

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE SAN SALVADOR CONSTRUIDAS DESDE 1990”

PRESENTADO POR:

ROBERTO ANTONIO GÁLVEZ MARTÍNEZ
LUIS ANTONIO HERNÁNDEZ REALEGEÑO
DOMINGO ABAD PICHINTE SERRANO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :
Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :
Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :
Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :
Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título :

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE SAN SALVADOR CONSTRUIDAS DESDE 1990”

Presentado por :

Roberto Antonio Gálvez Martínez
Luis Antonio Hernández Realegeño
Domingo Abad Pichinte Serrano

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director : ING. MSc. Ricardo Ernesto Herrera Mirón

Docente Director : ING. MSc. Luis Alberto Guerrero

San Salvador, Abril de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. MSc. Ricardo Ernesto Herrera Mirón

ING. MSc. Luis Alberto Guerrero

AGRADECIMIENTOS GENERALES

Nuestros agradecimientos y gratitud a todas aquellas personas que de una u otra forma, nos brindaron su apoyo, consejo u orientación durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación, agradeciendo especialmente:

A la Universidad de El Salvador, por permitirnos formar como buenos profesionales.

A los Docentes Directores:

ING. MSc. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRON
ING. MSc. LUIS ALBERTO GUERRERO

Por su constante y desinteresada asesoría de nuestro trabajo de graduación, la cual no hubiéramos llevado a feliz termino sin su colaboración.

Al cuerpo de Docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, por fundar en cada uno de nosotros las bases académicas para saber desenvolvemos en la vida profesional.

A TODOS MUCHÍSIMAS GRACIAS.

DEDICATORIA:

A Dios Todopoderoso a su Hijo amado y a la Virgen Maria, por haberme proporcionado sabiduría y fortaleza espiritual para cambiar, lo que, si se puede cambiar y aceptar lo que no se puede cambiar en los momentos más difíciles de la vida.

A mis padres Isabel Martínez Chacón y Roberto Gálvez Castillo, que en paz descansen y deseando que Dios los tenga en su seno.

A mis hermanos Carlos Antonio y Julio Cesar, que en paz descansen y esperando que Dios los tenga en su gloria.

A mis hermanos Ricardo, Sandra, Maria, William y Carlos Alexander, a los cuales les agradezco todo el apoyo moral y la aferrima voluntad de sacarme adelante, les doy gracias eternas por formar parte vital de mi familia en los cuales veo reflejado todo el amor de mis padres.

A todos mis sobrinos pero en especial a Mónica Esmeralda y Cindy Andrea, que a pesar de los momentos difíciles de nuestras relaciones, siempre han estado pendiente y cariñosamente de una forma desinteresada han acudido a los llamados de mi persona.

A todos mis compañeros de estudio, pero en especial a mis amigos y compañeros de tesis Domingo Abad Pichinte Serrano y Luis Antonio Realegeño, por su apoyo moral y material y por haber contribuido en la culminación de mi carrera.

Gracias por todo

Roberto Gálvez Martínez

DEDICATORIA:

A Dios Todopoderoso: Agradezco a Dios, a Jesucristo, y a la virgen María por darme la sabiduría y la fortaleza a través del espíritu Santo para cumplir con tan anhelado sueño.

A mi Abuelo: José Aguedo Realegeño (Q.D.D.G)

Por brindarme su apoyo incondicional a pesar de sus limitaciones e impedimentos siempre fue alguien indispensable en mis estudios desde los inicios. Te doy muchas gracias. Talo, este triunfo te lo dedico a ti.

A mi madre: María Ester Realegeño

Por brindarme el amor, apoyo y sacrificio para ver que sus hijos tuviesen una formación académica, no te defraude, gracias por confiar en mí siempre.

A mi novia: Flor María Hernández pineda

Por haber permanecido conmigo en gran parte de mis estudios brindándome su apoyo y paciencia y amor, Ud. es testigo de los obstáculos que tuve que superar para llegar a tan ansiada meta.

A mi tía: Rosa Mérida Realegeño

Por brindarme su apoyo, consejos y cariño, convirtiéndose en una madre. Gracias.

A mis Hermanos y sobrinos: Gilmar, Mariela, Ronal, Roberto, Angie, Ameyali, Farid y Luis Fernando.

A pesar de las dificultades y en las circunstancias en que nos ha tocado vivir, recuerdo momentos juntos muy felices que me motivan a seguir siempre adelante.

A mis compañeros: Domingo, Gálvez, Javier, Paul

Porque a pesar de todas las dificultades, logramos culminar nuestros objetivos terminando satisfactoriamente el trabajo de graduación.

LUIS ANTONIO

DEDICATORIA:

A Dios Todopoderoso, por darme la oportunidad de lograr culminar de una manera satisfactoria un propósito tan anhelado.

A mis padres: Jesús del Socorro Serrano y Pantaleón Pichinte, por haberme inculcado valores extraordinarios, por su apoyo absoluto en todas las etapas de mi vida y por siempre confiar en que puedo salir adelante.

A mis hermanos Jesús, Marina, Alicia, Lidia, Candelaria, German, Santos, Deysi, Dora y Cristian, por ser los pilares que me han impulsado a lograr esta meta.

A mis sobrinos por compartir momentos agradables conmigo.

A mis compañeros de lucha Gálvez, Chele SP, Concha y El Viejo, por mantenernos unidos, ya sea en las buenas y en las malas.

A mi amigo, José y a mis amigas, Lorenita, Jessica, Lisseth, Mélida, Estefani y Tania, gracias a todos por permitirme formar parte de una familia que me ha brindado mucho cariño y a la vez me ha reconfortado en los momentos mas difíciles.

A mis familiares y amigos que me ayudaron con su apoyo para resolver muchas dificultades durante todo el transcurso de la carrera.

Pichinte

RESUMEN

El manejo y tratamiento de las aguas residuales se ha convertido en una de las problemáticas de mayor complejidad y alto costo que se tiene que resolver para alcanzar una mejor calidad de vida evitando que se de en lo mínimo la contaminación de los cuerpos receptores de aguas superficiales.

Consciente de lo anterior y como una respuesta a las inquietudes planteadas por nuestros asesores presentamos a la comunidad universitaria el trabajo de graduación titulado “DIAGNOSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR CONSTRUIDAS DESDE 1990”.

El estudio se encuentra dividido en ocho capítulos en los cuales se describen teóricamente todos los distintos procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas desde el tratamiento Preliminar hasta el Tratamiento final y la disposición de los lodos, definiendo inicialmente las características físicas, químicas y biológicas del agua residual doméstica, se logra elaborar a través de información obtenida mediante la cooperación de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y las visitas de campo un inventario certero de la cantidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas del área metropolitana de San Salvador dividiéndolas en base a los elementos que las componen como plantas convencionales completas, plantas con tanques Imhoff, plantas con Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), plantas con Lodos Activados, plantas con lagunas de estabilización y otros tipos de plantas de tratamiento, haciendo una descripción técnica de cada planta de un muestreo de diez

plantas de tratamiento, considerando que en esta selección se encuentren incorporadas todos los diferentes tipos de sistemas de tratamiento de agua residual domestica dentro del Área Metropolitana de San Salvador de las cuales se les determinarán el respectivo estudio y análisis. Luego de realizada la descripción se procede a una evaluación de las condiciones de las plantas de tratamiento en lo operacional y mantenimiento que se les aplican, según sea su proceso de tratamiento que las integren, cada elemento es comentado tomando en cuenta los aspectos de estructura física, mantenimiento y operación, así mismo la disposición de los desechos generados. En el estudio se contemplan el diagnóstico de las plantas de tratamiento utilizando para ello los datos de laboratorios que contienen los parámetros de monitoreo como DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, turbiedad, pH, Temperatura etc. proporcionados por los empresas administradoras de las plantas de tratamiento estudiadas de los cuales se logran obtener los cuadros de porcentajes de remoción por elemento y totales, para luego elaborar tablas que comparen sus resultados con las eficiencia teóricas propuestas por diferentes autores y analizar si cumplen con los limites máximos que se encuentran en la propuesta de norma técnica de agua residual domestica de El Salvador.

Dentro de la investigación se contempla el estudio de la legislación aplicada a las aguas residuales en el país elaborado mediante la incorporación, análisis y comparación de los parámetros establecidos en la propuesta de norma Salvadoreña de Aguas residuales vertidas a un cuerpo receptor CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), el decreto No. 50 (Reglamento sobre la Calidad del Agua, control de Vertidos y Las Zonas de Protección), norma de ANDA(Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados) y el decreto No. 39 (Reglamento Especial de Aguas Residuales) de MARN (Ministerio de Medio Ambiente y

Recursos Naturales) además se incorpora un análisis de la propuesta de norma salvadoreña de aguas residuales con las normas a nivel Latinoamericano. A continuación se presentan recomendaciones para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domesticas, con fines académicos, ésta se ha dividido por elementos en base al nivel de tratamiento que brindan, de manera que se puedan seleccionar las unidades que constituyen una planta específica. Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones que recava el estudio de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas tomadas para la elaboración de la investigación.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE SAN SALVADOR CONSTRUIDAS DESDE 1990”

PRESENTADO POR:

ROBERTO ANTONIO GÁLVEZ MARTÍNEZ
LUIS ANTONIO HERNÁNDEZ REALEGEÑO
DOMINGO ABAD PICHINTE SERRANO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2005
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :
Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :
Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :
Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :
Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título :

“DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE SAN SALVADOR CONSTRUIDAS DESDE 1990”

Presentado por :

Roberto Antonio Gálvez Martínez
Luis Antonio Hernández Realegeño
Domingo Abad Pichinte Serrano

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director : ING. MSc. Ricardo Ernesto Herrera Mirón

Docente Director : ING. MSc. Luis Alberto Guerrero

San Salvador, Abril de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. MSc. Ricardo Ernesto Herrera Mirón

ING. MSc. Luis Alberto Guerrero

AGRADECIMIENTOS GENERALES

Nuestros agradecimientos y gratitud a todas aquellas personas que de una u otra forma, nos brindaron su apoyo, consejo u orientación durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación, agradeciendo especialmente:

A la Universidad de El Salvador, por permitirnos formar como buenos profesionales.

A los Docentes Directores:

ING. MSc. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRON
ING. MSc. LUIS ALBERTO GUERRERO

Por su constante y desinteresada asesoría de nuestro trabajo de graduación, la cual no hubiéramos llevado a feliz termino sin su colaboración.

Al cuerpo de Docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, por fundar en cada uno de nosotros las bases académicas para saber desembolsarnos en la vida profesional.

A TODOS MUCHÍSIMAS GRACIAS.

DEDICATORIA:

A Dios Todopoderoso a su Hijo amado y a la Virgen Maria, por haberme proporcionado sabiduría y fortaleza espiritual para cambiar, lo que, si se puede cambiar y aceptar lo que no se puede cambiar en los momentos más difíciles de la vida.

A mis padres Isabel Martínez Chacón y Roberto Gálvez Castillo, que en paz descansen y deseando que Dios los tenga en su seno.

A mis hermanos Carlos Antonio y Julio Cesar, que en paz descansen y esperando que Dios los tenga en su gloria.

A mis hermanos Ricardo, Sandra, Maria, William y Carlos Alexander, a los cuales les agradezco todo el apoyo moral y la aferrima voluntad de sacarme adelante, les doy gracias eternas por formar parte vital de mi familia en los cuales veo reflejado todo el amor de mis padres.

A todos mis sobrinos pero en especial a Mónica Esmeralda y Cindy Andrea, que a pesar de los momentos difíciles de nuestras relaciones, siempre han estado pendiente y cariñosamente de una forma desinteresada han acudido a los llamados de mi persona.

A todos mis compañeros de estudio, pero en especial a mis amigos y compañeros de tesis Domingo Abad Pichinte Serrano y Luis Antonio Realegeño, por su apoyo moral y material, y por haber contribuido en la culminación de mi carrera.

Gracias por todo

Roberto Gálvez Martínez

DEDICATORIA:

A Dios Todopoderoso: Agradezco a Dios, a Jesucristo, y a la virgen María por darme la sabiduría y la fortaleza a través del espíritu Santo para cumplir con tan anhelado sueño.

A mi Abuelo: José Aguedo Realegeño (Q.D.D.G)

Por brindarme su apoyo incondicional a pesar de sus limitaciones e impedimentos siempre fue alguien indispensable en mis estudios desde los inicios. Te doy muchas gracias. Talo, este triunfo te lo dedico a ti.

A mi madre: María Ester Realegeño

Por brindarme el amor, apoyo y sacrificio para ver que sus hijos tuviesen una formación académica, no te defraude, gracias por confiar en mí siempre.

A mi novia: Flor María Hernández pineda

Por haber permanecido conmigo en gran parte de mis estudios brindándome su apoyo y paciencia y amor, Ud. es testigo de los obstáculos que tuve que superar para llegar a tan ansiada meta.

A mi tía: Rosa Mélida Realegeño

Por brindarme su apoyo, consejos y cariño, convirtiéndose en una madre. Gracias.

A mis Hermanos y sobrinos: Gilmar, Mariela, Ronal, Roberto, Angie, Ameyali, Farid y Luis Fernando.

A pesar de las dificultades y en las circunstancias en que nos ha tocado vivir, recuerdo momentos juntos muy felices que me motivan a seguir siempre adelante.

A mis compañeros: Domingo, Gálvez, Javier, Paúl

Porque a pesar de todas las dificultades, logramos culminar nuestros objetivos terminando satisfactoriamente el trabajo de graduación.

LUIS ANTONIO

DEDICATORIA:

A Dios Todopoderoso, por darme la oportunidad de lograr culminar de una manera satisfactoria un propósito tan anhelado.

A mis padres: Jesús del Socorro Serrano y Pantaleón Pichinte, por haberme inculcado valores extraordinarios, por su apoyo absoluto en todas las etapas de mi vida y por siempre confiar en que puedo salir adelante.

A mis hermanos Jesús, Marina, Alicia, Lidia, Candelaria, German, Santos, Deysi, Dora y Cristian, por ser los pilares que me han impulsado a lograr esta meta.

A mis sobrinos por compartir momentos agradables conmigo.

A mis compañeros de lucha Gálvez, Chele SP, Concha y El Viejo, por mantenernos unidos, ya sea en las buenas y en las malas.

A mi amigo, José y a mis amigas, Lorenita, Jessica, Lisseth, Melida, Stefani y Tania, gracias a todos por permitirme formar parte de una familia que me ha brindado mucho cariño y a la vez me ha reconfortado en los momentos más difíciles.

A mis familiares y amigos que me ayudaron con su apoyo para resolver muchas dificultades durante todo el transcurso de la carrera.

Pichinte

RESUMEN

El manejo y tratamiento de las aguas residuales se ha convertido en una de las problemáticas de mayor complejidad y alto costo que se tiene que resolver para alcanzar una mejor calidad de vida evitando que se de en lo mínimo la contaminación de los cuerpos receptores de aguas superficiales.

Consciente de lo anterior y como una respuesta a las inquietudes planteadas por nuestros asesores presentamos a la comunidad universitaria el trabajo de graduación titulado “DIAGNOSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN EL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR CONSTRUIDAS DESDE 1990”.

El estudio se encuentra dividido en ocho capítulos en los cuales se describen teóricamente todos los distintos procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas desde el tratamiento Preliminar hasta el Tratamiento final y la disposición de los lodos, definiendo inicialmente las características físicas, químicas y biológicas del agua residual doméstica, se logra elaborar a través de información obtenida mediante la cooperación de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y las visitas de campo un inventario certero de la cantidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas del área metropolitana de San Salvador dividiéndolas en base a los elementos que las componen como plantas convencionales completas, plantas con tanques Imhoff, plantas con Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA), plantas con Lodos Activados, plantas con lagunas de estabilización y otros tipos de plantas de tratamiento, haciendo una descripción técnica de cada planta de un muestreo de diez

plantas de tratamiento, considerando que en esta selección se encuentren incorporadas todos los diferentes tipos de sistemas de tratamiento de agua residual domestica dentro del Área Metropolitana de San Salvador de las cuales se les determinarán el respectivo estudio y análisis. Luego de realizada la descripción se procede a una evaluación de las condiciones de las plantas de tratamiento en lo operacional y mantenimiento que se les aplican, según sea su proceso de tratamiento que las integren, cada elemento es comentado tomando en cuenta los aspectos de estructura física, mantenimiento y operación, así mismo la disposición de los desechos generados. En el estudio se contemplan el diagnóstico de las plantas de tratamiento utilizando para ello los datos de laboratorios que contienen los parámetros de monitoreo como DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, turbiedad, pH, Temperatura etc. proporcionados por los empresas administradoras de las plantas de tratamiento estudiadas de los cuales se logran obtener los cuadros de porcentajes de remoción por elemento y totales, para luego elaborar tablas que comparen sus resultados con las eficiencia teóricas propuestas por diferentes autores y analizar si cumplen con los limites máximos que se encuentran en la propuesta de norma técnica de agua residual domestica de El Salvador.

Dentro de la investigación se contempla el estudio de la legislación aplicada a las aguas residuales en el país elaborado mediante la incorporación, análisis y comparación de los parámetros establecidos en la propuesta de norma Salvadoreña de Aguas residuales vertidas a un cuerpo receptor CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), el decreto No. 50 (Reglamento sobre la Calidad del Agua, control de Vertidos y Las Zonas de Protección), norma de ANDA(Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados) y el decreto No. 39 (Reglamento Especial de Aguas Residuales) de MARN (Ministerio de Medio Ambiente y

Recursos Naturales) además se incorpora un análisis de la propuesta de norma salvadoreña de aguas residuales con las normas a nivel Latinoamericano. A continuación se presentan recomendaciones para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domesticas, con fines académicos, ésta se ha dividido por elementos en base al nivel de tratamiento que brindan, de manera que se puedan seleccionar las unidades que constituyen una planta específica. Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones que recava el estudio de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas tomadas para la elaboración de la investigación.

