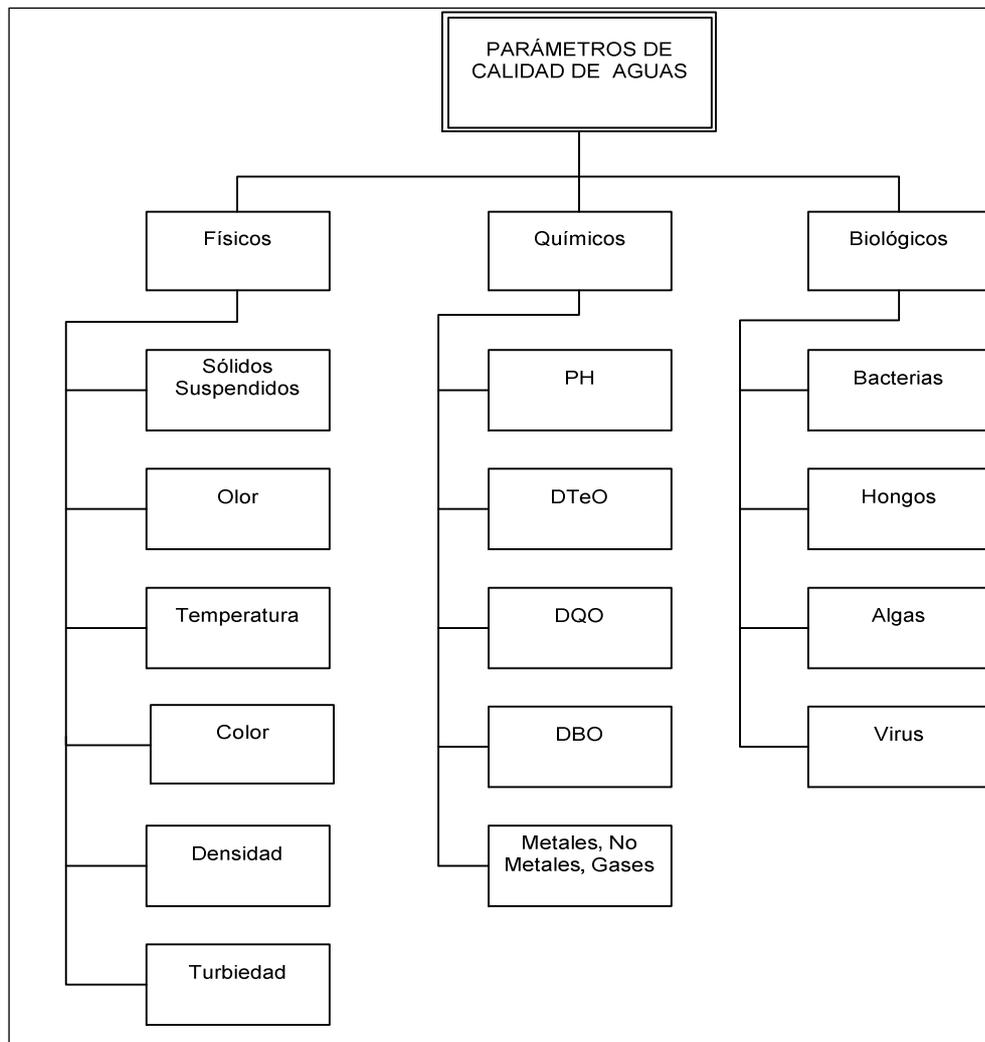
CAPÍTULO III

3. PARÁMETROS DEL AGUA EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

3.1 Introducción

Los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como Físicos, químicos, biológicos y radiológicos. Antes de proceder a una descripción de los procesos disponibles para mejorar la calidad de las aguas, es conveniente revisar los parámetros utilizados para definir su calidad. A continuación se resume la tabla siguiente:

Figura 31. Características a evaluarse en las aguas residuales



Fuente: Pablo Andrés Freire (2012)

3.2 Características del agua residual

Toda agua residual presenta los siguientes agentes contaminantes en diversas cantidades:

3.2.1 Parámetros físicos

3.2.1.1 Sólidos. Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la "carga de sólidos". Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proveniente de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado, a una temperatura de 103°C a 105°C. Los métodos para la determinación de sólidos son empíricos, fáciles de realizar y están diseñados para obtener información sobre los diferentes tipos de sólidos presentes.

Se clasifican en:

Sólidos Totales (ST). Consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103° C a 105° C.

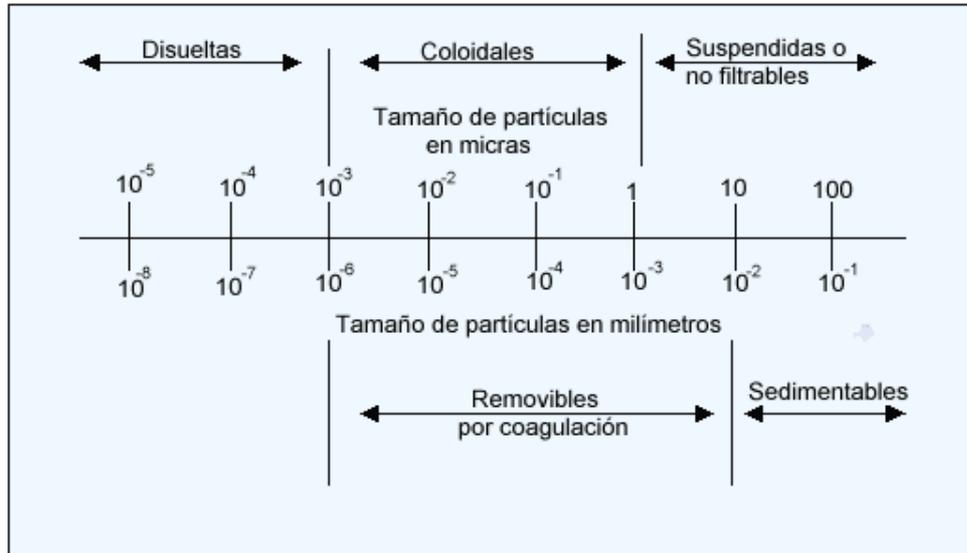
Sólidos Volátiles (SV). Son los sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los sólidos Totales (ST) son calcinados. Los sólidos Totales (ST) sometidos a combustión a una temperatura de $500 \pm 50^\circ \text{C}$, durante 20 minutos, transforman la materia orgánica a CO_2 Y H_2O . Esta pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica o volátil (SV), los sólidos que no volatilizan se denominan sólidos fijos (SF).

Sólidos Fijos (SF). Residuo que permanece después de incinerar los Sólidos Totales (ST) a una temperatura de $(500 \pm 50^\circ \text{C})$.

Sólidos Suspendidos (SS). Constituyen uno de los límites que se fijan a los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los SS se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra (50 ml) a través de crisoles "Gooch" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante. En la actualidad se prefiere utilizar filtros Whatman de membrana con un tamaño de poro de aproximadamente 1.2 micrómetros (1.2×10^{-6} metros).

Sólidos Sedimentables. Los sólidos sedimentables son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partícula corresponde a 10 micras o más y que pueden sedimentar.

Figura 32. Clasificación de rango de tamaño de partículas en el agua



Fuente: Tratamiento de aguas residuales (2003). [18]

3.2.1.2 Temperatura. Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento, así como el método de disposición final. En general, las aguas residuales son más cálidas que las de abastecimiento y, en aguas de enfriamiento, la polución térmica es significativa.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento de las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente del agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos se ven amplificados cuando se vierten cantidades considerables de agua caliente contaminada a las aguas naturales receptoras. Es preciso tener en cuenta que un cambio brusco de temperatura puede conducir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.

La temperatura óptima para el desarrollo de actividad bacteriana está en el rango de 77 a 95° F (de 25 a 35° C). Los procesos de digestión aerobia y nitrificación se detienen cuando la temperatura alcanza valores del orden de los 122° F (50° C). Cuando la temperatura se acerca a los 15° C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, y alrededor de los 41° F (5° C), las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de actuar. Cuando la temperatura es de 36° F (2° C), se alcanza incluso la inactivación de bacterias quimioheterotróficas que actúan sobre la materia orgánica carbonácea.

3.2.1.3 Olor. La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de un agua residual fresca es en general Inofensivo, pero una variedad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaeróbicas de las aguas residuales. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Otros compuestos como Indol, Eskatol y mercaptanos, formados bajo condiciones anaerobias, pueden causar olores mucho más ofensivos que el sulfuro de hidrógeno [11]

Los olores pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales. La medición sensorial de olores empleando el sentido del olfato de los humanos puede generar información importante en niveles de detección muy bajos. Por ello, con frecuencia el método sensorial se usa para medir olores en las plantas de tratamiento.

La concentración de compuestos olorosos específicos también puede ser medida por equipos instrumentales. Mediciones directas de sulfuro de hidrógeno pueden realizarse en campo con un medidor manual para concentraciones tan bajas como una parte por billón.

3.2.1.4 Densidad. Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m^3 . Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua a la misma temperatura. En ocasiones, se emplea como alternativa a la densidad el peso específico del agua residual, obtenido como cociente entre la densidad del agua residual y la densidad del agua. Ambos

parámetros, la densidad y el peso específico, dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual.

3.2.1.5 Color. El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se llama *color aparente* mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina *color verdadero*. El color verdadero se obtiene sobre una muestra filtrada. Dado que la medida depende del tamaño del poro del filtro, se debe especificar el tipo de filtro usado y el tamaño del poro. El color de una muestra de agua residual se determina comparando el color de la muestra y el color producido por soluciones de diferente concentración de cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6). Una unidad de color corresponde al color generado por 1.0 mg/L de platino. Las fuentes de color en aguas residuales incluyen la infiltración y aportes de conexiones erradas en sistemas de recolección, descargas industriales y la descomposición de compuestos orgánicos. Dependiendo de la época del año, los aportes por infiltración y conexiones erradas en sistemas de recolección contendrán una concentración variada de sustancias húmicas (p. ej., taninos, ácidos húmicos y humatos). Provenientes de la descomposición de la lignina encontrada en las hojas y otros materiales orgánicos de las plantas, las sustancias húmicas generalmente imparten un color amarillo al agua. Las descargas industriales pueden contener tintes orgánicos, así como compuestos metálicos, los cuales imprimen una gran variedad de colores a las aguas residuales.

En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias (en ausencia de oxígeno). El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS). La formación de sulfuros ocurre cuando el ácido sulfhídrico, producido a partir de la reducción de sulfato bajo condiciones anaerobias, se combina con metales divalentes que pueden estar presentes en las aguas residuales, como el hierro.

3.2.1.6 Turbiedad. La turbiedad, como medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de la turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones. Suspensiones de formacina se emplean como patrones primarios de referencia. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

En general, no hay una relación definida entre la turbiedad y la concentración de sólidos suspendidos, para efluentes de sedimentadores secundarios de procesos de lodos activados. Esta relación tiene la siguiente expresión general:

$$SST \text{ (mg/L)} \approx (fSST) (T)$$

Donde fSST= factor que varía entre 2.0 y 2.7 para convertir las lecturas de la turbiedad en SST, (mg/L)/UNT, y T= turbiedad, UNT.

3.2.2 Parámetros químicos:

3.2.2.1 pH. Medida de la concentración de ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno. Aguas residuales en concentración adversa del ion hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de seis, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el HOCl; a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica (NH₃), la cual es tóxica, pero también removible mediante arrastre con aire, especialmente a pH de 10,5 a 11,5. El valor de pH adecuado para diferentes procesos de tratamiento y para la existencia de la mayoría de la vida biológica puede ser muy restrictivo y crítico, pero generalmente es de 6,5 a 8,5. Para descarga de efluentes de tratamiento secundario se estipula un pH de 6,0 a 9,0; para procesos biológicos de nitrificación se recomiendan valores de pH de 7,2 a 9,0 y para desnitrificación de 6,5 a 7,5. En lagunas de estabilización las algas usan dióxido de carbono para su actividad fotosintética y esto puede dar como resultado aguas de pH alto, especialmente en aguas residuales de baja alcalinidad. En muchos casos las algas utilizan el ion bicarbonato como fuente de carbono celular y pueden, también,

presentarse variaciones diurnas fuertes de pH: En aguas residuales duras, cuando el pH aumenta, puede predominar la alcalinidad por carbonatos e hidróxidos y producirse la precipitación del carbonato de calcio, lo cual impide que el pH siga aumentando.

Su medición se realiza fácilmente con un pHmetro bien calibrado, aunque también se puede disponer de papeles especiales que, por coloración, indican el pH. Los valores de pH han de ser referidos a la *temperatura de medición*, pues varían con ella.

El pH se corrige en el proceso de neutralización.

3.2.2.2 Demanda teórica de oxígeno (DTeO). La Demanda teórica de oxígeno (DTeO) corresponde a la cantidad estequiométrica de oxígeno requerida para oxidar completamente un determinado compuesto. Normalmente es un valor calculado y sólo puede evaluarse si se dispone de un análisis químico completo del agua residual, lo cual no es normalmente el caso. En consecuencia su utilización es muy limitada.

Para ilustrar la DTeO, consideremos un caso simple de disolución acuosa de una sustancia pura; Solución de 1000 mg de lactosa. La ecuación siguiente corresponde a la oxidación completa de la lactosa:



Peso molecular	30	32
----------------	----	----

Por lo tanto:

$$\text{DTeO:} \quad \frac{30}{1000 \text{ mg/l}} = \frac{32}{\text{DTeO}}$$

$$\text{DTeO} = (32/30) * 1000 = 1067 \text{ mg/l}$$

3.2.2.3 Demanda química de oxígeno (DQO). La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). El valor de la DQO no debe esperarse que sea igual a la DTeO. Los análisis normalizados para la determinación de la DQO dan valores que varían entre el 80 y el 85% de la DTeO, dependiendo de la composición química del agua Residual que se está tratando.

3.2.2.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación química aerobia. Por lo tanto, la *Demanda Biológica de Oxígeno* (DBO) es una medida de oxígenos que usan los microorganismos para descomponer esta agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el suministro de agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho. En este caso, la demanda de oxígeno será alta (debido a todas las bacterias) así que el nivel de la DBO será alta. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. [12]

En la prueba estándar de DBO, una pequeña muestra de agua residual se coloca en una botella de DBO (volumen 300ml). La botella se completa a volumen usando agua saturada con oxígeno y con los nutrientes requeridos para el crecimiento biológico. Antes de tapar la botella se mide la concentración de oxígeno. Después de incubar la botella por 5 días a 20° C, la concentración de oxígeno se mide de nuevo. La DBO de la muestra es la diferencia entre los valores de concentración de oxígeno disuelto, expresado en mg por litro, dividido por la fracción decimal del volumen de la muestra usada. El valor calculado de DBO se conoce como la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días 20°C (DBO₅).

Según McKinney (1962), «El test de la DBO₅ fue propuesto por el hecho de que en Inglaterra ningún curso de agua demora más de cinco días en desaguar (desde nacimiento a desembocadura). Así la DBO es la demanda máxima de oxígeno que podrá ser necesario para un curso de agua inglés».

3.2.2.5 Metales, No Metales

Plomo. El plomo (Pb) que es un metal pesado como el mercurio, constituye un elemento tóxico que se acumula en el cuerpo conforme se inhala del aire o se ingiere con los alimentos y el agua. El plomo se ha empleado durante muchos siglos para fabricar tuberías de agua y utensilios de cocina. En realidad, el plomo es un elemento bastante raro en la litosfera. El porcentaje de plomo en la corteza terrestre es de alrededor de 0.00002 % 13. Sin embargo, los depósitos de mineral de plomo presentes en la galena, PbS, se utilizan como fuentes para obtener este elemento. El plomo tiene

un bajo punto de fusión y es un metal bastante suave. Esta maleabilidad permite que se vacíe y se le dé forma con suma facilidad. Se puede mezclar con otros metales para formar aleaciones útiles. Este metal se usa en una gran variedad de productos incluyendo baterías de almacenamiento, compuestos químicos antidetonantes para la gasolina, pigmentos, pinturas y vidriados cerámicos. La mayor parte de este metal se emplea en baterías y en gran parte se recupera, de tal manera que el plomo se puede reutilizar. La amenaza ambiental proviene de la que se usa en los compuestos químicos.

La dosis mortal de plomo absorbido se calcula en 0.5. La acumulación y toxicidad aparecen si se absorben más de 0.5 mg por día. La vida media del plomo en los huesos es de 32 años y en el riñón de 7 años. El límite de exposición para el plomo en la atmósfera es de 0.15 mg/m³. El límite de exposición del plomo en la comida es de 2.56 mg/Kg.

Envenenamiento crónico (por inhalación de partículas que contienen plomo, ingestión o absorción cutánea): el diagnóstico debe ser considerado y se presentan síntomas tempranos, más avanzados y/o intensos, con manifestaciones desde la pérdida de peso, vómitos, falta de coordinación, parálisis de nervios craneales, convulsiones y coma. El riesgo de encefalopatía es mayor con valores sanguíneos de plomo superiores a 80 g/100ml; un valor de 100 g/100ml deberá considerarse como una emergencia, y un valor de 200 a 250 g/100ml puede causar hasta la muerte. El envenenamiento debido al plomo constituye una posibilidad si la concentración de este en la sangre es de 0.8 partes por millón en los adultos o 0.4 partes por millón en los niños.

Puesto que el plomo es un veneno acumulativo, es importante investigar continuamente las cantidades de este metal que entran al medio ambiente, que constituye una amenaza para la salud humana.

Cromo. El cromo (Cr) es usado en síntesis en la industria del acero, en galvanoplastia, en el curtido del cuero y como anticorrosivo en radiadores.

La evaluación nutricional del cromo se dificulta por el hecho de que no todo se encuentra presente en los alimentos, en una forma biológicamente activa. La bioasimilación del cromo inorgánico en ellos es muy baja. El cromo trivalente es la forma útil nutricionalmente, mientras que el hexavalente no lo es. Por ello, el contenido total de cromo en los alimentos constituye un indicador válido de la contribución que

los mismos hacen a los requerimientos nutricionales del hombre. De igual forma, su contenido en los tejidos del organismo es impreciso por lo inadecuado de los métodos analíticos. Es generalmente aceptado, no obstante, que las concentraciones son muy bajas.

La ingestión estimada como adecuada es de 50-200 microg/día. Su toxicidad esta en correspondencia con sus valencias; al cromo en forma trivalente no se le atribuye efectos tóxicos, mientras que es reconocida la toxicidad de la forma hexavalente, la que es causa de irritación y corrosión.

Se han reportado niveles de cromo en agua que oscilan entre 0.45 y 112 microg/L como valor medio, por lo que su contribución puede ser desde insignificante hasta de 224 microg/día. Se estima una contribución diaria probable de 17 microg de cromo, o sea, un 22 % de los requerimientos. En ocasiones, cuando el agua contiene 50 microg de cromo por litro, el aporte puede ser superior al brindado por los alimentos. En todos los casos es necesario, siempre que se detecte su presencia en el agua, identificar si se trata de la forma nutricionalmente útil o de cromo hexavalente.

La dosis letal de un cromo soluble, como el cromato de potasio, el bicromato de potasio o del ácido crómico, es de aproximadamente 5 g. La toxicidad de los compuestos de cromo depende de la valencia del metal. El límite de exposición al polvo metálico y a las sales de cromo de valencia 2 o 3 es de 0.5 mg/m³. Los compuestos más solubles e insolubles de valencia 6 tienen un límite de exposición de 0.05mg/m³, e incluyen el ácido crómico, cromatos, bicromatos, cromato de cinc, cromato de plomo y cromito mineral.

El cromo y los cromatos son irritantes y destructores para todas las células del organismo. En las muertes por envenenamiento agudo, se encuentra nefritis hemorrágica.

La manifestación principal del envenenamiento con cromo es la irritación o corrosión.

Envenenamiento agudo (por ingestión): vértigo, sed intensa, dolor abdominal, vómito. La muerte es por uremia.

Envenenamiento crónico (por inhalación o contacto cutáneo): El contacto cutáneo repetido produce dermatitis que cicatriza con lentitud. La inhalación de vapores de

cromo por largos periodos causa ulceración indolora, hemorragia y perforación del tabique nasal.

También se han observado conjuntivitis, lagrimeo y hepatitis aguda.

La frecuencia del cáncer pulmonar se halla incrementada hasta 15 veces más que lo normal, en trabajadores expuestos al polvo de cromita, óxido crómico y minerales de cromo. Todos los compuestos en los cuales el cromo tenga valencia de 6 son considerados como carcinógenos.

El límite de exposición se debe observar constantemente. Los polvos y vapores crómicos deben ser controlados. Las soluciones de cromatos no deben tener contacto con la piel.

Zinc. El zinc (Zn) es un metal que tiene muchos usos en la industria. Puede encontrarse en forma pura o mezclado con otros metales para formar aleaciones como bronce. También puede encontrarse combinado con otras sustancias químicas, como el cloro (cloruro de zinc). [14]

Los compuestos de zinc se encuentran en forma natural en el aire, el suelo y el agua, y están presentes en todas las comidas. El zinc es un elemento esencial en la comida que necesita el cuerpo en dosis bajas. El no consumir suficiente zinc en la dieta puede provocar una salud pobre y una respuesta inmune baja. El zinc también puede ser dañino si se ingiere mucho.

La exposición a cantidades pequeñas de compuestos de zinc sucede en forma natural cada día cuando comemos alimentos que los contienen. El zinc también se encuentra como mineral natural en muchas aguas para beber. La exposición a niveles altos de zinc puede ocurrir del agua para beber o de otros líquidos que se almacenan en recipientes de metal galvanizados, flujo a través de tuberías galvanizadas, o que están contaminadas por desechos de zinc provenientes de fuentes industriales o sitios de desechos tóxicos. También pueden ocurrir exposiciones a niveles altos de zinc por la toma de mucho zinc en los suplementos alimenticios.

El zinc entra al cuerpo a través del tracto digestivo cuando una persona come alimento o bebe agua conteniéndolo. También puede entrar a los pulmones cuando se inhala el polvo de zinc o humos de los fundidores de zinc o de las operaciones de soldado en las

áreas de trabajo. La cantidad de zinc que pasa directamente a través de la piel es relativamente pequeña. La ruta más importante de exposición cerca de los sitios de desechos parece ser a través del agua contaminada con zinc. Normalmente, el zinc abandona el cuerpo mediante la orina y en las heces.

La importancia del zinc en la nutrición humana fue reconsiderada a partir de 1962, cuando se observaron deficiencias nutricionales atribuidas al mismo.

El zinc está muy difundido en los alimentos comúnmente consumidos, en especial en los de origen animal, particularmente de procedencia marina. La recomendación dietética admisible (RDA) del zinc es de 15 mg/día. En estudios realizados por la EPA se han encontrado niveles de zinc en agua que oscilan entre 100 y 245 microg/L.

Los mecanismos de absorción de este nutriente son insuficientemente conocidos, pero aparentemente pueden ser regulados. El zinc posee una baja toxicidad oral; los mayores efectos tóxicos se asocian con una insuficiente ingestión de cobre. Se ha reportado que el zinc disminuye la toxicidad del cadmio, y que en presencia del calcio la bioasimilación del zinc.

Si asumimos una concentración media de 200 microg/L en el agua de bebida, por esa vía se aportaría 0.4 mg, o sea, aproximadamente el 3 % de los requerimientos diarios, lo que representa un aporte mínimo. No obstante, cuando existe una deficiente ingestión en la dieta, este potencial no debe ser ignorado. En aguas con concentraciones máximas, el aporte a la nutrición mineral puede llegar alcanzar hasta un 20 % de los requerimientos.

Los niveles de zinc que producen efectos a la salud son generalmente mucho mayores que los recomendados para una dieta normal, para el zinc es de 15 mg/día (para hombres) y 12 mg/día (para mujeres). Si se ingieren dosis grandes de zinc (de 10 a 15 veces mayor a lo recomendado), aun por corto tiempo, pueden ocurrir problemas estomacales y digestivos. Demasiado zinc puede también interferir con el sistema inmune del cuerpo y con la habilidad del cuerpo para asimilar y usar otros minerales esenciales como el cobre y el hierro. Cuando se inhalan grandes cantidades de zinc (como polvo de zinc o humos de fundición o soldado), puede ocurrir una enfermedad o síndrome específico a corto plazo llamado fiebre de humo del metal. Se conoce muy

poco acerca de los efectos a largo plazo de respirar polvos o humos. Se desconoce si el zinc puede o no causar cáncer o defectos de nacimiento.

Níquel. El níquel (Ni) es un elemento metálico de color blanco plateado perteneciente al grupo VIII b de la Tabla Periódica, resistente a los álcalis, pero, que generalmente se disuelve en ácidos oxidantes diluidos. La solubilidad de los compuestos de níquel en agua, que es un importante factor en todas las rutas de absorción, es variable, así los cloruros, sulfatos y nitratos de níquel son solubles en agua, mientras que los carbonatos, sulfuros y óxidos de níquel no lo son. El carbonilo de níquel, que es el compuesto más rápido y extensamente absorbido por las membranas biológicas es un líquido volátil que se descompone a 50 °C. En los sistemas biológicos el níquel disuelto, puede formar complejos y ligarse a la materia orgánica. Este elemento y sus diferentes compuestos, se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente, incluyendo plantas y animales usados para el consumo humano.

Diversos efectos tóxicos han sido relacionados con la exposición a níquel o sus compuestos. Estos pueden ser de tipo agudo o crónico, relacionados con el tipo de compuestos y las características de la exposición.

El contacto dérmico puede dar lugar a dermatitis en los sitios de piel descubierta y la inhalación ocasiona irritación del tracto respiratorio y asma. Aunque algunas, y quizás todas las formas de níquel pueden ser carcinógenas, con los niveles normales de exposición en muchos sectores de la industria de este metal hay un riesgo pequeño o no detectable, entre ellos se encuentran algunos procesos que en el pasado estaban asociados con un riesgo elevado de cáncer pulmonar y nasal. Se ha reportado que exposiciones prolongadas a níquel soluble a concentraciones del orden de 1 mg/m³ puede causar marcado incremento en el riesgo relativo de cáncer pulmonar, pero el riesgo relativo en trabajadores expuestos a niveles medios de níquel metálico de cerca de 0.5 mg/m³ es de aproximadamente 1.013.

El riesgo de cáncer, para un nivel de exposición dado, parece ser superior para los compuestos de níquel metálico y posiblemente para otras formas.

El níquel es un elemento que se encuentra por doquier, los suelos típicos contienen entre 10 y 100 mg de níquel por Kg. Muchas sales de níquel son solubles en el agua, por lo que puede dar origen a la contaminación de este recurso; ha habido problemas

importantes relacionados con la descarga industrial de efluentes que contienen compuestos de níquel, en cursos de agua. Se tienen informes de niveles de níquel que han alcanzado hasta 1 mg/L en aguas superficiales.

El tratamiento convencional del agua remueve algo de níquel, de manera que los niveles de agua tratada son generalmente más bajos que los de agua sometida a tratamiento. En algunos estudios globales se han podido identificar los niveles de níquel, especialmente cuando las instalaciones interiores se emplean piezas niqueladas. En muy raras ocasiones se hallaron niveles en el agua potable que llegaron a los 0.5 mg/L. Si se supone que el consumo de agua es de 2 litros al día, la exposición humana al níquel por esta vía no excedería de ordinario de 10-20 microg/día.

El níquel es un elemento relativamente tóxico, pero el nivel que suelen hallarse en los alimentos y el agua no se consideran como una amenaza seria para la salud. Sin embargo, en estudios preliminares realizados con animales, se ha comprobado que las dosis elevadas (1600 mg/Kg en la dieta) producían efectos tóxicos mínimos (disminuyó el número de crías de ratones destetados). Dichos efectos no pudieron ser verificados en otros estudios posteriores efectuados sobre la reproducción de tres generaciones, durante las cuales las ratas y ratones bebieron agua potable que contenía 5 mg de níquel por litro durante todo su ciclo vital, sin que se presentaran efectos adversos.

Se ha comprobado que ciertos compuestos de níquel son carcinógenos, en experimentos con animales. No obstante, normalmente no se considera que los compuestos solubles de níquel sean carcinógenos ni para las personas ni para los animales. Al igual que ocurre con otros cationes bivalentes, el níquel puede reaccionar con el DNA, y cuando las concentraciones son altas, puede producirse daño que afecte a este. Como queda demostrado en pruebas de mutagenicidad realizadas *in vitro*.

En 1987-1988, en la región de Moa, extremo oriental de Cuba, se estudiaron las concentraciones de níquel en el agua de cinco fuentes de abasto para consumo de la población. Las medianas de las concentraciones detectadas fueron de 0.017-0.045 mg/L. La norma vigente en el país establece una CMA = 0.02 mg/L, por lo que los niveles, en general, fueron altos¹³.