ÍNDICE

Ítem	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	xxiv
CAPITULO I	
Generalidades.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 General.....	8
1.3.2 Específicos.....	8
1.4 Alcances y limitaciones.....	9
1.4.1 Alcances.....	9
1.4.2 Limitaciones.....	10
1.5 Justificaciones.....	10
CAPITULO II	
Descripción teórica de los distintos procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas.....	13
2.1 Generalidades sobre aguas residuales domésticas.....	13
2.1.1 Generalidades. Definición. Origen.....	13
2.1.2 Características Físicas, Químicas y Biológicas del agua residual.....	13
2.1.2.1 Constituyentes de las aguas residuales.....	15
2.1.3 Características Físicas.....	16
2.1.4 Características Químicas.....	26
2.1.5 Características Biológicas.....	38
2.1.6 Uso de organismos indicadores.....	43
2.1.7 Determinación de la presencia de organismos coliformes.....	43
2.1.8 Ensayos de toxicidad.....	51
2.1.9 Estudios de caracterización del agua residual.....	53
2.2 Procesos de tratamiento.....	60
2.2.1 Tratamiento Preliminar.....	60
2.2.1.1 Elementos del Tratamiento Preliminar.....	60
2.2.1.1.1 Rejilla de barras.....	60
2.2.1.1.2 Trituradores.....	64
2.2.1.1.3 Desintegradores.....	64
2.2.1.1.4 Desarenadores.....	65

2.2.1.1.5 Dispositivos para la medición de caudal.....	69
2.2.2 Tratamiento Primario.....	73
2.2.2.1 Elementos del Tratamiento Primario.....	73
2.2.2.1.1 Tanque Sedimentador Primario.....	73
2.2.2.1.2 Tanque Imhoff.....	76
2.2.2.1.3 Lagunas de Estabilización.....	78
2.2.2.1.4 Fosas Sépticas.....	81
2.2.3 Tratamiento Secundario.....	83
2.2.3.1 Elementos del Tratamiento Secundario.....	83
2.2.3.1.1 Filtro Percolador Biológico.....	83
2.2.3.1.2 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).....	85
2.2.3.1.3 Imhoff Modificado a Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente....	87
2.2.3.1.4 Zanjas de Oxidación.....	88
2.2.3.1.5 Lodos Activados.....	90
2.2.3.1.5.1 Procesos de Lodos Activados.....	92
2.2.3.1.6 Tanque Sedimentador Secundario.....	94
2.2.4 Tratamiento Terciario.....	95
2.2.4.1 Necesidad del Tratamiento Terciario de las Aguas Residuales.....	95
2.2.4.2 Control de Nutrientes.....	97
2.2.5 Tratamiento de Lodos.....	98
2.2.5.1 Elementos del Tratamiento de Lodos.....	98
2.2.5.1.1 Digestor de Lodos.....	98
2.2.5.1.2 Patios de Secado.....	100

CAPITULO III

Inventario y descripción técnica de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del área metropolitana de san salvador.....	102
3.1 Inventario de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador.....	102
3.1.1 Planta convencional completa: con desarenadores, rejas, tanques sedimentadores Dortmund primarios, filtros percoladores, tanques sedimentadores Dortmund secundarios, biodigestor de lodos, patio de secado de lodos.....	103
3.1.2 Plantas con tanques Imhoff.....	105
3.1.3 Plantas con Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).....	105
3.1.4 Plantas de sistemas de lodos activados.....	106
3.1.5 Plantas con lagunas de estabilización.....	107
3.1.6 Otros tipos de plantas de tratamiento.....	107
3.2 Análisis para la selección de la muestra.....	109
3.3 Descripción técnica de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador.....	111
3.3.1 Planta de tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad.....	111

3.3.2 Planta de tratamiento de la Urbanización Alta Vista I y II.....	119
3.3.3 Planta de tratamiento del Hogar del Niño Minusválido Abandonado.....	132
3.3.4 Planta de tratamiento de la Urbanización Distrito Italia.....	136
3.3.5 Planta de tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores.....	143
3.3.6 Planta de tratamiento de la Urbanización Altos del Escorial.....	151
3.3.7 Planta de tratamiento de la Zona Franca El Pedregal.....	155
3.3.8 Planta con laguna de estabilización ANSP (Academia Nacional de Seguridad Pública).....	159
3.3.9 Planta de tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes.....	165

CAPITULO IV

Análisis de los elementos de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el Área Metropolitana de San Salvador.....	174
4.1 Evaluación de las condiciones de las plantas de tratamiento.....	174
4.1.1 Tratamiento preliminar.....	175
4.1.1.1 Rejillas, desarenadores y medidores de caudal.....	175
4.1.2 Tratamiento primario.....	178
4.1.2.1 Tanques de sedimentación tipo Dortmund.....	178
4.1.2.2 Tanques Imhoff.....	180
4.1.2.3 Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).....	182
4.1.2.4 Lodos activados.....	184
4.1.2.5 Lagunas de estabilización.....	185
4.1.2.6 Digestor de contacto de mezclado continuo.....	187
4.1.3 Tratamiento secundario.....	189
4.1.3.1 Filtros percoladores biológicos aeróbicos.....	189
4.1.3.2 Filtros percoladores biológicos anaeróbicos.....	192
4.1.3.3 Tanque sedimentador tipo Dortmund.....	194
4.1.4 Tratamiento terciario.....	196
4.1.5 Tratamiento de lodos.....	196
4.1.5.1 Digestores de lodos.....	196
4.1.5.2 Lechos de secado.....	197
4.1.6 Eficiencia de las plantas de tratamiento según datos del operador actual.....	199

CAPITULO V

Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador.....	201
5.1 Evaluación de las plantas estudiadas.....	201
5.1.1 Planta convencional completa: con desarenadores, rejas, tanques sedimentadores Dortmund primarios, filtros percoladores, tanques sedimentadores Dortmund secundarios, biodigestor de lodos, patio de secado de lodos.....	201

5.1.1.1	Planta de tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad.....	201
5.1.1.2	Planta de tratamiento de la Urbanización Alta Vista I.....	204
5.1.1.3	Planta de tratamiento de la Urbanización Alta Vista II.....	206
5.1.2	Plantas con tanques Imhoff.....	209
5.1.2.1	Planta de tratamiento del Hogar del Niño Minusválido Abandonado.....	209
5.1.2.2	Planta de tratamiento de la Urbanización Distrito Italia.....	209
5.1.3	Plantas con Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).....	209
5.1.3.1	Planta de tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores.....	209
5.1.4	Plantas de sistemas de lodos activados.....	212
5.1.4.1	Planta de tratamiento de la Urbanización Altos del Escorial.....	212
5.1.4.2	Planta de tratamiento de la Zona Franca El Pedregal.....	212
5.1.5	Plantas con lagunas de estabilización.....	213
5.1.5.1	Laguna de estabilización ANSP (Academia Nacional de Seguridad Pública).....	213
5.1.6	Otros tipos de plantas de tratamiento.....	219
5.1.6.1	Planta de tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes (Digestor de contacto de mezclado continuo).....	219
5.2	Eficiencia actual de las plantas.....	222
5.3	Funcionamiento teórico adecuado de las distintas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador.....	223
5.4	Eficiencia idónea según teoría.....	224
5.5	Análisis comparativo entre la eficiencia idónea de las plantas de tratamiento versus la eficiencia obtenida con el mantenimiento que reciben.....	224
5.5.1	Comparación de porcentaje de remoción por elemento.....	224
5.5.2	Comparación entre los resultados obtenidos en las plantas de tratamiento y los límites máximos permisibles para descarga de aguas residuales a un cuerpo receptor (CONACYT, norma en consulta pública).....	227
CAPITULO VI		
	Estudio de la legislación aplicada a las aguas residuales.....	232
6.1	Análisis del Reglamento sobre la Calidad del Agua, Control de Vertidos y las Zonas de Protección (Decreto 50), Reglamento Especial de Aguas Residuales (Decreto 39) y Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor (Propuesta por CONACYT).....	233
6.2	Comparación entre la norma salvadoreña de aguas residuales y la normas a nivel Latinoamericano.....	244
CAPITULO VII		
	Recomendaciones para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del área metropolitana de San Salvador.....	251
7.1	Elementos para el tratamiento preliminar.....	253

7.1.1 Rejillas.....	253
7.1.2 Desarenadores.....	255
7.1.3 Medidores de caudal.....	256
7.2 Elementos para el tratamiento primario.....	258
7.2.1 Tanque sedimentador primario tipo Dortmund.....	258
7.2.2 Tanque sedimentador tipo Imhoff.....	261
7.2.3 Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA).....	264
7.2.4 Lodos activados.....	266
7.2.5 Lagunas de estabilización.....	268
7.2.6 Digestor de contacto de mezclado continuo de dos compartimentos.....	273
7.3 Elementos para el tratamiento secundario.....	275
7.3.1 Filtro percolador biológico aeróbico.....	275
7.3.2 Filtro percolador biológico anaeróbico.....	277
7.3.3 Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.....	278
7.4 Elementos para el tratamiento de lodos.....	279
7.4.1 Digestor de lodos.....	279
7.4.2 Patios de secado.....	281
CAPITULO VIII	
Conclusiones y recomendaciones.....	283
8.1 Conclusiones.....	283
8.2 Recomendaciones.....	288
BIBLIOGRAFÍA.....	292
APÈNDICE	
Apèndice: Plantas de tratamientote aguas residuales domestica del AMSS (ANDA).....	296
ANEXOS	
Anexo II: Reglamento especial de Aguas residuales MARN, Decreto No. 39.....	301
Anexo II: Norma Salvadoreña Aguas Residuales descargadas a un cuerpo Receptor, CONACYT.....	312
Anexo III: Reglamento sobre la calidad del Agua, El control de vertidos y las zonas de protección.....	323
Anexo I: Guía para realizar visitas de campo a plantas de tratamiento de Aguas Residuales domesticas.....	342

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).....	5
TABLA 2: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias	15
TABLA 3: Factores a tener en cuenta para la caracterización completa de un olor.....	21
TABLA 4: Número más probable (NMP) por 100 ml de muestra inoculando 3 tubos.....	50
TABLA 5: Requerimiento para toma de muestras, recipientes para muestreo y Preservantes de componentes en agua.....	55
TABLA 6: Composición típica del agua residual doméstica bruta.....	58
TABLA 7: Tipos y número de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales domesticas brutas.....	59
TABLA 8: Espaciamiento entre rejillas.....	62
TABLA 9: Sección transversal rectangular de las barras.....	63
TABLA 10: Velocidad de sedimentación, en función del diámetro de las partículas.....	68
TABLA 11: Características físicas recomendadas para el diseño de un Sedimentador rectangular.....	75
TABLA 12: Características generales de los sedimentadores circulares.....	76
TABLA 13: Componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos.....	96
TABLA 14: Problemas más comunes de los digestores de lodos y sus posibles causas.....	99
TABLA 15: Plantas Convencionales.....	103
TABLA 16: Plantas con Tanques Imhoff.....	105
TABLA 17: Plantas con Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente.....	105
TABLA 18: Plantas con sistemas de lodos activados.....	106
TABLA 19: Otros tipos de Plantas de tratamiento.....	107
TABLA 20: Muestra seleccionada.....	110
TABLA 21: Comparación entre el mantenimiento que reciben los elementos del tratamiento preliminar y lo recomendado por diversos autores.....	176
TABLA 22: Comparación entre el mantenimiento que reciben los tanques tipo Dortmund y las recomendadas por diversos autores.....	180
TABLA 23: Comparación entre las recomendaciones de diversos autores y el mantenimiento que recibe el tanque Imhoff estudiado.....	181
TABLA 24: Comparación entre el mantenimiento que reciben los RAFA y las recomendaciones de diversos autores.....	183
TABLA 25: Comparación entre el mantenimiento que recibe el sistema de lodos activados y las recomendaciones dadas por diversos autores.....	185
TABLA 26: Comparación entre el mantenimiento brindado a las lagunas de estabilización y las recomendaciones de diversos autores.....	186
TABLA 27: Comparación entre el mantenimiento dado al Digestor de Contacto de Mezclado Continuo y las recomendaciones de diversos autores.....	188

TABLA 28: Comparación entre el mantenimiento que reciben los Percoladores Biológicos Aeróbicos en las plantas de tratamiento y las recomendaciones dadas por diversos autores.....	191
TABLA 29: comparación entre el mantenimiento que reciben los Percoladores Biológicos Anaeróbicos en las plantas de tratamiento y los recomendaciones dadas por diversos autores.....	193
TABLA 30: Comparación entre el mantenimiento que reciben los Tanques tipo Dortmund y las recomendaciones de diversos autores.....	195
TABLA 31 Comparación entre las actividades de mantenimiento que se realizan a los Digestores de lodos y las recomendaciones de diversos autores.....	197
TABLA 32: Comparación entre el mantenimiento que reciben los patios de secado y las Recomendaciones de diversos autores.....	198
MONITOREOS A PLANTA DE TRATAMIENTO URB. SANTÍSIMA TRINIDAD	
TABLA 33: Monitoreo efectuado el 17 de junio de 2003.....	201
TABLA 34: Monitoreo efectuado el 17 de Junio de 2003.....	202
TABLA 35: Porcentaje de remoción por elemento.....	203
TABLA 36: Porcentaje de remoción total.....	203
MONITOREOS A PLANTA DE TRATAMIENTO URB. ALTA VISTA I	
TABLA 37: Monitoreo correspondiente al mes de Marzo 2004	204
TABLA 38: Monitoreo correspondiente al mes de Abril 2004	205
TABLA 39: Porcentaje de remoción por elemento	205
TABLA 40: Porcentaje de remoción total.....	205
MONITOREOS A PLANTA DE TRATAMIENTO URB. ALTA VISTA II	
TABLA 41: Monitoreo correspondiente al mes de Marzo 2004	207
TABLA 42: Monitoreo correspondiente al mes de Abril 2004	207
TABLA 43: Porcentaje de remoción por elemento	207
TABLA 44: Porcentaje de remoción total.....	208
MONITOREOS A PLANTA DE TRATAMIENTO URB. STA. TERESA LAS FLORES	
TABLA 45: Monitoreo correspondiente al mes de Junio 2004.....	209
TABLA 46: Monitoreo correspondiente al mes de Julio 2004.....	210
TABLA 47: Monitoreo correspondiente al mes de Agosto 2004.....	210
TABLA 48: Porcentaje de remoción por elemento	211
TABLA 49: Porcentaje de remoción total.....	211
MONITOREOS A PLANTA DE TRATAMIENTO ANSP	
TABLA 50: Monitoreo efectuado el 4 de Junio de 2004	213
TABLA 51: Monitoreo efectuado el 18 de Junio de 2004	214
TABLA 52: Monitoreo efectuado el 2 de Julio de 2004	214
TABLA 53: Monitoreo efectuado el 16 de Julio de 2004	215
TABLA 54: Porcentaje de remoción por elemento y total, Laguna # 1.....	216
TABLA 55: Porcentaje de remoción por elemento y total, Laguna # 2.....	217

MONITOREOS A PLANTA DE TRATAMIENTO URB. VILLA LOURDES	
TABLA 56: Monitoreo efectuado en Octubre de 2003	219
TABLA 57: Monitoreo efectuado en Julio de 2004	220
TABLA 58: Porcentaje de remoción total	220
TABLA 59: Porcentaje de remoción total de las Plantas de tratamiento estudiadas.....	222
TABLA 60: Eficiencia teórica de los elementos que conforman los diferentes tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas según varios autores...	223
TABLA 61: Parámetros sobre valores permisibles para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor según CONACYT.....	224
COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE REMOCIÓN POR ELEMENTO	
TABLA 62: Planta de Tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad.....	224
TABLA 63: Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista I.....	225
TABLA 64: Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista II.....	225
TABLA 65: Planta de Tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores.....	225
TABLA 66: Laguna de Estabilización ANSP.....	226
TABLA 67: Planta de Tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes.....	226
COMPARACIÓN ENTRE RESULTADOS OBTENIDO EN LAS PLANTA DE TRATAMIENTO Y LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
TABLA 68: Planta de Tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad.....	227
TABLA 69: Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista I.....	227
TABLA 70: Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista II.....	228
TABLA 71: Planta de Tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores.....	228
TABLA 72: Laguna de Estabilización ANSP (laguna # 1).....	229
TABLA 73: Laguna de Estabilización ANSP (laguna # 2).....	229
TABLA 74: Planta de Tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes.....	230
TABLA 75: Valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario.....	238
TABLA 76: Parámetros sobre valores permisibles para descargadas a un cuerpo receptor.	238
TABLA 77: Frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes Característicos (según decreto No.39 del MARN).....	240
TABLA 78: Comparación entre la propuesta de norma Salvadoreña de aguas residuales y las normas a nivel Latinoamericano.....	245
TABLA 79: Problemas más comunes de los elementos del tratamiento preliminar y sus posibles causas.....	257
TABLA 80: Problemas más frecuentes de los Tanques sedimentadores tipo Dortmund y sus posibles causas.....	260
TABLA 81: Problemas comunes de los tanques sedimentadores tipo Imhoff y sus posibles Causas.....	263
TABLA 82: Problemas más comunes del reactor anaerobio de flujo ascendente y sus posibles causas.....	265
TABLA 83: Problemas más comunes del sistema de lodos activos y sus posibles causas.....	268
TABLA 84: Problemas más comunes de las lagunas de estabilización y sus posibles causas.....	272

TABLA 85: Problemas más comunes de los percoladores biológicos y sus posibles causas.....	276
TABLA 86: Problemas más comunes de los digestores de lodos y sus posibles causas.....	281
TABLA 87: Problemas más comunes de los patios de secado y sus posibles causas.....	282

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Interacción entre los sólidos presentes en el agua y en el agua residual.....	17
FIGURA 2: Cono Imhoff empleado para la determinación de los sólidos sedimentables presentes en el agua residual.....	18
FIGURA 3: Volumen inoculado.....	45
FIGURA 4: Dispositivos toma muestra típico empleado en plantas de tratamiento de aguas Residuales.....	56
FIGURA 5: Rejilla.....	61
FIGURA 6: Desarenador.....	66
FIGURA 7: Medidor Parshall.....	71
FIGURA 8: Vertedero rectangular.....	72
FIGURA 9: Tanque Dortmund.....	74
FIGURA 10: Tanque Imhoff.....	78
FIGURA 11: Laguna Facultativa.....	81
FIGURA 12: Fosa séptica típica.....	82
FIGURA 13: Soporte y capa biológica.....	84
FIGURA 14: Corte transversal de un percolador.....	85
FIGURA 15: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.....	86
FIGURA 16: Zanja de oxidación.....	90
FIGURA 17: Lodos Activados; Sistema convencional.....	92
FIGURA 18: Lodos Activados; Mezcla completa.....	93
FIGURA 19: Lodos Activados; Sistema Escalonado.....	93
FIGURA 20: Digestor de lodos.....	115
FIGURA 21: Lechos de secado.....	100
FIGURA 22: Deshidratación de lodos.....	101
PLANTA DE TRATAMIENTO URB. SANTÍSIMA TRINIDAD	
FIGURA 23: Croquis de la planta de tratamiento de la Urb. Santísima Trinidad.....	112
FIGURA 24: Canal con rejillas, desarenador y parshall.....	114
FIGURA 25: Tanques sedimentarios primarios tipo Dortmund.....	115
FIGURA 26: Filtro percoladores biológico # 3.....	116
FIGURA 27: Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.....	117
FIGURA 28: Digestor de lodos.....	118
FIGURA 29: Patios de secado de lodos.....	118
FIGURA 30: Descarga del agua residual tratada al cuerpo receptor.....	119
PLANTA DE TRATAMIENTO URB. ALTA VISTA I Y II	
FIGURA 31: Croquis de la planta de la Urb. Alta Vista I y II.....	120

FIGURA 32: Rejillas gruesas.....	122
FIGURA 33: Cámaras desarenadoras.....	122
FIGURA 34: Rejillas finas.....	123
FIGURA 35: Filtro percolador biológico.....	124
FIGURA 36: Tanque sedimentador primario tipo Dortmund.....	125
FIGURA 37: Tanque sedimentador primario tipo Dortmund.....	126
FIGURA 38: Filtros percoladores biológicos.....	127
FIGURA 39: Filtro percolador biológico.....	128
FIGURA 40: Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.....	128
FIGURA 41: Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.....	129
FIGURA 42: Digestor de lodos.....	130
FIGURA 43: Digestor de lodos.....	130
FIGURA 44: Patios de secado de lodos.....	131
FIGURA 45: Patios de secado de lodos.....	132
PLANTA DE TRATAMIENTO DEL HOGAR DE NIÑO	
FIGURA 46: Croquis de la planta de tratamiento Hogar del Niño Minusválido Abandonado.....	133
PLANTA DE TRAMAMIENTO URB. DISTRITO ITALIA	
FIGURA 47: Croquis de la planta de tratamiento de la Urb. Distrito Italia.....	136
FIGURA 48: Rejillas y canales.....	139
FIGURA 49: Tanque Imhoff.....	140
FIGURA 50: Tanque Imhoff.....	140
FIGURA 51: Filtros percoladores biológicos.....	141
FIGURA 52: Tanques sedimentadores secundarios tipo Dortmund.....	142
FIGURA 53: Patios de secado de lodos.....	143
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URB. SANTA TERESA DE LAS FLORES	
FIGURA 54: Croquis de la planta de tratamiento de la Urb. Santa Teresa de las Flores...	144
FIGURA 55: Rejilla.....	146
FIGURA 56: Cámaras desarenadoras.....	147
FIGURA 57: Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente.....	148
FIGURA 58: Filtro percolador biológico.....	149
FIGURA 59: Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund # 1.....	150
FIGURA 60: Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund # 2.....	150
FIGURA 61: Patios de secado de lodos.....	151
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URB. ALTOS DEL ESCORIAL	
FIGURA 61: Croquis de la planta de tratamiento Altos del Escorial.....	152
FIGURA 62: Tanques de lodos Activados.....	154
FIGURA 63: Patios de secado de lodos.....	155
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ZONA FRANCA EL PEDREGAL	
FIGURA 64: Croquis de la planta de tratamiento Zona Franca El Pedregal.....	156
PLANTA DE TRATAMIENTO DE ANSP, SAN LUIS TALPA	
FIGURA 66: Croquis de la planta de tratamiento de ANSP, Sn. Luis Talpa.....	160
FIGURA 67: Rejillas.....	161

FIGURA 68: Cámaras desarenadoras.....	162
FIGURA 69: Salida de emergencia.....	163
FIGURA 70: Laguna de estabilización # 1.....	165
FIGURA 71: Laguna de estabilización # 2.....	165
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URB. VILLA LOURDES	
FIGURA 72: Croquis de la planta de tratamiento de la Urb. Villa Lourdes.....	167
FIGURA 73: Rejillas.....	168
FIGURA 74: Digestor de contacto de mezclado continuo.....	170
FIGURA 75: Filtros percoladores anaeróbicos.....	172
FIGURA 76: Pila de secado de lodos.....	177
FIGURA 77: Descarga del agua residual al cuerpo receptor.....	177
FIGURA 78: Filtro percolador con canaletas de Aluminio.....	190
FIGURA 79: Filtro percolador con canaletas de PVC.....	190
FIGURA 80: Vara para la medición de lodos en tanques.....	262

INTRODUCCIÓN

En nuestro país las urbanizaciones construidas hasta la década de los años 60's en el Área Metropolitana de San Salvador, descargan directamente a los cuerpos receptores las aguas residuales domésticas. Por esto a principios de la década de los años 70's comenzaron a construirse las primeras plantas de tratamiento.

Sin embargo, en nuestro país la mayor parte de las aguas residuales han sido y siguen siendo descargadas directamente a los cuerpos de agua, lo que ha provocado en estos un alto grado de contaminación.

De lo anterior surge la inquietud del origen al estudio realizado, la preocupación y la incerteza de no saber los motivos ni las razones por las cuales, los cuerpos receptores se están contaminando aun más a pesar de la existencia de plantas de tratamiento.

El presente trabajo de graduación sistematiza toda la información fundamentada en las descripciones teóricas de los distintos procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas aplicados en el país, los elementos que conforman el tratamiento preliminar, el tratamiento primario, tratamiento secundario y nociones básicas sobre algunos elementos de tratamiento terciario.

Además se recopila información de las diferentes instituciones encargadas de velar por el control del vertido de las aguas residuales, la normativa existente para ello y la información proporcionada por las administradoras de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, y las condiciones bajo las cuales están actualmente funcionando dichas instalaciones a través de toma de datos al momento de las visitas de campo, para que conduzcan a recopilar toda la información necesaria para diagnosticar el funcionamiento

actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas en el área metropolitana de San Salvador.

De esta manera se documentan los resultados obtenidos para cada una de la plantas de aguas residuales visitadas, conteniendo además datos de monitoreos para los parámetros de mayor relevancia de la caracterización de dichos vertidos procesando los datos para obtener la eficiencia reportada por las plantas y ser comparados con la eficiencia teórica de remoción de sustancias orgánicas estableciendo el porcentaje de efectividad de cada uno de los procesos de depuración de aguas residuales. Así mismo, estos porcentajes son comparados con los valores máximos estipulados en los reglamentos y normas con el fin de verificar si los vertidos cumplen con los valores de parámetros establecidos. Permittiendo plasmar los motivos y causas posibles de un inadecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales y emitir sugerencias prácticas a los problemas que conlleven a concientizar el brindar importancia al tratamiento de las aguas residuales, optimizando los sistemas empleados a través de una buena operación y mantenimiento.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Aunque la recogida de las aguas residuales se remonta a tiempos antiguos, el tratamiento de las mismas es relativamente reciente, ya que se inició a finales de los años 1800 y principios del siglo XX. El desarrollo de la teoría sobre los gérmenes en la segunda mitad del siglo XIX por Koch y Pasteur señaló el comienzo de una nueva época en la higiene. Anteriormente, la relación entre polución y enfermedad apenas se había comprendido y la ciencia de la bacteriología, entonces en sus principios, no se había aplicado aún al tratamiento de las aguas residuales.

A mediados del siglo XIX, Estados Unidos e Inglaterra, evacuaban sus aguas residuales sin tanta preocupación, hasta que empezaron a experimentar problemas de enfermedades fue que realmente buscaron formas aptas para su eliminación.

En Inglaterra, se idearon y llevaron a la práctica métodos de tratamiento intensivo. La finalidad era acelerar los medios naturales bajo condiciones controladas en instalaciones de tratamiento de tamaño relativamente pequeño. Junto con la sedimentación, la precipitación química fue uno de los primeros procesos utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

El fango activado, proceso de tratamiento biológico en uso hoy día, se remonta a 1882 cuando se investigó en Inglaterra la aireación de aguas negras en tanques para acelerar la oxidación de la materia orgánica.

En Estados Unidos hacia 1887, la estación experimental Lawrence fue establecida por el Massachusetts State Board of Health para el estudio del tratamiento del agua de abastecimiento y aguas residuales. En los comienzos del siglo XX, la creciente demanda pública de tratamiento de las aguas residuales y la imposibilidad de conseguir suficientes zonas para el tratamiento en el suelo, especialmente en lo que se refiere a las grandes ciudades, llevaron a la adopción de nuevos métodos intensivos de tratamiento, muchos de los cuales se prepararon en Lawrence y en la actualidad aun son utilizados.

En El Salvador la mayor parte de las aguas residuales son vertidas directamente a los cuerpos de agua, lo que ha provocado en éstos un alto grado de contaminación, ya que, debido a las grandes cantidades de agua residual, ésta no puede diluirse en los cuerpos receptores.

Por esto a principios de la década de los 70's comenzaron a construirse las primeras plantas de tratamiento, entre las cuales se encuentran las plantas Puerto El Triunfo, Puerto de La Libertad y Urbanización Chávez Galeano, ésta última ubicada en el Municipio de Ayutuxtepeque. Luego debido a diversos factores, dejaron de construirse, hasta que en 1988 entró en operación la planta de tratamiento de la Residencial Valparaíso también en Ayutuxtepeque.

Pero no fue hasta la década de los 90's que comenzó la construcción de la mayoría de las plantas existentes hoy en día, distribuidas en dieciocho municipios de los departamentos de San Salvador, La Libertad y La Paz.

La mayoría de plantas de tratamiento son construidas junto con urbanizaciones nuevas, su tamaño es variable, sirven a poblaciones que van desde 300 hasta 25,000 habitantes, la cobertura proporcionada por éstas a la población urbana del país es de apenas 5%, según datos de ANDA.

El 72.50% de las plantas que operan en el país trabajan con tratamiento aeróbico, para esto se utilizan elementos como sedimentadores primarios tipo Imhoff y Dortmund, y luego procesos como: Filtros Percoladores Biológicos, Sistemas de Lodos Activados, Digestores de Lodos; y el 27.50% restante utiliza tratamiento anaerobio a través de Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA) y Percoladores Anaerobios, antes de estos procesos se utilizan tanques de sedimentación como tratamiento previo¹.

Los mayores problemas técnicos que se afrontan en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas es la poca importancia que se da a la operación y mantenimiento y no hay personal capacitado para su operación, aunque se ha elaborado un perfil con los requisitos básicos que debe reunir un técnico operador de plantas de tratamiento de aguas residuales, tampoco ha sido tomado en cuenta.

¹ FUENTE: Departamento de Saneamiento, ANDA.

No obstante, que los constructores presentan manuales de operación y mantenimiento de los diferentes tipos de plantas, a éstos se les da poca importancia y raras veces se llevan a la práctica.

Todo esto unido a que no existen normas aprobadas para la recepción de las plantas de tratamiento, ya que éstas obras de infraestructura no están contempladas en las Normas Técnicas de ANDA; solo existe un acuerdo entre ANDA y los constructores a través de la Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO) para la incorporación de una serie de parámetros que sirvan de base para evaluar si los resultados obtenidos en el tratamiento de agua residual son satisfactorios, a fin de poder darle curso a la recepción de las plantas.

Entre los Documentos existentes relacionados con las aguas residuales en nuestro país están: El Reglamento Sobre la Calidad del Agua, El Control de Vertidos y Las Zonas de Protección, Decreto 50, emitido por ANDA, en el año 1987, el cual obliga, a partir de esta fecha, a las empresas constructoras a implementar plantas de tratamiento, para mejorar la calidad del vertido.

Posteriormente fue CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), quien revisó la Propuesta de norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas en un Cuerpo Receptor, en 1996, ésta propuesta de norma establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores; cabe mencionar que dicha propuesta de norma no está aprobada hasta el momento. Otra entidad gubernamental relacionada con la protección del medio

ambiente, el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), emitió en el año 2000, el Reglamento Especial de Aguas Residuales, Decreto 39, que tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

A continuación se presenta un listado de las plantas de tratamiento existentes en el AMSS.

TABLA 1. Plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)

NOMBRE	UBICACIÓN
1. Urbanización Campo Verde	Ayutuxtepeque
2. Urbanización Valparaíso	Ayutuxtepeque
3. Urbanización Chávez Galeano "A"	Ayutuxtepeque
4. Urbanización Chávez Galeano "B"	Ayutuxtepeque
5. Colonia La Ascensión	Ayutuxtepeque
6. Colonia El Carmen	Ayutuxtepeque
7. Urbanización Santísima Trinidad	Ayutuxtepeque
8. Ciudad Futura	Cuscatancingo
9. Residencial San Lucas	Cuscatancingo
10. Condominios Tazumal y Las Terrazas	Cuscatancingo
11. Urbanización Ciudad Corinto	Cuscatancingo
12. Comunidad María Auxiliadora	Cuscatancingo
13. Residencial Alpes Suizos I	Santa Tecla
14. Residencial Alpes Suizos II	Santa Tecla
15. Residencial los Girasoles	Santa Tecla
16. Urbanización Vía del Mar	Santa Tecla
17. Comunidad El Quequeisque	Santa Tecla
18. Reparto San Ramón	Soyapango
19. Urbanización La Campanera	Soyapango
20. Urbanización San Francisco	Soyapango
21. Urbanización Alta Vista I	Ilopango
22. Urbanización Alta Vista II	Ilopango
23. Urbanización Cumbres de San Bartolo	Ilopango
24. Urbanización Cumbres de San Bartolo II	Ilopango
25. Urbanización Vista al Lago	Ilopango
26. Residencial del Bosque	Mejicanos
27. Urbanización Altos del Escorial	Mejicanos
28. Urbanización Los Naranjos y Las Jacarandas	Apopa
29. Urbanización Santa Teresa de Las Flores	Apopa
30. Urbanización San José Vista Bella	Apopa

Continuación de Tabla 1

31. Urbanización Los Chorros	Lourdes
32. Urbanización Campos verdes	Lourdes
33. Urbanización Las Moritas	Lourdes
34. Complejo Lourdes	Lourdes
35. Urbanización Parcelación Libertad	Tonacatepeque
36. Urbanización Altos Las Flores	Tonacatepeque
37. Distrito Italia	Tonacatepeque
38. Hogar del Niño Minusválido Abandonado	San Marcos

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En El Salvador la mayor parte de las descargas (95% Según ANDA)² de las aguas residuales domésticas se vierte a los cuerpos receptores sin previo tratamiento y el restante 5%, antes de ser vertido, recibe tratamiento gracias a la red nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes en la actualidad, aunque éste no es monitoreado por las instituciones gubernamentales encargadas de velar por el medio ambiente, contribuyendo de esta manera a la contaminación de las aguas superficiales causando el desequilibrio y la muerte de muchos ecosistemas acuáticos.

La utilización de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas es una respuesta acertada para mitigar el efecto de contaminación de los cuerpos de agua, pero lamentablemente en nuestro país las pocas plantas que existen no están generando los resultados esperados de mitigación, debido a que están funcionando sin el correspondiente personal de operación y mantenimiento.

² FUENTE: Departamento de Saneamiento, ANDA.

En nuestro país a partir del 16 de octubre de 1987, las autoridades competentes aprobaron el reglamento sobre Calidad del Agua, Control de Vertidos y Las Zonas de Protección, con el propósito de mitigar la contaminación sufrida por los cuerpos receptores a causa de la descarga indiscriminada de aguas residuales domésticas, crudas o con un tratamiento inadecuado.

A partir de la fecha anteriormente expuesta es requisito indispensable la creación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para poder implementar proyectos de urbanizaciones, en la actualidad solo existen un poco mas de 64 plantas de tratamiento en todo el país, pero el problema se agudiza al saber que más del 50% se encuentran abandonadas y constituyendo focos de contaminación estacionarias, generando condiciones insalubres de vida para las personas residentes de las urbanizaciones.