3.2.2.6 *Tensoactivos.* Los detergentes, agentes tensoactivos o agentes superficiales activos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceites, que tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se hallan disueltos. Generalmente se fabrican mediante la mezcla del detergente o agente tensoactivo con sales sódicas como sulfatos, fosfatos, carbonatos, silicatos o boratos. Según el tipo de grupo polar hidrófilo pueden ser aniónicos, catiónicos y no iónicos. Los detergentes son ampliamente usados y existen en las aguas residuales. Su presencia disminuye la tensión superficial del agua y favorece la formación de espumas, aun en bajas concentraciones, cuando se acumula en la interfaz aire-agua, gracias a la presencia de proteínas, partículas sólidas finas y sales minerales disueltas. Además, inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno. Hasta 1965 el alquil benceno sulfonato (ABS) era el principal componente detergente en el mundo, compuesto resistente a la descomposición biológica. Desde esa fecha, en los Estados Unidos, fue remplazado por el alquil benceno sulfonato lineal (LAS), el cual es biodegradable en condiciones aerobias y permite reducir los problemas de formación de espumas. Las aguas con ABS tienen problemas de sabores y espumas indeseables. Las aguas residuales pueden contener alrededor de 10 mg/L de ABS, lo cual excede en 20 veces el límite de 0,5 mg/L para aguas potables; sin embargo, estudios hechos por el NRC en 1956, indican que el ABS en estas concentraciones no es tóxico. Por otra parte, los detergentes son fuente principal de fósforo en las aguas residuales y causantes de la eutrofización en lagos. Los detergentes se determinan mediante el ensayo conocido como SAAM, sustancias activas al azul de metileno, a través de la cuantificación del cambio de color de una solución estándar de azul de metileno.

3.2.3 *Parámetros biológicos*

3.2.3.1 *Bacterias.* Muchas clases de bacterias inofensivas colonizan el tracto intestinal del hombre y son frecuentemente expulsadas en las heces. Los individuos infectados con algún tipo de enfermedad excretan en sus heces bacterias patógenas, contaminando así las aguas residuales domésticas con una gran variedad de organismos tanto patógenos como inofensivos. Uno de los principales grupos de bacterias patógenas presentes en aguas residuales es el género *Salmonella*, el cual contiene una gran variedad de especies que pueden causar enfermedades en humanos y animales. La fiebre tifoidea, ocasionada por *Salmonella typhi*, es la enfermedad más grave que puede

transmitir este grupo. La enfermedad más comúnmente asociada con el grupo Salmonella, llamada salmonellosis, se origina por el consumo de comida envenenada. El grupo Shigella, uno de los grupos bacteriales menos comunes, es el responsable de una enfermedad intestinal conocida como disentería bacilar o shigellosis. Zonas destinadas a natación recreativa han sido reportadas como focos de propagación de shigellosis y también zonas donde las aguas subterráneas usadas para consumo han sido contaminadas con aguas residuales.

El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento, es amplio y de gran importancia. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y procesos de síntesis. Las coliformes también se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.

3.2.3.2 Algas. Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Este fenómeno, que se conoce con el nombre de crecimiento explosivo, puede conducir a que ríos, lagos y embalses sean cubiertos por grandes colonias flotantes de algas. Los crecimientos explosivos son característicos de los llamados lagos eutróficos, que son lagos con gran contenido en compuestos necesarios para el crecimiento biológico. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos, la descarga del efluente en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización. En los ríos pueden producirse efectos análogos. La presencia de algas afecta al valor del agua de abastecimiento, ya que puede originar problemas de olor y de sabor. En cuanto a los usos del agua relacionados con el ocio, las algas también pueden alterar el valor de las aguas superficiales debido al crecimiento de ciertas especies de peces y formas de vida acuáticas. La determinación de la concentración de algas en aguas superficiales se realiza tomando muestras por alguno de los métodos conocidos y haciendo un recuento al microscopio. Los procedimientos detallados para el recuento de algas se describen en el *Standard Methods*.

Uno de los problemas más importantes al que se enfrenta la ingeniería sanitaria en el campo de la gestión de la calidad del agua es el de encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de diferentes orígenes de modo que los

efluentes no favorezcan el crecimiento de algas y demás plantas acuáticas. La solución puede implicar la eliminación del carbono, así como de las diferentes formas de nitrógeno y fósforo y alguno de los elementos que se hallan presentes a nivel de traza, como el hierro y el cobalto.

3.2.3.3 Hongos. Los hongos son protistas eucariotas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimio heterótrofos. Muchos de los hongos son saprófitos, basan su alimentación en la materia orgánica muerta. Junto con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biósfera. Desde el punto de vista ecológico, los hongos presentan ciertas ventajas sobre las bacterias: pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y en ámbitos con pH bajos. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo y la materia orgánica empezaría a acumularse. [14]

3.2.3.4 Virus. Los virus son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético-ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (RNA) con una capa de recubrimiento proteínico. No tienen capacidad para sintetizar compuestos nuevos. En lugar de ello, invaden las células del cuerpo vivo que los acoge y reconducen la actividad celular hacia la producción de nuevas partículas virales a costa de las células originales.

Cuando muere la célula original, se liberan gran cantidad de virus que infectarán células próximas.

Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública. Por ejemplo, a partir de datos experimentales, se ha podido comprobar que cada gramo de heces de un paciente con hepatitis contiene entre 10.000 y 100.000 dosis de virus hepático [10]. Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días, tanto en aguas limpias como residuales a la temperatura de 20 °C, y hasta 6 días en un río normal. Se ha atribuido al agua de abastecimiento ciertos brotes de hepatitis infecciosa. Para determinar los mecanismos de transporte y eliminación de virus en suelos, aguas superficiales y residuales, es necesario un esfuerzo aún mayor por parte tanto de biólogos como de ingenieros.

3.3 Manejo de la normativa ecuatoriana norma de calidad ambiental de descarga de efluentes: Recurso agua. Presidencia de la república.

3.3.1 Introducción. La siguiente norma es muy simple y clara de entender. Para cualquiera de los usos que se va a dar al agua residual hay que tomar en cuenta los límites máximos permisibles para cada situación, y hay que cumplir con las disposiciones que la norma emite para cada uso que se vaya a dar al agua residual tratada, por lo que resta seguir el procedimiento diseñado más adelante para obtener buenos rendimientos del tratamiento del agua residual.

3.3.2 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego. Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación:

Tabla5. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05

Tabla 5. (Continuación)

Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	VISIBLE		AUSENCIA
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa Coniformes	Sustancias solubles en hexano nmp/100 ml	mg/l	0,3 1 000
Totales			

Tabla 5. (Continuación)

Huevos de parásitos Zinc	Zn	Huevos por litro mg/l	cero 2,0
-----------------------------	----	--------------------------	------------------------

Fuente: Norma Medioambiental TULAS-MAE. D.E.-3516 (2012)

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 6):

Tabla 6. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5,0	5,0	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					

Tabla 6. (Continuación)

- Sodio:					
Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0	9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Boro					
	mg/l	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO ₃)	mg/l	5,0	5,0	30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4			

Fuente: Norma Medioambiental TULAS-MAE. D.E.-3516 (2012)

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).

(3) Sólidos disueltos totales.

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.

3.3.3 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario. Se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes.

Las aguas destinadas a uso pecuario deberán cumplir con los siguientes criterios de calidad:

Tabla 7. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,2
Bario	Ba	mg/l	1,0
Boro (total)	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Carbamatos (totales)	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Litio	Li	mg/l	5,0
Materia flotante	<i>VISIBLE</i>		<i>AUSENCIA</i>
Manganeso	Mn	mg/l	0,5
Molibdeno	Mo	mg/l	0,005

Tabla 7. (Continuación)

Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos + nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/l	1,0
Níquel	Ni	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	3,0
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	10,0
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		Menor a 1 000

Tabla 7. (Continuación)

Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		Promedio mensual menor a 5 000
--------------------	------------------------	--	-----------------------------------

Fuente: Norma Medioambiental TULAS-MAE. D.E.-3516 (2012)

3.3.4 *Criterios de calidad para aguas de uso industrial.* Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- a) Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos o complementarios;
- b) Generación de energía y
- c) Minería.

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

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

-El reglado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

-En las tablas de la presente norma, se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de

muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

-Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

-Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de calidad ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

-Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

-Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

-Para el caso de los pesticidas, si el efluente después del tratamiento convencional y previa descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, no cumple con los parámetros de descarga establecidos en la presente normativa, deberá aplicarse un tratamiento avanzado.

-Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación

ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir. .

-Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

-Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.

-Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

-Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.

-Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburiífero.

- El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

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

características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

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

-De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. La Entidad Ambiental de Control dictará la guía técnica de los parámetros mínimos de descarga a analizarse o monitorearse, que deberá cumplir todo regulado. La expedición de la guía técnica deberá darse en un plazo máximo de un mes después de la publicación de la presente norma. Hasta la expedición de la guía técnica es responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control determinar los parámetros de las descargas que debe monitorear el regulado.

- Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones vigentes en el Código de Policía Marítima y los convenios internacionales establecidos, sin embargo, una vez que los residuos sean evacuados a tierra, la Entidad Ambiental de Control podrá ser el Municipio o Consejo Provincial, si tiene transferida competencias ambientales que incluyan la prevención y control de la contaminación, caso contrario seguirá siendo la Dirección General de la Marina Mercante.

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

- Los regulados que amplíen o modifiquen su producción, actualizarán la información entregada a la Entidad de Control de manera inmediata, y serán considerados como regulados nuevos con respecto al control de las descargas que correspondan al grado de ampliación y deberán obtener las autorizaciones administrativas correspondientes.

- La Entidad Ambiental de Control establecerá los parámetros a ser regulados para cada tipo de actividad económica, especificando La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

- Cuando los regulados, aun cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión.

- Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de potabilización de agua y de tratamiento de desechos y otras tales como residuos del área de la construcción, cenizas, cachaza, bagazo, o cualquier tipo de desecho doméstico o industrial, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales secos o no, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los desechos sólidos no peligrosos.

3.3.6 *Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público*

- Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.

- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

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

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

-Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 8):

Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

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

Tabla 8. (Continuación)

Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0

Tabla 8. (Continuación)

Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	<i>VISIBLE</i>		AUSENCIA
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0

Tabla 8. (Continuación)

Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforado sycarbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: Norma Medioambiental TULAS-MAE. D.E.-3516 (2012)

-Toda área de desarrollo urbanístico, turístico o industrial que no contribuya al sistema de alcantarillado público, deberá contar con instalaciones de recolección y tratamiento convencional de residuos líquidos. El efluente tratado descargará a un cuerpo receptor o cuerpo de agua, debiendo cumplir con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, marina y de estuarios.

-Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y

terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

- Se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc., provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras, restaurantes y hoteles.

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

3.3.7 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce

- Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

- Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

- Los regulados que exploren, exploten, refinan, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

- Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

-Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación.

-Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se establece lo siguiente:

- a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de cincuenta (50) metros, y la aplicación aérea de los mismos, dentro de una franja de cien (100) metros, medidas en ambos casos desde las orillas de todo cuerpo de agua,
- b) La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá el informe y autorización previa del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- c) Además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, se deberá cumplir las demás de carácter legal y reglamentario sobre el tema, así como los listados referenciales de la Organización para la Agricultura y Alimentos de Naciones Unidas (FAO).

-Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación.

Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	NO DETECTABLE
Aldehídos		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	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20

¹Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Tabla 9. (Continuación)

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
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo 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		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05

Tabla 9. (Continuación)

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		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	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

Fuente: Norma Medioambiental TULAS-MAE. D.E.-3516 (2012)

3.4 Evaluación del agua a la entrada y salida del tratamiento.

Es necesario que el agua residual tratada sea útil para alguna aplicación específica. Según la NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, es posible utilizar el agua tratada para diversas aplicaciones, tales como: Para uso Agrícola, para Uso Pecuario, para descarga hacia efluentes de agua dulce (ríos, lagos, etc.), y para alcantarillado.

Según la eficiencia global del agua tratada del sistema instalado, la industria o localidad pueden gestionar la utilización del agua tratada para los fines arriba mencionados. En tal caso, se proporcionan las siguientes tablas comparativas para que, dependiendo del resultado de las agua a la entrada y salida del tratamiento, se dispongan para los fines propuestos.

Es necesario tomar en cuenta los siguientes pasos:

1. Toma de muestra del agua a la entrada del proceso y toma de muestra del agua residual tratada.
2. Envío de las muestras al laboratorio para su caracterización
3. Una vez obtenido los resultados del laboratorio, llenar una de las tablas que se presentan a continuación, dependiendo del uso posterior que se desea dar al agua tratada.
4. Observar que el agua tratada esté dentro de los límites permisibles para cada uno de los usos.

NOTA: Este procedimiento debe realizarse en repetidas ocasiones y con la planta de tratamiento operando normalmente, para que los resultados del agua tratada no varíen, sino que se obtengan valores reales de los constituyentes del agua. Solamente de esta manera, se podrá tener un sólido criterio para decidir el uso posterior del agua residual tratada.

Tabla 10. Límites máximos permisibles del agua para uso agrícola

		RESULTADOS AGUA ENTRADA	USO AGRÍCOLA	RESULTADOS AGUA SALIDA
ACEITES Y GRASAS	mg/l		0,3	
ALKIL MERCURIO	mg/l		-	
ÁCIDOS O BASES QUE PUEDAN CAUSAR CONTAMINACIÓN, SUSTANCIAS EXPLOSIVAS O INFLAMABLES	mg/l		-	
ALDEHIDOS			-	
ALUMINIO	mg/l		5	
ARSÉNICO (TOTAL)	mg/l		0,1	
BARIO	mg/l		1	
BERILIO	mg/l		0,1	
BORO (TOTAL)	mg/l		1	
CADMIO	mg/l		0,01	
CARBAMATOS TOTALES	mg/l		0,1	
CARBONATOS	mg/l		-	
CAUDAL MÁXIMO	l/s		-	
CIANURO (TOTAL)	mg/l		0,2	
CLORO ACTIVO	mg/l		-	
CLOROFORMO	mg/l		-	
CLORUROS	mg/l		-	
CAOBALTO	mg/l		0,05	
COBALTO (TOTAL)	mg/l		-	
COBRE	mg/l		2	
COLOR REAL	mg/l		-	
COMPUESTOS FENÓLICOS	mg/l		-	
CROMO HEXAVALENTE	mg/l		0,1	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (5)	mg/l		-	
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l		-	
DICLOROETILENO	mg/l		-	
ESTAÑO	mg/l		-	
FLÚOR	mg/l		1	
FLUORUROS	mg/l		-	
FÓSFORO TOTAL	mg/l		-	
HIERRO	mg/l		5	
HIERRO TOTAL	mg/l		-	
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	mg/l		-	
LITIO	mg/l		2,5	
MATERIA FLOTANTE	mg/l		AUSENCIA	
IMANGANESO	mg/l		0,2	
MANGANESO TOTAL	mg/l		-	
MOLIBDENO	mg/l		0,01	
MERCURIO (TOTAL)	mg/l		0,001	
NITRATOS+NITRITOS	mg/l		-	
NITRITOS	mg/l		-	
NITROGENO TOTAL KJEDAL	mg/l		-	
NÍQUEL	mg/l		0,2	
OXIGENO DISUELTO	mg/l		-	
ORGANOFOSFORADOS (TOTALES)	mg/l		0,1	
ORGANOCOLORADOS (TOTALES)	mg/l		0,2	
PLATA	mg/l		0,05	
POTENCIAL HIDRÓGENO (PH)	mg/l		6 - 9	
PLOMO	mg/l		0,05	
SELENIO	mg/l		0,02	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l		3 000,0	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l		-	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l		-	
SÓLIDOS TOTALES	mg/l		-	
SULFATOS	mg/l		-	
SULFITOS	mg/l		-	
SULFUROS	mg/l		-	
SULFURO DE CARBONO	mg/l		-	
TEMPERATURA	mg/l		-	
TENSOACTIVOS	mg/l		-	
TETRACLORURO DE CARBONO	mg/l		-	
TRICLOROETILENO	mg/l		-	
TRANSPARENCIA AGUAS MEDIDAS CON EL DISCO SECCHI	mg/l		mínimo 2,0 m	
VANADIO	mg/l		0,1	
COLIFORMES FECALES			NR	
CONIFORMES TOTALES			1 000	
HUEVOS DE PARÁSITOS	Huevos/LT		cero	
ZINC	mg/l		2	

Fuente: Pablo A. Freire (2012)

Tabla 11.Límites máximos permisibles del agua para uso pecuario.

		RESULTADOS AGUA ENTRADA	USO PECUARIO	RESULTADOS AGUA SALIDA
ACEITES Y GRASAS	mg/l		-	
ALKIL MERCURIO	mg/l		-	
ÁCIDOS O BASES QUE PUEDAN CAUSAR CONTAMINACIÓN, SUSTANCIAS EXPLOSIVAS O INFLAMABLES	mg/l		-	
ALDEHIDOS			-	
ALUMINIO	mg/l		5	
ARSÉNICO (TOTAL)	mg/l		0,2	
BARIO	mg/l		1	
BERILIO	mg/l		-	
BORO (TOTAL)	mg/l		5	
CADMIO	mg/l		0,05	
CARBAMATOS TOTALES	mg/l		0,1	
CARBONATOS	mg/l		-	
CAUDAL MÁXIMO	l/s		-	
CIANURO (TOTAL)	mg/l		0,2	
COLOR ACTIVO	mg/l		-	
COLORFORMO	mg/l		-	
CLORUROS	mg/l		-	
COBALTO	mg/l		-	
COBALTO (TOTAL)	mg/l		-	
COBRE	mg/l		0,5	
COLOR REAL	mg/l		-	
COMPUESTOS FENÓLICOS	mg/l		-	
CROMO HEXAVALENTE	mg/l		1	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (5)	mg/l		-	
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l		-	
DICLOROETILENO	mg/l		-	
ESTAÑO	mg/l		-	
FLÚOR	mg/l		-	
FLUORUROS	mg/l		-	
FÓSFORO TOTAL	mg/l		-	
HIERRO	mg/l		1	
HIERRO TOTAL	mg/l		-	
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	mg/l		-	
LITIO	mg/l		5	
MATERIA FLOTANTE	mg/l		AUSENCIA	
MANGANESO	mg/l		0,5	
MANGANESO TOTAL	mg/l		-	
MOLIBDENO	mg/l		0,005	
MERCURIO (TOTAL)	mg/l		0,01	
NITRATOS+NITRITOS	mg/l		10	
NITRITOS	mg/l		1	
NITROGENO TOTAL KJEDAL	mg/l		-	
NÍQUEL	mg/l		0,5	
OXIGENO DISUELTO	mg/l		3	
ORGANOFOSFORADOS (TOTALES)	mg/l		0,1	
ORGANOCOLORADOS (TOTALES)	mg/l		0,2	
PLATA	mg/l		0,05	
POTENCIAL HIDRÓGENO (PH)	mg/l		6 - 9	
PLOMO	mg/l		0,05	
SELENIO	mg/l		0,01	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l		3 000	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l		-	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l		-	
SÓLIDOS TOTALES	mg/l		-	
SULFATOS	mg/l		-	
SULFITOS	mg/l		-	
SULFUROS	mg/l		-	
SULFURO DE CARBONO	mg/l		-	
TEMPERATURA	mg/l		-	
TENSOACTIVOS	mg/l		-	
TETRACLORO DE CARBONO	mg/l		-	
TRICLOROETILENO	mg/l		-	
TRANSPARENCIA AGUAS MEDIDAS CON EL DISCO SECCHI	mg/l		mínimo 2,0 m	
VANADIO	mg/l		10	
COLIFORMES FECALES			Menor a 1.000	
CONIFORMES TOTALES			Promedio mensual menor a 5.000	
HUEVOS DE PARÁSITOS	Huevos/LT		-	
ZINC	mg/l		25	

Fuente: Pablo A. Freire (2012)

Tabla 12.Límites máximos permisibles del agua para descarga agua dulce

		RESULTADOS AGUA ENTRADA	DESCARGA AGUA DULCE	RESULTADOS AGUA SALIDA
ACEITES Y GRASAS	mg/l		0,3	
ALKIL MERCURIO	mg/l		No detectable	
ÁCIDOS O BASES QUE PUEDAN CAUSAR CONTAMINACIÓN, SUSTANCIAS EXPLOSIVAS O INFLAMABLES	mg/l		-	
ALDEHIDOS			2	
ALUMINIO	mg/l		5	
ARSÉNICO (TOTAL)	mg/l		0,1	
BARIO	mg/l		2	
BERILIO	mg/l		-	
BORO (TOTAL)	mg/l		2	
CADMIO	mg/l		0,02	
CARBAMATOS TOTALES	mg/l		-	
CARBONATOS	mg/l		-	
CAUDAL MÁXIMO	l/s		-	
CIANURO (TOTAL)	mg/l		0,1	
CLORO ACTIVO	mg/l		0,5	
CLOROFORMO	mg/l		0,1	
CLORUROS	mg/l		1 000	
COBALTO	mg/l		0,5	
COBALTO (TOTAL)	mg/l		-	
COBRE	mg/l		1	
COLOR REAL	mg/l		* Inapreciable en dilución: 1/20	
COMPUESTOS FENÓLICOS	mg/l		0,2	
CROMO HEXAVALENTE	mg/l		0,5	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5)	mg/l		100	
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l		250	
DICLOROETILENO	mg/l		1	
ESTAÑO	mg/l		5	
FLÚOR	mg/l		-	
FLUORUROS	mg/l		5	
FÓSFORO TOTAL	mg/l		10	
HIERRO	mg/l		-	
HIERRO TOTAL	mg/l		10	
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	mg/l		20	
LITIO	mg/l		-	
MATERIA FLOTANTE	mg/l		AUSENCIA	
MANGANESO	mg/l		-	
MANGANESO TOTAL	mg/l		2	
MOLIBDENO	mg/l		-	
MERCURIO (TOTAL)	mg/l		0,005	
NITRATOS+NITRITOS	mg/l		10	
NITRITOS	mg/l		-	
NITROGENO TOTAL KJEDAL	mg/l		15	
NÍQUEL	mg/l		2	
OXIGENO DISUELTO	mg/l		-	
ORGANOFOSFORADOS (TOTALES)	mg/l		0,1	
ORGANOCLORADOS (TOTALES)	mg/l		0,05	
PLATA	mg/l		0,1	
POTENCIAL HIDRÓGENO (PH)	mg/l		5 - 9	
PLOMO	mg/l		0,20	
SELENIO	mg/l		0,1	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l		-	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l		1	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l		100	
SÓLIDOS TOTALES	mg/l		1600	
SULFATOS	mg/l		1000	
SULFITOS	mg/l		2	
SULFUROS	mg/l		0,5	
SULFURO DE CARBONO	mg/l		-	
TEMPERATURA	mg/l		<35	
TENSOACTIVOS	mg/l		0,5	
TETRACLORURO DE CARBONO	mg/l		1	
TRICLOROETILENO	mg/l		1	
TRANSPARENCIA AGUAS MEDIDAS CON EL DISCO SECCHI	mg/l		-	
VANADIO	mg/l		5	
COLIFORMES FECALES			Remoción >al 99,9%	
CONIFORMES TOTALES			-	
HUEVOS DE PARÁSITOS	Huevos/LT		-	
ZINC	mg/l		5	

Fuente: Pablo A. Freire (2012)

Tabla 13.Límites máximos permisibles del agua para descarga alcantarillado.

		RESULTADOS AGUA ENTRADA	ALCANTARILLADO	RESULTADOS AGUA SALIDA
ACEITES Y GRASAS	mg/l		100	
ALKIL MERCURIO	mg/l		No detectable	
ÁCIDOS O BASES QUE PUEDAN CAUSAR CONTAMINACIÓN, SUSTANCIAS EXPLOSIVAS O INFLAMABLES	mg/l		Cero	
ALDEHIDOS			-	
ALUMINIO	mg/l		5	
ARSÉNICO (TOTAL)	mg/l		0,1	
BARIO	mg/l		5	
BERILIO	mg/l		-	
BORO (TOTAL)	mg/l		-	
CADMIO	mg/l		0,02	
CARBAMATOS TOTALES	mg/l		-	
CARBONATOS	mg/l		0,1	
CAUDAL MÁXIMO	l/s		1.5 veces el caudal promedio	
CIANURO (TOTAL)	mg/l		1	
COLOR ACTIVO	mg/l		0,5	
CLOROFORMO	mg/l		0,1	
CLORUROS	mg/l		-	
CAOBALTO	mg/l		-	
COBALTO (TOTAL)	mg/l		0,5	
COBRE	mg/l		1	
COLOR REAL	mg/l		-	
COMPUESTOS FENÓLICOS	mg/l		0,2	
CROMO HEXVALENTE	mg/l		0,5	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5)	mg/l		250	
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l		500	
DICLOROETILENO	mg/l		1	
ESTAÑO	mg/l		-	
FLÚOR	mg/l		-	
FLUORUROS	mg/l		-	
FÓSFORO TOTAL	mg/l		15	
HIERRO	mg/l		-	
HIERRO TOTAL	mg/l		25	
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	mg/l		20	
LITIO	mg/l		-	
MATERIA FLOTANTE	mg/l		AUSENCIA	
MANGANESO	mg/l		-	
MANGANESO TOTAL	mg/l		10	
MOLIBDENO	mg/l		-	
MERCURIO (TOTAL)	mg/l		0,01	
NITRATOS+NITRITOS	mg/l		-	
NITRITOS	mg/l		-	
NITROGENO TOTAL KJEDAL	mg/l		40	
NIQUEL	mg/l		2	
OXIGENO DISUELTO	mg/l		-	
ORGANOFOSFORADOS (TOTALES)	mg/l		0,1	
ORGANOCOLORADOS (TOTALES)	mg/l		0,05	
PLATA	mg/l		0,5	
POTENCIAL HIDRÓGENO (PH)	mg/l		5 - 9	
PLOMO	mg/l		0,5	
SELENIO	mg/l		0,5	
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l		-	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/l		20	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l		220	
SÓLIDOS TOTALES	mg/l		1600	
SULFATOS	mg/l		400	
SULFITOS	mg/l		-	
SULFUROS	mg/l		1	
SULFURO DE CARBONO	mg/l		1	
TEMPERATURA	mg/l		<40	
TENSOACTIVOS	mg/l		2	
TETRACLORURO DE CARBONO	mg/l		1	
TRICLOROETILENO	mg/l		1	
TRANSPARENCIA AGUAS MEDIDAS CON EL DISCO SECCHI	mg/l		-	
VANADIO	mg/l		5	
COLIFORMES FECALES			-	
CONIFORMES TOTALES			-	
HUEVOS DE PARÁSITOS	Huevos/LT		-	
ZINC	mg/l		10	

Fuente: Pablo A. Freire (2012)

CAPÍTULO IV

4. ELECCIÓN DEL MODELO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

4.1 Determinación de los parámetros del sistema

El tratamiento de aguas residuales abarca un escenario muy amplio de problemas porque incluye una gran variedad de afluentes y unos requisitos de efluentes y de métodos de disposición muy diferentes.

El tratamiento de aguas residuales incluye tratamiento de aguas de una sola residencia, de aguas residuales de condominios y urbanizaciones, de aguas residuales de alcantarillados municipales combinados, así como de aguas grises, negras e industriales de procesos de manufactura con calidades muy específicas y variables según el proceso del cual provienen. El tratamiento de aguas residuales también puede ser muy importante en el medio rural, en aguas de uso agrícola y pecuario, para riego y reúso. El determinante más importante en la selección del sistema de tratamiento lo constituyen la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente. La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, cinco etapas principales:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.
- Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño y la comparación de costos de las alternativas propuestas.
- Diseño detallado de la alternativa de costo mínimo.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento del sistema construido.

Para proveer la ejecución de dichas etapas, se requiere el aporte de profesionales de la ingeniería química, microbiología, geología, arquitectura y economía. Sin embargo, el papel principal lo desempeña el ingeniero de saneamiento ambiental, responsable del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, y de quien depende el éxito del proyecto propuesto.

Las condiciones óptimas de operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales dependen de las características físicas, sociales y económicas prevalentes en el sitio de localización de la planta, las cuales deben tenerse en cuenta al definir el diseño del sistema, porque ellas establecen la confiabilidad, flexibilidad, requerimientos de personal técnico, grado de automatización y control de proceso, y costos de la operación y mantenimiento. Un sistema de tratamiento de aguas residuales de diseño y eficiencia excelente, pero con costos de operación y mantenimiento tan altos que su propietario no tiene capacidad de sufragar, es mejor no construirlo. La experiencia indica que el costo inicial y los costos de operación y mantenimiento constituyen el factor primordial al adoptar una solución de control de contaminación hídrica exitosa. Por otra parte, un sistema de tratamiento de baja confiabilidad no garantiza la producción de un efluente de la calidad" requerida y convierte la operación del sistema en un problema que obliga a poner atención y destinar recursos excesivos a esta actividad. La disponibilidad de personal técnico altamente calificado y de suficientes recursos económicos es prerrequisito para la adopción de diseños con equipos mecánicos complejos, consumos permanentes de energía y niveles de control y automatización altos. Finalmente, la flexibilidad de los procesos para aceptar modificaciones futuras, que aseguren una optimización factible, mediante la adición de equipos o tecnología innovadora, es un factor de gran influencia sobre el diseño. En resumen, los principales factores de importancia en la selección de procesos y operaciones de tratamiento son los siguientes:

- *Factibilidad.* El proceso debe ser factible y, por consiguiente, compatible con las condiciones existentes de dinero disponible, terreno existente y aceptabilidad del cliente o de la comunidad propietaria del mismo.
- *Aplicabilidad.* El proceso debe ser capaz de proveer el rendimiento solicitado, es decir, estar en capacidad de producir un efluente con la calidad requerida para el rango de caudales previsto.

- *Confiabilidad.* El proceso debe ser lo más confiable posible, esto es, que sus condiciones óptimas de trabajo sean difíciles de alterar, que tenga capacidad de soporte de cargas y caudales extremos y mínima dependencia de tecnología u operación compleja.
- *Costos.* El proceso ha de ser de costo mínimo. La comunidad o el propietario debe estar en capacidad de costear todos los compuestos del sistema de tratamiento, así como su operación y mantenimiento. .
- *Características de la fuente.* Éstas determinan la necesidad de pretratamiento primario o tratamiento secundario, tipo de tratamiento (físico, químico, biológico o combinado), necesidad de neutralización o de igualamiento, así como el tamaño, cinética y tipo de reactor.

Procesamiento y producción de lodos. La cantidad y calidad del lodo producido determina la complejidad del tratamiento requerido para disposición adecuada. Procesos sin problemas de tratamiento y disposición de lodos son los ideales.

Requerimientos de personal. Procesos sencillos requieren menos personal, menor adiestramiento profesional y, por tanto, son más ventajosos.

En un país como el nuestro es esencial seleccionar sistemas de tratamiento de aguas residuales con base en el siguiente principio básico de diseño:

El dinero disponible para tratamiento de aguas residuales es escaso, por lo que las obras de control de polución deben satisfacer los requerimientos de tratamiento a un costo de operación y mantenimiento mínimo. [15]

Factores adicionales, de influencia en la selección de procesos de tratamiento son su confiabilidad y su costo, los cuales generalmente tienen la categorización indicada en la tabla siguiente:

Tabla 14. Evaluación de cuatro sistemas de tratamiento de aguas

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVAS					
	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
CONFIABILIDAD:					
Resistencia a cargas choque de materiales orgánicos y tóxicos					X
Sensibilidad de operación intermitente		X			
Destreza operativa de personal		X			
COSTOS:					
Requerimientos de terreno					X
Costo de capital		X			
Costo de operación y mantenimiento		X			
LAGUNAS AIREADAS					
	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
CONFIABILIDAD:					
Resistencia a cargas choque de materiales orgánicos y tóxicos			X		
Sensibilidad de operación intermitente		X			
Destreza operativa de personal	X				
COSTOS:					
Requerimientos de terreno					X
Costo de capital				X	
Costo de operación y mantenimiento				X	
FILTROS PERCOLADORES					
	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
CONFIABILIDAD:					
Resistencia a cargas choque de materiales orgánicos y tóxicos				X	
Sensibilidad de operación intermitente				X	
Destreza operativa de personal				X	
COSTOS:					
Requerimientos de terreno				X	
Costo de capital				X	
Costo de operación y mantenimiento				X	
LODOS ACTIVADOS					
	BAJA	MÍNIMA	BUENA	MODERADA	MÁXIMA
CONFIABILIDAD:					
Resistencia a cargas choque de materiales orgánicos y tóxicos		X			
Sensibilidad de operación intermitente					X
Destreza operativa de personal					X
COSTOS:					
Requerimientos de terreno				X	
Costo de capital					X
Costo de operación y mantenimiento					X

Fuente: Ingeniería de aguas residuales (1995). [21]

Metcalf& Eddy consideran los factores de la tabla como los más importantes para la evaluación y selección de las operaciones y procesos unitarios de un sistema de tratamiento de aguas residuales, los cuales coinciden con los factores seleccionados comúnmente, para dicho propósito, en la mayor parte de la literatura técnica. [16]

Tabla 15. Parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales

FACTOR	COMENTARIO
• Aplicabilidad del proceso	Se debe evaluar la aplicabilidad del proceso con base en la experiencia o en plantas piloto.
• Aplicabilidad en el rango de caudales	El proceso seleccionado debe ser aplicable a todo el rango de caudales esperado en el período de diseño.
• Aplicabilidad en la variabilidad del caudal	Se debe evaluar si el proceso resiste la variación de caudales o si requiere igualamiento.
• Características del afluente	La selección de las operaciones y procesos del sistema de tratamiento depende de las características del agua residual cruda. .
• Características inhibitorias o no modificables	Se debe evaluar si existen sustancias inhibitorias de los procesos de tratamiento y la presencia de constituyentes que los procesos no van a modificar.
• Restricciones de clima	La temperatura determina la tasa de reacción de los procesos biológicos y físico-químicos, así como la generación y dispersión de olores.
• Cinética de reacción y tipo de reactor	El diseño de un proceso depende de la cinética de reacción y del tipo de reactor que se seleccione.
• Rendimiento	El rendimiento requerido depende de la calidad del efluente y debe satisfacer los requisitos legales.
• Tratamiento de residuos	Se debe evaluar el tipo y cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos producidos.
• Procesamiento de lodos	El tratamiento de lodos es un factor decisivo en la selección del sistema de tratamiento y debe mantenerse en un grado mínimo de requerimientos.
• Restricciones ambientales	Factores ambientales como localización, viento, proximidad a áreas residenciales, olores, ruido, tráfico y estética, pueden limitar la aplicabilidad de un proceso de tratamiento.
• Requerimientos de sustancias químicas	Debe evaluarse la disponibilidad de los compuestos químicos necesarios, su almacenamiento y sus efectos.
• Requerimientos de energía	En la selección de procesos con necesidades energéticas deben evaluarse los costos actuales y futuros de ellas.
• Requisitos de personal	Hay que tener en cuenta la cantidad de recursos humanos requeridos, su capacidad técnica, su entrenamiento y su disponibilidad.
• Requerimientos de operación	Se debe valorar la facilidad y sencillez de la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.
• Confiabilidad	Se debe evaluar la confiabilidad del proceso a largo plazo, su resistencia a cargas choque, operación intermitente y su seguridad para proveer el efluente requerido.
• Complejidad	Es preferible contar con procesos sencillos que no requieren personal con entrenamiento elaborado y que operan rutinariamente aun en condiciones adversas.
• Compatibilidad	Los procesos y equipos seleccionados deben ser compatibles con los existentes o con los que en un futuro se adopten.
• Disponibilidad del terreno	Preferiblemente, el terreno debe permitir el diseño actual y la expansión probable futura, así como la existencia de una zona de aislamiento adecuada.

Fuente: Ingeniería de aguas residuales (1995). [21]

4.2 Operación y mantenimiento

Todo sistema de tratamiento de aguas residuales debe estar diseñado de tal manera que, cuando se opere adecuadamente, produzca en forma continua el caudal y calidad de efluente requerido.

Si existen equipos, éstos han de funcionar satisfactoriamente dentro de cualquier rango posible de operación; igualmente, el operador debe estar en capacidad de ajustar la operación a los requerimientos de cada momento.

Se tiene que contar con equipos de laboratorio que permitan determinar las características esenciales de operación, hacer los ajustes requeridos y controlar la calidad del efluente.

El sistema de tratamiento debe estar en capacidad de operar continuamente, aun en los casos en que sea necesario sacar de operación un equipo para su mantenimiento o reparación. Esto supone la existencia de dos o más unidades de repuesto o de reserva y la previsión, en el diseño, de suficientes accesorios y conexiones que faciliten la derivación o el aislamiento de los equipos de operación crítica.

Cuando los costos de mano de obra son bajos y relativamente accesibles, se debe preferir un diseño de mano de obra intensiva a uno de automatización.

La utilización de equipos automáticos y de controles elaborados requiere técnicos calificados, lo cual influye en el costo de operación y mantenimiento, así como en la confiabilidad del sistema.

El mantenimiento se define como el arte de mantener los equipos de la planta, las estructuras y todos los accesorios en condiciones adecuadas para prestar los servicios para los cuales fueron propuestos, por lo cual es esencial para lograr una operación eficiente del sistema de tratamiento.

Para asegurar un mantenimiento adecuado se deben tener en cuenta lo siguiente:

1. La responsabilidad del mantenimiento debe definirse claramente.
2. La responsabilidad del mantenimiento debe asignarse a personal competente.

3. Los objetivos del mantenimiento deben definirse con claridad y establecerse en un programa de mantenimiento.
4. El programa de mantenimiento debe contar con presupuesto adecuado y seguro.
5. El sistema de tratamiento debe contar con todos los repuestos, herramientas y controles requeridos para su mantenimiento.
6. El mantenimiento preventivo tiene que planearse y programarse en forma permanente.
7. Debe existir un registro, computarizado o escrito, de cualquier labor de mantenimiento, que permita controlar el programa correspondiente.

Lo ideal sería que los registros de control fueran el mínimo necesario para administrar y ejecutar un programa efectivo de mantenimiento; suficientes para que no se olvide todo lo que hay que hacer, pero sin que incluyan esfuerzo de dedicación excesiva que desaliente su diligenciamiento actualizado y conduzca a debilitar una actividad vital en la buena marcha del sistema de tratamiento.

El mantenimiento preventivo, además de estar constituido por el mantenimiento programado para prevenir las fallas o eventuales salidas del servicio de un componente del sistema de tratamiento, es esencial para reducir fallas no programadas, eliminar las emergencias y reducir los costos de operación y de mantenimiento. Dependiendo del tipo de sistema de tratamiento, todo programa de mantenimiento debe incluir las labores relacionadas con:

- Buen aseo general. La planta, equipos, corredores, laboratorios, deben permanecer limpios y en orden, con una apariencia estética agradable.
- Lubricación. Hay que asegurar que todo equipo esté lubricado adecuadamente y posea un cronograma de lubricación acorde con las instrucciones del fabricante.
- Refrigeración. Se debe verificar el estado de funcionamiento de cualquier equipo, asegurando su operación a la temperatura apropiada y el reemplazo de empaques o rodamientos de acuerdo con el programa de rutina de revisión e inspección.

- Almacenamiento. Se ha de mantener un inventario apropiado de repuestos y equipos de reemplazo, en tal forma que no haya interrupciones de servicio ni períodos de espera prolongados entre reparaciones.

El mantenimiento correctivo es, generalmente, una actividad de emergencia para reparar un equipo o estructura que ha causado una falla del sistema de tratamiento. Cuando el sistema de tratamiento está diseñado para operar continuamente, la administración no debe esperar a que un equipo o componente falle para repararlo o reemplazarlo. El control del tiempo de operación de un equipo o componente del sistema de tratamiento, así como de un rendimiento, provee percepción de una posible falla, por lo que no se debe esperar a que ésta ocurra. Cuando se requiere mantenimiento correctivo, se ha de analizar si el equipo o componente debe repararse o reemplazarse por uno nuevo.

Todo trabajo de mantenimiento, preventivo o correctivo, debe realizarse en coordinación y cooperación completa con el personal de operación del sistema de tratamiento para que no se suspenda el tratamiento y que no haya descarga consecuente de un efluente objetable por la entidad de control.

4.3 Arranque del sistema de tratamiento

Para operar exitosamente un sistema de tratamiento de aguas residuales se debe contar con un sistema de diseño excelente, con un personal de operación capacitado adecuadamente y con dedicación apropiada a los requerimientos de dicha operación. Por tanto, el período de arranque de cada sistema de tratamiento debe aprovecharse para entrenar los operadores, familiarizarlos con los equipos y modificar cualquier procedimiento con el objeto de asegurar la obtención de la calidad requerida del efluente.

Cualquier operador de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere entrenamiento especial, el cual se puede obtener a través de cursos y seminarios, así como por el trabajo en una planta de condiciones similares. El personal de operación debe dedicarse de tiempo completo a su labor, preferiblemente.

Cada tipo de planta (lodos activados, filtros biológicos, unidades rotatorias de contacto biológico, lagunas de estabilización, lagunas aireadas, procesos hídricos) requiere un arranque y operación específicos para obtener el efluente propuesto en el diseño. El arranque de un proceso biológico de tratamiento es un período que tiene que darse para

que los microorganismos inoculados o existentes en el reactor se aclimaten, se acostumbren, se desenvuelvan y se multipliquen dentro de las características del ecosistema que están viviendo.

En procesos de tratamiento anaerobio, generalmente, por la escasez y poca disponibilidad de lodo granulado específico para el afluente, se toma lodo flocculento anaerobio de estaciones de tratamiento de desechos domésticos o de otras industrias, muchas veces de calidad inferior a la deseada para la inoculación de los reactores anaerobios. Debido a estas dificultades, el período de arranque puede exigir una duración de cuatro a seis meses.

En procesos aerobios es necesario hacer un arranque gradual de los reactores, procediendo a aclimatar la biomasa y lograr la concentración óptima de sólidos suspendidos mediante la dosificación apropiada del afluente, la recirculación necesaria de lodo y el encendido requerido de los equipos de aireación, hasta lograr el caudal de diseño del proceso.

CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA LA EMPRESA TEIMSA S.A.

5.1 Introducción

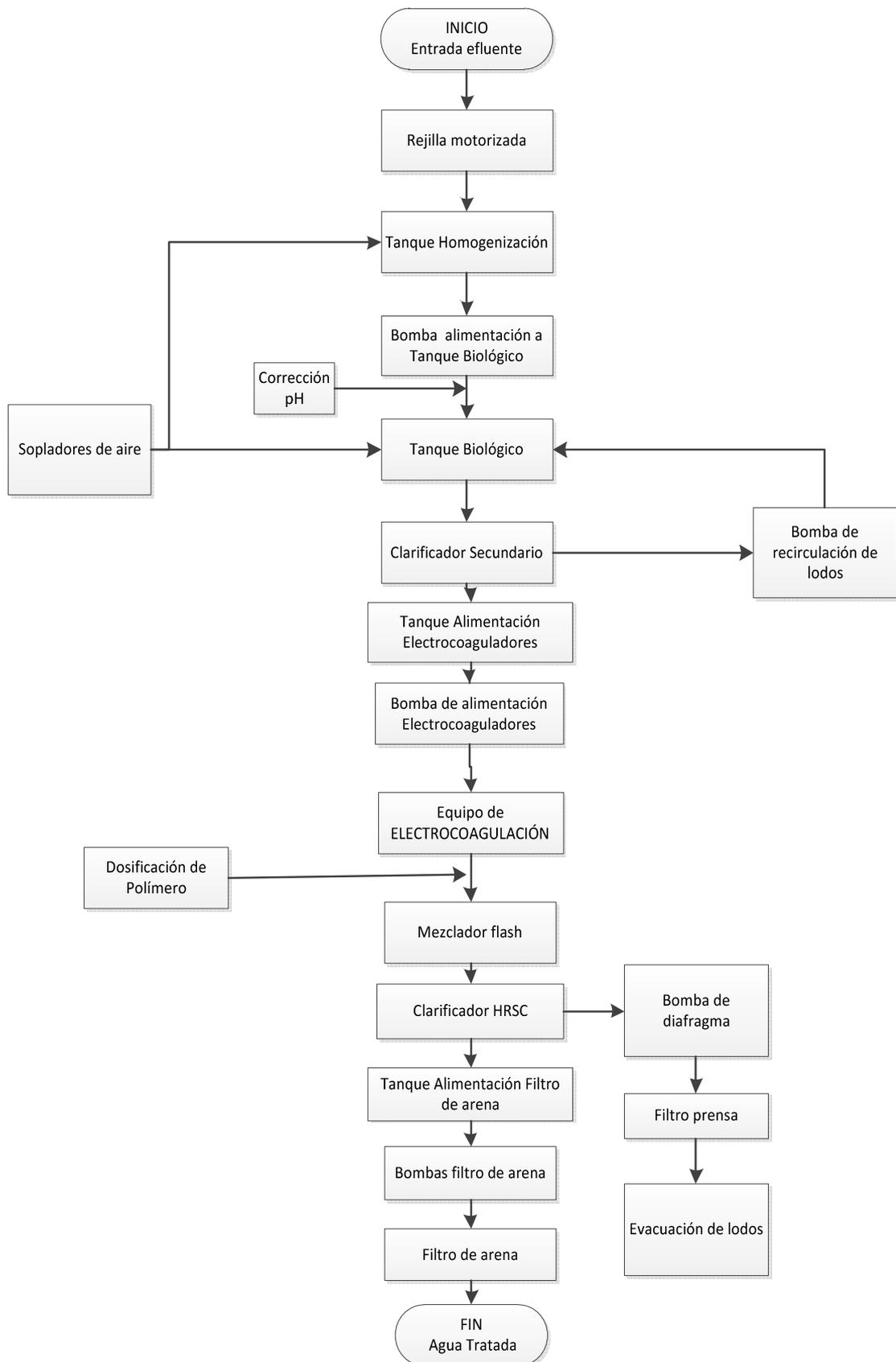
La legislación laboral ecuatoriana exige en la actualidad a las empresas que están relacionadas con la emisión de contaminantes al medio ambiente, implementar sistemas de tratamiento de dichos efluentes para minimizar totalmente el nivel de perjuicio a la naturaleza, y por lo tanto proteger al ser humano. La Normativa Ecuatoriana NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DE DESCARGA DE EFLUENTES: Recurso agua. Presidencia de la República establece las cantidades máximas permitidas de contaminantes que se encuentren presentes en el agua, razón por la cual la misión de la empresa respecto a tratar el agua que ocupa, es muy importante respecto al cumplimiento de las normativas ambientales vigentes.

5.2 Procedimiento de análisis y evaluación

5.2.1 Identificación de los procesos de tratamiento. La planta de tratamiento de efluentes-Teimsa consta de los siguientes procesos: Tratamiento primario, que consta de una rejilla motorizada, un tanque de homogenización y un sistema de corrección de pH. A continuación se encuentra el tratamiento secundario, que consta de un sistema de tratamiento biológico de lodos activados aerobios. Finalmente el tratamiento terciario consta de un electrocoagulador, y un filtro de arena. Para el manejo de lodos, se dispone de un filtro prensa.

En la figura 33 se detalla el ordenamiento de los procesos de tratamiento, en su respectiva secuencia.

Figura 33. Procesos Tratamiento Aguas-TEIMSA



Fuente. Cortesía TEIMSA-Confident. (2012).

5.2.1.1 Tratamiento primario.

Rejilla motorizada. En este proceso se quitan todas las pelusas provenientes del proceso de tinturado, ya que la presencia de Pelusas en el tratamiento de agua ocasiona los siguientes problemas:

- Baja eficiencia en todas las bombas-Planta de tratamiento
- Afecta al porcentaje de depuración-tanque Lodos Activados
- Se incrusta en los electrodos-Electrocoagulador, bajando su eficiencia.
- Se acumulan en Filtro de Arena, bajando su eficiencia

Homogenización. El agua proveniente del proceso de tinturado no entra con caudal uniforme, sino que entra al TK-1 (Tanque Homogenización) presentando fluctuaciones de:

- Caudal
- Carga contaminante
- PH

Corrección de PH. En el TK-1 (Tanque Homogenización) el PH del agua es generalmente alto (9-10), en estas condiciones no puede pasar al TK-2 (Tanque Biológico).

Para la corrección de PH se utiliza una bomba dosificadora de ácido con tanque reservorio, el mismo que corrige el PH del agua a 7; se coloca a la entrada del TK-2.

Figura 34. Sistema de corrección de PH



Fuente: Cortesía TEIMSA (2012)

5.2.1.2 Tratamiento secundario

Lodos activados (Aerobio). En este proceso el agua entra al TK-2 (Tanque biológico), y las bacterias se alimentan de la carga contaminante. Después se separan del agua clara en el clarificador secundario, por gravedad

Hay que proporcionarles oxígeno a las bacterias para que respiren. Si llega a faltar Oxígeno (Avería del Soplador), las bacterias se mueren, y es necesario realizar una nueva recarga de bacterias. Una vez encendida la planta, los sopladores No pueden detenerse más de 4 horas.

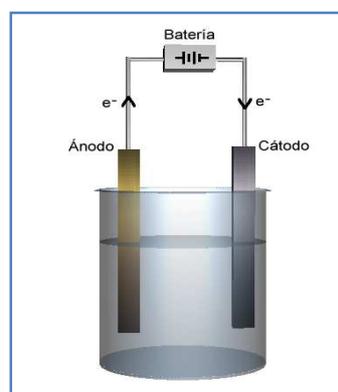
5.2.1.3 Tratamiento terciario

Electrocoagulación. El electrocoagulador es una máquina que sirve para quitar el color del agua de proceso. También elimina contaminantes químicos como:

- DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)
- DQO (Demanda química de oxígeno)
- Bacterias
- Coloides
- Químicos en suspensión

La electrocoagulación utiliza el principio de electrólisis del agua, es decir se coloca un ánodo, un cátodo, agua (electrolito) y energía eléctrica (corriente continua).

Figura 35. Esquema circuito electrocoagulación



Fuente: Electrólisis del agua. Búsqueda en google.com (2012)

Cuando el agua es pura, la electrólisis produce la separación del agua en Hidrógeno y Oxígeno

Cuando el agua es contaminada, y el electrodo está diseñado para tratar el agua, ocurre el siguiente proceso:

- El ánodo de hierro da electrones de hierro (Fe) al agua,
- La corriente aplicada convierte los electrones del Hierro (Fe) y parte del agua contaminada en Hidróxido de Hierro ($\text{Fe OH}_2 - \text{Fe OH}_3$), efectivo coagulante.
- El Hidróxido de hierro ($\text{Fe OH}_2 - \text{Fe OH}_3$) atrapa los coloides del agua, así como el color formando flóculos que se sedimentan hacia el fondo.
- La corriente que pasa entre ánodo y cátodo elimina las bacterias presentes en el agua, así como microorganismos patógenos.

Filtro de arena. Los filtros de arena son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contra corriente.

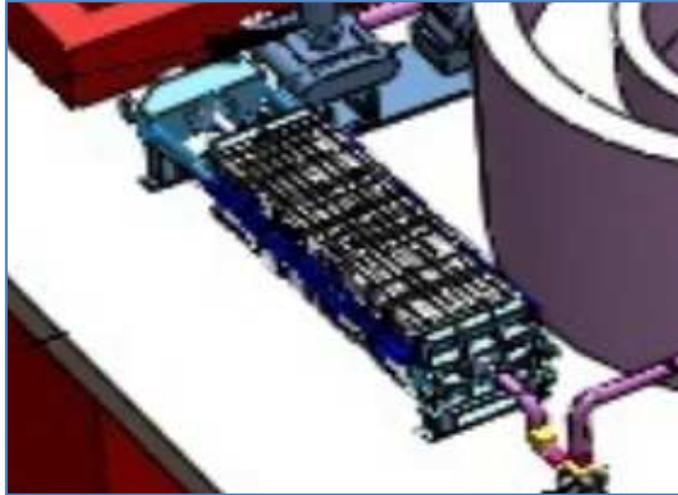
La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante, velocidad de filtración, etc.

5.2.1.4 Manejo de lodos

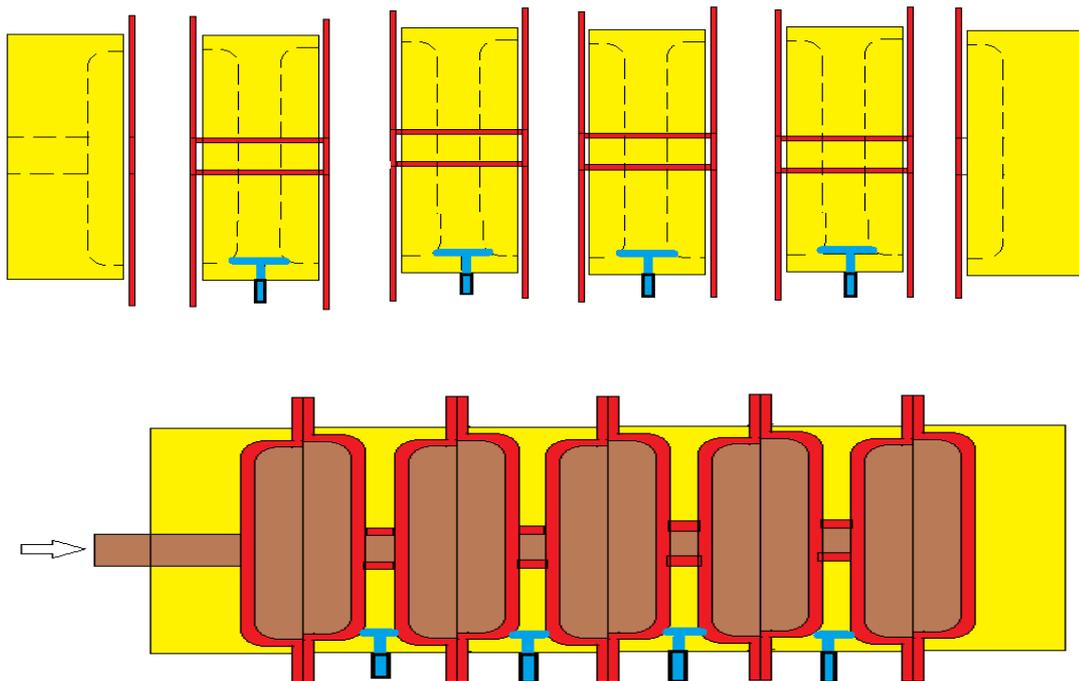
Filtro prensa. El filtro prensa se utiliza para compactar los lodos resultantes del proceso de electrocoagulación.

Figura 36. Dibujo filtro prensa

(a) Diagrama filtro prensa



(b) Proceso interno de filtrado



Fuente: Cortesía Teimsa (2012)

5.2.2 Comparación de los equipos ofertados-recibidos. Para el siguiente análisis se tomará en cuenta la siguiente información:

- Oferta CONFIDENT REF: CEPL/TE/ETP/ 01

Tabla 16. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Rejillas manuales

Nº	01			Revisado por:		Pablo Freire
MÁQUINA:	REJILLAS MANUALES			Fecha Revisión:		05/01/2012
NOMBRE OFERTA:	BAR SCREEN			Lugar de Revisión:		TEIMSA
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP / 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	3	6	Solamente se Utilizan 3	100%		50%
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE	ACERO INOXIDABLE			100%	
TIPO	MANUAL	MANUAL			100%	
TAMAÑO DE FILTRO	10mm,8mm,6m m	10mm,8mm,6mm			100%	
MARCA	CONFIDENT	Solamente Mallas cortadas	En TEIMSA se construyeron las rejillas	100%		
OPERACIÓN	-	FALTAN GUÍAS	REJILLAS NCOMPLETAS	100%		

Tabla 17. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Filtro motorizado

Nº	02			Revisado por:		Pablo Freire
MÁQUINA:	FILTRO MOTORIZADO			Fecha Revisión:		05/01/2012
NOMBRE OFERTA:	MOTORIZED BAR SCREEN			Lugar de Revisión:		TEIMSA
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	1	1	-		100%	100
MATERIAL	POLIPROPILEN	POLIPROPILEN	-		100%	
TIPO	BANDA, AUTOLIMPIANTE	BANDA, AUTOLIMPIANTE	-		100%	
POTENCIA (HP)	0,5	0,5	-		100%	
MARCA MOTOR	BONFIGOLI	BONFIGOLI	-		100%	
MARCA DISEÑO	CONFIDENT	CONFIDENT	-		100%	

Tabla 18. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Motor de blower

Nº	03-A			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	MOTOR BLOWER			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	AIR BLOWER FOR EQUALISATION & BIOLOGICAL TANKS			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			100%	67%
POTENCIA MOTOR (HP)	15	20		100%		
RPM	1440	1460		100%		
VOLTAJE (V)	440	415 +/- 10%			100%	
FRECUENCIA (HZ)	60	50 +/- 5%	Frecuencia máx= 52 Hz	100%		
PROTECCIÓN IP	-	55			100%	
TEMPERATURA	-	50°C			100%	
CARGA (DUTY)	-	S1			100%	
MARCA MOTOR	-	HAVELLS LAFERT			100%	

Tabla 19. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Blower

Nº	03-B			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BLOWER			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	AIR BLOWER FOR EQUALISATION & BIOLOGICAL TANKS			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			100%	100%
CAPACIDAD	400M3/H	-			100%	
PRESIÓN	0,5 BAR	-			100%	
TYPE	TWIN LOOP	-			100%	
MARCA	ROOTS	-			100%	

Tabla 20. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Difusores de burbuja fina

Nº	04			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	DIFUSORES DE BURBUJA FINA			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	DIFFUSERS FOR ACTIVATED SLUDGE TANK			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	120	120			100%	100%
TIPO	BURBUJA FINA, VERTICAL	BURBUJA FINA, VERTICAL			100%	
MATERIAL	EPDM	caucho de etileno propileno			100%	
TAMAÑO	100mm diam* 225mm long	100mm diam* 225mm long			100%	
MARCA	IFU-GERMANY	IFU-GERMANY			100%	

Tabla 21. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de ácido

Nº	05-A		Revisado por:	Pablo Freire		
MÁQUINA:	BOMBAS DE ÁCIDO		Fecha Revisión:	05/01/2012		
NOMBRE OFERTA:	ACID DOSING SYSTEM		Lugar de Revisión:	TEIMSA		
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	1		100%		0%
CAPACIDAD	10 LPH	12 LPH		100%		
MATERIAL	POLIPROPILENO	POLIPROPILENO		100%		
PRESIÓN	4 BAR	1,96		100%		
TIPO	PLUNGER	DIAFRAGMA		100%		
POTENCIA	0,25 HP	0,15 HP		100%		
MARCA	IWAKI, JAPAN	MILTON ROY		100%		

Tabla 22. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Tanque de ácido

Nº	05-B		Revisado por::	Pablo Freire		
MÁQUINA:	TANQUE DE ÁCIDO		Fecha Revisión:	05/01/2012		
NOMBRE OFERTA:	ACID DOSING SYSTEM		Lugar de Revisión:	TEIMSA		
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	1	1			100%	100%
CAPACIDAD	200 lt	200 lt			100%	
MATERIAL	FRP	FRP.- FIBRA DE VIDRIO			100%	

Tabla 23. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de alimentación tanque biológico

Nº	06		Revisado por:	Pablo Freire		
MÁQUINA:	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN AL TANQUE BIOLÓGICO		Fecha Revisión:	05/01/2012		
NOMBRE OFERTA:	EFFLUENT FEED PUMPS TO ACTIVATED SLUDGE REACTOR		Lugar de Revisión:	TEIMSA		
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			100%	86%
CAPACIDAD	10 M3/H	10 M3/H			100%	
MATERIAL	CastIron	Hierro			100%	
CABEZA	10 MCA	10 MCA			100%	
TIPO	CENTRÍFUGA-AUTOCEBANTE	CENTRÍFUGA-AUTOCEBANTE			100%	
POTENCIA MOTOR (HP)	2	3		100%		
MARCA BOMBA	JHONSON-INDIA	JHONSON-INDIA			100%	