En El Salvador las instituciones de Gobierno como el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), no cuentan con un estudio de caracterización de las aguas residuales domésticas, ni tampoco con un programa de monitoreo de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ante tal situación se desarrolla un diagnóstico del funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas en el Área Metropolitana de San Salvador construidas desde 1990, con datos reales y fehacientes, con el cual se pueda contribuir académicamente, para que las instituciones competentes conozcan la grave necesidad de oficializar las normas para el

tratamiento de las aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor y poder de esta manera mitigar el deteriorado medio ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

- Elaborar un diagnóstico del funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas de el Área Metropolitana de San Salvador construidas desde 1990.

1.3.2 ESPECIFICOS

- Realizar la recopilación bibliográfica relacionada con el tema en estudio, que exista en las instituciones involucradas, Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Universidad de El Salvador (UES), Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) e Instituciones Ambientalistas.
- Elaborar un inventario de la cantidad y calidad del vertido de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes, su ubicación y cantidad de población servida.
- Analizar la Normativa existente en materia de aguas residuales domésticas y aplicarla en el estudio.

- Comparar la diferencia de eficiencia de remoción de contaminantes cuando una planta esta trabajando bien y cuando lo esta haciendo inadecuadamente.
- Evaluar la operación y mantenimiento que se está proporcionando a las plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 ALCANCES

- ◆ Obtener un documento mediante el cual se demuestre el funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador.
- ◆ Elaborar el inventario y diagnóstico con datos de las empresas encargadas de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador y contribuir con este diagnóstico a establecer los porcentajes de eficiencia con los cuales están trabajando dichas plantas de tratamiento.
- ◆ Analizar la legislación existente referente a las de aguas residuales domésticas.
- ◆ Verificar y analizar la operación y mantenimiento que se esta proporcionando a las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador.

- ◆ La mayoría de las plantas de tratamiento administradas por ANDA, se encuentran fuera del Área Metropolitana de San Salvador, por lo que será necesario recurrir a plantas que no están dentro del Área Metropolitana, para complementar nuestro estudio.

1.4.2 LIMITACIONES

- Limitaciones económicas por parte del grupo, para realizar análisis propios de las aguas residuales domésticas, provenientes de las plantas de tratamiento en estudio.
- El trabajo se basará en resultados del laboratorio de ANDA, laboratorios de instituciones privadas y datos proporcionados por las empresas encargadas del funcionamiento de las plantas de tratamiento, ya que, no se harán muestras propias para evaluar eficiencias.
- Las plantas de tratamiento que no cuenten con datos de monitoreo consistentes, serán descartadas en nuestro estudio.
- No contar con estudios de caracterización de las aguas residuales domésticas por las instituciones del Gobierno.

1.5 JUSTIFICACIONES

En nuestro país las urbanizaciones construidas hasta la década de los años 60's en el Área Metropolitana de San Salvador, vertían directamente a los cuerpos receptores las aguas

residuales domésticas. Por esto a principios de la década de los años 70's comenzaron a construirse las primeras plantas de tratamiento³.

Sin embargo, en nuestro país la mayor parte de las aguas residuales han sido y siguen siendo vertidas directamente a los cuerpos de agua, lo que ha provocado en estas un alto grado de contaminación, ya que debido a las grandes cantidades de agua residual esta no puede diluirse en los cuerpos receptores.

Debido a los problemas generados por las aguas residuales nuestras autoridades han aprobado un reglamento sobre La Calidad del Agua, El Control de Vertidos y Las Zonas de Protección, en el año de 1987, fecha a partir de la cual, paso a constituir un requisito indispensable para la construcción de urbanizaciones, la implementación, de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. Todo esto con el propósito de que las aguas residuales reciban un tratamiento adecuado, como medida de mitigación y evitar impactos nocivos a los cuerpos receptores.

A pesar de la existencia de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el Área Metropolitana de San Salvador, éstas no sobrepasan las 40, la operación y mantenimiento de éstas es un grave problema, debido a que no se le da la importancia adecuada, y por la falta de protagonismo de las entidades encargadas ANDA (Administración Nacional de Acueductos y

³ FUENTE: Departamento de Saneamiento, ANDA.

Alcantarillados), Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

En la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador se han realizado trabajos, sobre el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, los cuales se encuentran dispersos. Por tales motivos se propone realizar un documento que sistematice toda esta información y a su vez realizar una investigación a fondo para establecer un diagnóstico del funcionamiento actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas del Área Metropolitana de San Salvador, con el fin de concientizar a las entidades encargadas de afrontar este problema de urgente necesidad y de oficializar las normas de tratamiento y descargas de aguas residuales a un cuerpo receptor y el correspondiente mantenimiento y adecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes.

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN TEÓRICA DE LOS DISTINTOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

2.1 GENERALIDADES SOBRE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

2.1.1 GENERALIDADES. DEFINICIÓN. ORIGEN

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado (Mara 1976).

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Mendonça 1987).

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

- **Domésticas:** son aquellas aguas utilizadas con fines higiénicos (sanitarios, cocinas, lavanderías, etc.) Consisten básicamente en residuos descargados por los humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de las descargas de las instalaciones

hidráulicas de la edificación y también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

- **Industriales:** son residuos líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- **Infiltración y caudal adicionales:** las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, pozos de inspección y limpieza, cajas de paso, estructuras de los pozos de registro, estaciones de bombeo, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas lluvias.
- **Pluviales:** son aguas de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de estas aguas es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL

A continuación se describen brevemente los constituyentes físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, los contaminantes importantes de cara al tratamiento de las aguas, los métodos de análisis, y las unidades que se emplean para caracterizar la presencia de cada uno de los contaminantes en el agua residual.

2.1.2.1 Constituyentes de las aguas residuales

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. La Tabla 2 muestra las principales propiedades físicas del agua residual así como sus principales constituyentes químicos y biológicos, y su procedencia. Es conveniente observar que muchos de los parámetros que aparecen en la tabla están relacionados entre ellos. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua residual.

TABLA 2. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y sus procedencias

Características	Procedencia
Propiedades físicas:	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
Temperatura	Aguas residuales domésticas industriales
Turbiedad	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Constituyentes químicos:	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Pesticidas	Residuos agrícolas
Fenoles	Vertidos industriales
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Otros	Degradación natural de materia orgánica
Inorgánicos:	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
Metales pesados	Vertidos industriales
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales

Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
Azufre	Agua de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
Gases:	
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
Metano	Descomposición de residuos domésticos
Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial
Constituyentes biológicos:	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento
Protistas:	
Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
Virus	Aguas residuales domésticas

Fuente: Metcalf & Eddy, Tomo 1, 1997.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

Sólidos totales

Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia residual que se obtiene después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C (Fig. 1). No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta

presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minutos (Fig. 2).

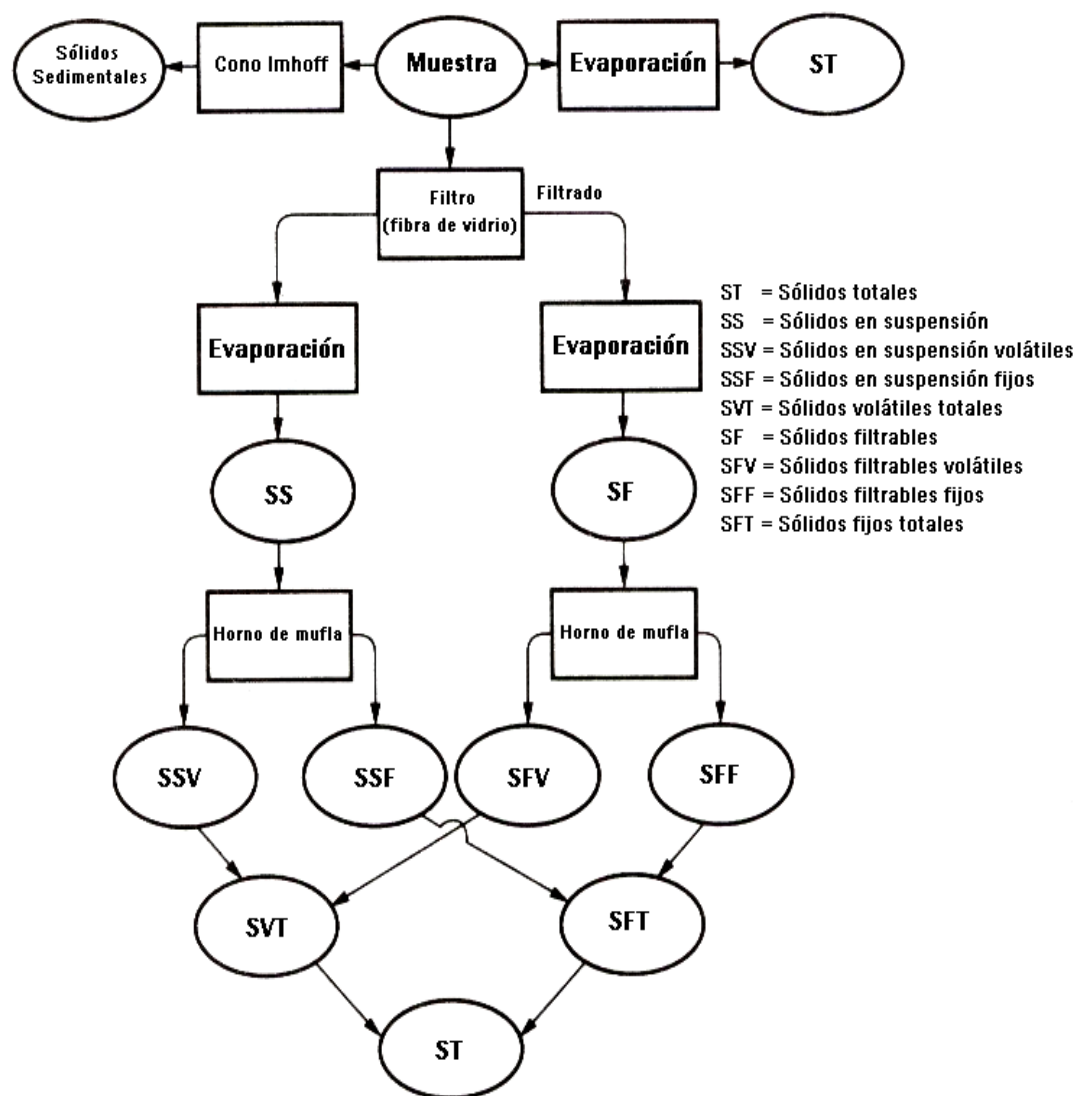


FIGURA 1.

Interrelación entre los sólidos presentes en el agua y en el agua residual. En gran parte de la literatura referente a la calidad del agua. Los sólidos que pasan a través de un filtro reciben el nombre de sólidos disueltos.

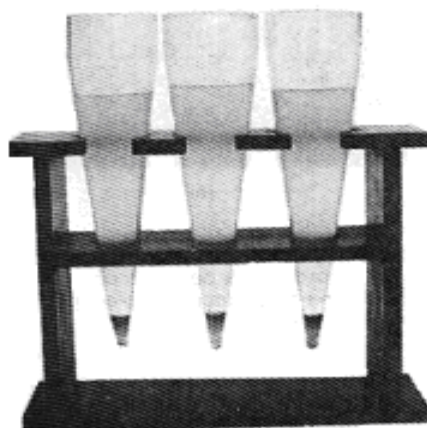


FIGURA 2.

Cono Imhoff empleado para la determinación de los sólidos sedimentables presentes en el agua residual. La cantidad de sólidos acumulados en la parte inferior del cono se expresa en ml/l.

Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de ml/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. Los sólidos totales, o residuo de la evaporación, pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. Para este proceso de separación suele emplearse un filtro de fibra de vidrio (Whatman GF/C), con un tamaño nominal de poro de 1.2 micrómetros, aunque también suele emplearse filtro de membrana de policarbonato. Es conveniente destacar que los resultados que se obtienen empleando ambos tipos de filtro pueden presentar algunas diferencias, achacables a la diferente estructura de los filtros.

La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal está compuesta por las partículas de materia de tamaños entre 0.001 y 1

micrómetro. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua. No es posible eliminar la fracción coloidal por sedimentación. Normalmente, para eliminar la fracción coloidal es necesaria la oxidación biológica o la coagulación complementadas con la sedimentación.

Cada una de las categorías de sólidos comentadas hasta ahora puede ser, a su vez, dividida en función de su volatilidad a 550 ± 50 °C. A esta temperatura, la fracción orgánica se oxidará y desaparecerá en forma de gas, quedando la fracción inorgánica en forma de cenizas. De ahí que se empleen los términos «Sólidos volátiles» y «Sólidos fijos» para hacer referencia, respectivamente, a los componentes orgánicos e inorgánicos (o minerales) de los sólidos en suspensión. A la temperatura de 500 ± 50 °C, la descomposición de sales inorgánicas se limita al caso del carbonato de magnesio, que se descompone en óxido de magnesio y dióxido de carbono al alcanzar la temperatura de 350 °C. De las sales inorgánicas, la más frecuente y preponderante es el carbonato de calcio, que se mantiene estable hasta una temperatura de 825 °C. El análisis de sólidos volátiles se emplea habitualmente para determinar la estabilidad biológica de fangos de aguas residuales.

Olor

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más

característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. En los últimos años, con el fin de mejorar la opinión pública respecto a la implementación de los sistemas de tratamiento, el control y la limitación de los olores han pasado a ser factores de gran importancia en el diseño y proyecto de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales.

Caracterización de olores

Para la completa caracterización de un olor, se sugieren cuatro factores independientes: la intensidad, el carácter, la sensación de desagrado y la detectabilidad (véase Tabla 3). No obstante, hasta hoy en día, el único factor que se ha tenido en cuenta en el desarrollo de normativas reguladoras de malos olores ha sido la detectabilidad.

TABLA 3. Factores a tener en cuenta para la caracterización completa de un olor

Factor	Descripción
Carácter	Se refiere a asociaciones mentales hechas por sujeto al percibir el olor. La determinación puede resultar muy subjetiva.
Detectabilidad	El número de diluciones requerido para reducir un olor a su concentración de olor umbral mínimo detectable (CUOMD).
Sensación	La sensación de agrado o desagrado relativo del olor sentido por un sujeto.
Intensidad	La fuerza en la percepción de olor; se suele medir con el olfatómetro de butanol o se calcula según el número de diluciones hasta el umbral de detección cuando la relación es conocida

Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y solo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano. En función de la situación geográfica, la temperatura media anual del agua residual varía entre 10 y 21 °C, pudiéndose tomar 15.6 °C como valor representativo.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles. Por ejemplo, el aumento de la

temperatura del agua puede provocar cambios en las especies piscícolas. También es importante para industrias que emplean el agua para refrigeración, por ejemplo, donde es fundamental la temperatura de captación del agua.

Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un incremento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de 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 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 la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50 °C. A temperaturas de alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5 °C. Si se alcanzan temperaturas del orden de 2 °C, incluso las bacterias quimioheterótrofas, que actúan sobre la materia carbonosa dejan de actuar.

Color

El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Llegado este punto, suele clasificarse el agua residual como séptica. Algunas aguas residuales industriales pueden añadir color a las aguas residuales domésticas. En la mayoría de los casos, el color gris, gris oscuro o negro del agua residual es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

Este parámetro determina la coloración que toma el agua debido a la presencia de material colorido en estado coloidal y en suspensión. El color puede ser de dos tipos: el aparente y el verdadero.

El color aparente es la pigmentación debida a la presencia de sólidos suspendidos en un abastecimiento de agua y el color verdadero es una pigmentación debida a la presencia de partículas o gotas finamente divididas en dispersión o en solución en un abastecimiento de agua (García, 2000).

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos.

Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz, impidiendo su transmisión. Aun así, no es posible afirmar que exista una relación entre la turbiedad y concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada. No obstante, si están razonablemente ligados la turbiedad y los sólidos en suspensión en el caso de efluentes procedentes de la decantación secundaria en el proceso de fangos activados.

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición.

Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales, son relativamente "buenos conductores", de una corriente eléctrica. Inversamente, las soluciones acuosas de solutos

orgánicos, que no se disocian en medio acuosos, poseen conductividades eléctricas muy bajas o nulas.

Un equipo para la medición de la conductividad eléctrica en muestras de agua, es un equipo que consta de un sensor o par de placas metálicas y de una parte electrónica desde donde se envía una señal eléctrica hacia las placas, durante cada medición. Atado a este sistema, se halla una termocupla que registra la temperatura a la cual se realizan las mediciones. El equipo cuenta además con un traductor y corrector electrónico de la señal, que referencia las diferencias de potencial leídas, a una temperatura determinada y que las traduce a valores aproximados del contenido en sólidos disueltos.

Los conductímetros miden la resistencia de un sistema acuoso, al paso de una corriente eléctrica y convierten estos valores en unidades inversas de "Conductividad Eléctrica". Como la resistencia de un cuerpo es inversamente proporcional a su sección transversal y directamente proporcional a su longitud, se ha adoptado como unidad de comparación, la "Resistencia Específica", (la resistencia de un cubo de 1 cm de lado), o su recíproco, la "Conductancia Específica".

En el sistema internacional de unidades, la unidad de conductividad eléctrica, en trabajos de aguas, es el microsiemens por centímetro, $\mu\text{S}/\text{cm}$. Un $\mu\text{S}/\text{cm} = 10.000 \text{ Ohm} \times \text{m}$. Otra unidad frecuente, especialmente en aguas salobres, es el mS/m . Un $\text{mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm} = 1.000 \text{ Ohm} \times \text{m}$.