Tabla 24. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de recirculación de lodos

Nº	07			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE LODOS ACTIVADOS			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	ACTIVATED SLUDGE RE-CIRCULATION PUMP			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			100%	57%
MATERIAL	Castlron	Hierro			100%	
POTENCIA (HP)	1	3		100%		
FLUJO m3/h	5	5		100%		
TIPO	CENTRÍFUGA-AUTOCEBANTE	CENTRÍFUGA-AUTOCEBANTE			100%	
CABEZA (m)	10	4		100%		
MARCA	JHONSON-INDIA	JHONSON-INDIA			100%	

Tabla 25. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Mecanismo de clarificador secundario

Nº	08			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	MECANISMO DE CLARIFICADOR SECUNDARIO			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	SECONDARY CLARIFIER MECHANISM			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	1	1			100%	100%
TAMAÑO	3,5 M DIAM* 3,2 M ALT	Diam= 3,5 m, Altura= 3,2 m			100%	
MATERIAL	POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA	POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA			100%	
MATERIAL DE LA PLATAFORMA	Acero negro con recubrimiento epoxy	Acero negro con recubrimiento epoxy celeste			100%	
POTENCIA (HP)	1	1			100%	

Tabla 26. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Inversor para blower

Nº	09			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	INVERSOR PARA BLOWER			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	INVERTER FOR BIOLOGICAL TANK AIR BLOWER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	OFERTADA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
RANGO	11 KW/15 HP	23-26 Amp			100%	67%
MARCA	YASKAWA, JAPÓN	YASKAWA, JAPÓN			100%	
CANTIDAD	1	1			100%	

Tabla 27. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Medidor de oxígeno disuelto

Nº	10			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	MEDIDOR DE OXÍGENO DISUELTO			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	DISSOLVED OXYGEN METER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
MARCA	EUTECH-SINGAPORE	EUTECH-SINGAPORE			100%	100%
SALIDA AL INVERSOR	4-20 mA	4-20 mA			100%	
CANTIDAD	1	1			100%	

Tabla 28. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Inversor para bombas de alimentación

Nº	11			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	INVERSOR PARA BOMBAS DE ALIMENTACIÓN			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	INVERTER FOR FEED PUMPS			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
RANGO	1,5 KW/2HP	1,5 KW/2HP			100%	100%
MARCA	YASKAWA, JAPAN	YASKAWA, JAPAN			100%	
CANTIDAD	1	1			100%	

Tabla 29. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Electrocoagulador

Nº	12			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	ELECTROCOAGULADOR			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	ELECTRO COAGULATION SYSTEM			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			100%	100%
CAPACIDAD	10M3/H cada uno	10M3/H cada uno			100%	
MATERIAL DEL REACTOR	polímero reforzado con fibra	polímero reforzado con fibra			100%	
CANT. ELECTRODOS	220 cada uno	185			100%	
TAMAÑO ELECTRODOS	30 x 60 cm	30 x 60 cm* 3 mm			100%	
PESO ELECTRODOS	100 kg	100 kg			100%	
ENERGÍA	PULSOS CC ESTADO SÓLIDO	PULSOS CC			100%	

Tabla 30. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de vacío

Nº	13			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBA DE VACÍO			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	VACCUM PUMP			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	0		100%		0%
FLUJO	50 M3/H	0		100%		
PRESIÓN DE VACÍO	600 mmHg	0		100%		
MEDIO DE SUCCIÓN	Gas Hidrógeno	0		100%		
MARCA	Vacuunair, India	0		100%		
POTENCIA	2 HP	0		100%		

Tabla 31. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de limpieza de electrocoagulación

Nº	14			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBA DE LIMPIEZA DE ELECTROCOAGULACIÓN			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	ELECTROCOAGULATION CLEANING PUMP			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	1	0		100%		100%
CAPACIDAD	6 m3/h	0		100%		
TIPO	Pistón	0		100%		
POTENCIA	1 HP	0		100%		
MATERIAL	Acero aleado	0		100%		

Tabla 32. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de limpieza de ácido

Nº	15			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBA DE LIMPIEZA DE ÁCIDO			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	ACID CLEANING PUMP			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	1		100%		75%
CAPACIDAD	6M3/H	6M3/H			100%	
TIPO	CENTRÍFUGA	CENTRÍFUGA			100%	
POTENCIA	3 HP	2 HP		100%		
MATERIAL	Polipropileno	Polipropileno			100%	
CANTIDAD TANQUES	1	1			100%	
CAPACIDAD	1000 LT	1000 LT			100%	
MATERIAL	POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA	POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA			100%	

Tabla 33. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Sistema de dosificación de polímero

Nº	16			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	SISTEMA DE DOSIFICACIÓN POLÍMERO			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	POLIMER DOSING SYSTEM			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	1		100%		46%
CAPACIDAD	10 LPH	12 LPH		100%		
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Polipropileno	Polipropileno			100%	
PRESIÓN	4 bar	1,96 BAR		100%		
TIPO	Pistón	Diafragma		100%		
POTENCIA	0,25 HP	0,15 HP		100%		
MARCA	IWAKI, JAPAN	MILTON ROY		100%		
CANTIDAD MEZCLADORES	1	1			100%	
POTENCIA	0,25 HP	0,5 HP		100%		
MARCA	BONFIGLIOLI, ALEMANIA	BONFIGLIOLI, ALEMANIA			100%	
CANTIDAD TANQUES	1	1			100%	
CAPACIDAD	100 LT	100 LT			100%	
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Polímero reforzado con fibra	Polímero reforzado con fibra			100%	

Tabla 34. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Flash mixer

Nº	17			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	FLASH MIXER			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	FLASH MIXER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
MATERIAL CONSTRUCCIÓN DE LA CUBA	RCC	CONCRETO (OBRA CIVIL)			100%	80%
TAMAÑO TANQUE	0,85*0,85*1,2 m	0,85*0,85*1,2 m			100%	
CANT. MIXER OFRECIDO	1	1			100%	
POTENCIA	2 HP	1 HP		100%		
MARCA	BONFIGLIOLI	BONFIGLIOLI			100%	

Tabla 35. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Clarificador HRSC

Nº	18			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	CLARIFICADOR HRSC			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	HRSC CLARIFIER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD OFRECIDA	1 SET	1 SET			100%	80%
MATERIAL	Polímero reforzado con fibra	Polímero reforzado con fibra			100%	
TAMAÑO OBRA CIVIL	3 m diam.x 4,2 m alt.	3 m diam.x 4,2 m alt.			100%	
POTENCIA	3 HP	2,5 HP		100%		
PLATAFORMA	Acero negro con recubrimiento epoxy	Acero negro con recubrimiento epoxy			100%	

Tabla 36. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de alimentación para el reactor EC

Nº	19			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN PARA EL REACTOR EC			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	FEED PUMPS FOR EC SKID			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			100%	83%
CAPACIDAD	10 m3/h cada uno	10 m3/h cada uno			100%	
CABEZA	10 mca	10 mca			100%	
POTENCIA (HP)	2	3		100%		
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Hierro fundido	Hierro fundido			100%	
MARCA	JHONSON	JHONSON PUMP			100%	

Tabla 37. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bombas de alimentación para el filtro de arena.

Nº	20			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBAS DE ALIMENTACIÓN PARA EL FILTRO DE ARENA			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	FEED PUMPS for SAND FILTER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
CANTIDAD	2	2			1	86%
CAPACIDAD	10m3/h cada una	10m3/h cada una			1	
CABEZA	40 mca	40 mca			1	
POTENCIA	3 HP	5 HP		1		
MATERIAL CONSTRUCCIÓN	HIERRO FUNDIDO	HIERRO FUNDIDO			1	
TIPO	CENTRÍFUGA	CENTRÍFUGA			1	
MARCA	JHONSON	JHONSON			1	

Tabla 38. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Filtro de arena

Nº	21			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	FILTRO DE ARENA A PRESIÓN			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	PRESSURE SAND FILTER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
Nº OFRECIDO	1	1			100%	100%
DIÁMETRO	1,8m	1,8m			100%	
ALTURA	2,3m	2,3m			100%	
MATERIAL	Acero negro con recubrimiento epoxy	Acero negro con recubrimiento epoxy			100%	
MEDIO DE FILTRACIÓN	Arena fina, arena gruesa, piedrecillas	Arena fina, arena gruesa, piedrecillas			100%	
ACCESORIOS	Tubería frontal, válvulas	Tubería frontal, válvulas			100%	
TIPO OPERACIÓN	Manual	Manual			100%	

Tabla 39. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Controlador de PH

Nº	22			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	CONTROLADOR DE PH			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	PH CONTROLLER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
RANGO	1-14.	1-14.			100%	100%
MARCA	COUNTRONICS	COUNTRONICS			100%	
SALIDA	RELÉ	RELÉ			100%	
PANTALLA	PANTALLA LED	PANTALLA LED			100%	

Tabla 40. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Controlador de nivel

Nº	23			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	CONTROLADOR DE NIVEL			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	LEVEL CONTROLLER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
MARCA	MINILEC	MINILEC			100%	100%
TIPO	ALTO/BAJO	ALTO/BAJO			100%	
CANTIDAD	2	2			100%	

Tabla 41. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Controlador indicador de temperatura

Nº	24			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	INDICADOR DE TEMPERATURA			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	TEMPERATURE INDICATOR CONTROLLER			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
RANGO	0-200°C	0-200°C			100%	100%
PANTALLA	PANTALLA LED	PANTALLA LED			100%	
MARCA	SELECTRON	SELECTRON			100%	

Tabla 42. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Bomba de diafragma operada por aire

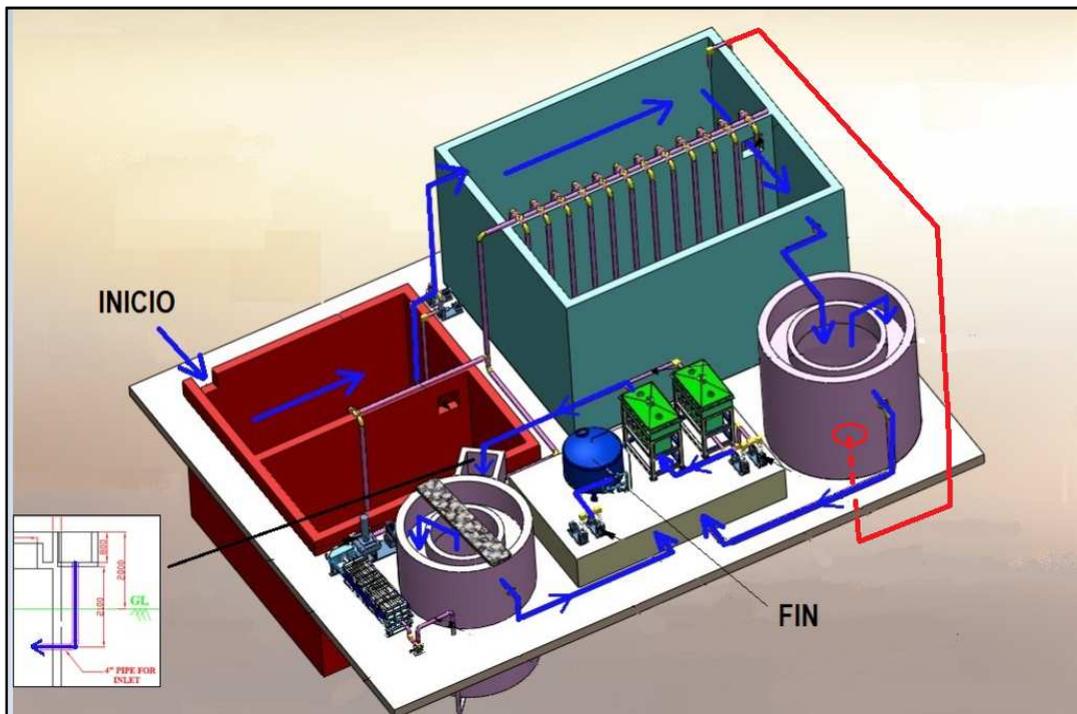
Nº	25			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	BOMBAS DE DIAFRAGMA OPERADAS POR AIRE			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	AIR OPERATED DIAPHARM PUMP			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
Nº OFRECIDO	2	2			100%	80%
CAPACIDAD	5 m3/h	5 m3/h			100%	
CABEZA	60 mca	60 mca			100%	
FABRICA	YAMADA	WILDEN		100%		
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	POLIPROPILENO	Acero			100%	

Tabla 43. Valoración equipos ofertados-recibidos.- Filtro prensa

Nº	26			Revisado por:	Pablo Freire	
MÁQUINA:	FILTRO PRENSA			Fecha Revisión:	05/01/2012	
NOMBRE OFERTA:	FILTER PRESS			Lugar de Revisión:	TEIMSA	
PARÁMETROS	CÓDIGO OFERTA CEPL/TE/ETP/ 01	RECIBIDO TEIMSA	OBSERVACIONES	CONCORDANCIA		% CONFORME
				no	si	
Ofrecido	1	1	-		100%	100%
Tamaño	24"x24"	24"x24"	-		100%	
Cantidad de platos	20	20	-		100%	
Tipo	Empotrado	Empotrado	-		100%	
Material- Carcaza	Acero negro	Acero negro	-		100%	
Material- Platos	Polipropileno	Polipropileno	-		100%	

5.2.3 Análisis hidráulico. Se realizará el análisis hidráulico de todo el recorrido del agua durante el proceso: con el parámetro ofertado: Caudal de la planta: 200m³/día - 10m³/h a 20 horas diarias

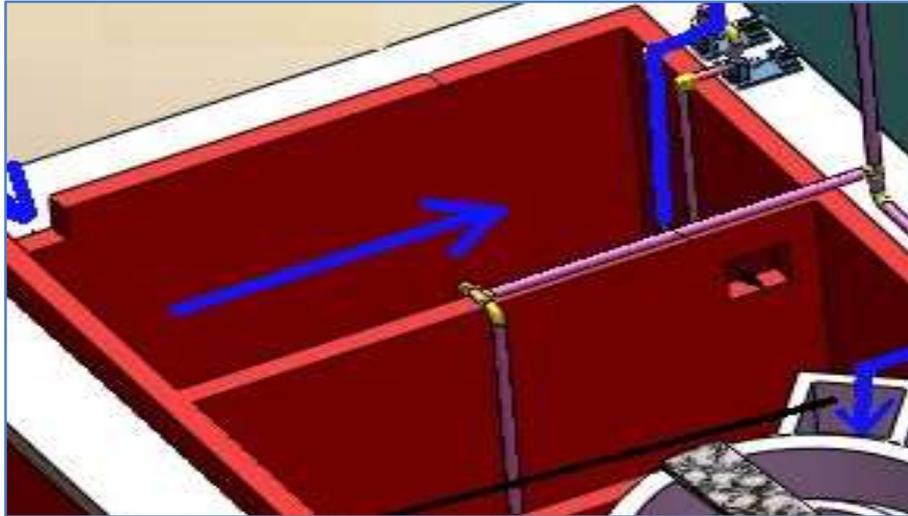
Figura 37. Esquema del trayecto del agua



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

5.2.3.1 Caudal de paso en TK-1. En este tanque se recibe toda el agua procedente de tinturado, con las respectivas fluctuaciones de caudal, temperatura y carga contaminante. TEIMSA presenta el requerimiento de caudal de agua = 200 m³ /día.

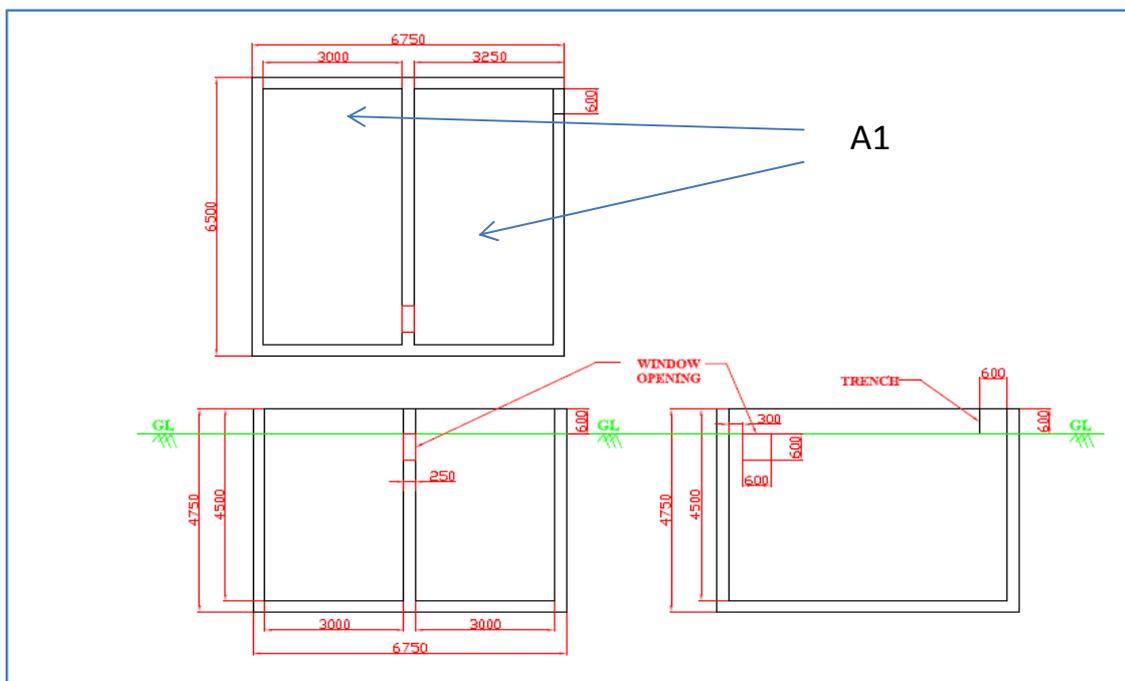
Figura 38. Esquema caudal de paso a través de TK-1



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Dimensiones del tanque:

Figura 39. Diagrama dimensional TK-1



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Área Vista Superior (A1): $(3\text{ m} + 3\text{ m}) * 6\text{ m}$

Área Vista Superior (A1): 36 m^2

Altura de trabajo: 4 m

Velocidad de ascensión: $\frac{\text{Caudal}}{A1} = \frac{10\text{ m}^3/\text{h}}{36\text{ m}^2} = 0.277\frac{\text{m}}{\text{h}}$

Tiempo de retención del agua en el tanque:

Altura de trabajo= 4m

Tendremos:

Velocidad de ascensión= $\frac{\text{Altura}}{\text{tiempo}}$;

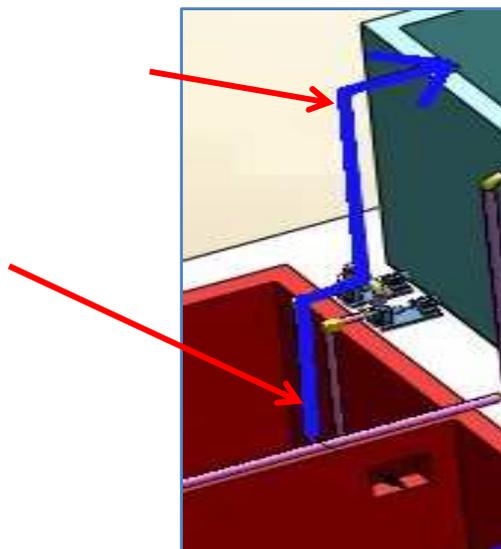
Tiempo= $\frac{\text{Altura}}{\text{velocidad de ascensión}} = \frac{4\text{ m}}{0.277\frac{\text{m}}{\text{h}}} = 14,40\text{h}$ (14h 12 min)

CONCLUSIÓN:

1. El agua ascenderá 0.27 m de nivel cada hora
2. El agua, antes de salir al siguiente proceso, permanecerá en el tanque **14h-12min.**

5.2.3.2 *Sistema de comunicación TK-1 – TK-2.* La comunicación entre tanque TK-1 y TK-2 se la realiza por medio de una bomba centrífuga Marca Jhonson (Bomba 1-2)

Figura 40. Esquema sistema de bombeo TK1- TK-2



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo hidráulico

Succión-tubería

Tabla 44. Tubería succión bomba 1-2

Nº	Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área (m ²)
1	4	PVC	3	80	0.07386	0.00428
2	0.05	PVC	1 ½	80	0.0381	0.00114
3	0.08	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00428 \text{ m}^2} = 0.631 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00114 \text{ m}^2} = 2.368 \text{ m/s}$$

$$V3 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$H_{vs12} = \frac{v1^2}{2g} + \frac{v2^2}{2g} + \frac{v3^2}{2g} = \frac{(0.631 \text{ m/s})^2 + (2.368 \text{ m/s})^2 + (2.061 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} = \mathbf{0.523 \text{ m}}$$

Succión-accesorios:

Tabla 45.- Accesorios succión bomba 1-2

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Codo 90°	3	PVC	0.54	0.0055
Reducción brusca	3 – 1 ½	PVC	0.525	0.012
Brida	1 ½	PVC	0.05	0.012
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0012

$$Hrs = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

$$Re1 = \frac{v1 D1}{\gamma} = \frac{0.631 * 0.0739}{1.306 * 10^{-6}} = 35705$$

$$\lambda_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0055}{3.7} + \frac{5.74}{35705^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.034$$

$$Re_2 = \frac{vD}{\gamma} = \frac{2.368 * 0.0381}{1.306 * 10^{-6}} = 69081$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0125}{3.7} + \frac{5.74}{69081^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0419$$

$$Re_3 = \frac{vD}{\gamma} = \frac{2.061 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 64528$$

$$\lambda_3 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.00125}{3.7} + \frac{5.74}{64528^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.024$$

$$\Sigma k_1 = 0.54$$

$$\Sigma k_2 = 0.525 + 0.05 + 0.05 = 0.625$$

$$H_{rs} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_3}{D_3} + \Sigma k_3 \right)$$

$$(5) H_{rs} = \frac{(0.631 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.034 * 4}{0.0738} + 0.54 \right) + \frac{(2.368 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0241 * 0.05}{0.0381} + 0.625 \right) +$$

$$\frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.024 * 0.08}{0.0409} + 0 \right)$$

$$H_{rs} = 0.048 + 0.159 + 0.001$$

$$H_{rs} = 0.208 \text{ m}$$

$$h_{pms} = 0 \quad (\text{Tanque abierto a la atmósfera.})$$

$$h_{es} = 3.5 \text{ m} \quad (\text{Cabeza estática de succión; (-)})$$

Por lo tanto:

$$h_s = \pm h_{es} + h_{vs} + H_{rs} \pm h_{pms}$$

$$h_s = 3.5 + 0.523 + 0.208 + 0$$

$$h_s = 4.231 \text{ m}$$

Descarga-tubería:

Tabla 46. Tubería descarga bomba 1-2

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área m ²
0.08	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.14	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.15	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.35	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.085	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.675	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.61	PVC	2	80	0.04925	0.00191
1.195	PVC	2	80	0.04925	0.00191
2.51	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.4	PVC	2	80	0.04925	0.00191

TUBERÍA 1.- 1 ½ Pulg Cédula 40 Acero

$$L1 = (0.08 + 0.14 + 0.15 + 0.35) \text{ m}$$

$$L1 = 0.72 \text{ m}$$

TUBERÍA 2.- 2 Pulg Cédula 80 PVC

$$L2 = (0.085 + 0.675 + 0.61 + 1.195 + 2.51 + 0.4) \text{ m}$$

$$L2 = 5.475 \text{ m}$$

$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00191 \text{ m}^2} = 1.414 \text{ m/s}$$

$$Hvd_{12} = \frac{v1^2}{2g} + \frac{v2^2}{2g} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2 + (1.414 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.318 \text{ m}$$

Descarga-accesorios:

Tabla 47. Accesorios descarga bomba 1-2

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Válvula check	1 ½	Acero	2.5	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Válvula mariposa	1 ½	Acero	0.36	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Codo 90°	1 ½	Acero	0.3	0.0013
Reducción	1 ½ a 2	Acero	0.2	0.0009
Brida	2	Acero	0.05	0.0009
Brida 2"	2	PVC	0.05	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Medidor de caudal	2	Plástico	1	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003

$$\text{Hrs} = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

$$\text{Re1} = \frac{v_1 D_1}{\gamma} = \frac{2.061 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 64529$$

$$\lambda_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7D} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0013}{3.7} + \frac{5.74}{64529^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0243$$

$$\text{Re2} = \frac{vD}{\gamma} = \frac{1.414 * 0.04925}{1.306 * 10^{-6}} = 53322$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.009}{3.7} + \frac{5.74}{533220.9}\right)\right)^2} = 0.038$$

$$\Sigma k_1 = 2.5 + 0.05 + 0.36 + 0.05 + 0.05 + 0.3 = 3.36$$

$$\Sigma k_2 = 0.2 + 0.05 + 0.05 + 0.3 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 1 + 0.05 + 0.3 = 2.15$$

$$H_{rd} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda_1 L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda_2 L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) \quad (7)$$

$$H_{rd} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0243 * 0.72}{0.04089} + 3.36 \right) + \frac{(1.414 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0241 * 5.475}{0.04925} + 2.15 \right)$$

$$H_{rd} = 0.821 \text{ m} + 0.493 \text{ m}$$

$$H_{rd} = 1.31 \text{ m}$$

$$h_{pmd} = 0 \quad (\text{Tanque abierto a la atmósfera}).$$

$$h_{ed} = 3.6 \text{ m} \quad (\text{Cabeza estática de succión; } (-))$$

Por lo tanto:

$$h_s = \pm h_{ed} + h_{vd} + H_{rd} \pm h_{pmd}$$

$$h_d = 3.6 + 0.318 + 1.31 + 0$$

$$h_d = 5.22 \text{ m}$$

Cabeza Total:

$$H = h_s + h_d$$

$$H = 4.231 \text{ m} + 5.22 \text{ m}$$

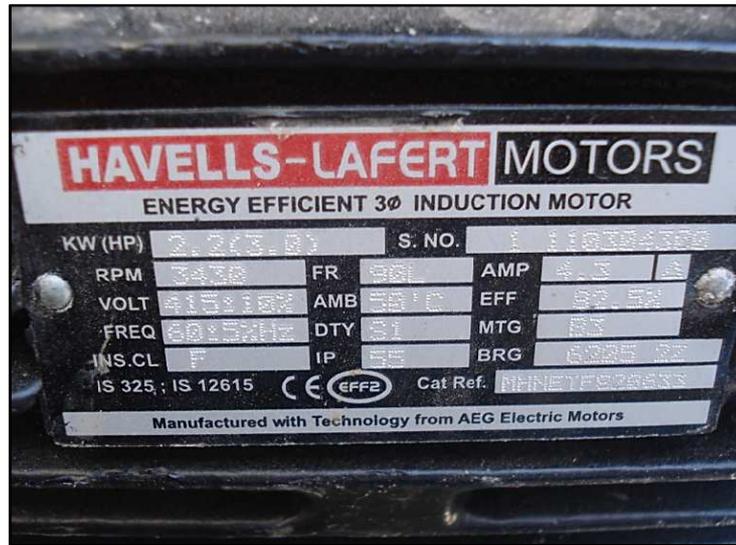
$$H = 9.45 \text{ m}$$

Evaluación bomba 1-2

Potencia hidráulica requerida:

$$P_{\text{hidráulica}} = \frac{\gamma * Q * H}{n_{\text{bomba}}} = \frac{9.760 * 0.0027 * 9.45}{0.5} = 498 \text{ w} = 0.68 \text{ HP} = 0.7 \text{ HP}$$

Figura 41. Datos placa motor bomba 1-2



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Potencia eje = 3 HP
 Eficiencia = 82.5 %
 Cos ϕ = 0.80
 Amp. Max= 4.3 A

POTENCIA EJE MÁX:

$$\text{Potencia eje máx} = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi * \text{eff} \quad (8)$$

$$\text{Potencia eje máx} = 440 * 4.3 * \sqrt{3} * 0.825 * 0.80$$

$$\text{Potencia eje máx} = 2.17 = 2.2 \text{ KW}$$

POTENCIA DE TRABAJO DEL MOTOR

En la medición de consumo de energía la bomba registró un consumo de:

$$A = 2.6 \text{ Amp}$$

$$\text{Potencia eléctrica} = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi \quad (9)$$

$$P = 440 * 2.6 * 1.732 * 0.80$$

$$P = 1.585 \text{ Kw}$$

$$P = 2.13 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia en el eje} = P_{\text{elec}} * \text{eff} \quad (10)$$

$$\text{Potencia en el eje} = 2.13 \text{ HP} * 0,825$$

$$\text{Potencia en el eje} = 1.75 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia eje motor (trifásico)} = 1.3 * \text{Potencia bomba} \quad (11)$$

$$\text{HP motor (trifásico)} = 1,3 * \text{HP (bomba)}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{\text{Hp motor (trifásico)}}{1.3}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{1.75 \text{ HP}}{1.3} = 1.35 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia requerida de la bomba} = 1.35 \text{ HP}$$

EFICIENCIA DE LA BOMBA:

$$\text{Eficiencia bomba} = \frac{\text{Potencia Hidráulica del sistema (diseño)}}{\text{Potencia que gasta la bomba}} = \frac{0.7 \text{ HP}}{1.35 \text{ HP}} = 0.51$$

$$\text{Eficiencia bomba 1-2} = 51\%$$

CONCLUSIÓN:

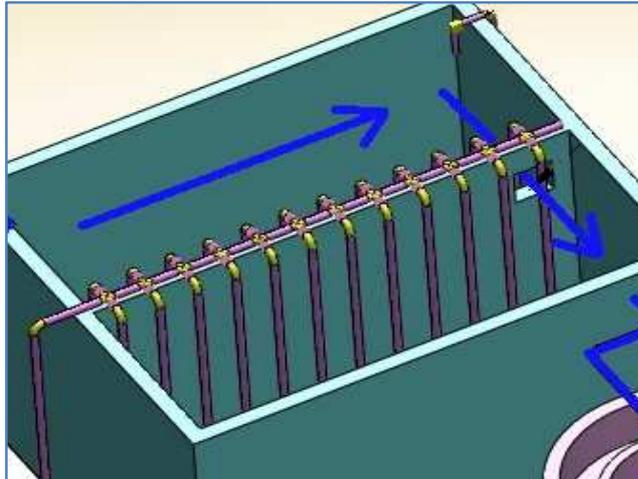
La bomba Disipa $1.35 - 0.7 = 0.65 \text{ Hp}$

Causas:

La bomba pierde 0.65 HP en pérdidas por rozamiento, diseño del impulsor, rodamientos.

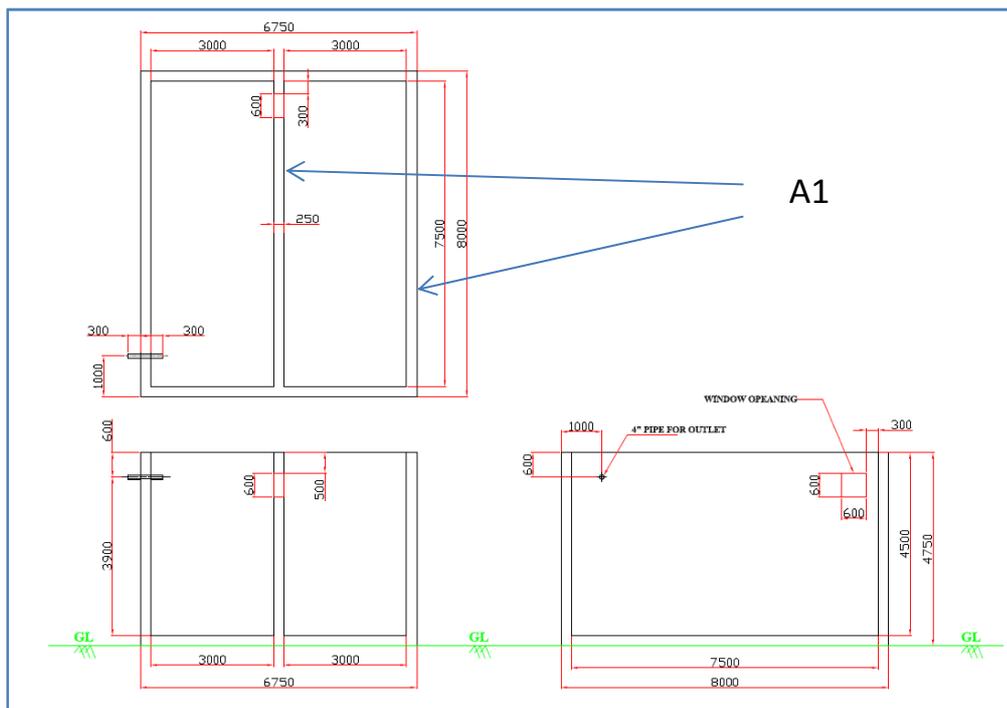
5.2.3.3 Caudal de paso en TK-2. En este tanque el agua permanece un tiempo para que las bacterias “coman” la carga contaminante, por lo que es importante saber el tiempo de retención del tanque.

Figura 42. Esquema paso agua a través de TK-2



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Figura 43. Dimensional de TK-2



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo de tiempo de retención:

Área Vista Superior (A1): $(3 \text{ m} + 3 \text{ m}) * 7.5 \text{ m}$

Área Vista Superior (A1): 45 m^2

Altura de trabajo: 4 m

$$\text{Velocidad de ascensión: } \frac{\text{Caudal}}{A1} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h}}{45 \text{ m}^2} = 0.222 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Tiempo de retención del agua en el tanque:

Altura de trabajo= 4m

Tendremos:

$$\text{Velocidad de ascensión} = \frac{\text{Altura}}{\text{tiempo}};$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Altura}}{\text{velocidad ascensión}} = \frac{4 \text{ m}}{0.222 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 18 \text{ horas}$$

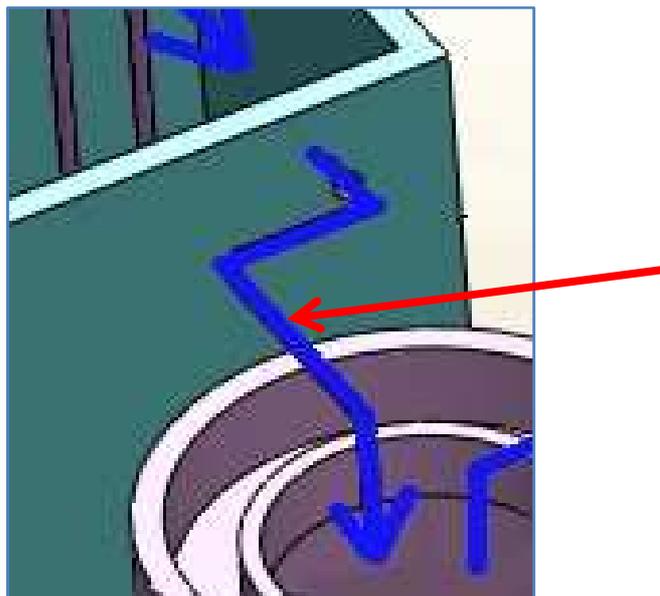
CONCLUSIÓN:

El agua ascenderá 0.22 m de nivel cada hora

El agua, antes de salir al siguiente proceso, permanecerá en el tanque **18 horas**.

5.2.3.4 *Sistema de comunicación TK-2 – TK-3.* El agua caerá por simple gravedad al TK-3

Figura 44. Esquema paso de agua TK-2 – TK-3



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

$$E1 - Hr_{sist} = E2 \quad (12)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - Hr_{sist} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (13)$$

$P1=p2$ (Presión atmosférica)

$$V1 = 0$$

$$Z_1 - Z_2 = \frac{V_2^2}{2g} + Hr_{sist}$$

Considerando que el caudal que pasa a través de la tubería es

$$10\text{m}^3/\text{h}$$

La sección transversal de la tubería de 4 pulgadas (ced 80) es de:

$$\text{Area interior} = \frac{\pi \cdot 97.18^2}{4} = 0.00742 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad 2} = \frac{\text{caudal}}{\text{Área interior}} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00742 \text{ m}^2} = 0.36 \text{ m/s}$$

$$(Z_1 - Z_2) = \frac{V_2^2}{2g} + Hr_{sist}$$

$$(Z_1 - Z_2) - \frac{V_2^2}{2g} = Hr_{sist}$$

$$(4 - 3.5)\text{m} - \frac{0.36^2}{19.6} = Hr_{sist}$$

$$Hr_{sist} = 0.5\text{m} - 0.006\text{m}$$

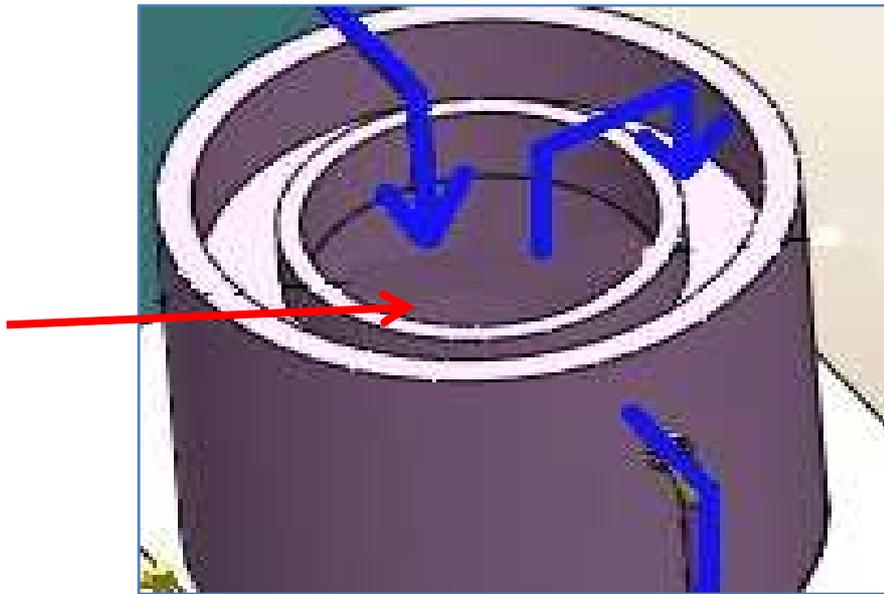
$$Hr_{sist} = 0.494 \text{ m}$$

CONCLUSIÓN:

- Hay 0.494 m de pérdida de energía en la conducción por gravedad del tanque 2 al tanque 3.
- El caudal que pasa por la tubería de 4 pulgadas permanece constante (es el caudal de Bomba 1-2= 10 m³/h)

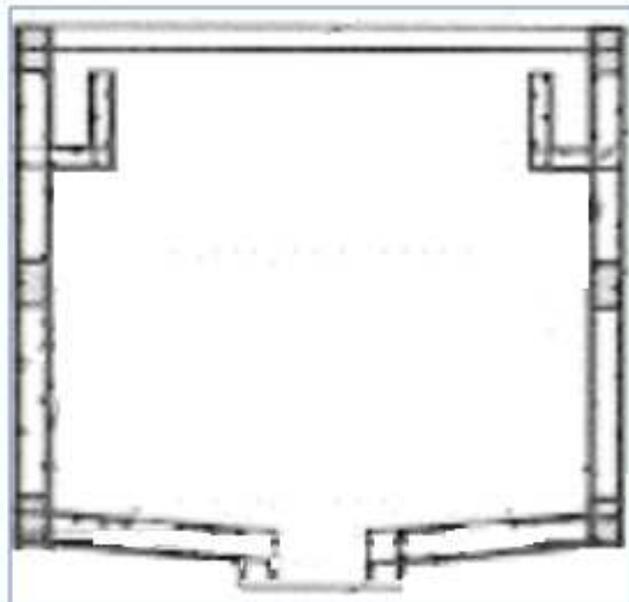
5.2.3.5 Caudal de paso en TK-3. El TK-3 (Clarificador Secundario), cumple la función de separar el agua mezclada con bacterias, las mismas que se decantan hacia el fondo, mientras que el agua tratada asciende y sale por la tubería hacia el TK-4

Figura 45. Esquema paso de agua a través de TK-3



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Figura 46. Diagrama TK-3

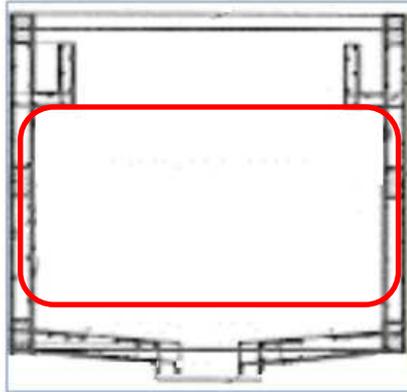


Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo del tiempo de retención:

Parte ancha:

Figura 47. Parte ancha TK-3



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Altura 1 = 2,4 m

Diámetro interior = 3.5 m

$$\text{Área de ascensión de flujo} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot (3.5^2)}{4} = 9.62 \text{ m}^2$$

Caudal = 10 m³/h = 0.0027 m³/s

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{Caudal}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{9.62 \text{ m}^2 \cdot \text{altura}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}; \text{ Velocidad} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h}}{9.62 \text{ m}^2} = \text{asciende } 1.01 \text{ m por hora}$$

Para una altura de 1m:

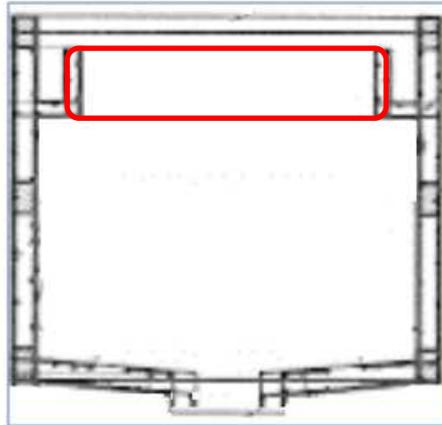
$$\text{Tiempo} = \frac{9.62 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 3562.96 \text{ SEG} = 59 \text{ min } 30 \text{ seg}$$

Para una altura de 2.4m:

$$\text{Tiempo} = \frac{9.62 \text{ m}^2 \cdot 2.4 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 8551 \text{ SEG} = 2 \text{ horas } 2 \text{ min}$$

Parte corta:

Figura 48. Parte angosta TK-3



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Parte corta:

Altura 1 = 0.5 m

Diámetro interior = 2.7 m

$$\text{Área de ascensión de flujo} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot (2.7^2)}{4} = 5.72 \text{ m}^2$$

Caudal = 10 m³/h = 0.0027 m³/s

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{Caudal}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{5.72 \text{ m}^2 \cdot \text{altura}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}; \text{ Velocidad} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h}}{5.72 \text{ m}^2} = \text{asciende } 1.75 \text{ m por hora}$$

Para una altura de 1m:

$$\text{Tiempo} = \frac{5.72 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 2118 \text{ SEG} = 35 \text{ min y } 18 \text{ seg}$$

Para una altura de 0.5m:

$$\text{Tiempo} = \frac{5.72 \text{ m}^2 \cdot 0.5 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 8551 \text{ SEG} = 17 \text{ min y } 39 \text{ seg}$$

Tiempo de retención total:

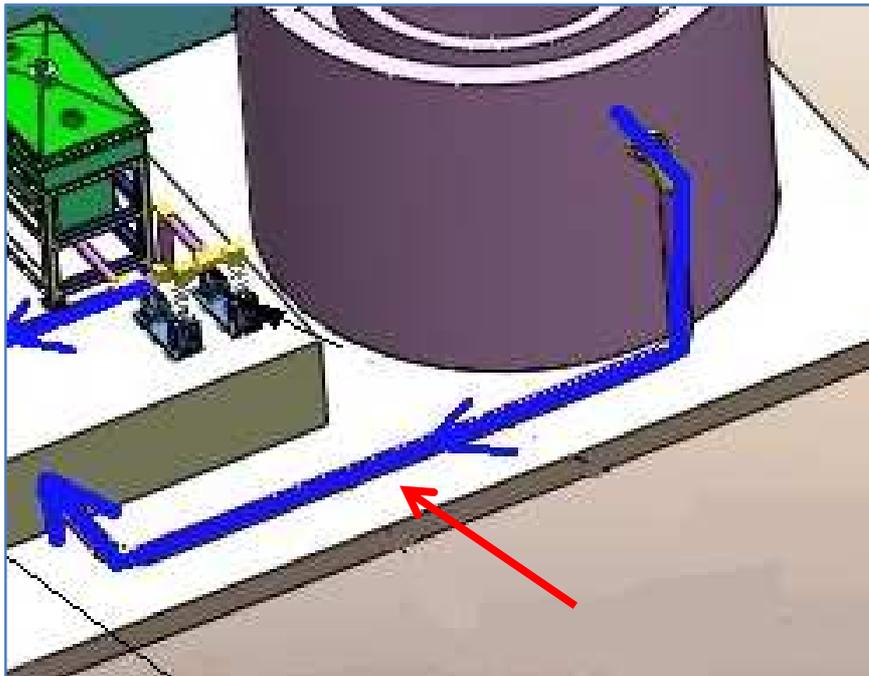
Tiempo de retención = Parte ancha (2.4m) + parte corta (0.5 m)

Tiempo de retención= 2 horas 2 minutos + 17 min y 39 seg

Tiempo de retención = 2 horas 20 minutos

5.2.3.6 Sistema de comunicación TK-3 – TK-4.El Agua caerá por gravedad al TK-4 (Reservorio Electrocoagulador)

Figura 49. Tubería de conducción TK-3 – TK-4



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

$$E1 - Hr_{sist} = E2 \quad (14)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - Hr_{sist} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (15)$$

$$P1 = P2 \text{ (Presión atmosférica)}$$

$$V1 = 0$$

$$Z_1 - Z_2 = \frac{V_2^2}{2g} + Hr_{sist}$$

El caudal que pasa a través de la tubería es

$$10 \text{ m}^3/\text{h}$$

La sección transversal de la tubería de 4 pulgadas (ced 80) es de:

$$\text{Area interior} = \frac{\pi * 97.18^2}{4} = 0.00742 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad 2} = \frac{\text{caudal}}{\text{Área interior}} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00742 \text{ m}^2} = 0.36 \text{ m/s}$$

$$(Z_1 - Z_2) = \frac{V_2^2}{2g} + Hr_{sist}$$

$$(Z_1 - Z_2) - \frac{V_2^2}{2g} = Hr_{sist}$$

$$(1.7 - 0)\text{m} - \frac{0.36^2}{19.6} = Hr_{sist}$$

$$Hr_{sist} = 1.7\text{m} - 0.006\text{m}$$

$$Hr_{sist} = 1.694 \text{ m}$$

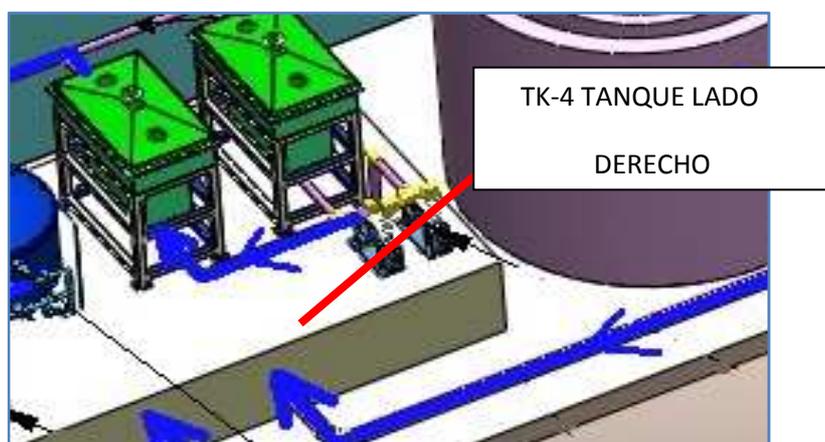
CONCLUSIÓN:

- Hay 1.694 m de pérdida de energía en la conducción por gravedad del tanque 2 al tanque 3.
- El caudal que pasa por la tubería de 4 pulgadas permanece constante (es el caudal de Bomba 1-2= 10 m³/h)

5.2.3.7 Caudal de paso en TK-4. Este tanque presenta las siguientes características

- En este tanque llega el agua proveniente del clarificador
- No se realiza ningún tiempo de retención.
- Dimensiones internas del tanque: 3*2.625*1.75 m

Figura 50. Caudal de paso en tanque TK-4



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Área Vista Superior: 3 m * 2.625 m

Área Vista Superior: 7.87 m²

Altura de trabajo: 1.75 m

$$\text{Velocidad de ascensión: } \frac{\text{Caudal}}{A_1} = \frac{10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{7.87 \text{ m}^2} = 1.27 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Altura de trabajo= 1.75 m

Tendremos:

$$\text{Velocidad de ascensión} = \frac{\text{Altura}}{\text{tiempo}}$$

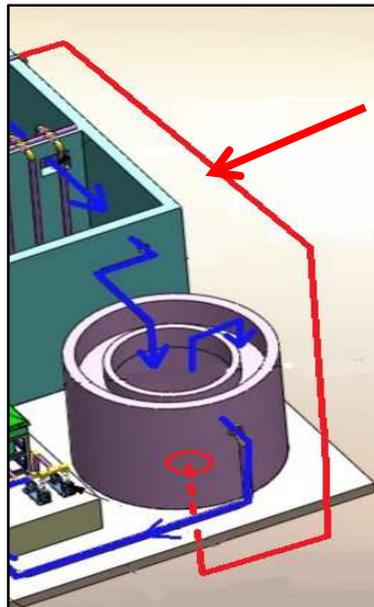
$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Altura}}{\text{velocidad ascensión}} = \frac{1.75 \text{ m}}{1.27 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 1 \text{ hora } 16 \text{ min}$$

CONCLUSIÓN:

1. El agua ascenderá 1.27 m de nivel cada hora
2. El agua, antes de salir al siguiente proceso, estará en el tanque **1 hora 16 min.**

5.2.3.8 Sistema de comunicación TK-3 – TK-2. La comunicación entre tanque TK-3 y TK-2 se la realiza por medio de una bomba centrífuga Marca Jhonson

Figura 51. Sistema de bombeo retorno de lodos



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo hidráulico

Succión-tubería

Tabla 48. Tubería succión bomba 3-2

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área m ²
2.2	Acero	3	40	0.07793	0.00477
1.3	Acero	3	40	0.07793	0.00477
0.09	Acero	3	40	0.07793	0.00477
1.2	Acero	3	40	0.07793	0.00477
0.15	Acero	3	40	0.07793	0.00477
0.08	Acero	3	40	0.07793	0.00477
0.1	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131

$$L1 = 2.2 + 1.3 + 0.09 + 1.2 + 0.15 + 0.08$$

$$L1 = 5.02 \text{ m}$$

$$L2 = 0.1 \text{ m}$$

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0013 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00477 \text{ m}^2} = 0.566 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0013 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$H_{vs12} = \frac{v1^2}{2g} + \frac{v2^2}{2g} = \frac{(0.566 \text{ m/s})^2 + (2.061 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.233 \text{ m}$$

Succión-accesorios

Tabla 49. Accesorios succión bomba 3-2

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Codo 90	3	Acero	0.3	0.0006
Codo 90	3	Acero	0.3	0.0006
Brida	3	Acero	0.05	0.0006
Válvula Mariposa	3	Acero	0.36	0.0006

Brida	3	Acero	0.05	0.0006
Codo 90°	3	Acero	0.3	0.0006
Codo largo	3	Acero	0.3	0.0006
Reducción	3 a 1 ½	Acero	0.2	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Válvula mariposa	1 ½	Acero	0.36	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013

$$Hrs = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (16)$$

$$Re1 = \frac{v1 D1}{\gamma} = \frac{0.566 * 0.07793}{1.306 * 10^{-6}} = 33774$$

$$\lambda1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\frac{E}{D}}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0055}{3.7} + \frac{5.74}{35705^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0245$$

$$Re2 = \frac{vD}{\gamma} = \frac{1.286 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 40264$$

$$\lambda2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\frac{E}{D}}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.013}{3.7} + \frac{5.74}{40264^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0257$$

$$\Sigma k1 = 0.3 + 0.3 + 0.05 + 0.36 + 0.05 + 0.3 + 0.3$$

$$\Sigma k1 = 1.66$$

$$\Sigma k2 = 0.2 + 0.36 + 0.05 + 0.05 = 0.66$$

$$\Sigma k2 = 0.66$$

$$Hrs = \frac{v1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L1}{D1} + \Sigma k1 \right) + \frac{v2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L2}{D2} + \Sigma k2 \right) \quad (17)$$

$$Hrs = \frac{(0.566 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{m}{s^2})} \left(\frac{0.0245 * 5.02}{0.07793} + 1.66 \right) + \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{m}{s^2})} \left(\frac{0.0257 * 0.1}{0.04089} + 0.66 \right)$$

$$Hrs = 0.05 + 0.156$$

$$Hrs = 0.2 \text{ m}$$

$$hpms = 0 \quad (\text{Tanque abierto a la atmósfera}).$$

$$hes = 2 \text{ m} \quad (\text{Cabeza estática de succión; (-)})$$

Por lo tanto:

$$h_s = \pm h_{es} + h_{vs} + H_{rs} \pm h_{pms}$$

$$h_s = 2 + 0.233 + 0.2 + 0$$

$$h_s = 2.433 \text{ m}$$

Descarga-tubería

Tabla 50. Tubería descarga bomba 3-2

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área
0.09	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.14	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.152	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.45	Acero	2	40	0.0525	0.00216
0.05	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.22	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.79	PVC	2	80	0.04925	0.00191
1.44	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.87	PVC	2	80	0.04925	0.00191
6.3	PVC	2	80	0.04925	0.00191
2.03	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.46	PVC	2	80	0.04925	0.00191

$$L_1 = 0.09 + 0.14$$

$$L_1 = 0.23 \text{ m}$$

$$L_2 = 0.45 \text{ m}$$

$$L_3 = 0.45 + 0.05 + 0.22 + 0.79 + 1.44 + 0.87 + 6.3 + 2.03 + 0.46$$

$$L_3 = 12.61 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0013 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0013 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00216 \text{ m}^2} = 1.25 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \frac{Q}{A_3} = \frac{0.0013 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00191 \text{ m}^2} = 1.414 \text{ m/s}$$

$$H_{vd} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_3^2}{2g} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2 + (1.25 \text{ m/s})^2 + (1.414 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.398 \text{ m}$$

$$H_{vd} = 0.398 \text{ m}$$

Descarga-accesorios

Tabla 51. Accesorios descarga bomba 3-2

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Válvula Check	1 ½	Acero	2.5	0.0013
Válvula mariposa	1 ½	Acero	0.36	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Codo 90°	1 ½	Acero	0.3	0.0013
Reducción	1 ½ a 2	Acero	0.2	0.0013
Brida	2	Acero	0.05	0.009
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Unión	2	PVC	0.04	0.00003
Unión	2	PVC	0.04	0.00003

$$H_{rd} = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (18)$$

$$Re_1 = \frac{v_1 D_1}{\gamma} = \frac{2.061 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 64529$$

$$\lambda_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0013}{3.7} + \frac{5.74}{64529^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0243$$

$$Re_2 = \frac{v_2 * D}{\gamma} = \frac{1.25 * 0.0525}{1.306 * 10^{-6}} = 50249$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0009}{3.7} + \frac{5.74}{50249^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0238$$

$$Re_3 = \frac{v_3 * D}{\gamma} = \frac{1.414 * 0.04925}{1.306 * 10^{-6}} = 53322$$

$$\lambda_3 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.00003}{3.7} + \frac{5.74}{53322^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0205$$

$$\Sigma k_1 = 0.05 + 0.05 + 2.5 + 0.36 + 0.05 + 0.05 + 0.3 + 0.2$$

$$\Sigma k_1 = 0.445$$

$$\Sigma k_2 = 0.05$$

$$\Sigma k_3 = 8 * (0.3) + 2 * (0.04) + 0.05$$

$$\Sigma k_3 = 2.53$$

$$Hrd = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_3}{D_3} + \Sigma k_3 \right) \quad (19)$$

$$Hrd = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0245 * 0.23}{0.04089} + 0.445 \right) +$$

$$\frac{(1.25 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0238 * 0.45}{0.0525} + 0.05 \right) + \frac{(1.414 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0205 * 12.61}{0.04925} + 2.53 \right)$$

$$Hrd = 0.126 + 0.02 + 0.535$$

$$Hrd = 0.681 \text{ m}$$

$$hpmd = 0 \quad (\text{Tanque abierto a la atmósfera}).$$

$$hed = 3.6 \text{ m} \quad (\text{Cabeza estática de descarga; (+)})$$

Por lo tanto:

$$hs = \pm hed + hvd + Hrd \pm hpmd$$

$$hd = 3.6 \text{ m} + 0.398 \text{ m} + 0.681 \text{ m} + 0$$

$$hd = 4.679 \text{ m}$$

Potencia hidráulica bomba 3-2:

$$H = H_s + h_d$$

$$H = 2.433 \text{ m} + 4.679 \text{ m}$$

$$H = 7.112 \text{ m}$$

Por lo que:

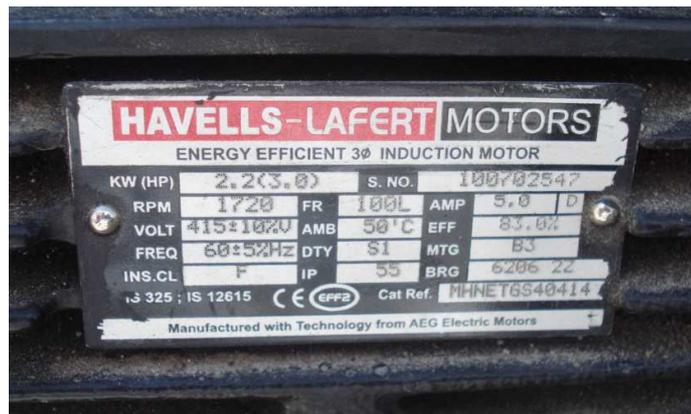
$$P_{\text{hidráulica}} = \frac{\gamma * Q * H}{n_{\text{bomba}}} = \frac{9.760 * 0.0014 * 7.112}{0.5} = 374 \text{ w} = 0.5 \text{ HP}$$

Evaluación bomba 3-2

Potencia hidráulica requerida:

$$P_{\text{hidráulica}} = \frac{\gamma * Q * H}{n_{\text{bomba}}} = \frac{9.760 * 0.0013 * 7.112}{0.5} = 374 \text{ w} = 0.5 \text{ HP}$$

Figura 52. Datos placa motor bomba 3-2



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

$$\text{Potencia eje} = 3 \text{ HP}$$

$$\text{Eficiencia} = 83 \%$$

$$\text{Cos } \phi = 0.7$$

$$\text{Amp. Max} = 5 \text{ A}$$

POTENCIA EJE MÁX:

$$\text{Potencia eje máx} = V * I * \sqrt{3} * \text{cos } \phi * \text{eff}$$

$$\text{Potencia eje máx} = 440 * 5 * \sqrt{3} * 0.825 * 0.7$$

$$\text{Potencia eje máx} = 2.17 = 2.2 \text{ KW}$$

POTENCIA DE TRABAJO DEL MOTOR

En la medición de consumo de energía la bomba registró un consumo de:

$$A = 2.7 \text{ Amp}$$

$$\text{Potencia eléctrica} = V * I * \sqrt{3} * \cos \phi \quad (20)$$

$$P = 440 * 2.7 * 1.732 * 0.7$$

$$P = 1.440 \text{ Kw}$$

$$P = 1.931 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia en el eje} = P_{\text{elec}} * \text{eff}$$

$$\text{Potencia en el eje} = 1.931 \text{ HP} * 0.83$$

$$\text{Potencia en el eje} = 1.61 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia eje motor (trifásico)} = 1.3 * \text{Potencia bomba} \quad (21)$$

$$\text{HP motor (trifásico)} = 1.3 * \text{HP (bomba)}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{\text{Hp motor (trifásico)}}{1.3}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{1.61 \text{ HP}}{1.3} = 1.23 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia requerida de la bomba} = 1.23 \text{ HP}$$

EFICIENCIA DE LA BOMBA:

$$\text{Eficiencia bomba} = \frac{\text{Potencia Hidráulica del sistema (diseño)}}{\text{Potencia que gasta la bomba}} = \frac{0.5 \text{ HP}}{1.23 \text{ HP}} = 0.41$$

$$\text{Eficiencia bomba 1-2} = 41\%$$

CONCLUSIÓN:

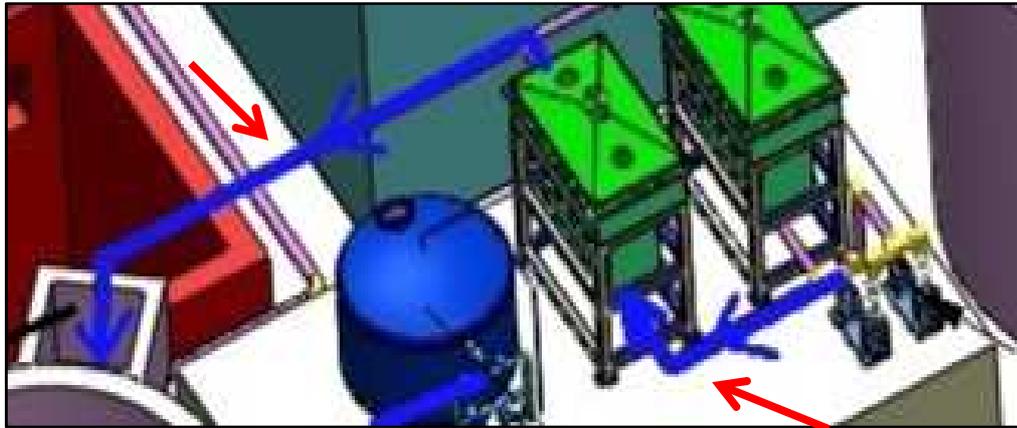
$$\text{La bomba Disipa } 1.35 - 0.7 = 0.73 \text{ Hp}$$

Causas:

La bomba pierde 0.73 HP en Pérdidas por rozamiento, diseño del impulsor, rodamientos.