La conductividad del agua recientemente destilada varia entre 0,5 y 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero se incrementa con el almacenamiento hasta aproximadamente 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debido principalmente a la absorción de CO_2 . La conductividad de las aguas para consumo humano suelen variar desde 50 hasta 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en tanto que la conductividad de las aguas residuales domésticas, excede en promedio por lo menos dos veces al agua de consumo.

El contenido en sales disueltas de una muestra de agua, en mg/l , generalmente se halla comprendido entre el 60-70% del valor de su conductividad eléctrica, en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para propósitos de cálculos puede asumirse que el contenido de sólidos disueltos en las aguas naturales, es aproximadamente el 65% de su conductividad eléctrica medida en micro Siemens por centímetro, $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.1.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El estudio de las características químicas de las aguas residuales se aborda en los siguientes cuatro apartados: (1) la materia orgánica, (2) la medición del contenido orgánico. (3) la materia inorgánica, y (4) los gases presentes en el agua residual. El hecho de que la medición del contenido en materia orgánica se realice por separado viene justificado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

Materia orgánica

Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60 por 100), hidratos de carbono (25-50 por 100), y grasas y aceites (10 por 100). Cerca del 75 por 100 de los sólidos en suspensión y del 40 por 100 de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes. Junto con las proteínas, los hidratos de carbono, las grasas y los aceites y la urea, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja.

Proteínas

Las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. La existencia de grandes cantidades de proteínas en un agua residual puede ser origen de olores fuertemente desagradables debido a los procesos de descomposición.

Hidratos de carbono

Ampliamente distribuidos por la naturaleza, los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual.

Desde el punto de vista del volumen y la resistencia a la descomposición, la celulosa es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es más importante.

Grasas, grasas animales y aceites

Las grasas animales y los aceites son el tercer componente en importancia de los alimentos. El término grasa, de uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales.

Agentes tensoactivos

Los agentes tensoactivos están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, y que son responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de cuerpos de agua receptores de los vertidos de agua residual. Tienden a concentrarse en la interfase aire-agua. Durante el proceso de aireación del agua residual se concentran en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable.

Contaminantes prioritarios

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha establecido limitaciones para el vertido de los 129, aproximadamente, contaminantes prioritarios identificados, agrupados en 65 clases. La elección de qué contaminantes deben ser considerados como prioritarios se ha hecho en función de su relación o potencial relación con procesos carcinógenos, mutaciones, teratomas⁴ o su alta toxicidad. Muchos de los contaminantes prioritarios de origen orgánico corresponden a compuestos orgánicos volátiles (COV).

Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Se consideran normalmente como compuestos orgánicos volátiles aquellos compuestos orgánicos que tienen su punto de ebullición por debajo de los 100 °C, y/o una presión de vapor mayor que 1 mm Hg a 25 °C. El cloruro de vinilo, con un punto de ebullición - 13.9 °C y una presión de vapor de 2.548 mm Hg a 20°C, es un ejemplo de compuesto orgánico extremadamente volátil. Los compuestos orgánicos volátiles son de gran importancia por una serie de razones: (1) una vez dichos compuestos se hallan en estado gaseoso, su movilidad es mucho mayor, con lo que aumenta la posibilidad de su liberación al medio ambiente; (2) la presencia de algunos de estos compuestos en la atmósfera puede conllevar riesgos para la salud pública; y (3) contribuyen al aumento de hidrocarburos reactivos en la atmósfera, lo cual puede conducir a la formación de oxidantes fotoquímicos.

⁴ TERATOMAS: Tumor constituido por diversos tipos de tejido, ninguno de los cuales suele aparecer normalmente junto a los otros.

Pesticidas y productos químicos de uso agrícola

Los compuestos orgánicos que se hallan a nivel de traza, tales como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola, son tóxicos para la mayor parte de las formas de vida y, por lo tanto, pueden constituir peligrosos contaminantes de las aguas superficiales. Estos productos no son constituyentes comunes de las aguas residuales, sino que suelen incorporarse a las mismas, fundamentalmente, como consecuencia de la escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Las concentraciones de estos productos químicos pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de la carne del pescado (con lo que reduce su valor nutritivo), y el empeoramiento de la calidad del agua suministrada. Muchos de estos compuestos químicos están catalogados como contaminantes prioritarios.

Medida del contenido orgánico

A lo largo de los años, se han ido desarrollando diferentes ensayos para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales. En general, los diferentes métodos pueden clasificarse en dos grupos, los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores de 1 mg/l, y los empleados para determinar las concentraciones a nivel de traza, para concentraciones en el intervalo de los 0.001 mg/l a 1 mg/l. El primer grupo incluye los siguientes ensayos de laboratorio: (1) demanda bioquímica de oxígeno (DBO), (2) demanda química de oxígeno (DQO), y (3) carbono orgánico total (COT). Como complemento a estos

ensayos de laboratorio se emplea demanda teórica de oxígeno (DTeO), parámetro que se determina a partir de la fórmula química de la materia orgánica.

En el segundo grupo de ensayos, los empleados para determinar concentraciones a nivel de traza, por debajo de 1 mg/l, se emplean métodos instrumentales que incluyen la cromatografía de gases y la espectroscopia de masa.

La determinación de las concentraciones de pesticidas suele llevarse a cabo mediante el método de extracción con carbono-cloroformo, que consiste en la separación de los contaminantes del agua haciendo pasar una muestra de agua por una columna de carbón activado, para luego separar los contaminantes del carbono empleando cloroformo. A continuación, se hace evaporar el cloroformo, con lo cual se puede pesar los contaminantes. Es posible determinar con precisión concentraciones de pesticidas y herbicidas del orden de una parte por billón (ppb) o inferiores empleando determinados métodos tales como la cromatografía de gases y de captura electrónica, o mediante detectores colorimétricos.

Demanda bioquímica de oxígeno

El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días (DBO₅)⁵. La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

⁵ 65% y 70% del total de la materia orgánica oxidable

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para: (1) determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; (2) dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; (3) medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento, y (4) controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

Demanda bioquímica carbonosa de oxígeno (DBOC)

Es posible evitar las interferencias debidas a la presencia de bacterias nitrificantes mediante el pretratamiento de las muestras o el uso de inhibidores. Los resultados obtenidos en ensayos de DBO en los que se ha suprimido la nitrificación se conocen como DBOC (demanda bioquímica de oxígeno carbonosa). Actualmente, para los permisos de vertido, se está reemplazando la DBO por la DBOC, especialmente en aquellos casos en los que se sabe que se produce nitrificación.

Demanda química de oxígeno (DQO)

El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse.

El ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales tanto industriales como municipales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO. Ello puede resultar de gran utilidad dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de 3 horas, frente a los 5 días necesarios para determinar la DBO. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

Carbono orgánico total (COT)

Otro método para medir la materia orgánica presente en el agua es el método COT, especialmente indicado para pequeñas concentraciones de materia orgánica.

Demanda teórica de oxígeno (DTeO)

La materia orgánica normalmente, de origen animal o vegetal presente en las aguas residuales, proviene de combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Los principales grupos de compuestos de este tipo presentes en las aguas residuales son, como ya

se ha comentado, los hidratos de carbono, las proteínas, los aceites y las grasas, y los productos de la descomposición de los mismos.

Materia inorgánica

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Puesto que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua. Conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos, especialmente aquellos que han sido incorporados al agua superficial durante su ciclo de uso.

Potencial de Hidrógeno (pH). La concentración del ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. Para que las bacterias sobrevivan, el Potencial de Hidrógeno debe estar en un valor neutro, no debe ser ni alcalino ni ácido; los valores de pH adecuados son entre 6 y 8, valores entre 0 y 6 comprenden aguas residuales ácidas y valores entre 8 y 14 comprenden aguas residuales alcalinas en cuyos intervalos las bacterias no sobreviven. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la

concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con un potenciómetro. Para el mismo procedimiento de medición también se emplean soluciones indicadoras y papeles de pH que cambian de color a determinados valores del pH. El color de la solución o del papel se compara entonces con el color de series normalizadas.

Cloruros. La concentración de cloruros es otro parámetro de calidad importante, Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua.

Puesto que los métodos convencionales de tratamiento de las aguas no contemplan la eliminación de cloruros en cantidades significativas, concentraciones de cloruros superiores a las normales pueden constituir indicadores de que la masa de agua receptora está siendo utilizada para el vertido de aguas residuales. La infiltración de agua subterránea en las alcantarillas contiguas a aguas saladas constituye también una potencial fuente de cloruros y sulfatos.

Alcalinidad. La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda a regular los cambios del pH producido por la

adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina⁶, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos.

Nitrógeno. Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. El contenido total en nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato.

Fósforo. El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales. Como ejemplo podemos citar el caso de las aguas residuales municipales, cuyo contenido en fósforo como P puede variar entre 4 y 15 mg/l.

Compuestos tóxicos inorgánicos

Algunos cationes son de gran importancia de cara al tratamiento y evacuación de aguas residuales. Muchos de dichos compuestos están clasificados como contaminantes prioritarios. El cobre, el plomo, la plata, el cromo, el arsénico y el boro son tóxicos en mayor o menor grado para los microorganismos, razón por la cual deben ser considerados en el proyecto de plantas de tratamiento biológico. El funcionamiento de muchas de ellas se ha visto alterado por la presencia

⁶ Metcalf & Eddy. "Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización" Tomo 1 y 2 Tercera Edición

de estos iones, hasta el extremo de provocar la muerte de los microorganismos, obligando a detener el tratamiento.

Metales pesados

Son constituyentes importantes de muchas aguas, también se encuentran cantidades, a nivel de traza, de muchos metales. Entre ellos podemos destacar el níquel (Ni), el manganeso (Mn), el plomo (Pb), el cromo (Cr), el cadmio (Cd), el cinc (Zn), el cobre (Cu), el hierro (Fe) y el mercurio (Hg). Muchos de estos metales también están catalogados como contaminantes prioritarios. Algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas, por ejemplo. Debido a su toxicidad, la presencia de cualquiera de ellos en cantidades excesivas interferirá con gran número de los usos del agua. Es por ello que, a menudo, resulta conveniente medir y controlar las concentraciones de dichas sustancias.

Gases

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que puede estar presente en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: (1) solubilidad del gas; (2) presión parcial del gas en la atmósfera; (3) temperatura, y (4) pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión. etc.).

Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en las épocas estivales. El problema se agrava en los meses de verano, debido a que el caudal de los cursos de agua es generalmente menor, razón por la cual la cantidad total de oxígeno disponible es también menor. Dado que evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de cantidades suficientes de oxígeno disuelto.

2.1.5 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

El ingeniero ambiental debe tener un conocimiento exhaustivo de las características biológicas de las aguas residuales. Debe estar familiarizado con los siguientes temas: (1) principales grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas superficiales como residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos; (2) organismos patógenos presentes en las aguas residuales; (3) organismos utilizados como indicadores de

contaminación y su importancia; (4) métodos empleados para determinar los organismos indicadores, y (5) métodos empleados para determinar la toxicidad de las aguas tratadas.

Microorganismos

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias. La mayoría de los organismos pertenecen al grupo de las eubacterias. La categoría protista, dentro de los organismos eucariotas, incluye las algas, los hongos y los protozoos.

Bacterias. Las bacterias se pueden clasificar como eubacterias procariotas unicelulares. En función de su forma, las bacterias pueden clasificarse en cuatro grandes grupos: esféricas, bastón, bastón curvado y filamentosas. Las bacterias esféricas, que reciben el nombre de cocos, tienen un diámetro aproximado de entre 1 y 3 micras. Las bacterias de forma de bastón, conocidas como bacilos, tienen tamaños muy variables, entre 0.5 y 2 micras de ancho por entre 1 y 10 micras de largo. Los *Escherichia coli*, organismo común en heces humanas, miden del orden de 0.5 micras de ancho por 2 micras de largo. Las bacterias del tipo de bastón curvado tienen dimensiones que pueden variar entre 0.6 y 1.0 micras de ancho por entre 2 y 6 micras de longitud. Las bacterias con forma de espiral pueden alcanzar longitudes del orden de las 50 micras, mientras que las filamentosas pueden llegar a superar las 100 micras.

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.

Los coliformes fecales también se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.

Hongos. Los hongos son protistas eucariotas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterótrofos. Muchos de los hongos son saprófitos; basan su alimentación en materia orgánica muerta. Juntos con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera.

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.

Algas. Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. 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 ocio⁷, las algas también pueden alterar el valor de las aguas superficiales debido al crecimiento de ciertas especies de peces y formas de vida acuáticas. 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.

Protozoos. Los protozoos son microorganismos eucariotas cuya estructura está formada por una sola célula abierta. La mayoría de los protozoos son aerobios o facultativamente quimioheterótrofos anaerobios, aunque se conocen algunos anaerobios. Los protozoos de importancia para el ingeniero sanitario son las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos. Tienen una importancia capital, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de cursos de agua, ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos. Ciertos protozoos son también patógenos. En el agua de suministro es importante controlar la presencia de la giarda lamblia (responsable de la giardiasis o enfermedad de Hikers) y del cryptosporidium, como agente causante de infecciones potencialmente mortales para pacientes con síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

⁷Recreación.

Plantas y animales. Las diferentes plantas y animales que tienen importancia para el ingeniero sanitario tienen tamaños muy variados: desde los gusanos y rotíferos microscópicos hasta crustáceos macroscópicos. El conocimiento de estos organismos resulta útil a la hora de valorar el estado de lagos y corrientes, al determinar la toxicidad de las aguas residuales evacuadas al medio ambiente, y a la hora de determinar la efectividad de la vida biológica en los tratamientos secundarios empleados para destruir los residuos orgánicos.

Virus. 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. 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.

Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en las aguas residuales

son, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera.

2.1.6 USO DE ORGANISMOS INDICADORES

Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales y contaminadas en cantidades muy pequeñas que resultan difíciles de aislar e identificar. Por ello se emplea el grupo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar.

2.1.7 DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE ORGANISMOS COLIFORMES

Los ensayos más habituales empleados para la determinación de la presencia de organismos coliformes son el método de tubos de fermentación por diluciones múltiples y el método del filtro de membrana.

El procedimiento de tubos de fermentación por diluciones múltiples, para la determinación de coliformes totales y fecales, consta de tres fases: el ensayo de presunción, ensayo de confirmación, y el ensayo completo.

Prueba de tubos de fermentación por diluciones múltiples para coliformes totales

Prueba con 9 tubos inoculando 10 ml, 1 ml y 0.1 ml

Procedimiento

a) Prueba Presuntiva.

Antes de transferir la muestra al tubo de cultivo o de dilución, la botella que la contiene debe agitarse vigorosamente 25 veces con movimientos de arriba a abajo. Lo mismo debe hacerse con los tubos de dilución antes de pasar las diluciones de las muestras a los tubos de cultivo.

Procedimiento. - Inocular:

Cada uno de tres tubos que contengan caldo doble concentrado, con 10 ml de muestra.

Cada uno de tres tubos que contengan caldo a concentración normal, con 1 ml de muestra.

Cada uno de tres tubos que contengan caldo a concentración normal, con 0.1 ml de muestra.

Cuando se está efectuando un estudio bacteriológico de las áreas de cultivo, en los que se tiene que tomar muestras en repetidas ocasiones, se usan en la siembra tres tubos por cada una de las diluciones, para economizar tiempo y material.

Para eliminar resultados indeterminados puede ser necesario aumentar las diluciones. Las cantidades de muestra seleccionadas para la inoculación deben ser tales que las mayores den resultados positivos en todos o en la mayoría de los tubos y las más pequeñas den resultados negativos en todos o en la mayoría de los tubos. Para obtener estos resultados con muestras de dudosa calidad, usualmente es necesario inocular por lo menos cuatro diluciones decimales.