5.2.3.9 Sistema de comunicación TK-4 – TK-5

Figura 53. Sistema de comunicación TK-4 - TK-5



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo hidráulico

Succión-tubería

Tabla 52. Tubería succión bomba 4-5

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área (m ²)
1.90	PVC	3	80	0.07386	0.00428
0.13	PVC	1 ½	80	0.03810	0.00114
0.1	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131

$$L1 = 1.9 \text{ m}$$

$$L2 = 0.13 \text{ m}$$

$$L2 = 0.1 \text{ m}$$

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00428 \text{ m}^2} = 0.631 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00114 \text{ m}^2} = 2.368 \text{ m/s}$$

$$V3 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$H_{vs} = \frac{v1^2}{2g} + \frac{v2^2}{2g} + \frac{v3^2}{2g} = \frac{(0.631 \text{ m/s})^2 + (2.368 \text{ m/s})^2 + (2.061 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.523 \text{ m}$$

$$H_{vs} = 0.523 \text{ m}$$

Succión-accesorios:

Tabla 53. Accesorios succión bomba 4-5

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Codo 90°	3	PVC	0.3	0.00002
Reducción brusca	3-1 ½	PVC	0.2	0.00004
Brida PVC	1 ½	PVC	0.05	0.00004
Brida Inox	1 ½	Acero	0.05	0.0013

$$H_{rd} = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (22)$$

$$Re_1 = \frac{v_1 D_1}{\gamma} = \frac{0.631 * 0.0428}{1.306 * 10^{-6}} = 20679$$

$$\lambda_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.00002}{3.7} + \frac{5.74}{20679^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0256$$

$$Re_2 = \frac{v_2 * D}{\gamma} = \frac{2.368 * 0.03810}{1.306 * 10^{-6}} = 69082$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0009}{3.7} + \frac{5.74}{69082^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0195$$

$$Re_3 = \frac{v_3 * D}{\gamma} = \frac{2.061 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 64529$$

$$\lambda_3 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0013}{3.7} + \frac{5.74}{64529^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0426$$

$$\Sigma k_1 = 0.3$$

$$\Sigma k_2 = 0.2 + 0.05$$

$$\Sigma k_2 = 0.25$$

$$\Sigma k_3 = 0.05$$

$$H_{rs} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_3}{D_3} + \Sigma k_3 \right) \quad (23)$$

$$Hrs = \frac{(0.631 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0256 * 1.9}{0.07386} + 0.3 \right) +$$

$$\frac{(2.638 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0195 * 0.13}{0.03810} + 0.25 \right) + \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0426 * 0.1}{0.04089} + 0.05 \right)$$

$$Hrs = 0.0194 + 0.11 + 0.033$$

$$Hrs = 0.337 \text{ m}$$

$$hpms = 0 \quad (\text{Tanque abierto a la atmósfera}).$$

$$hes = 2\text{m} \quad (\text{Cabeza estática de descarga; (+)})$$

Por lo tanto:

$$hs = \pm hes + hvs + Hrs \pm hpms$$

$$hs = 2 + 0.523 + 0.337 + 0$$

$$hs = 2.86 \text{ m}$$

Descarga-tubería:

Tabla 54. Tubería descarga bomba 4-5

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área (m ²)
0.09	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.135	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.15	Acero	1 ½	40	0.04089	0.00131
0.47	Acero	2	40	0.0525	0.00216
0.04	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.05	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.04	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.14	PVC	2	80	0.04925	0.00191
1.5	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.83	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.92	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.04	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.04	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.27	PVC	2	80	0.04925	0.00191

1.07	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.06	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.08	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.86	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.36	PVC	2	80	0.04925	0.00191
0.07	PVC	2	80	0.04925	0.00191

$$L1 = 0.09 + 0.135 + 0.15 = 0.375 \text{ m}$$

$$L2 = 0.47 \text{ m}$$

$$L3 = 0.04 + 0.05 + 0.04 + 0.14 + 1.5 + 0.83 + 0.92$$

$$+ 0.04 + 0.04 + 0.27 + 1.07 + 0.06 + 0.08 + 0.86 + 0.36 + 0.07$$

$$L3 = 6.37 \text{ m}$$

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00216 \text{ m}^2} = 1.25 \text{ m/s}$$

$$V3 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00191 \text{ m}^2} = 1.413 \text{ m/s}$$

$$H_{vd} = \frac{v1^2}{2g} + \frac{v2^2}{2g} + \frac{v3^2}{2g} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2 + (1.25 \text{ m/s})^2 + (1.413 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.398 \text{ m}$$

Descarga-accesorios

Tabla 55. Accesorios descarga bomba 4-5

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Brida Inox	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Válvula Check	1 ½	Acero	2.5	0.0013
Válvula mariposa	1 ½	Acero	0.36	0.0013
Codo 90°	1 ½	Acero	0.3	0.0013
Reducción	1 ½ a 2	Acero	0.2	0.0013
Brida	2	Acero	0.05	0.009
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003

Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Brida Plástica	2	PVC	0.05	0.00003
Brida Plástica	2	PVC	0.05	0.00003
Medidor de caudal	2	Plástico	1	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Válvula universal	2	PVC	0.1	0.00003
Tee	2	PVC	1	0.00003
Codo 90°	2	PVC	0.3	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Válvula mariposa	2	Acero	0.36	0.00003
Tee	2	PVC	1	0.00003
Tee	2	PVC	1	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003
Brida	2	PVC	0.05	0.00003

$$H_{rd} = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (24)$$

$$Re1 = \frac{v1 D1}{\gamma} = \frac{2.061 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 64529$$

$$\lambda1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0013}{3.7} + \frac{5.74}{64529^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0426$$

$$Re2 = \frac{v2 * D}{\gamma} = \frac{1.25 * 0.0525}{1.306 * 10^{-6}} = 50249$$

$$\lambda2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0009}{3.7} + \frac{5.74}{50249^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0238$$

$$Re_3 = \frac{v_3 * D}{\gamma} = \frac{1.413 * 0.04925}{1.306 * 10^{-6}} = 53285$$

$$\lambda_3 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.00003}{3.7} + \frac{5.74}{53285^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0206$$

$$\Sigma k_1 = 0.05 + 2.5 + 0.36 + 0.3 + 0.2$$

$$\Sigma k_1 = 3.41$$

$$\Sigma k_2 = 0.05$$

$$\Sigma k_1 = 0.05 + 0.3 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 1 + 0.05 +$$

$$5 * (0.3) + 0.1 + 1 + 0.3 + 0.05 + 0.05 + 0.36 + 1 + 1 + 0.05 + 0.05$$

$$\Sigma k_3 = 7.01$$

$$Hrs = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_3}{D_3} + \Sigma k_3 \right) \quad (25)$$

$$Hrs = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{m}{s^2})} \left(\frac{0.0426 * 0.375}{0.04089} + 3.41 \right) +$$

$$\frac{(1.25 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{m}{s^2})} \left(\frac{0.0238 * 0.47}{0.0525} + 0.05 \right) + \frac{(1.413 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{m}{s^2})} \left(\frac{0.0206 * 6.37}{0.04925} + 7.01 \right)$$

$$Hrd = 0.823 + 0.0209 + 0.985$$

$$Hrd = 1.8289 \text{ m}$$

$$hpmd = 0 \quad (\text{Tanque abierto a la atmósfera}).$$

$$hed = 2 \text{ m} \quad (\text{Cabeza estática de descarga; (+)})$$

Por lo tanto:

$$hd = \pm hed + hvd + Hrd \pm hpmd$$

$$hd = 2 + 0.398 + 1.8289 + 0$$

$$hd = 4.22 \text{ m}$$

Potencia hidráulica bomba 4-5:

$$H = H_s + hd$$

$$H = 2.86 \text{ m} + 4.22 \text{ m}$$

$$H = 7.08 \text{ m}$$

Por lo que:

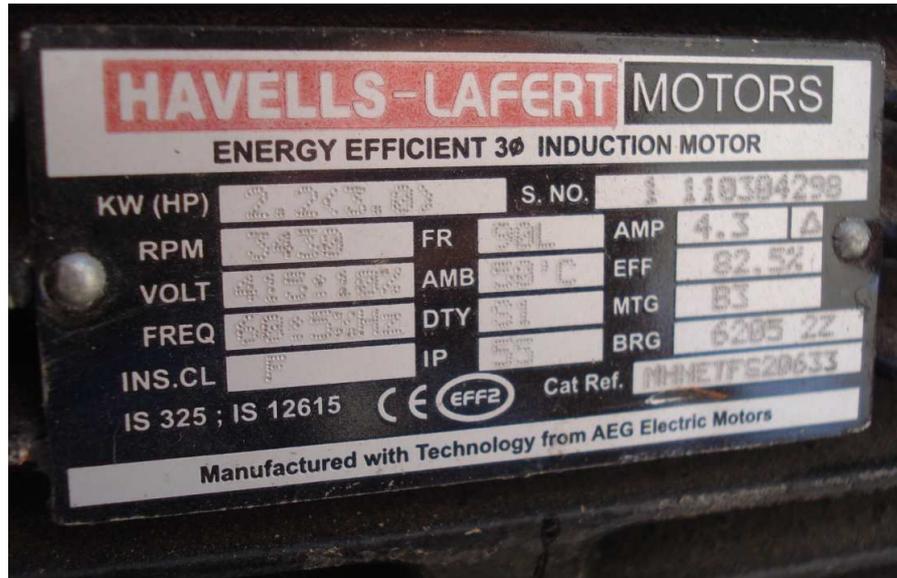
$$P_{\text{hidráulica}} = \frac{\gamma * Q * H}{n_{\text{bomba}}} = \frac{9.760 * 0.0027 * 7.08}{0.5} = 373 \text{ w} = 0.5 \text{ HP}$$

Evaluación bomba 4-5

Potencia hidráulica requerida:

$$P_{\text{hidráulica}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{n_{\text{bomba}}} = \frac{9.760 \cdot 0.0027 \cdot 7.112}{0.5} = 373 \text{ w} = 0.5 \text{ HP}$$

Figura 54. Datos placa motor bomba 4-5



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Potencia eje = 3 HP
 Eficiencia = 82.5 %
 Cos ϕ = 0.8
 Amp. Max= 4.3 A

POTENCIA EJE MÁX:

$$\text{Potencia eje máx} = V * I * \sqrt{3} * \cos\phi * \text{eff} \quad (26)$$

$$\text{Potencia eje máx} = 440 * 4.3 * \sqrt{3} * 0.8 * 0.825$$

$$\text{Potencia eje máx} = 2.17 = 2.2 \text{ KW}$$

POTENCIA DE TRABAJO DEL MOTOR

En la medición de consumo de energía la bomba registró un consumo de:

$$A = 2.2 \text{ Amp}$$

$$\text{Potencia eléctrica} = V * I * \sqrt{3} * \cos \phi \quad (27)$$

$$P = 440 * 2.2 * 1.732 * 0.7$$

$$P = 1.173 \text{ Kw}$$

$$P = 1.575 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia en el eje} = P_{\text{elec}} * \text{eff} \quad (28)$$

$$\text{Potencia en el eje} = 1.575 \text{ HP} * 0.83$$

$$\text{Potencia en el eje} = 1.31 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia eje motor (trifásico)} = 1.3 * \text{Potencia bomba} \quad (29)$$

$$\text{HP motor (trifásico)} = 1.3 * \text{HP (bomba)}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{\text{Hp motor (trifásico)}}{1.3}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{1.31 \text{ HP}}{1.3} = 1 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia requerida de la bomba} = 1 \text{ HP}$$

EFICIENCIA DE LA BOMBA:

$$\text{Eficiencia bomba} = \frac{\text{Potencia Hidráulica del sistema (diseño)}}{\text{Potencia que gasta la bomba}} = \frac{0.5 \text{ HP}}{1 \text{ HP}} = 0.50$$

$$\text{Eficiencia bomba 1-2} = 50\%$$

CONCLUSIÓN:

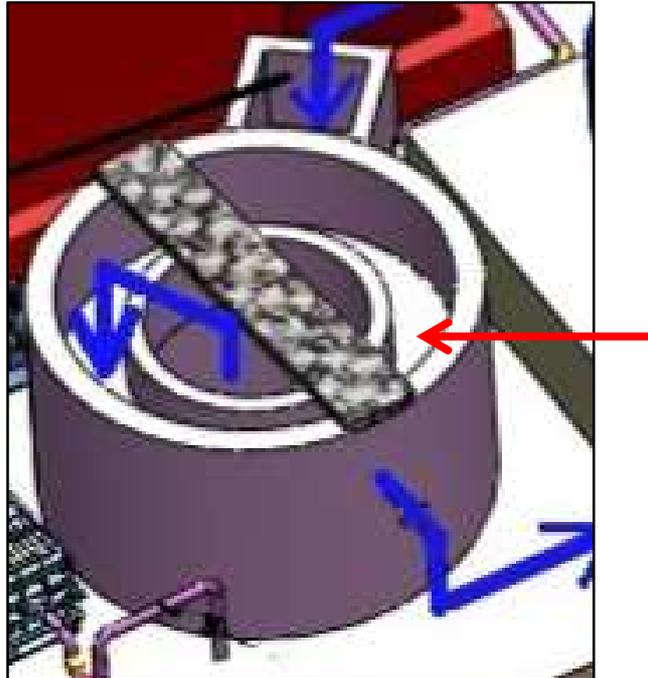
La bomba disipa $1 - 0.5 = 0.5$ Hp

Causas:

La bomba pierde 0.5 HP en Pérdidas por rozamiento, diseño del impulsor, rodamientos.

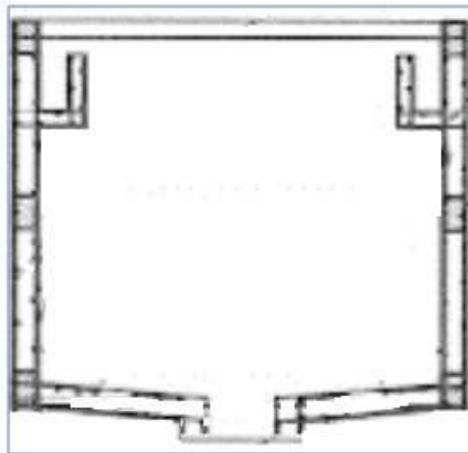
5.2.3.10 Caudal de paso en TK-5. El TK-3 (Clarificador Secundario), cumple la función de separar el agua mezclada con bacterias, las mismas que se decantan hacia el fondo, mientras que el agua tratada asciende y sale por la tubería hacia el TK-4:

Figura 55. Caudal de paso en el clarificador TK-5



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Figura 56. Diagrama TK-5

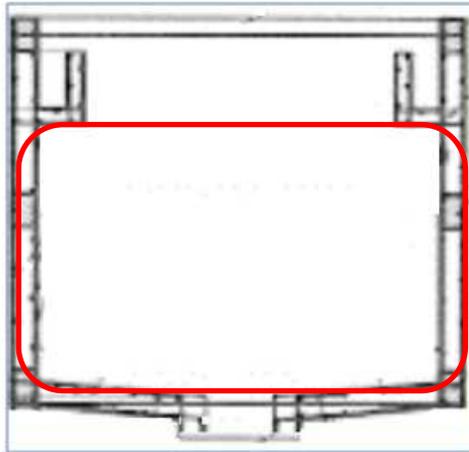


Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo del tiempo de retención:

Parte ancha:

Figura 57. Parte ancha TK-5



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Altura 1 = 2,4 m

Diámetro interior = 3.5 m

$$\text{Área de ascensión de flujo} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot (3.5^2)}{4} = 9.62 \text{ m}^2$$

Caudal = 10 m³/h = 0.0027 m³/s

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{Caudal}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{9.62 \text{ m}^2 \cdot \text{altura}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}; \text{ Velocidad} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h}}{9.62 \text{ m}^2} = \text{asciende } 1.01 \text{ m por hora}$$

Para una altura de 1m:

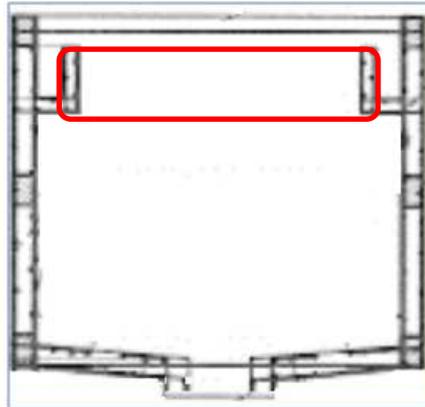
$$\text{Tiempo} = \frac{9.62 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 3562.96 \text{ SEG} = 59 \text{ min } 30 \text{ seg}$$

Para una altura de 2.4m:

$$\text{Tiempo} = \frac{9.62 \text{ m}^2 \cdot 2.4 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 8551 \text{ SEG} = 2 \text{ horas } 2 \text{ min}$$

Parte corta:

Figura 58. Parte angosta TK-5



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Altura 1 = 0.5 m

Diámetro interior = 2.7 m

$$\text{Área de ascensión de flujo} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot (2.7^2)}{4} = 5.72 \text{ m}^2$$

Caudal = 10 m³/h = 0.0027 m³/s

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Área} \cdot \text{altura}}{\text{Caudal}}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{5.72 \text{ m}^2 \cdot \text{altura}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} ; \text{Velocidad} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h}}{5.72 \text{ m}^2} = \text{asciende } 1.75 \text{ m por hora}$$

Para una altura de 1m:

$$\text{Tiempo} = \frac{5.72 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 2118 \text{ SEG} = 35 \text{ min y } 18 \text{ seg}$$

Para una altura de 0.5m:

$$\text{Tiempo} = \frac{5.72 \text{ m}^2 \cdot 0.5 \text{ m}}{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}} = 8551 \text{ SEG} = 17 \text{ min y } 39 \text{ seg}$$

Tiempo de retención total:

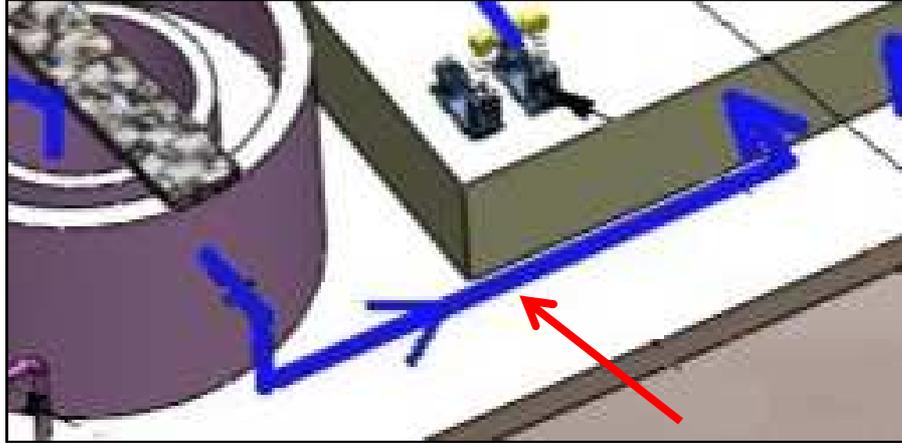
Tiempo de retención = Parte ancha (2.4m) + parte corta (0.5 m)

Tiempo de retención = 2 horas 2 minutos + 17 min y 39 seg

Tiempo de retención = 2 horas 20 minutos

5.2.3.11 Sistema de comunicación TK-5 – TK-6. El Agua caerá por simple gravedad al TK-3 (Clarificador Secundario)

Figura 59. Sistema de comunicación TK-5 – TK-6



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

$$E_1 - H_{r_{sist}} = E_2 \quad (30)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - H_{r_{sist}} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (31)$$

$$P_1 = P_2 \text{ (Presión atmosférica)}$$

$$V_1 = 0$$

$$Z_1 - Z_2 = \frac{V_2^2}{2g} + H_{r_{sist}}$$

Considerando que el caudal que pasa a través de la tubería es

$$10 \text{ m}^3/\text{h}$$

La sección transversal de la tubería de 4 pulgadas (ced 80) es de:

$$\text{Área interior} = \frac{\pi \cdot 97.18^2}{4} = 0.00742 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad } 2 = \frac{\text{caudal}}{\text{Área interior}} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00742 \text{ m}^2} = 0.36 \text{ m/s}$$

$$(Z_1 - Z_2) = \frac{V_2^2}{2g} + H_{r_{sist}}$$

$$(Z_1 - Z_2) - \frac{V_2^2}{2g} = H_{r_{sist}}$$

La diferencia de niveles entre tanques es de 0.5 m:

$$(0.4)m - \frac{0.36^2}{19.6} = H_{r_{sist}}$$

$$H_{r_{sist}} = 0.4m - 0.006m$$

$$H_{r_{sist}} = 0.394 m$$

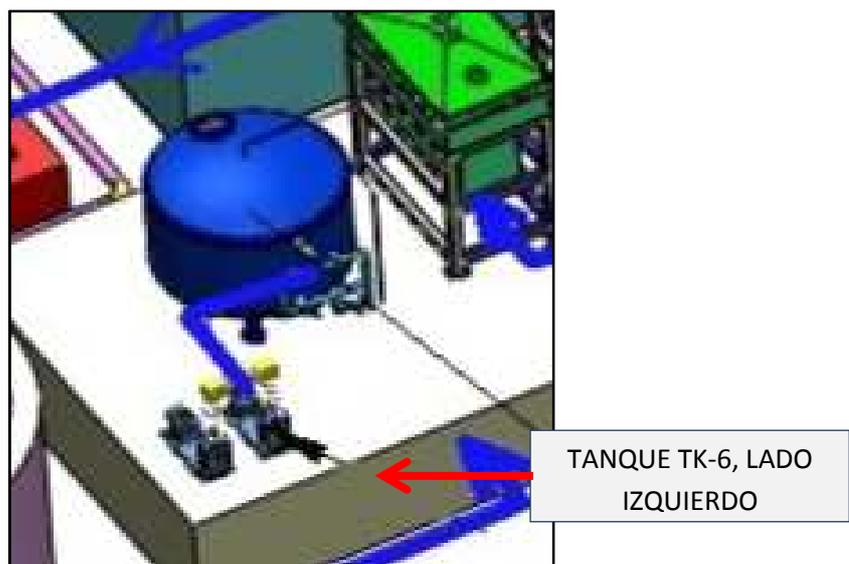
CONCLUSIÓN:

- Hay 0.394 m de pérdida de energía en la conducción por gravedad del tanque 2 al tanque 3.
- El caudal que pasa por la tubería de 4 pulgadas permanece constante (es el caudal de Bomba 4-5= 10 m³/h)

5.2.3.12 Caudal de paso en TK-6. Este tanque presenta las siguientes características:

- En este tanque llega el agua proveniente del clarificador HRSC
- No se realiza ningún tiempo de retención, debido a que en este tanque se recibe el agua totalmente tratada
- Dimensiones internas del tanque: 3*2.625*1.75 m
(Las mismas que el reservorio Electrocoagulador TK-4)

Figura 60. Caudal de paso en el TK-6



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Área Vista Superior: 3 m * 2.625 m

Área Vista Superior: 7.87 m²

Altura de trabajo: 1.75 m

$$\text{Velocidad de ascensión: } \frac{\text{Caudal}}{A1} = \frac{10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{7.87 \text{ m}^2} = 1.27 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Altura de trabajo= 1.75 m

Tendremos:

$$\text{Velocidad de ascensión} = \frac{\text{Altura}}{\text{tiempo}};$$

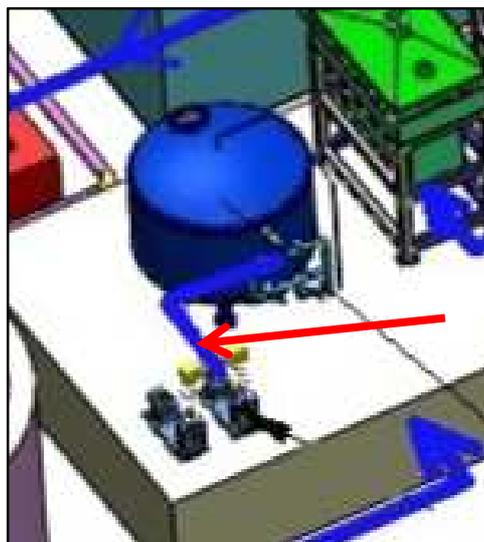
$$\text{Tiempo} = \frac{\text{Altura}}{\text{velocidad ascensión}} = \frac{1.75 \text{ m}}{1.27 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 1 \text{ hora } 16 \text{ min}$$

CONCLUSIÓN:

1. El agua ascenderá 1.27 m de nivel cada hora
2. El agua, antes de salir al siguiente proceso, estará en el tanque **1 hora 16 min.**

5.2.3.13 Sistema de comunicación TK-6 – salida

Figura 61. Caudal de paso TK-6 - Salida



Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Cálculo hidráulico

Succión-tubería

Tabla 56. Tubería succión bomba 6-7

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área (m ²)
2.25	Acero	4	40	0.1022	0.0082
0.02	Acero	2 ½	40	0.06271	0.0031

$$L1 = 2.25 \text{ m}$$

$$L2 = 0.02$$

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0082 \text{ m}^2} = 0.329 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0031 \text{ m}^2} = 0.871 \text{ m/s}$$

$$H_{vs} = \frac{v1^2}{2g} + \frac{v2^2}{2g} = \frac{(0.329 \text{ m/s})^2 + (0.871 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.044 \text{ m}$$

$$H_{vs} = 0.044 \text{ m}$$

Succión-accesorios

Tabla 57. Accesorios succión bomba 6-7

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Codo 90°	4	Acero	0.3	0.00045
Reducción	4-2 ½	Acero	0.15	0.00045
Brida Acero	2 ½	Acero	0.05	0.0009
Brida Acero	2 ½	Acero	0.05	0.0009

$$H_{rd} = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (32)$$

$$Re1 = \frac{v1 D1}{\nu} = \frac{0.329 * 0.1022}{1.306 * 10^{-6}} = 25745.6$$

$$\lambda_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0009}{3.7} + \frac{5.74}{25745.6^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0254$$

$$Re_2 = \frac{v_2 D_2}{\nu} = \frac{0.871 * 0.0627}{1.306 * 10^{-6}} = 41816$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.00045}{3.7} + \frac{5.74}{41816^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0232$$

$$\Sigma k_1 = 0.3 + 0.15$$

$$\Sigma k_1 = 0.45$$

$$\Sigma k_2 = 0.05 + 0.05$$

$$\Sigma k_2 = 0.1$$

$$Hrs = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) \quad (33)$$

$$Hrs = \frac{(0.329 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0254 * 2.25}{0.1022} + 0.45 \right) + \frac{(0.871 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0232 * 0.02}{0.0627} + 0.1 \right)$$

$$Hrs = 0.0057 + 0.00415$$

$$Hrs = 0.00985 \text{ m}$$

$$hpms = 0$$

(Tanque abierto a la atmósfera).

$$hes = 2.3 \text{ m} \quad (\text{Cabeza estática de descarga; (+)})$$

Por lo tanto:

$$hs = \pm hes + hvs + Hrs \pm hpms$$

$$hs = 2.3 + 0.044 + 0.00985 + 0$$

$$hs = 2.35 \text{ m}$$

Descarga-tubería

Tabla 58. Tubería descarga bomba 6-7

Longitud (m)	Material	Diámetro (pulg)	Cédula	Diám interior (m)	Área (m ²)
0.2	Acero	1 ½	40	0.04089	0.0013
0.2	Acero	1 ½	40	0.04089	0.0013
0.5	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.35	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.40	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.60	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.45	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.40	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.05	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.3	Acero	4	40	0.10226	0.00821
0.05	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.25	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.40	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.30	Acero	4	40	0.10226	0.00821
0.25	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
1.5	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.8	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
2.20	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216
0.3	Acero	2 ½	40	0.0525	0.00216

$$L1 = 0.2 + 0.2$$

$$L1 = 0.4 \text{ m}$$

$$L2 = (0.5 + 0.35 + 0.4 + 0.6 + 0.45 + 0.4 + 0.05 + 0.05 + 0.25 + 0.4 + 0.25 + 1.5 + 0.8 + 1.20 + 0.3) \text{ m}$$

$$L2 = 7.5 \text{ m}$$

$$L3 = (0.3 + 0.3) \text{ m}$$

$$L3 = 0.6 \text{ m}$$

$$V1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00131 \text{ m}^2} = 2.061 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00216 \text{ m}^2} = 1.25 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00821 \text{ m}^2} = 0.328 \text{ m/s}$$

$$H_{vd} = \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_3^2}{2g} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2 + (1.25 \text{ m/s})^2 + (0.328 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} = 0.301 \text{ m}$$

$$H_{vd} = 0.301 \text{ m}$$

Descarga-accesorios

Tabla 59. Accesorios descarga bomba 6-7

Accesorio	Diámetro (pulg)	Material	K	E/D
Válvula Check	1 ½	Acero	2.5	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Brida	1 ½	Acero	0.05	0.0013
Válvula mariposa	1 ½	Acero	0.36	0.0013
Codo 90°	1 ½	Acero	0.3	0.0013
Reducción	2 ½ - 1 ½	Acero	0.2	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Tee	2 ½	Acero	1	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Válvula mariposa	2 ½	Acero	0.36	0.0007
Tee	2 ½	Acero	1	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Reducción	4 ½ - 2 ½	Acero	0.2	0.00045

Brida	4	Acero	0.05	0.00045
Brida	4	Acero	0.05	0.00045
Tee	2 ½	Acero	1	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Reducción	4 ½ -2 ½	Acero	0.2	0.00045
Brida	4	Acero	0.05	0.00045
Brida	4	Acero	0.05	0.00045
Tee	2 ½	Acero	1	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Válvula mariposa	2 ½	Acero	0.36	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Medidor caudal	2 ½	Acero	1	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Válvula mariposa	2 ½	Acero	0.36	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Brida	2 ½	Acero	0.05	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007
Codo 90°	2 ½	Acero	0.3	0.0007

$$H_{rd} = \frac{\lambda L v^2}{D 2g} + \Sigma k * \frac{v^2}{2g} \quad (34)$$

$$Re_1 = \frac{v_1 D_1}{\gamma} = \frac{2.061 * 0.04089}{1.306 * 10^{-6}} = 64529$$

$$\lambda_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0013}{3.7} + \frac{5.74}{64529^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0426$$

$$Re_2 = \frac{v_2 * D}{\gamma} = \frac{1.25 * 0.0525}{1.306 * 10^{-6}} = 50249$$

$$\lambda_2 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.0007}{3.7} + \frac{5.74}{50249^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.0238$$

$$Re_3 = \frac{v_3 * D}{\gamma} = \frac{0.328 * 0.10226}{1.306 * 10^{-6}} = 25682$$

$$\lambda_3 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{E}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2} = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{0.00045}{3.7} + \frac{5.74}{53285^{0.9}}\right)\right)^2} = 0.025$$

$$\Sigma k_1 = 2.5 + 3(0.05) + 0.3$$

$$\Sigma k_1 = 2.95$$

$$\Sigma k_2 = 0.2 + 0.3 + 2(0.05) + 0.3 + 0.3 + 2(0.05) + 1 + 2(0.05) + 0.36 + 1 + 0.3 + 1 + 2(0.05) + 0.36 + 0.3 + 2(0.05) + 1 + 0.3 + 0.36 + 2(0.05)$$

$$\Sigma k_2 = 9.69$$

$$\Sigma k_3 = 0.2 + 2(0.05) + 0.2 + 2(0.05)$$

$$\Sigma k_3 = 0.6$$

$$H_{rd} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_1}{D_1} + \Sigma k_1 \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_2}{D_2} + \Sigma k_2 \right) + \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{\lambda L_3}{D_3} + \Sigma k_3 \right) \quad (35)$$

$$H_{rd} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0426 * 0.375}{0.04089} + 2.95 \right) +$$

$$\frac{(1.25 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.0238 * 0.47}{0.0525} + 9.69 \right) + \frac{(0.328 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \left(\frac{0.025 * 6.37}{0.10226} + 0.6 \right)$$

$$H_{rd} = \frac{(2.061 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} (3.34) + \frac{(1.25 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} (9.90) + \frac{(0.328 \text{ m/s})^2}{(19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} (2.15)$$

$$H_{rd} = 1.52 \text{ m}$$

$$h_{pmd} = 1.5 \text{ Bar (Presión filtro de arena)} = 15.3 \text{ m}$$

$$h_{ed} = -1 \text{ m} \quad (\text{Descarga a desnivel; (-)})$$

Por lo tanto:

$$h_d = \pm h_{ed} + h_{vd} + H_{rd} \pm h_{pmd}$$

$$h_d = -1 + 0.301 + 1.52 + 15.3$$

$$h_d = 16.12 \text{ m}$$

Finalmente,

$$H = h_s + h_d$$

$$H = 2.35 \text{ m} + 16.12 \text{ m}$$

$$H = 18.47 \text{ m}$$

Evaluación bomba 6-7.

Potencia hidráulica requerida:

$$P_{\text{hidráulica}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{n_{\text{bomba}}} = \frac{9.760 \cdot 0.0027 \cdot 18.47}{0.5} = 973 \text{ w} = 1.3 \text{ HP}$$

Figura 62. Datos placa motor bomba 6-7

ABB						
3 Ø squirrel cage induction motor						
Type	HX +112MB4		Sr. No.			
Duty	S1	IP 55	Ins. Cl. F	Amb. 50 °C		
			Pf	0.81	Eff.	83
Volts	Conn	Hz	KW	HP	rpm	Amp
415 ± 10%	D	50	3.7	5.0	1425	7.60
Bearing D 6307 ZZ C3			Bearing N 6206 ZZ C3			
						55 kg
Ref - IS : 325 - 1996			IEC 60034 - 1			

Fuente: Cortesía Teimsa. (2012)

Potencia eje = 5 HP

Cos φ = 0.8

Eficiencia = 83 %

Amp. Max = 7.6 A

POTENCIA EJE MÁX:

$$\text{Potencia eje máx} = V * I * \sqrt{3} * \cos \phi * \text{eff} \quad (36)$$

$$\text{Potencia eje máx} = 440 * 7.6 * \sqrt{3} * 0.8 * 0.83$$

$$\text{Potencia eje máx} = 3.8 \text{ KW} = 5 \text{ hp}$$

POTENCIA DE TRABAJO DEL MOTOR

En la medición de consumo de energía la bomba registró un consumo de:

$$A = 4.4 \text{ Amp}$$

$$\text{Potencia eléctrica} = V * I * \sqrt{3} * \cos \phi$$

$$P = 440 * 4.4 * 1.732 * 0.8$$

$$P = 2.6 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia en el eje} = P_{\text{elec}} * \text{eff} \quad (37)$$

$$\text{Potencia en el eje} = 2.6 \text{ HP} * 0.83$$

$$\text{Potencia en el eje} = 2.15 \text{ HP}$$

Potencia eje motor (trifásico) = 1.3* Potencia bomba

$$\text{HP motor (trifásico)} = 1,3 * \text{HP (bomba)} \quad (38)$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{\text{Hp motor (trifásico)}}{1.3}$$

$$\text{HP (bomba)} = \frac{2.15 \text{ HP}}{1.3} = 1.66 \text{ HP}$$

Potencia requerida de la bomba = 1.66 HP

EFICIENCIA DE LA BOMBA:

$$\text{Eficiencia bomba} = \frac{\text{Potencia Hidráulica del sistema (diseño)}}{\text{Potencia que gasta la bomba}} = \frac{1 \text{ HP}}{1.66 \text{ HP}} = 0.6$$

Eficiencia bomba 1-2 = 60%

CONCLUSIÓN:

La bomba 6-7 disipa 1.66-1=0.6 Hp

Causas:

La bomba pierde 0.6 HP en Pérdidas por rozamiento, diseño del impulsor, rodamientos.

5.2.4 *Análisis energético de los equipos.* Para realizar este estudio, se tomarán en cuenta las máquinas de potencia que pasan en servicio permanente. El procedimiento para el análisis energético es el siguiente:

- a. Medición del amperaje del equipo en el sitio.
- b. Cálculo de la potencia Activa del Equipo.

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos \phi}{1000} \quad (39)$$

- c. Sumatoria de las potencias de todos los equipos.
- d. Comparación con el costo total de energía ofertado.

5.2.4.1 *Motor blower*

- a. Amperaje de operación = 23 Amperios
Voltaje= 440 Voltios
- b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (40)$$

$$P = \frac{440 * 23 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 14.02 \text{ KW}$$

5.2.4.2 Motor bomba alimentación tanque biológico 1-2

a. Amperaje de operación = 2.6 Amperios

Voltaje= 440 Voltios

b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (41)$$

$$P = \frac{440 * 2.6 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 1.59 \text{ KW}$$

5.2.4.3 Motor bombarecirculación de lodos

a. Amperaje de operación = 2.7 Amperios

Voltaje= 440 Voltios

b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (42)$$

$$P = \frac{440 * 2.7 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 1.65 \text{ KW}$$

5.2.4.4 Motor flash mixer

a. Amperaje de operación = 1.5 Amperios

Voltaje= 440 Voltios

b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (43)$$

$$P = \frac{440 * 1.5 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 0.91 \text{ KW}$$

5.2.4.5 Motor clarificador HRSC-1

a. Amperaje de operación = 1.4 Amperios

Voltaje= 440 Voltios

b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (44)$$

$$P = \frac{440 * 1.4 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 0.85 \text{ KW}$$

5.2.4.6 Motor Clarificador HRSC-2

a. Amperaje de operación = 1.3 Amperios

Voltaje= 440 Voltios

b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (45)$$

$$P = \frac{440 * 1.3 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 0.79 \text{ KW}$$

5.2.4.7 Motor bomba 4-5

a. Amperaje de operación = 2.2 Amperios

Voltaje= 440 Voltios

b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (46)$$

$$P = \frac{440 * 2.2 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 1.34 \text{ KW}$$

5.2.4.8 Motor bomba 6-7

- a. Amperaje de operación = 8.4 Amperios
Voltaje= 440 Voltios
- b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (47)$$
$$P = \frac{440 * 8.4 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 5.12 \text{ KW}$$

5.2.4.9 Electrocoagulador

- a. Amperaje de operación = 55 Amperios
Voltaje= 440 Voltios
- b. Potencia activa:

$$P = \frac{V * I * \sqrt{3} * \cos\phi}{1000} \quad (48)$$
$$P = \frac{440 * 55 * \sqrt{3} * 0.80}{1000}$$

$$P = 33.53 \text{ KW}$$

Sumatoria de las potencias de todos los equipos. Para la sumatoria de las potencias de todos los equipos, se elabora la siguiente Tabla-Resumen:

Tabla 60. Resumen consumo energético equipos-Teimsa

Nº	EQUIPO	AMPERAJE OPERACIÓN	POTENCIA DE CONSUMO (kw)	POTENCIA DE CONSUMO (HP)
1	Motores blowers	23	14,02	18,8
2	Bombas alim. Tanque Biológico	2,6	1,59	2,1
3	Bombas recirculación lodos 3-2	2,7	1,65	2,2
4	Motor FLASH Mixer	1,5	0,91	1,2
5	Motor Clarificador HRSC-1	1,4	0,85	1,1
6	Motor Clarificador HRSC-2	1,3	0,79	1,1
7	Bomba para el Reactor EC 4-5	2,2	1,34	1,8
8	Bombas para el filtro de arena 6-7	8,4	5,12	6,9
9	Electrocoagulador	55	33,53	45,0
TOTAL		98,1	59,81	80,3

5.2.5 Comparación con el valor de energía ofertado.

El valor real de energía es de 59.81 Kw

El valor ofertado de energía es de 25 KW (Fuente. Contrato Confident-Teimsa)

Hay un exceso de 34.81 kw

5.2.6 Análisis de costos de la planta. Para el análisis de costos de la planta, hay que tener en cuenta la inversión inicial de la adquisición de la planta, así como los gastos en el montaje.

5.2.6.1 Costos directos. Los costos directos son gastos generales fijos, que se presentan a un inicio de la inversión y son de valor constante y que dentro de la inversión de adquisición e implementación del sistema, se tiene valores detallados a continuación:

Costos de materiales y equipos adquiridos. Se considera los rubros de cada uno de los componentes del sistema, los mismos que dentro la Oferta **REF: CEPL/TE/ETP/ 01** los equipos y componentes vendidos se detallan a continuación:

NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES BASADO EN PROCESO BIOLÓGICO DE LODOS ACTIVADOS Y TECNOLOGÍAS DE ELECTROCOAGULACIÓN, COMPLETA CON TODOS LOS ACCESORIOS.

CAPACIDAD: 200M3 POR DÍA

Precio: \$ 110 000

El costo de la obra Civil fue \$70 000 para la construcción de los 3 tanques y dos clarificadores, por lo que los costos directos por materiales y equipos adquiridos son:

Tabla 61. Detalle de costos de materiales-equipos

Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario \$	Valor total \$
Equipos Planta de tratamiento	U	1	110 000	110 000
Obra civil (construcción 5 tanques)	U	1	70 000	70 000
SUBTOTAL 1				180 000

Costos de mano de obra:

Tabla 62. Costos de mano de obra

Insumo	Unidad	Cant.	V. Unit\$	V. Total \$
Plomero 1	hora	160	2,47	395.2
Plomero 2	hora	160	2,47	395.2
Electricista	hora	20	2,47	49.4
Mecánico 1	hora	160	2.47	395.2
Mecánico 2	hora	160	2.47	395.2
SUBTOTAL 2				1630.2

Costos por herramientas. Las herramientas utilizadas fueron herramientas se detallan a continuación:

- 1 Taladro de Pedestal 1,5, HP
- 1 Torno de bancada 1,20m
- Llaves mixtas 12, 14 y 16
- 1 Amoladora 1000 W
- 1 Soldadora eléctrica
- 1 juego de 2 pisos de Andamios
- 40 metros de Soga
- 1 Alicata, plato, destornillador plano y destornillador estrella

Por lo que un estudio para, a partir de la depreciación de los equipos actualmente en uso en la empresa, no se propone para el cálculo de costos por materiales, se propone concentrar todos estos valores en un 10% de la mano de obra, por lo que:

Tabla 63. Resumen costos por herramientas

Insumo	Valor Unitario 10% del valor de mano de obra	Valor total \$
Conjunto de herramientas menores	163.02	163.02
SUBTOTAL 3		163.02

Costos de transporte. Para los costos de transporte se utilizan solamente los costos originado por el transporte de los equipos desde la India hacia Ecuador-TEIMSA, así como también la movilización de los equipos desde Bodegas de TEIMSA hasta el sitio de montaje, por lo que:

Tabla 64. Resumen costos de transporte

N°	Denominación	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
1	Transporte Barco India-Ecuador	1	6 500	6500
2	Transporte Equipos al sitio de instalación	2	120	240
SUBTOTAL 4				6740

El costo total directo para la implementación de una planta de tratamiento de efluentes se detalla como la suma de los costos citados anteriormente:

Tabla 65. Resumen costos directos totales

COSTOS DIRECTOS	
SUBTOTAL 1	\$ 180 000
SUBTOTAL 2	\$ 1630.2
SUBTOTAL 3	\$ 163.02
SUBTOTAL 4	\$ 6740
SUBTOTAL	\$ 188533.22
IVA 12%	\$ 22623.98
TOTAL	\$ 211157.2

5.2.6.2 Costos indirectos. Son todos los gastos variable que se tienen y se consideran a continuación:

- Seguros / Pólizas
- Costo Ingenieril
- Utilidad
- Imprevistos

Seguros / Pólizas. El contrato no se hizo a consideración de seguros ni pólizas, por lo que este rubro no tendrá un valor dentro de los costos del proyecto.

Costo Ingenieril. El costo ingenieril tendrá un valor del 10% de los costos directos, por lo que el costo resultante será \$21115.7

Utilidad. Para costos de utilidad se considerará 0% del total del costo directo, por fines de desarrollo de proyecto de tesis, éste no tendrá valor de utilidad.

Imprevistos. Se considera 0% del costo directo total, por lo no tendrá valor adicional.

Por lo que el total de costos indirectos para la instalación de la planta de tratamiento es de:

Tabla 66. Resumen costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS	
SUBTOTAL 1 (Seguros/Pólizas)	\$ 0
SUBTOTAL 2 (Costo Ingenieril)	\$ 21 115.7
SUBTOTAL 3 (Utilidad)	\$ 0
SUBTOTAL 4 (Imprevistos)	\$ 0
TOTAL	\$21 115.7

5.2.6.3 Costos totales. El costo total de la planta vendrá dado por la suma del costo directo e indirecto, mismo que se detalla a continuación:

Tabla 67. Resumen costos totales

COSTO TOTAL		
Item	Denominación	Valor
1	Costos Directos	\$211 157.1
2	Costos Indirectos	\$ 21 115.7
COSTO TOTAL		\$ 232 272.8

Se tiene un costo de \$ 232 272. 8, pagadero al 100% por la empresa TEIMSA, para uso propio de la empresa.

5.2.6.4 Costos operativos de la planta de tratamiento. Se realizará la comparación de los costos operativos ofertados vs. Costos operativos reales

Costos operativos-ofertados:

Tabla 68. Costos operativos ofertados-Teimsa

SL. No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CONSUMO	COSTO	TOTAL
1.	ENERGÍA	KWH	25x20HRS	\$0.10	\$50
2.	ÁCIDO	KG	8	\$0.50	\$4
3.	POLÍMERO	KG	0.2	\$10	\$2
5.	ELECTRODO	KG	15	\$1.5	\$22.5
TOTAL					\$78.5

Fuente: Confident Engineering India Private Ltd

El costo operativo para 200m³ de tratamiento de agua residual es de \$ 78,5

El costo operativo por m³ de tratamiento de agua residual es de \$ 78.5 / 200 = \$0.39

Costo operativo (diario) = \$ 78,5

Costo operativo mensual= \$ 78.5 * 27 = \$ 2119.5

Costo operativo anual = \$ 2119,5 *12 = \$ 25434

Costos operativos-reales:

Tabla 69. Costos operativos reales-Teimsa

SL. No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CONSUMO	COSTO	TOTAL
1.	ENERGÍA	KWH	59.81x20HRS	\$0.10	\$119.62
2.	ÁCIDO CLORHÍDRICO	KG	65	\$0.50	\$32.5
3.	POLÍMERO SEDIFLOC	KG	0.2	\$10	\$2
5.	ELECTRODO	KG	15	\$1.5	\$22.5
TOTAL					\$176.62

El costo operativo para 200m³ de tratamiento de agua residual es de \$ 176.72

El costo operativo por m³ de tratamiento de agua residual es de \$ 176.72 / 200 = \$0.88

Costo operativo (diario) = \$ 176.72

Costo operativo mensual= \$ 176.72 * 27 = \$ 4771.44

Costo operativo anual = \$ 2119,5 *12 = \$ 57257.28

Diferencia diaria: \$176.72 – \$ 78.5 = \$ 98.22

Diferencia mensual: \$ 4771.44 - \$ 2119.5 = \$ 2651.94

Diferencia anual: \$ 57257.28 - \$ 25434 = \$ 31823.28

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Introducción

Si bien es cierto que la planta de tratamiento descontamina el agua, también es cierto que ésta produce lodos residuales, que aunque son inocuos, es necesaria su disposición final, para asegurar un proceso exitoso de conservación y mejoramiento del medio Ambiente, en especial si un proceso Industrial está involucrado de por medio.

6.2 Factores ambientales afectados

Para la planta de tratamiento-TEIMSA, los factores ambientales afectados son los siguientes:

6.2.1 Suelo. La planta de tratamiento transfiere todos los contaminantes del agua de proceso a lodos que son evacuados a través del filtro prensa.

La cantidad de lodos que produce al día es de 350 kg. (Pesaje en operación normal de la planta).

6.2.2 Entorno ambiental. La planta de tratamiento produce ruido proveniente de Sopladores (Blowers), proceso de aireación para tanques TK-1 y TK-2.

El nivel de presión sonora (Ruido) es de 87 Db.

6.2.3 Desechos sólidos. En la rejilla motorizada se recogen 10 kg diarios de pelusas

6.3. Estudio de los procesos contaminantes

Los procesos afectantes se pueden analizar según la identificación de los procesos en el Capítulo 5.2.1, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 70. Tabla valoración de agentes contaminantes en PTAR-Teimsa

Nº	PROCESO	Ruido				Desechos Sólidos				Desechos Líquidos				Desechos Gaseosos				Material Particulado				
		Nulo	Bajo	Medio	Alto	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Nulo	Bajo	Medio	Alto	
5.2.1.1	TRATAMIENTO PRIMARIO																					
5.2.1.1.1	Rejilla Motorizada	X						X		X				X				X				
5.2.1.1.2	Homogenización		X			X				X				X				X				
5.2.1.1.3	Corrección de PH	X				X				X				X				X				
5.2.1.2	TRATAMIENTO SECUNDARIO																					
5.2.1.2.1	Lodos Activados (Aerobio)			X		X				X				X				X				
5.2.1.3	TRATAMIENTO Terciario																					
5.2.1.3.1	Electrocoagulación	X				X				X				X				X				
5.2.1.3.2	Filtro de Arena	X				X				X				X				X				
5.2.1.4	MANEJO DE LODOS																					
5.2.1.4.1	Filtro Prensa	X							X	X				X				X				

6.4 Valoración de impactos

6.4.1 *Elaboración de Matriz de Leopold.* Para la elaboración de la Matriz de Leopold se considerarán los siguientes puntajes para la valoración del impacto ambiental del proyecto:

6.1.4.1 *Identificación tipo de contaminantes.* En la tabla 72 se inicia la identificación de la afectación al medio ambiente, respecto a los procesos involucrados. Se identificará con las siguientes letras: N para indicar que el proceso es un factor negativo, y P para indicar que el proceso es un factor positivo

6.1.4.2 *Valoración de los procesos afectantes.* Para la respectiva valoración cuantitativa de los mismos, se ha colocado en la tabla 73, en el casillero de identificación anteriormente identificado, los valores de la tabla 71, de la siguiente manera:

Magnitud / Importancia

Tabla 71. Valores de importancia para cuantificación de impactos ambientales.

IMPORTANCIA	VALOR	MAGNITUD	VALOR
Sin importancia	1	Muy baja magnitud	1
Poco Importante	2	Baja magnitud	2
Medianamente importante	3	Mediana magnitud	3
Importante	4	Alta magnitud	4
Muy importante	5	Muy alta magnitud	5

Fuente: Estudio de impacto ambiental del sistema de agua potable comunidades Collana-Jilanca-Titile (2009). [17]

Es importante recordar que si el casillero ha sido marcado anteriormente con N, hay que colocar en el casillero signo negativo, y si ha sido marcado con P, hay que colocar en los valores signo positivo.

Tabla 72. Identificación del tipo de factor afectante

FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES ANTRÓPICAS		ACCIONES ANTRÓPICAS											
				FASE DE CONSTRUCCIÓN					FASE OPERACIÓN-MANTENIMIENTO				ITERACIONES		
				CAMPAMENTO	TRAZO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	EXCAVACIÓN MANUAL	CONSTRUCCIÓN CIVIL	MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍAS	ARRANQUE DE LA PLANTA	OPERACIÓN NORMAL DE LA PLANTA	MANEJO DE LODOS DE TRATAMIENTO	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA			
AMBIENTALES	AFECTANTES	ABIÓTICO	Agua	Calidad de agua superficial						P	P			2	
				Calidad de Agua subterránea											
			Suelo	Erosión		N	N	N	N		N				5
				Inundación							N				1
				Asentamiento	N	N	N	N	N						5
			Aire	Alteración de calidad de aire			N	N							2
		Generación de ruidos			N	N	N	N	N	N	N			7	
		BIÓTICO	Flora	Árboles	N	N									2
				Campos	N	N	N	N	N						5
			Fauna	Aves			N	N	N	N	N				5
				Mamíferos											
				Fauna acuática						P	P				2
		SOCIALES	Económico	Economía regional	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	9
				Empleo, Mano de obra	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	9
			Cultural	Salud Pública			N	N		N	N	N			5
				Paisaje		N	N		P	P	P	P	P	P	7

Tabla 73. Asignación cuantitativa de los factores afectantes

FACTORES AMBIENTALES					ACCIONES ANTRÓPICAS					ACCIONES ANTRÓPICAS						IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO							
										FASE DE CONSTRUCCIÓN					FASE OPERACIÓN-MANTENIMIENTO					PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	PROMEDIOS ARITMÉTICOS			
										CAMPAMENTO	TRAZO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	EXCAVACIÓN MANUAL	CONSTRUCCIÓN CIVIL	MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍAS	ARRANQUE DE LA PLANTA				OPERACIÓN NORMAL DE LA PLANTA				MANEJO DE LODOS DE TRATAMIENTO	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	
AMBIENTALES	FACTORES	ABIÓTICO	Agua	Calidad de agua superficial						5/5	5/5			2		50	50	-18	73						
				Calidad de Agua subterránea																					
			Suelo	Erosión		-1/4	-1/2	-1/3	-2/2			-1/1					5			-14	-24				
				Inundación								-1/2					1			-2					
				Asentamiento	-1/2	-1/1	-1/1	-2/1	-2/1								5			-8					
			Aire	Alteración de calidad de aire			-2/2	-2/2									2			-8	-44				
		Generación de ruidos			-1/1	-2/2	-2/3	-2/2	-2/3	-3/3	-2/3					7	-36								
		BIÓTICO	Flora	Árboles	-3/2	-2/2										2	-10	-28							
				Campos	-1/1	-1/1	-2/3	-2/3	-2/2							5	-18								
			Fauna	Aves			-1/2	-1/2				-2/3	-2/3				4	-16		9					
				Mamíferos																					
		SOCIALES	Económico Cultural	Fauna acuática							5/5	5/5				2	50	282							
				Economía regional				1/1	1/1							9	2								
				Empleo, Mano de obra	2/3	2/4	4/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/3	3/3	9		96									
				Salud Pública			-2/1	-2/2			-1/2	-1/2	-1/2			5	-12								
		Paisaje		-2/3	-2/3		3/3	1/1	1/1	1/2	2/2	5	2	5											
PROMEDIOS POSITIVOS					2	2	2	2	3	5	5	3	3	27											
PROMEDIOS NEGATIVOS					3	6	8	7	4	3	5	2		38											
PROMEDIOS ARITMÉTICOS					-9	-9	-11	-14	8	49	43	3	13		73										

Tabla 74. Referencial afectación completa de los factores afectantes

FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES ANTRÓPICAS		ACCIONES ANTRÓPICAS																
				FASE DE CONSTRUCCIÓN					FASE OPERACIÓN-MANTENIMIENTO				PROMEDIOS POSITIVOS	PROMEDIOS NEGATIVOS	PROMEDIOS ARITMÉTICOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO		
				CAMPAMENTO	TRAZO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	EXCAVACIÓN MANUAL	CONSTRUCCIÓN CIVIL	MONTAJE DE MAQUINARIA Y TUBERÍAS	ARRANQUE DE LA PLANTA	OPERACIÓN NORMAL DE LA PLANTA	MANEJO DE LODOS DE TRATAMIENTO	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA								
AMBIENTALES	AFECTANTES	ABIÓTICO	Agua	Calidad de agua superficial						5/5	5/5			2		50	50	-18	-275	
				Calidad de Agua subterránea																
			Suelo	Erosión		-5/5	-5/5	-5/5	-5/5			-5/5				5	-125			-24
				Inundación							-5/5				1	-25				
				Asentamiento	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5						5	-125				
			Aire	Alteración de calidad de aire			-5/5	-5/5							2	-50	-44			
		Generación de ruidos			-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5			7	-175					
		BIÓTICO	Flora	Árboles	-5/5	-5/5								2	-50	-28				
				Campos	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5	-5/5					5	-125					
			Fauna	Aves			-5/5	-5/5		-5/5	-5/5				4	-100	9			
				Mamíferos																
		Fauna acuática						5/5	5/5				2	50						
		SOCIALES	Económico Cultural	Economía regional	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	9		225	282	282		
				Empleo, Mano de obra	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	9		225				
				Salud Pública			-5/5	-5/5		-5/5	-5/5	-5/5			5	-125				
				Paisaje		-5/5	-5/5		5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5	2	75				
		PROMEDIOS POSITIVOS				2	2	2	2	3	5	5	3	3	27					
PROMEDIOS NEGATIVOS				3	6	8	7	4	3	5	2		38							
PROMEDIOS ARITMÉTICOS				-25	-100	-150	-125	-25	50	0	25	75			-275					

Para evaluar el impacto ambiental según la matriz de Leopold, es necesario evaluar el porcentaje de afectación que tiene el proyecto, respecto a una afectación al 100% del mismo.