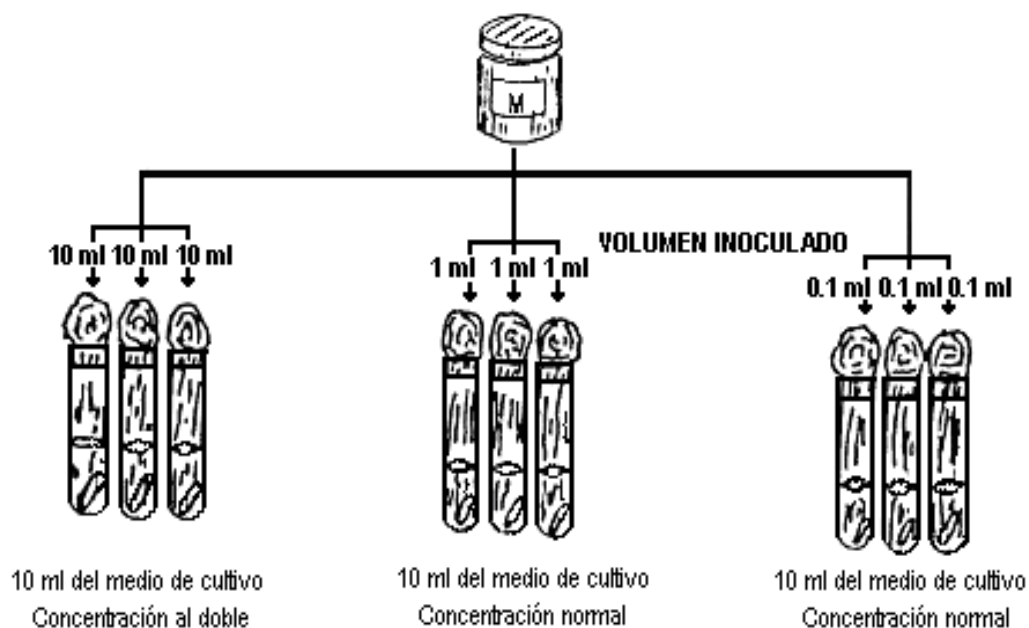
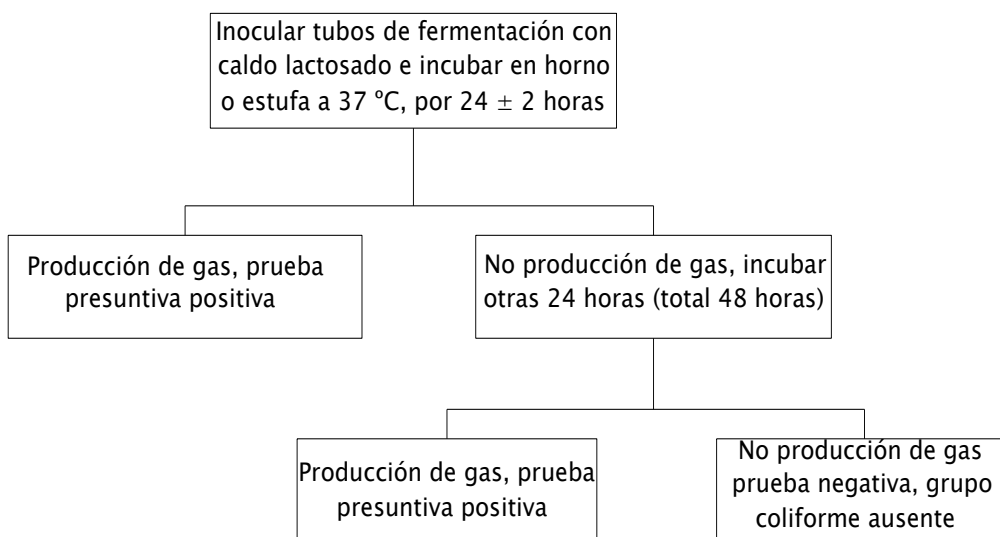


FIGURA 3. Volumen inoculado

La Fase presuntiva consiste en la inoculación de los volúmenes definidos previamente de la muestra. Después de la inoculación se procede a la incubación a 37°C durante 24 horas. Los tubos que presentan turbiedad y gas después de este tiempo, se consideran positivos. Los tubos sin crecimiento se dejan en la estufa de incubación por otras 24 horas. Después de las 48 horas se tiene el total de tubos positivos y negativos, y la combinación de ellos informa sobre el NMP de esta fase presuntiva: los tubos positivos *presuntivamente* contienen coliformes totales.

ORGANIGRAMA 1. Prueba Presuntiva para Coliformes Totales



b) Prueba Confirmativa.

Todos los tubos de fermentación de la prueba presuntiva que muestran cualquier cantidad de gas al final del período de incubación de 24 o 48 horas, deben someterse a la prueba confirmativa.

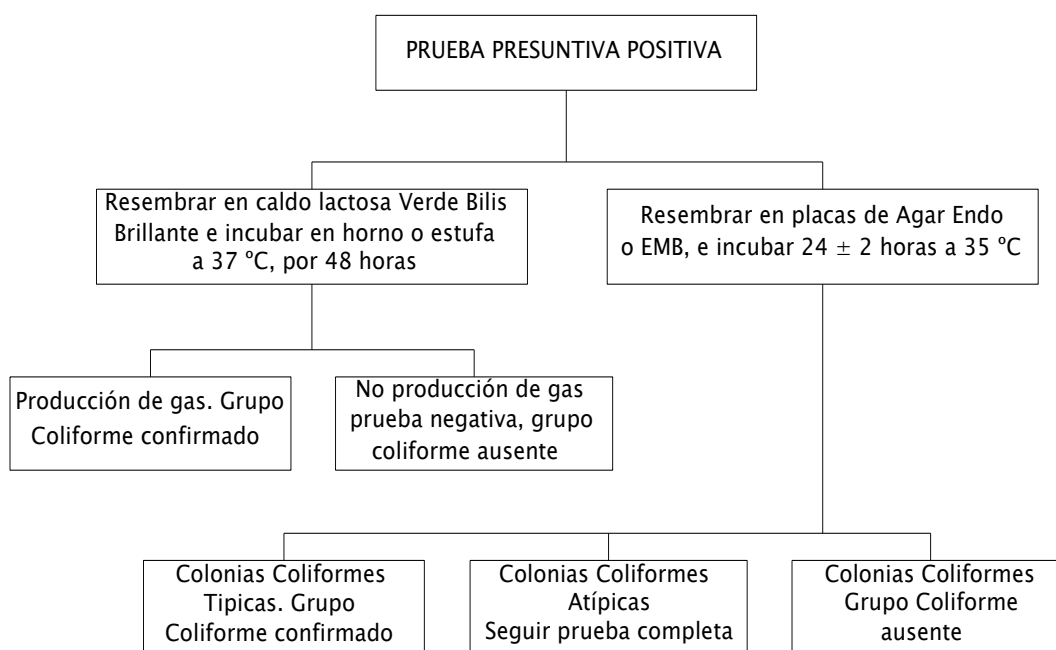
Procedimiento.- Resiembra:

Inmediatamente después de efectuada la lectura de los tubos positivos de la fase presuntiva, una o dos asas bacteriológicas de cada uno de estos tubos deben transferirse a un tubo correspondiente de verde brillante.

El conjunto de tubos inoculados se incuban a 37 °C, por 24 horas. Los tubos negativos después de las primeras 24 horas deberán incubarse por 24 horas más. Terminado ese tiempo, si

es positivo (turbidez y gas), se procede a contar el número de positivos y negativos de cada dilución y se consulta la tabla de NMP para leer el valor de los coliformes totales por 100 ml en la muestra de agua analizada.

ORGANIGRAMA 2. Prueba Presuntiva Positiva



Prueba de tubos de fermentación para coliformes fecales

El método consiste en inocular la muestra en un medio de enriquecimiento y confirmar los tubos positivos que se sembraron en el medio de caldo lactosado y resembrarlos en tubos de

fermentación con el medio E-C durante 24 ± 2 horas en un baño de agua circulante y cubierto, a una temperatura de 44.5 ± 0.2 OC.

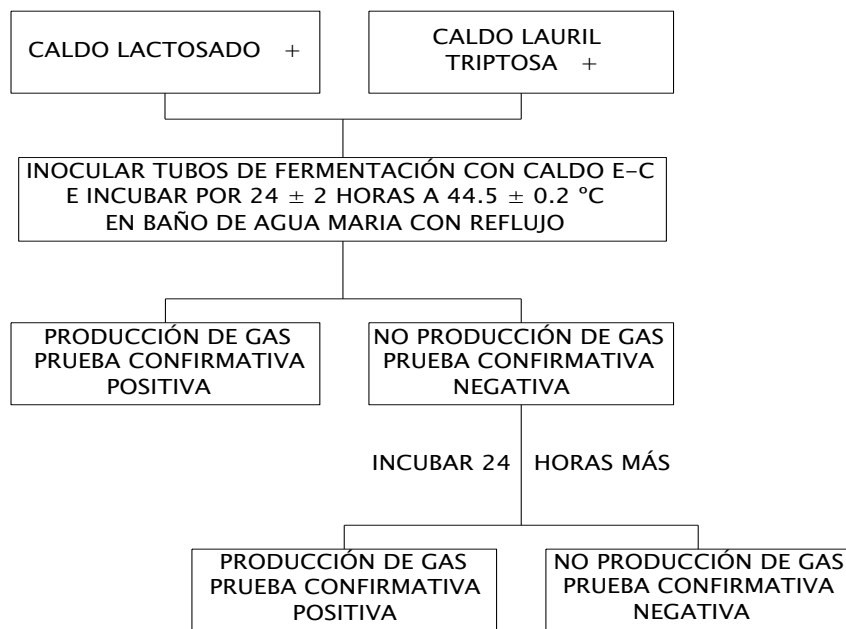
Procedimiento

a) Prueba Presuntiva: Igual que para los coliformes totales

b) Prueba Confirmativa.

Fase confirmativa para coliformes fecales o termotolerantes. Este grupo de coliformes puede determinarse de forma simultánea con los coliformes totales, a partir de la fase confirmativa en verde brillante. Para ello, se procede de la siguiente manera: a partir de los tubos positivos del caldo lactosado de la fase presuntiva, se hace la transferencia simultánea de una o de dos asas bacteriológicas a tubos con el caldo EC (para la investigación de coliformes fecales) y en verde brillante (para la investigación de coliformes totales). Los tubos inoculados con EC deben incubarse a 44.5 °C, durante 24 horas, con preferencia en baño de María, con recirculación de agua. Con este procedimiento se garantiza que todos los tubos reciban la misma temperatura.

ORGANIGRAMA 3. Prueba Confirmativa para Coliformes Fecales



c) Fase completa.

Este paso debe hacerse en 10% de los tubos positivos de las fases confirmativas. A partir de un tubo positivo, se procede a inocular un asa de material en un medio sólido (MacConkey, Eosina Azul de Metileno o agar Endo Less). Éste se incubaba a 37 °C, durante 24 horas, y las colonias que se forman deben ser típicas de coliformes: en el medio agar Endo-Less son de color rojo intenso, cubiertas de un brillo verde metálico fuerte; en el MacConkey las colonias son de bordes lisos de color rosa intenso. Colonias típicas deben reinocularse en caldo lactosado o caldo lauril triptosa, seguidas de incubación a 35-37 °C. La confirmación positiva es: turbiedad y gas.

En el agar nutriente las colonias de coliformes son incoloras. Las colonias crecidas en este medio se usan para hacer la coloración de gram, para la confirmación microscópica de la

morfología y de composición química de su pared celular: bastoncillos gramnegativos (de color rosa), de aproximadamente 1 a 2 μm de largo x 0.5 μm de ancho. De las colonias aisladas se pueden hacer las pruebas bioquímicas para identificar los géneros y las especies.

En la tabla 4 se presentan los valores del Número Más Probable (NMP) por 100 ml de muestra inoculando 3 tubos con cada uno de los volúmenes de muestra de 10, 1 y 0.1

TABLA 4. Número Más Probable (NMP) por 100 ml de muestra inoculando 3 tubos con cada uno de los volúmenes de muestra de 10, 1 y 0.1

Número de Tubos Positivos en diluciones			NMP por 100 ml	Número de Tubos Positivos en diluciones			NMP por 100 ml
10 ml	1 ml	0.1 ml		10 ml	1 ml	0.1 ml	
0	0	0	< 3.0	2	0	0	9.1
0	0	1	3.0	2	0	1	14.0
0	0	2	6.0	2	0	2	20.0
0	0	3	9.0	2	0	3	26.0
0	1	0	3.0	2	1	0	15.0
0	1	1	6.1	2	1	1	20.0
0	1	2	9.2	2	1	2	27.0
0	1	3	12.0	2	1	3	34.0
0	2	0	6.2	2	2	0	21.0
0	2	1	9.3	2	2	1	28.0
0	2	2	12.0	2	2	2	35.0
0	2	3	16.0	2	2	3	42.0
0	3	0	9.4	2	3	0	29.0
0	3	1	13.0	2	3	1	36.0
0	3	2	16.0	2	3	2	44.0
0	3	3	19.0	2	3	3	53.0
1	0	0	3.6	3	0	0	23.0
1	0	1	7.2	3	0	1	39.0
1	0	2	11.0	3	0	2	64.0
1	0	3	15.0	3	0	3	95.0
1	1	0	7.3	3	1	0	43.0
1	1	1	11.0	3	1	1	75.0
1	1	2	15.0	3	1	2	120.0
1	1	3	19.0	3	1	3	160.0
1	2	0	11.0	3	2	0	93.0
1	2	1	15.0	3	2	1	150.0
1	2	2	20.0	3	2	2	210.0
1	2	3	24.0	3	2	3	290.0
1	3	0	16.0	3	3	0	240.0
1	3	1	20.0	3	3	1	460.0
1	3	2	24.0	3	3	2	1100.0
1	3	3	299.0	3	3	3	≥ 2400.0

Método del filtro de membrana.

El método del filtro de membrana puede, igualmente, utilizarse para la determinación del número de organismos coliformes presentes en el agua. La determinación se lleva a cabo haciendo pasar un volumen conocido de la muestra de agua a través de un filtro de membrana con poros de tamaño muy pequeño; Debido a que el tamaño de las bacterias es mayor que el de los poros, éstas quedan retenidas en el filtro.

En este momento se ponen en contacto con un agar que contiene los elementos nutritivos necesarios para su crecimiento. Después de un proceso de incubación, las colonias de coliformes son suficientemente grandes como para poder ser contadas para posteriormente determinar la concentración de las mismas en la muestra original. La técnica del filtro de membrana presenta la ventaja de ser más rápida que el método del NMP, además de proporcionar un recuento directo.

2.1.8 ENSAYOS DE TOXICIDAD

Los ensayos de toxicidad han sido empleados para diversos fines, que incluyen: (1) constatación de la aptitud de las condiciones ambientales para el desarrollo de las determinadas formas de vida acuática; (2) establecimiento de concentraciones aceptables de los diferentes parámetros convencionales en las aguas receptoras (oxígeno disuelto, turbiedad, pH, temperatura); (3) estudio de la influencia de los parámetros de calidad del agua sobre la toxicidad

de la misma; (4) constatación de la toxicidad de las aguas residuales para múltiples variedades de especies de peces marinos y de agua dulce; (5) establecimiento de la sensibilidad relativa de un conjunto de organismos acuáticos determinado a los efluentes y los contaminantes habituales; (6) determinación del nivel de tratamiento de las aguas residuales necesario para alcanzar los límites establecidos por la legislación relativa al control de la contaminación de aguas; (7) determinación de la efectividad de los procesos de tratamiento de aguas residuales; (8) establecimiento de los límites autorizados de descargas de efluentes, y (9) determinación del cumplimiento de la legislación relativa a la conservación de la calidad del agua. Estos ensayos proporcionan resultados útiles para la protección de la salud pública y de la vida acuática frente al impacto causado por la descarga de contaminantes a las aguas superficiales.

Durante las últimas décadas, las medidas de control de la contaminación se circunscribían, principalmente, a los contaminantes convencionales identificados como causantes de la degradación de la calidad del agua (materiales responsables de la demanda de oxígeno, sólidos en suspensión, etc.). Recientemente, se ha prestado mayor atención al control de las sustancias tóxicas, especialmente a aquellas presentes en los vertidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los primeros procedimientos empleados para la detección y control de los vertidos tóxicos estaban basados en criterios químico-específicos. Esta forma de enfocar el problema está sujeta a muchas limitaciones, entre las que cabe destacar la imposibilidad de identificar fenómenos de sinergismo o la biodisponibilidad de la toxina. El estudio de los efluentes como unidades globales para abordar el problema del control de la toxicidad involucra el uso de ensayos de toxicidad para la medición de la toxicidad de las descargas de

aguas residuales tratadas. El ensayo del efluente global se emplea para determinar el aumento en la toxicidad de las aguas receptoras producido por el vertido del efluente no alterado. El único parámetro que se mide es la toxicidad. Debido a que no es económicamente factible determinar la toxicidad específica de cada una de las miles de sustancias potencialmente tóxicas que aparecen en efluentes complejos, el ensayo del efluente global en el que intervienen organismos acuáticos es un modo directo y económicamente rentable de determinar la toxicidad del efluente.

2.1.9 ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Los estudios de caracterización del agua residual están encaminados a determinar; (1) las características físicas, químicas y biológicas del agua y las concentraciones de los constituyentes del agua residual, y (2) los medios óptimos para reducir las concentraciones de contaminantes.

Muestreo

Las técnicas de muestreo utilizadas en un estudio del agua residual deben asegurar la obtención de muestras representativas, ya que los datos que se deriven de los análisis de dichas muestras serán, en definitiva, la base para el proyecto de las instalaciones de tratamiento. No existen procedimientos universales de muestreo; las campañas de muestreo deben diseñarse específicamente para cada situación. En el caso de las aguas que se quieren muestrear presenten considerables variaciones en su composición, será preciso emplear procedimientos

especiales. Por lo tanto, es necesario seleccionar adecuadamente los puntos de muestreo, y determinar el tipo y frecuencia de muestra a tomar.

Tipos de muestras

Existen dos tipos de muestras que pueden ser recolectadas, dependiendo del tiempo disponible, de los análisis que habrán de realizarse, y del propósito de los análisis y uso de los resultados:

Muestra simple: A este tipo de muestra también se le conoce como muestra instantánea. Consiste en tomar una porción de aguas residuales de una sola vez. Este tipo de muestra se considera representativa del sitio y tiempo de muestreo. Cuando una fuente se conoce que varía con el tiempo, la muestra simple colectada a intervalos apropiados y analizados separadamente puede documentar la extensión, frecuencia y duración de estas variaciones.

Muestra compuesta: Esta muestra se forma al mezclar varias muestras simples, tomadas a intervalos de periodos definidos, en volúmenes iguales, proporcionales al gasto, y en el mismo sitio. Este tipo de muestras indican las características de las aguas durante cierto período de tiempo. Las muestras compuestas se utilizan para determinar las características de las aguas que se van a tratar y la eficiencia de las unidades de tratamiento.