Impacto total del proyecto (Valoración) = 73

Impacto total del proyecto (Valoración al 100%)= -275

Porcentaje de afectación al medio ambiente = $\frac{73}{275} * 100\% = 26.54\%$

Por lo que, según un criterio de aceptación del 20-30% de alteración permisible al medio ambiente nuestro proyecto de instalación y puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa Teimsa, es ambientalmente viable.[17]

Para tomar acciones que nos permitan controlar nuestros factores contaminantes, realizaremos la siguiente valoración:

Tabla 75. Clasificación y valoración de impactos

TOTAL	DETALLE
De 4 a 6	Nivel de contaminación bajo. Factor afectante mínimo
De 7 a 10	Nivel de contaminación medio. Obligatorio seguimiento del factor afectante.
De 11 a 12	Nivel de contaminación alto. Obligatorio elaboración planes de mitigación de afectación

Tabla 76. Evaluación factor afectante ruido

FACTORES	TOLERANCIA			AFECTACIÓN ENTORNO			FRECUENCIA DE RUIDO			GESTIÓN DE MITIGACIÓN DE DAÑO			TOTAL
PARÁMETROS	Nivel audible tolerable (debajo de 75 Db)	Nivel audible controlado (75-90 Db)	Protección Auditiva Obligatoria (95 Db en adelante)	No hay construcciones cercanas a la planta	Hay edificaciones cercanas a la planta	Se recibe quejas de personas en viviendas cercanas	Ocasional	Intermitente	Ruido Continuo	Ruido es fácilmente controlable (aislante)	El nivel de ruido baja pero no significativamente	No se puede reducir el ruido	Nivel De Contaminación Medio. Obligatorio Seguimiento Continuo del Factor Afectante
RUIDO			3		2				3		2		10

Tabla 77. Evaluación factor afectante desechos sólidos

FACTORES	TOLERANCIA			AFECTACIÓN ENTORNO			Frecuencia de Manejo			GESTIÓN DE MITIGACIÓN DE DAÑO			TOTAL
PARÁMETROS	Desechos Inocuos (Sin olor, ausencia de toxicidad)	Necesidad de Utilización de Ropa de Protección	Desecho Tóxico	No necesita cuidados en el entorno	Necesario Mantener en recipiente Cerrado	Necesario Aislamiento	Mensual	Semanal	Diaria	Se puede isminuir cantidad de lodo	No se puede disminuir cantidad de lodo	La cantidad de lodo Se incrementa con el tiempo	Nivel De Contaminación Medio. Obligatorio Seguimiento Continuo del Factor Afectante
DESECHOS SÓLIDOS (LODOS)		2		1					3		2		8

Tabla 78. Evaluación factor afectante desechos sólidos (pelusas)

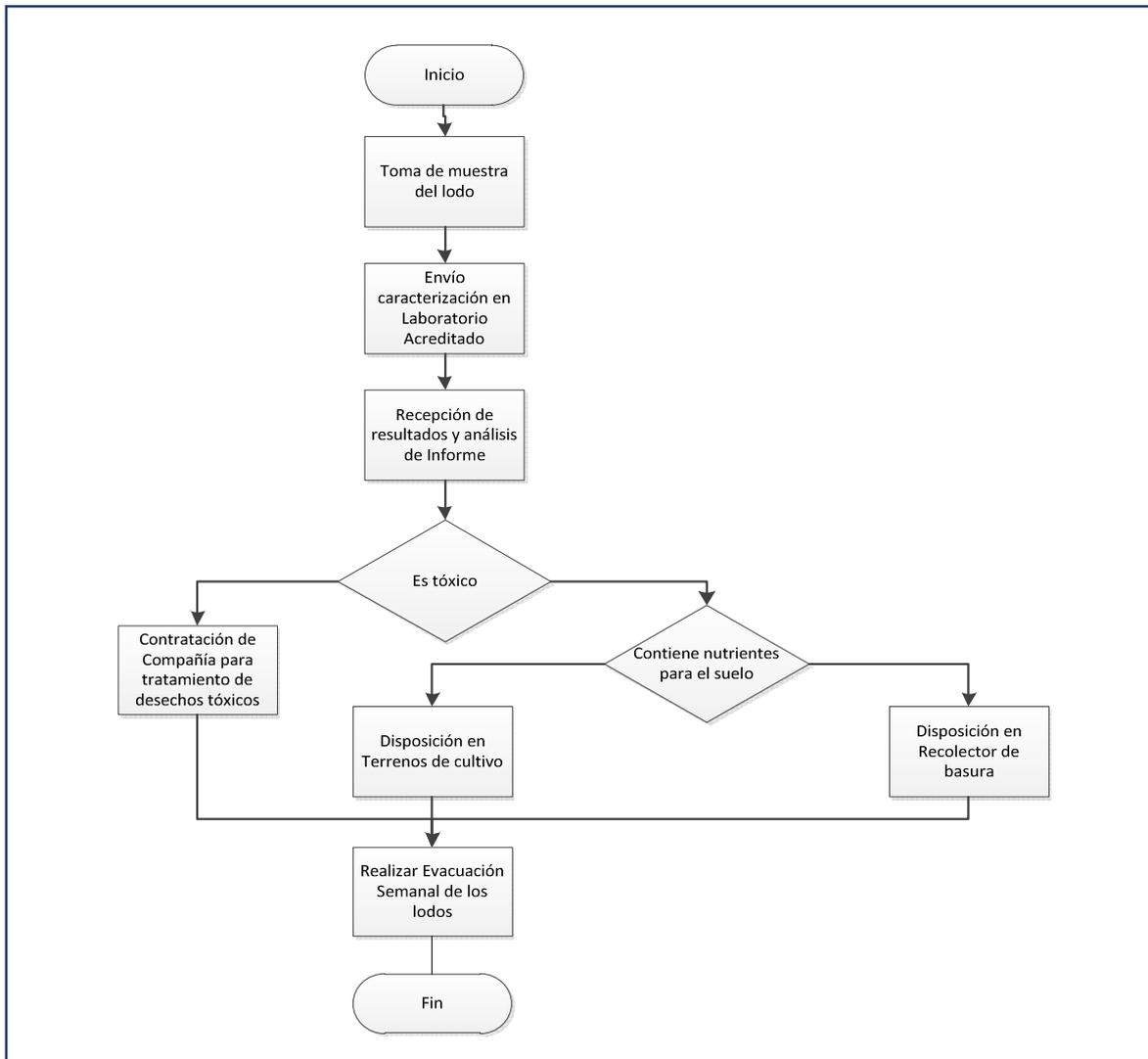
FACTORES	TOLERANCIA			AFECTACIÓN ENTORNO			Frecuencia de Manejo			GESTION DE MITIGACIÓN DE DAÑO			TOTAL
PARÁMETROS	Desechos Inocuos (Sin olor, ausencia de toxicidad)	Necesidad de Utilización de Ropa de Protección	Desecho Tóxico	No necesita cuidados en el entorno	Necesario Mantener en recipiente Cerrado	Necesario Aislamiento	Mensual	Semanal	Diaria	Se puede isminuir cantidad de desecho	No se puede disminuir cantidad de desecho	La cantidad de desecho se incrementa con el tiempo	Nivel De Contaminación Medio. Obligatorio Seguimiento Continuo del Factor Afectante
DESECHOS SÓLIDOS (PELUSAS)	1			1					3		2		7

6.5 Plan de mitigación ambiental

Para el plan de mitigación ambiental, TEIMSA realizará el siguiente diagrama de control ambiental, tanto para lodos, como para ruido y pelusas.

6.5.1 Programa de control de lodos. El procedimiento a seguir para el tratamiento de lodos se detalla en el siguiente diagrama:

Figura 63. Proceso para control de manejo de lodos



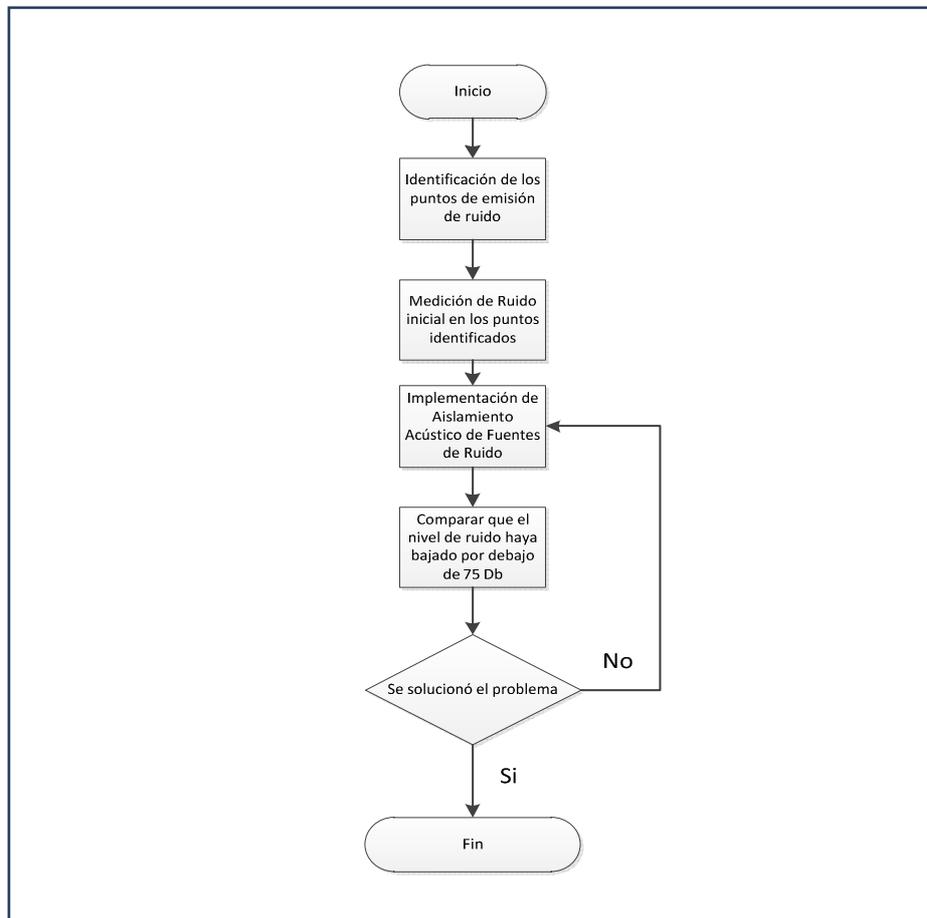
Fuente: Pablo Andrés Freire (2012)

Tabla 79. Ficha control de manejo de lodos

TEIMSA			
Ficha de control diario			
Factor Ambiental:	Lodos de proceso		
Plan de acción:	Disposición final dependiendo del tipo de lodo		
Frecuencia de actividad:	Diaria		
Fecha	Peso (kg)	Responsable	Observaciones
5/6/2012	210	E. Altamirano	s/n

6.5.2 Programa de control de ruidos: El procedimiento a seguir para el control de ruidos se detalla en el siguiente diagrama:

Figura 64. Proceso para control de ruidos



Fuente: Pablo Andrés Freire (2012)

6.5.3 Plan de control de desechos sólidos (pelusas). Las pelusas (10kg diarios; 300 kg mes) se botarán diariamente en el basurero, sin necesidad de realizar alguna actividad adicional, ya que el algodón es desecho orgánico y se descompone fácilmente.

CAPÍTULO VII

7. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES:

7.1 Identificación de equipos

Los equipos para realizar mantenimiento se detallan a continuación:

Blowers:

- Blower-Motor BL-1 y Blower-Motor BL-2

Bombas:

- Bomba-motorB-12-1 y bomba-motorB-12-2
- Bomba-motorB-32-1 y bomba-motorB-32-2
- Bomba-motor B-45-1 y bomba-motor B-45-2
- Bomba-motor B-67-1 y bomba-motor B-67-2

Máquinas:

- Rejilla motorizada
- Electrocoaguladores
- Filtro de arena
- Filtro prensa
- Compresor
- Bombas de diafragma para bombeo de lodos al filtro prensa

7.2 Checklist de actividades diarias

Para el mantenimiento diario se seguirá el siguiente checklist:

Tabla 80. Checklist de actividades diarias

TEIMSA						
Checklist Diario						
Nº	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Rejilla Motorizada.- Inspeccionar funcionamiento,					
2	Limpieza General de la Planta					
3	Compresor.-Verificar y llenar nivel de aceite					
4	Compresor.- Verificación acústica de golpeteoanormal					
5	Compresor.- Drenar el agua condensada del compresor					

7.3 Tablas registros de control de bombas

Las bombas seguirán la siguiente hoja de control:

Tabla 81. Registros control bombas B-12-1 y B-12-2

BOMBA B-12-1											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		
BOMBA B-12-2											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

Tabla 82. Registros control bombas B-32-1 y B-32-2

BOMBA B-32-1											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		
BOMBA B-32-2											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

Tabla 83. Registros control bombas B-45-1 y B-45-2

BOMBA B-45-1											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		
BOMBA B-45-2											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

Tabla 84. Registros control bombas B-67-1 y B-67-2

BOMBA B-67-1											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

BOMBA B-67-2											
CÁMARA DE ACEITE			RODAMIENTOS			SELLO MECÁNICO			SELLO DE ACEITE		
Utilizar aceite SAE 20; 0,22 lt			Cambio de rodamientos cada 10000 horas ó cada 3 años			Fuga de aceite orificio superior: Cambio de sello mecánico			Fuga de aceite orificio inferior: Cambio sello de aceite		
Cambio de aceite: Cada 2000 horas o cada año											
Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo	Nº	FECHA	Tipo
1			1			1			1		
2			2			2			2		
3			3			3			3		
4			4			4			4		
5			5			5			5		
6			6			6			6		
7			7			7			7		
8			8			8			8		
9			9			9			9		
10			10			10			10		

7.4 Matriz de mantenimiento preventivo

7.4.1 Consideraciones. En el mantenimiento Preventivo de la Planta de tratamiento de Efluentes es necesaria la participación de las siguientes personas:

- a) Jefatura de Mantenimiento
- b) Ingeniero Mecánico
- c) Ingeniero Eléctrico

7.4.1.1 Jefatura de mantenimiento. Tiene a su cargo las siguientes responsabilidades

- a. Garantizar a Gerencia de Planta (ó Gerencia de operaciones) el buen Estado de la Planta de tratamiento de Efluentes
- b. Coordinar la Importación de Repuestos para los diferentes equipos de la Planta de tratamiento
- c. Hacer cumplir el Plan de Mantenimiento Preventivo de la Planta de tratamiento.
- d. Proponer mejoras para el plan de Mantenimiento Preventivo, a partir de la experiencia en el funcionamiento de la planta.

7.4.1.2 Ingeniero mecánico. Tiene a su cargo las siguientes responsabilidades:

- a. Realizar el mantenimiento Preventivo-Mecánico de la Planta de tratamiento.
- b. Registrar y documentar el mantenimiento Realizado

7.4.1.3 Ingeniero eléctrico. Tiene a su cargo las siguientes responsabilidades:

- a. Realizar el mantenimiento Preventivo-Eléctrico de la Planta de tratamiento
- b. Registrar y documentar el mantenimiento Realizado

Tabla 85. Matriz de mantenimiento preventivo planta de tratamiento de efluentes-Teimsa

Máquina	Parte	Detalle	Frecuencia					
			Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Bi anual
Rejilla Motorizada	Motor eléctrico	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	
	Motorreductor	Verificación nivel de aceite			x			
	Control Eléctrico	Verificación de estado de elementos eléctricos			x			
	Cepillos	Verificación de estado de cepillos			x			
		Cambio de cepillos					x	
	Chumaceras inferiores Inox	Verificación estado				x		
	Chumacera superior	Verificación Estado				x		
	Cadena y catarina	Verificación y limpieza			x			
	Catarinas de grillon	Verificación y limpieza			x			
Máquina	Limpieza de máquina		x					

Tabla 85. (Continuación)

Sistema Corrección de Ph	Tanque de ácido	Verificar fugas		x				
	Mangueras y acoples	Verificar fugas		x				
	Bomba dosificadora	Pruebas de dosificación máxima, mínima y de trabajo			x			
	Limpieza	Limpieza de máquina-tanque	x					
Tanque Biológico TK-2	Motor eléctrico bombas B-12-1 y B-12-2	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	
	Válvulas de aire	Verificar fugas-cambiadañadas		x				
	Difusores	Limpieza y comprobación de difusores						x
	Limpieza	Limpieza exterior de tanque y plataforma	x					
Clarificador Secundario TK-3	Motor eléctrico bombas B-32-1 y B-32-2	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	

Tabla 85. (Continuación)

Clarificador Secundario TK-3	Motor eléctrico raspador TK-3	Verificación carga eléctrica de motor				x		
		Megado de motor					x	
	Motorreductor	Verificación nivel de aceite y fugas			x			
	Mecanismo raspador	Limpieza y engrase de cadena			x			
		Verificar estado estructura interna y faldones de caucho						x
	Limpieza	Limpieza de rampa	x					
Reservorio Tk-4	Reservorio Tk-4	Limpieza del tanque						x
Sistema de Electrocoagulación	Motor eléctrico bombas B-45-1 y B-45-2	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	
	EC-1 y EC-2	Cambio de electrodos			x			
	Limpieza	Limpieza de máquina						

Tabla 85. (Continuación)

Sistema Dosificación de Polímero	Tanque de polímero	Verificar fugas		x				
	Mangueras y acoples	Verificar fugas		x				
	Bomba dosificadora	Pruebas de dosificación máxima, mínima y de trabajo			x			
	Motor eléctrico	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	
	Motorreductor	Verificación engrasado			x			
Limpieza	Limpieza de máquina							
Clarificador HRSC TK-5	Motor eléctrico principal y secundario	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	
	Motorreductor	Verificación nivel de aceite y fugas			x			
	Mecanismo Raspador	Engrase de cadena			x			
		Verificar estado estructura interna y faldones de caucho						x
Limpieza	Limpieza de máquina							

Tabla 85. (Continuación)

Reservorio Alimentación Filtro Arena TK-6	Reservorio Alimentación Filtro Arena TK-6	Lavado de tanque						x
Sistema Filtro de Arena	Motor eléctrico bombas B-67-1 y B-67-2	Verificación carga eléctrica de motor		x				
		Megado de motor					x	
	Filtro de arena	Cambio de arena filtrante					x	
	Válvulascheck	Revisión de válvulas check		x				
	Limpieza	Limpieza de máquina						
Filtro Prensa	Telas filtrantes	Revisión de telas		x				
		Cambio de telas				x		
	Sistema hidráulico	Revisión de mangueras, empaques y válvulas			x			
	Bombas de diafragma	Cambio del diafragma						x
	Limpieza	Limpieza de máquina						
Compresor	Aceite	Verificar y completar nivel de aceite	x					
	Correa	Verificación de ruidos o golpes anormales en correa	x					

Tabla 85. (Continuación)

Compresor	Filtro de aire	Inspección de filtro, y cambio en caso de taponamiento	x					
	Válvula de seguridad	Verificar funcionamiento válvula de seguridad	x					
	Control de presión	Verificar carga 6 bar, descarga 10 bar						
		Verificar control de presión y válvulas piloto/descarga		x				
	Filtro de aire	Cambio de filtro de aire			x			
	Elementos fijantes	Re apriete de tornillos del bloque compresor (manual)				x		
	Sistema de transmisión	Verificar tensión y alineamiento de correa (manual)				x		
	Control de presión	Calibración de control de presión, manómetro y válvulas (manual)					x	
Ductos planta	Ácido y polímero	Verificar ausencia de fugas en líneas de ácido y polímero		x				
	Línea de agua	Verificar ausencia de fugas en línea de agua		x				
	Válvulas de aire	Verificar ausencia de fugas		x				
	Válvulas de agua	Verificar ausencia de fugas		x				

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

8.1 Conclusiones

Toda empresa privada en el Ecuador que contamine el ambiente (Agua, en esta caso), está obligada a cumplir la ley Ambiental NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DE DESCARGA DE EFLUENTES: Recurso agua. Presidencia de la República. Esto es, implementar un sistema de tratamiento de agua que obliga a verter agua no contaminada al ambiente.

En la verificación del Sistema implantado por la Empresa ConfidentEngineeringPrivate (India), se verificó que los siguientes costos operativos: 0.39 centavos por metro cúbico, no se cumplió, por lo que el costo real es de \$ 0.88 por metro cúbico. Resultando en una diferencia anual de \$31 823, por exceso de Costos operativos.

Todos los alcances de obligaciones del Comprador y Vendedor del Proyecto se condicionan al Contrato firmado entre ambas partes, por lo que es necesaria la presencia del Ingeniero Responsable del Proyecto, para vigilar que los costos operativos se cumplan en la Empresa

El montaje de los equipos involucra obligatoriamente la compra de equipos adicionales, debido al sitio de trabajo, averías en el transporte de los equipos, daños de los equipos en el arranque, etc., mismos que de no ser incluidos dentro de un párrafo adicional en el Contrato, correrán por cuenta del comprador, originando un Perjuicio económico, mismo que se pudo haber evitado.

La empresa, una vez realizado el montaje y puesta en marcha de la planta, no está en capacidad de medir el grado de contaminación del agua tratada, razón por cual es necesario enviar muestras de agua tratada a un laboratorio Acreditado, para verificar que los agentes contaminantes del agua están bajo control.

Toda planta de tratamiento de aguas presenta Tratamiento Primario (Físico), Secundario (Biológico) y Terciario (Avanzado). La planta montada en TEIMSA no fue la excepción.

El flujo del agua en toda planta de tratamiento sigue un circuito en serie, mismo que depende de un sistema principal de bombeo (Bomba 1-2), que es la que tiene un caudal de 10 m³/h.

Es importante que el Ingeniero Mecánico sea la persona encargada de dirigir un proyecto de montaje de plantas de tratamiento, por ser el vínculo entre el funcionamiento de maquinaria, motores, dimensionamiento de los reservorios para los procesos, cálculo de costos operativos diarios de la planta, y emitir un informe a las jefaturas, gerencias, instancia administrativas.

8.2 Recomendaciones

Se recomienda al Ingeniero encargado de la supervisión del montaje y puesta en Marcha de la planta, Revisar los equipos ofertados, y los que se instalan en la planta. Para evitar diferencias con el vendedor

Se recomienda realizar la Verificación de los costos operativos (energía y suministros) sólo cuando la planta se encuentra en un pleno funcionamiento.

Se recomienda realizar un seguimiento de la calidad del agua de la planta, con los respectivos análisis del agua tratada en un laboratorio acreditado.

Se recomienda seguir el Plan de mantenimiento Preventivo en la Planta, ya que los equipos por estar en un sitio abierto son más susceptibles de desgaste acelerado.

Para el control del Consumo de ácido, para la corrección de pH, es necesario llevar un registro del mismo, debido a que el ácido sulfúrico es una sustancia controlada por el Consep, por lo que su uso está destinado estrictamente a la planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] www.madrimasd.org/citme/Informes/Downloads_GetFile.aspx?id
- [2] <http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/pretratamientos-aguas-residuales.html>
- [3] www.cdam.minam.gob.pe:8080/cendoam/.../109/9/CDAM0000012-8.pdf
- [4] RAMALHO R.S. (2003). Tratamiento de aguas residuales.(Reimp. 2003). Pag 211-250Barcelona,España: Editorial Reverté.
- [5] www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=2518
- [6] www.madrimasd.org/citme/Informes/Downloads_GetFile.aspx?id
- [7] www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014876/014876_01.pdf
- [8] www.madrimasd.org/citme/Informes/Downloads_GetFile.aspx?id
- [9] www.best-aqua.com/best-aqua.php?id=125
- [10] RAMALHO R.S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. (Reimp. 2003). Pág. 409-450. Barcelona,España: Editorial Reverté.
- [11] FERRER José, Seco Aurora. (2008). Tratamientos biológicos de aguas residuales. (1º Edición). México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- [12] RAMALHO R.S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. (Reimp. 2003). Barcelona,España: Editorial Reverté.
- [13] RIGOLA Lapeña Miguel. (1999). Tratamiento de aguas Industriales: Aguas de proceso y residuales. (Ed. 2005). Barcelona, España: AlfaomegaMarcombo.
- [14] METCALF &Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen 1.Pág 159-175 (3ª Edic.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.A.

- [15] ROMERO Rojas Jairo Alberto. (2002). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de Diseño. (2º Ed.). Santafé de Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- [16] METCALF & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen 1. (3ª Edic.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.A.
- [17] CENTENO Tomy. (7 de junio de 2009) ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PAUCARCOLLA COMUNIDADES Collana-Jilanca-Titile
<http://eiapuno2009.blogspot.com/>
- [18] RAMALHO R.S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. (Reimp. 2003). Barcelona, España: Editorial Reverté.
- [19] CRITES Ron, Chobanglous George. (2000). Tratamiento de aguas en pequeñas poblaciones. (Imp. 2000). Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- [20] MADRIMASD. (2006) Tratamientos avanzados de aguas Residuales. Madrid. España.
www.madrimasd.org/citme/Informes/Downloads_GetFile.aspx?id
- [21] METCALF & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen 1. (3ª Edic.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- CRITES Ron, Chobanglous George. (2000). Tratamiento de aguas en pequeñas poblaciones. (Imp. 2000). Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- FERRER José, Seco Aurora. (2008). Tratamientos biológicos de aguas residuales. (1º Edición). México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- MARTÍNEZ Sergio, Rodríguez Miriam. (2009). Tratamiento de aguas Residuales con Matlab®. (Imp. 2009). Azcapotzalco, México: Reverté Ediciones, S.A. de C.V.
- METCALF & Eddy. (1995). Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen 1. (3ª Edic.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.A.
- MOTT, Robert.- Diseño de Elementos de Máquinas.- Pearson Educación. 2006.
- RAMALHO R.S. (2003). Tratamiento de aguas residuales. (Reimp. 2003). Barcelona, España: Editorial Reverté.
- RIGOLA Lapeña Miguel. (1999). Tratamiento de aguas Industriales: Aguas de proceso y residuales. (Ed. 2005). Barcelona, España: Alfaomega Marcombo.
- ROMERO Rojas Jairo Alberto. (2002). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de Diseño. (2º Ed.). Santafé de Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

LINKOGRAFÍA

POLLUTION PREVENTION STUDIES IN THE TEXTILE WET PROCESSING INDUSTRY

<http://infohouse.p2ric.org/ref/01/00469.pdf>

Fecha: Mayo, 1995

MANUAL DE TECNOLOGÍA SOSTENIBLES EN TRATAMIENTO DE AGUAS

www.upc.edu/ccd/el-ccd-1/memorias-anuales-de...2008.../file

Fecha: 11 de Septiembre de 2011

TRATAMIENTOS AVANZADOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

www.madrimasd.org/citme/Informes/Downloads_GetFile.aspx?id

Fecha: Marzo, 2006

TRATAMIENTO ELECTROQUÍMICO Y REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DE TINTURA

<http://upcommons.upc.edu/e-prints/handle/2117/8487>

Fecha: 11 de marzo 2009

WATER RECYCLING IN THE TEXTILE INDUSTRY: SEVERAL CASE STUDIES

http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE14_200704.pdf

Fecha: Abril, 2007

LA ELECTROCOAGULACIÓN: RETOS Y OPORTUNIDADES EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

www.futurewatercr.com/images/electrocoagulacion.pdf

Fecha: 28 de junio de 2006

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN

www.fica.epn.edu.ec/fica/RESOLUCIONES_FACULTAD/13ene2011.pdf

Fecha: Agosto 2009

PRETATAMIENTOS AGUAS

<http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/pretratamientos-aguas-residuales.html>

Fecha: 25 de marzo 2012

TRATAMIENTO PRIMARIO AGUAS RESIDUALES:

<http://www.mitecnologico.com/Main/TratamientosPrimariosDeAguasResiduales>

Fecha: 7 de julio de 2011

SEDIMENTADORES

<http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomoII/siete.pdf>

Fecha: 13 agosto de 2011

PRE AIREACIÓN

www.fosasydepuradoras.es/index.php?pagina=tecnico&tecnico=Preaireaci%F3n

Fecha: Enero, 2012

POZO DE GRUESOS

http://www.galmen.com/producto_1b.asp?quegama=1

Fecha: Marzo, 2012

DQO PREAIREACIÓN: REDUCCIÓN DBO

<http://www.interempresas.net/Vitivinicola/Articulos/41515-Tratamiento-de-efluentes-en-bodegas.html>

Fecha: 28 de junio de 2010

REDUCCIÓN DBO FANGOS ACTIVADOS COAGULACION

<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/6164/1/Article04.pdf>

Fecha: Julio, 1980

REACTOR BATCH SECUENCIAL DE MEMBRANA

http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/323101/323101_tubo.htm

Fecha: 2 de febrero 2012

SEDIMENTADORES

www.cdam.minam.gob.pe:8080/cendoam/.../109/9/CDAM0000012-8.pdf

Fecha: Marzo 2011

ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVADO

www.best-aqua.com/best-aqua.php?id=125

Fecha: 21 de Septiembre de 2011