En la siguiente tabla se detallan algunos parámetros requeridos para la toma de muestras de aguas residuales domésticas tomadas de la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor según CONACYT.

TABLA 5. Requerimiento para toma de muestras, Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua según la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor propuesta por CONACYT.

Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo máximo de almacenamiento	Vol. mínimo de muestra ml
Aceites y grasas	Vidrio	5 mL (1+1) H ₂ SO ₄ /L muestra Enfriar a 4 °C	24 horas	1 000
Color	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	500
DBO	Polietileno	Enfriar 4 °C	4 horas	1 000
DQO	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Hierro	Polietileno	2 mL. conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
pH	Polietileno	Ninguno	Preferible tomar de inmediato	200
Turbiedad	Polietileno	Analizar el mismo día	24 horas/48 horas	
Temperatura	Polietileno	Analizar inmediatamente	24 horas/48 horas	

Estaciones de muestreo

El estudio de los planos de la red de alcantarillado permitirá el conocimiento de las alcantarillas y la situación de los pozos de registro, y constituirá una gran ayuda a la hora de determinar la ubicación de las estaciones de muestreo. Estas deberán estar situadas en puntos en los que las características del flujo sean tales que favorezcan al máximo las condiciones de mezcla de las aguas. La velocidad de flujo en el punto de toma deberá ser siempre lo suficientemente alta como para asegurar que no se depositen los sólidos. En el momento de recoger la muestra, es conveniente asegurar la no formación de excesivas turbulencias que pudieran liberar gases disueltos, lo cual conduciría a la toma de una muestra no representativa.

Intervalos de muestreo. El grado de variación del caudal condiciona el intervalo de tiempo del muestreo; Debe ser un tiempo lo suficientemente corto como para que la representatividad de las muestras sea la máxima.

Aun en los casos en los que la variación de los caudales sea muy pequeña, la concentración de los constituyentes puede presentar grandes variaciones. Un muestreo frecuente (intervalos uniformes de 10-15 minutos) permite la estimación de la concentración media durante el periodo de muestreo.

Equipo de muestreo En los casos en los que se prevé llevar a cabo un muestreo continuo o automático, es importante seleccionar cuidadosamente el equipo de muestreo. Figura 4 se ilustra un dispositivo automático de muestreo.



FIGURA 4. Dispositivo toma muestras típico empleado en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Conservación de la muestra

Una campaña de muestreo llevada a cabo de manera minuciosa puede carecer de todo valor si no se conservan las condiciones físicas, químicas y biológicas de las muestras durante los períodos de tiempo entre la toma de las muestras y su análisis. A pesar de todo esto, no ha sido posible formular un conjunto de reglas ni elaborar un procedimiento universal aplicable a todos los tipos de muestras. La mejor manera de eliminar los errores debidos al deterioro de las muestras es, indudablemente, realizar los análisis con la mayor prontitud posible. Cuando las condiciones analíticas y de muestreo obligan al transcurso de cierto tiempo entre ambas etapas, como en los casos en los que se toman muestras compuestas de 24 horas, es necesario tomar ciertas precauciones para prevenir la degradación de la muestra. Deben emplearse los métodos usuales de preservación de muestras para el análisis de aquellas propiedades que puedan verse afectadas por el deterioro de la muestra. A la hora de aportar los resultados de los análisis, deben especificarse los posibles errores debidos al deterioro de la muestra.

Importancia de la caracterización de las aguas residuales

En general, los constituyentes citados en la Tabla 6, son aquellos cuyo análisis se suele hacer de forma más o menos rutinaria. En el pasado, se creía que estos constituyentes eran suficientes para caracterizar el agua residual con vistas a su tratamiento biológico, pero a medida que fueron avanzando los conocimientos de química y de la microbiología del tratamiento de las

aguas residuales, se ha puesto de manifiesto la importancia de analizar la presencia de constituyentes adicionales.

TABLA 6. Composición típica del agua residual doméstica bruta

Contaminantes	Concentración			
	Unidades	Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1,200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5 días, 20 °C (DBO ₅ , 20 °C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1,000
Nitrógeno(Total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoniacó libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (Total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales ^b	n./100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	<100	100-400	>400

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

^b Consultar la Tabla 7 para obtener los valores típicos correspondientes a otros microorganismos.

TABLA 7. Tipos y número de microorganismos típicamente presentes en las aguas residuales domésticas brutas^a

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

^a Adaptado parcialmente de FEACHEM, R. G., 1983 y MARA, D. D., 1974.

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

Estos constituyentes adicionales, que ahora se analizan, incluyen muchos de los metales necesarios para el crecimiento de microorganismos, como pueden ser el calcio, cobalto, cobre, hierro, magnesio, manganeso y cinc. Es importante determinar la presencia o ausencia de sulfuro de hidrógeno, para poder determinar si se pueden desarrollar condiciones corrosivas y si puede precipitar alguno de los metales de traza, necesarias para el crecimiento de los microorganismos. La determinación de concentración de sulfatos es necesaria para evaluar la posibilidad de utilización de tratamientos anaerobios. La presencia de organismos filamentosos en el agua residual también debería determinarse, especialmente en aquellos casos en los que se valore la posibilidad de desarrollar tratamientos biológicos. También es necesario analizar la presencia de contaminantes prioritarios para comprobar la necesidad de adoptar tratamientos especiales para minimizar la descarga de estos compuestos al medio ambiente.

2.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO

2.2.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

Las características presentadas por las aguas residuales de una comunidad, como la presencia de sólidos gruesos y partículas abrasivas, hacen necesaria la utilización de unidades de tratamiento preliminar de dispositivos de retención, remoción y/o trituración, antes del inicio del tratamiento biológico. El tratamiento preliminar constituye una de las más importantes etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales aunque casi siempre es ignorado en los proyectos. El tratamiento preliminar se compone de rejillas de barras y desarenadores; dependiendo del tipo de desecho, puede utilizarse trituradores o desintegradores para la eliminación de los sólidos gruesos, en reemplazo de las rejillas.

2.2.1.1 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO PRELIMINAR

2.2.1.1.1 Rejilla de barras

Concepto

Son dispositivos formados por barras metálicas, paralelas, del mismo espesor e igualmente espaciadas, tal como se muestra en la figura 5. Se destinan a la remoción de sólidos

gruesos en suspensión, así como de cuerpos flotantes, como estopa⁸, papel, paño, madera y plástico. Tienen como finalidad la

- ★ Protección de los dispositivos de transporte de las aguas residuales contra obstrucción, principalmente bombas, registros, tuberías, piezas especiales, etc.
- ★ Protección de los equipos de tratamiento, y del aspecto estético de los cuerpos receptores, cuando las aguas residuales se alejan por simple dilución.

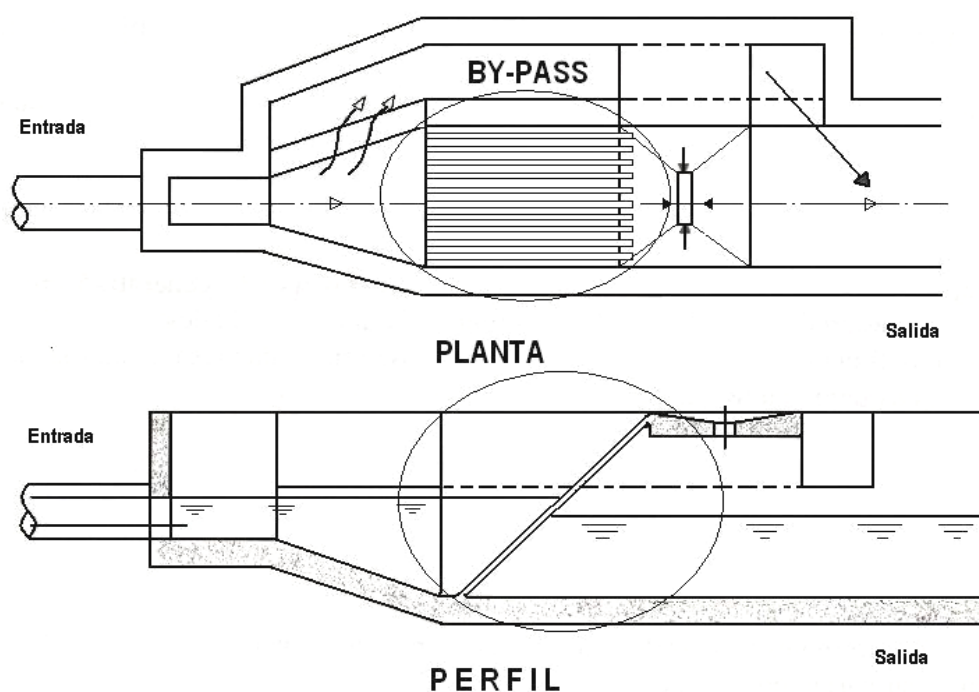


FIGURA 5. Rejilla.

Espaciamiento entre las barras

El espaciamiento útil entre las barras se escoge en función del tipo de material que se quiere retener y de los equipos a proteger. Pueden clasificarse así:

⁸ Cáscara de algunas frutas.

- ★ Rejillas gruesas: se instalan aguas arriba de las bombas de grandes dimensiones, turbinas, etc., y casi siempre preceden rejillas comunes.
- ★ Rejillas medias: con menor espacio entre las barras (por lo general 25 mm); se usan comúnmente en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- ★ Rejillas finas: se emplean cuando están bien determinadas las características de las aguas negras a tratar.

Las barras son casi siempre de sección rectangular; sus espacios se presentan en la tabla 8.

TABLA 8. Espaciamiento entre rejillas

Tipo	Espaciamiento	
	Pulgadas	Milímetros
Gruesa	Por encima de 1 ½	40 a 100
Media	¾ a 1 ½	20 a 40
Fina	3/8 a ¾	10 a 20

Fuente: adaptado de Azevedo Netto et al. (1973)

Dimensiones de las barras

Aunque existen diferentes formas de sección transversal de las barras, la más común es la rectangular, y su variación se presenta en la tabla 9.

TABLA 9. Sección transversal rectangular de las barras.

Tipo de rejilla	Sección	
	mm x mm	Pulg. x pulg.
Gruesa	10 x 50	3/8 x 2
Gruesa	10 x 60	3/8 x 2 1/2
Gruesa	13 x 40	1/2 x 1 1/2
Gruesa	13 x 50	1/2 x 2
Media	8 x 50	5/16 x 2
Media	10 x 40	3/8 x 1 1/2
Media	10 x 50	3/8 x 2
Fina	6 x 40	1/4 x 1 1/2
Fina	8 x 40	5/16 x 1 1/2
Fina	10 x 40	3/8 x 1 1/2

Fuente: adaptado de Azevedo y Hess (1970)

Tipo de rejillas

Las rejillas se clasifican de acuerdo con el modo de limpieza:

- ★ Rejillas simples, de limpieza manual.
- ★ Rejillas mecanizadas, de limpieza mecánica, automática o no.

Las rejillas simples, de limpieza manual, en general son gruesas, y presentan espacios relativamente grandes, instaladas aguas arriba de rejillas medias mecanizadas, bombas de gran capacidad, etc. Para estos casos, no se esperan grandes volúmenes de sólidos removibles, pues se destinan a la retirada de objetos de grandes dimensiones (madera, latas, animales ahogados, etc.) que pueden perjudicar aquellos equipos.

Las rejillas mecanizadas, por el medio agresivo a que son sometidas, exigen un mantenimiento cuidadoso, siendo adoptadas sólo cuando las instalaciones presentan características que justifican su empleo o cuando el caudal afluyente final sea igual o superior a 250 l/s.

Inclinación de las barras

De acuerdo con el tipo de limpieza, manual o mecanizada, las rejillas presentan una inclinación de las barras bastante definida:

- ★ Limpieza manual: 45° a 60° con la horizontal.
- ★ Limpieza mecánica: 60° a 90° con la horizontal (más usual de 75° a 85°).

Existen también ciertas instalaciones que adoptan rejillas instaladas verticalmente. Sin embargo, las rejillas inclinadas presentan mejor rendimiento, ya que la inclinación evita que el material arrastrado por el rastrillo de limpieza se desprenda con facilidad y retorne al canal de llegada.

2.2.1.1.2 Trituradores

Los trituradores se utilizan en conjunto con rejillas mecánicas, y por lo general tienen la capacidad de moler de 20 a 40 kg de material húmedo por hora y por CV (caballos de vapor). La potencia total necesaria normalmente exige motores de 25 a 50 CV. (Caballos de vapor).

Aunque se utilicen motores grandes, la presencia de ciertos detritos evidentes (piedras, ladrillos, etc.) exige la intervención de los operadores.

2.2.1.1.3 Desintegradores

Están constituidos por una pieza rotativa con aberturas horizontales (ranuras) de 6 a 10 mm y están equipados internamente con cortadores especiales y funcionan de la misma forma

que los trituradores, los desintegradores funcionan junto con las rejillas, y se sumergen. Se conocen comercialmente como Comminutors o Griductors. Realizan de manera simultánea las dos operaciones: de retención y desintegración en el propio canal, dando paso a las aguas residuales.

Para la protección de las rejillas mecánicas, se recomienda la instalación de desintegradores aguas debajo de los desarenadores.

La potencia de los motores eléctricos varía con la capacidad de los aparatos (función del caudal medio), y generalmente está comprendida entre 0.5 y 2.5 CV. La pérdida de carga está determinada por las características del equipo, variando de 0.05 a 0.25 m.

Para efectos de comparación, se presentan algunas características de los equipos:

- Ventajas de las rejillas con trituradores: equipos más fuertes, con piezas vitales fuera del agua, de fácil inspección.
- Ventajas de los desintegradores: exigen un único motor eléctrico de menor potencia. Son equipos simples y ocupan menor espacio. Sin embargo, presentan el mismo problema de aumentar la cantidad de espuma.

2.2.1.1.4 Desarenadores

Concepto

Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros residuos minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales (escombros, guijarros⁹,

⁹ Canto rodado.

partículas de metal, carbón, etc.) como se presenta en la figura 6. Esos materiales provienen del lavado, inundaciones, infiltraciones de aguas residuales de las industrias, etc.

Son canales o tanques de sedimentación diseñados para remover materia no putrescible que puede causar abrasión en canales o bombas, y ocasionar su obstrucción. La materia removida, como no es biodegradable, debe recolectarse y disponerse en un área adecuada para relleno.

Los desarenadores modernos son usualmente cámaras aireadas que funcionan con un aireador que induce a un pequeño grado de circulación del agua, con la finalidad de mantener las partículas orgánicas mas livianas suspendidas mientras las más pesadas se sedimentan.

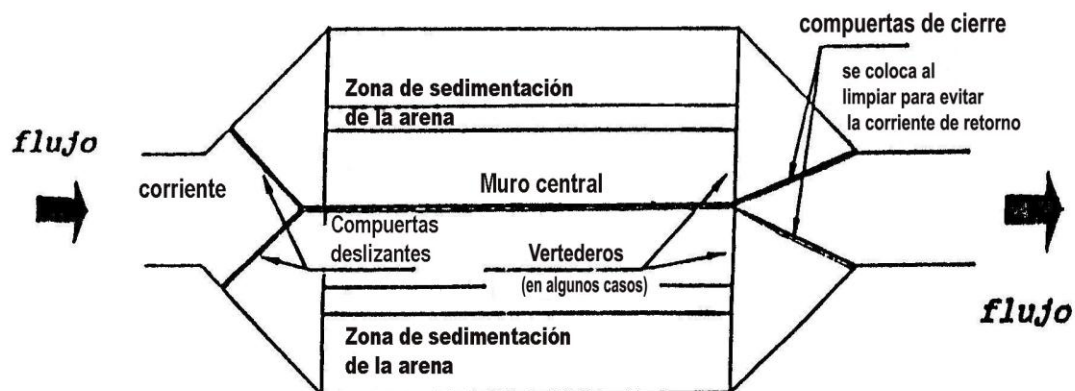


FIGURA 6. Desarenador.

Principios de funcionamiento

Corrientes líquidas en régimen crítico de turbulencia arrastran partículas sólidas suspendidas y más densas que el agua. En el régimen laminar no se verifica el transporte de los sólidos pesados suspendidos.

Una partícula suspendida se considera removida si su velocidad de sedimentación es suficiente para alcanzar el fondo del desarenador y si la velocidad horizontal del líquido es insuficiente para remover la partícula sedimentada por arrastre. La capacidad de transporte de las aguas en movimiento varía con la sexta potencia de su velocidad. La cantidad de material suspendido que un curso de agua puede transportar está siempre en función de su grado de turbulencia. La decantación de ese material se obtiene por la alteración del régimen dinámico de la corriente líquida.

En canales o tanques especiales, se reduce la velocidad de escurrimiento de las aguas a valores que permiten la deposición de las partículas suspendidas.

En las instalaciones de bombeo y plantas de tratamiento de aguas residuales es deseable la remoción de partículas de tamaño igual o superior a 0.2 mm, pero no debe eliminar sólidos orgánicos.

La tabla 10 presenta valores prácticos para la velocidad de sedimentación, en función del tamaño de las partículas, para granos de arena de peso específico igual a 2.65 g/ml, a 20 °C en aguas mansas.

TABLA 10. Velocidad de sedimentación, en función del diámetro de las partículas.

Tamaño de las partículas (mm)	Fórmula de Allen (cm/s)	Valores prácticos (cm/s)
1.0	8.5	10.0
0.5	4.3	5.0
0.3	2.6	4.3
0.2	1.7	2.4
0.1	0.9	0.9

Fuente: adaptado de Azevedo Netto y Hess (1970).

Tipos de desarenadores

Los desarenadores pueden proyectarse como canales con velocidad controlada por vertederos apropiados, o como tanques de sección cuadrada o circular y de área adecuada para la sedimentación de las partículas a remover. Los más simples se utilizan en pequeñas instalaciones y tienen funcionamiento hidráulico para sedimentación y remoción de partículas. En instalaciones mayores, pueden usarse desarenadores aireados, con movimiento en espiral y prácticamente insensibles a la variación de la velocidad de flujo.

Número de unidades y derivación

En construcciones muy pequeñas, puede calcularse un único desarenador, siempre y cuando se proyecte un sistema de derivación. En instalaciones mayores se proyectan dos unidades, de manera que siempre haya una disponible, para los casos de limpieza o reparación.

La manera más común es la construcción de un único desarenador, con dos canales de sedimentación y uno que sirve como derivación.

Velocidades en los desarenadores

En los canales de remoción de arena, la velocidad recomendable es 0.30 m/s. Velocidades inferiores a 0.15 m/s causan la deposición de cantidades relativamente mucho más grandes de materia orgánica (depósito de lodo), y velocidades superiores a 0.40 m/s permiten el paso de partículas de arena que no convienen a las demás unidades de tratamiento. Por tal razón, debe procurarse mantener una velocidad de escurrimiento alrededor de 0.30 m/s, con tolerancia de más o menos 20%.

El caudal en una planta de tratamiento de aguas residuales varía continuamente, pudiendo alterar, en consecuencia, la altura de la lámina de agua en el canal del desarenador. Para mantener la velocidad dentro de los límites deseables, se proyecta el desarenador con sección adecuada, y aguas abajo se construye un dispositivo capaz de mantener la velocidad con pequeñas variaciones, por ejemplo, un vertedero.

2.2.1.1.5 Dispositivos para la medición de caudal

Tipos de medidores

Existe una gran variedad de dispositivos destinados a medir los caudales de las aguas residuales. Los principales tipos de medidores usados son los canales parabólicos, los vertederos

proporcionales, las canaletas Parshall, el medidor Venturi, el medidor Palmer-Bowlus, los vertederos rectangulares y triangulares.

Son indispensables dos medidores para la instalación en un sistema de lagunas de estabilización, uno en la entrada y otro en la salida. El medidor de entrada puede instalarse en la parte superior del dique, un poco por encima de la cota de batea del tubo de llegada. Ese medidor es a menudo la canaleta Parshall, como se presenta en la figura 7.

Los medidores rectangulares o triangulares se instalan casi siempre en las salidas de las lagunas de estabilización, pues las aguas residuales ya han sido tratadas, no habiendo problemas de sólidos que puedan obstruir esos dispositivos.

Medidor Parshall

El medidor Parshall está incluido entre los medidores de régimen de flujo crítico. Consiste en una estructura de paredes verticales, constituida a partir de la entrada por un trecho convergente con el fondo, en los sentidos longitudinales y transversales, de un trecho contraído y de una sección divergente en pendiente, dispuesta en planta y en corte, como se muestra en la figura 7.

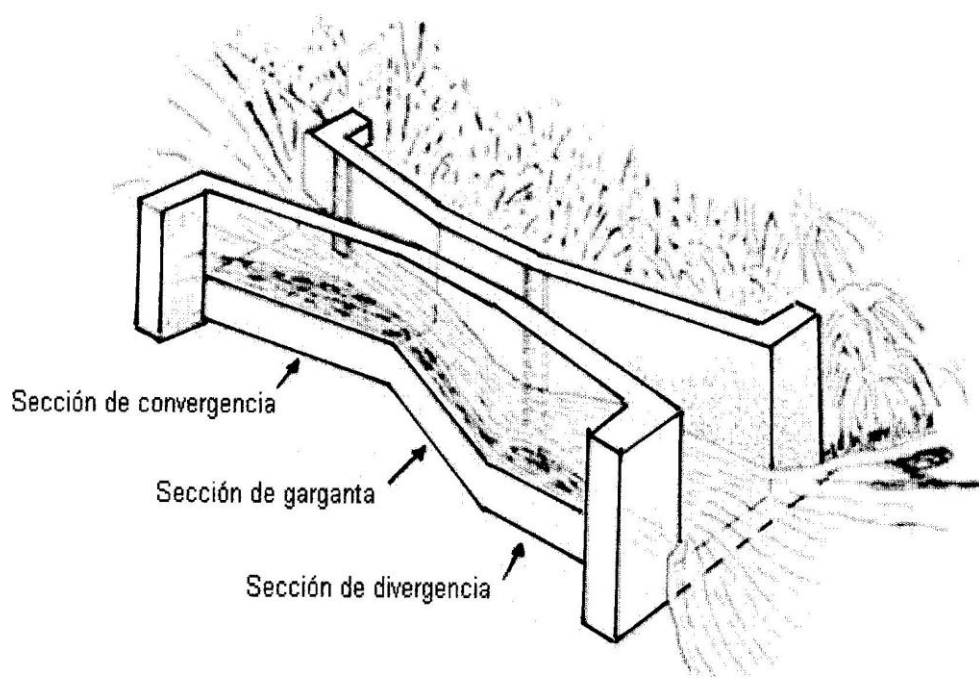


FIGURA 7. Medidor Parshall.

Además de la facilidad con que pueden constituirse esos medidores, presentan la ventaja de depender de sus propias características hidráulicas, por ejemplo, una sola determinación de carga es suficiente, la pérdida de carga es reducida, posee sistema de auto limpieza que hace que no haya obstáculos capaces de provocar la formación de depósitos. Pueden fabricarse de PVC o fibra de vidrio, pudiendo ser montados en el sitio, aumentando su precisión, etcétera.

Vertedero rectangular

Un vertedero bastante usado, teniendo en cuenta, su facilidad de ejecución, es el vertedero rectangular de pared delgada sin contracción lateral, presentado en la figura 8.

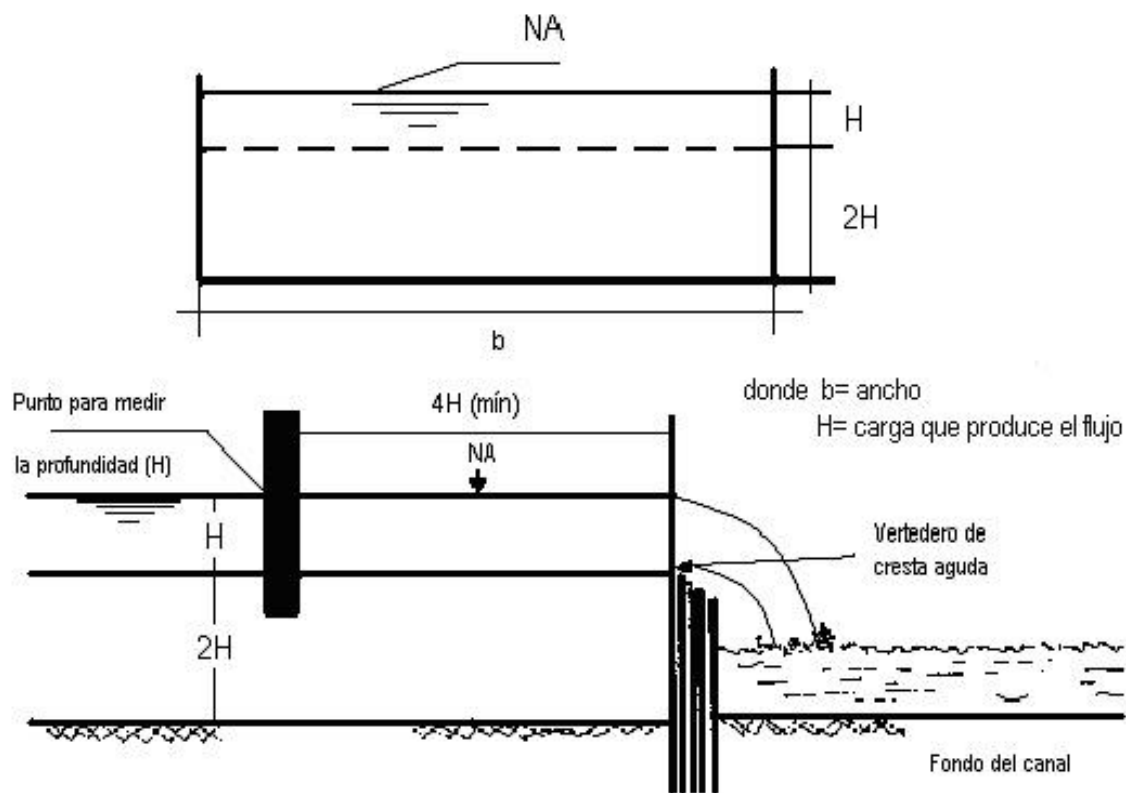


FIGURA 8. Vertedero rectangular.

Vertedero triangular

El vertedero triangular es particularmente apto para la medición de grandes variaciones de caudal. Puede usarse también en pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que garantiza una medición de caudal continuo. Los vertederos triangulares de pared delgada aún se usan en instalaciones temporales de aguas residuales o en estimación de caudales de desechos líquidos industriales.

2.2.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta. En el futuro, las plantas de tratamiento que solo incluyen tratamiento primario irán quedando desfasadas, conforme se vayan implementando las medidas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos en cuanto a la necesidad de disponer de tratamientos secundarios. Sólo en casos especiales (para aquellas comunidades a las que se dispense de disponer de tratamientos secundarios) se empleará los tratamientos primarios como único método de tratamiento. El principal papel del tratamiento primario continuará siendo el de previo al tratamiento secundario.

2.2.2.1 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO PRIMARIO

2.2.2.1.1 TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO

La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar el material flotante que contiene el agua residual, por lo tanto, reduce el contenido de sólidos sedimentables y en suspensión de esta. Estos tanques eliminan cerca del 50 o 70 por ciento de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales y la DBO disminuye en un 25 a 40 por ciento.

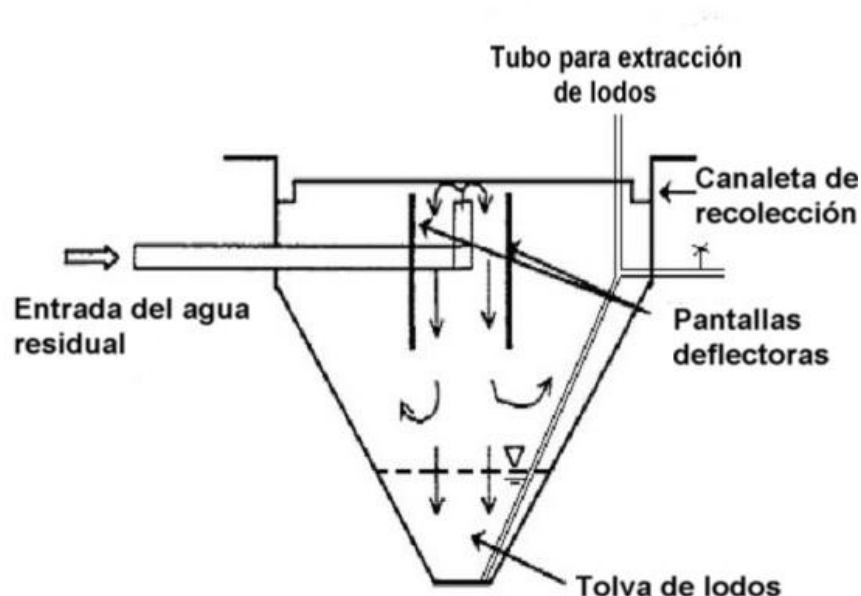


FIGURA 9. Tanque Dortmund.

El agua residual proveniente del tratamiento preliminar es transportada generalmente al tanque por medio de una tubería ubicada en el centro de este, que la distribuye de manera uniforme, para facilitar la sedimentación se utilizan placas o pantallas deflectoras concéntricas, que pueden tener forma cuadrada o circular, en donde, además se retiene material y lodos flotantes. Los sólidos sedimentables descienden por medio de la gravedad hacia un punto más bajo del fondo del tanque (tolva de lodos o embudo), donde se depositan para luego ser extraídos por medio de bombeo o por gravedad hacia el digester de lodos. El agua luego de descender y pasar bajo la placa deflectora ascienden para ser recolectadas por una canaleta perimetral, es decir, una canaleta que corre alrededor del tanque, desde donde será transportada a la siguiente unidad de tratamiento.

Los tanques de sedimentación primaria normalmente se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1.5 y 2.5 horas para el caudal medio del agua residual. Los tanques que proporcionan tiempos de retención menores (0.5 a 1 h), con menor eliminación de sólidos suspendidos, se usan en ocasiones como tratamiento primario previo a las unidades de tratamiento biológico.

Forma de los tanques de sedimentación

La forma de los tanques puede ser rectangular, circular o cuadrado; los rectangulares podrán tener varias tolvas y los circulares o cuadrados una tolva central, como es el caso de los sedimentadores tipo Dortmund.

Sedimentador rectangular

Las características físicas recomendadas para el diseño de un sedimentador rectangular son:

TABLA 11

Características	Valor
Ancho (m)	5-10
Longitud(m)	25-40
Profundidad (m)	3.60
Velocidad de los rascadores, m/min	0.90

FUENTE: Manual de Capacitación para el Control de la Contaminación del Agua y Sistemas de Tratamiento de las Aguas Residuales, editado por la Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental del Gobierno del Estado de San Luis Potosí, México.

Los dispositivos de entrada del sedimentador comprenden: tubos de entrada, deflectores perforados, escurrimiento sumergido, vertedor de demasías y canal con orificios uniformemente espaciados.

El dispositivo de salida usado generalmente es el vertedor de demasías, estos vertedores vierten a un canal que conduce el agua hacia el punto de descarga. Enfrente de los vertedores de salida deben colocarse mamparas de retención de natas.

Sedimentador circular

Las características generales de los sedimentadores circulares son:

TABLA 12

Características	Valor
Diámetro (m)	12 - 45
Altura (m)	3 - 5
Tiempo de retención (hr)	1.50

FUENTE: Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf y Eddy, Tomo I.

Los sedimentadores circulares pueden ser de alimentación central y de alimentación periférica, deberán de tener mamparas de entrada, y en la salida, vertedores triangulares con el objeto de retener la nata flotante.

2.2.2.1.2 TANQUE IMHOFF

El tanque Imhoff es un dispositivo que consta de dos partes, la parte superior, donde se efectúa la sedimentación de los sólidos contenidos en las aguas residuales; y la parte inferior

donde se efectúa la digestión de éstos. La forma de estos tanques impide que los sólidos separados de las aguas residuales que circulan en la parte de arriba, se mezclen con los sólidos sedimentados que se depositan en el fondo para su descomposición en la misma unidad.

Este tratamiento proporciona un mejor efluente que el tanque sedimentador normal, realizando un tratamiento biológico, eliminando así un 40 a 60 por ciento de sólidos suspendidos y reduciendo la DBO en un 25 a 35 por ciento.

El compartimento de sedimentación (A) está formado por dos paredes inclinadas separadas en el fondo por una ranura (C), en el fondo una de las paredes se prolonga unos 15 centímetros más abajo de la ranura, lo que impide que los lodos y gases que hay en la parte inferior no escapen hacia el compartimento de sedimentación, éstos, al poder salir por aquí se acumulan en las cámaras de natas y gases (D) prevista para ello. La parte inferior o cámara de digestión (B), proporciona las condiciones para la descomposición del lodo por un proceso anaerobio.

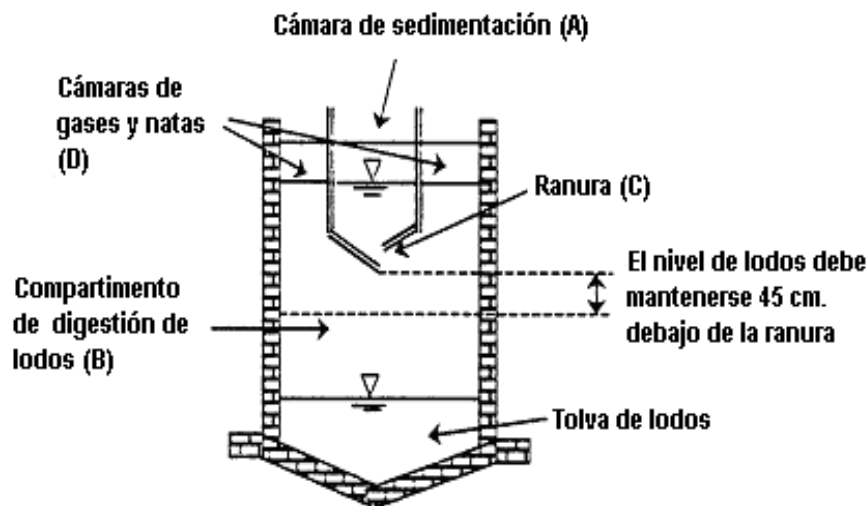


FIGURA 10. Tanque Imhoff.

2.2.2.1.3 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Las lagunas son estanques diseñados para el tratamiento de las aguas negras por medio de la interacción de la biomasa (principalmente bacterias y algas).

La función de las lagunas es estabilizar la materia orgánica, se diferencia de otros elementos de tratamiento por su gran capacidad para remover los patógenos de las aguas negras, realizando una descomposición biológica natural, normalmente se diseña el proceso para la remoción de DBO, sólidos suspendidos y coliformes totales. Además, las lagunas pueden funcionar como elementos para el tratamiento primario y también como tratamiento secundario.

Las lagunas de estabilización se pueden clasificar en cuatro tipos: anaerobias, facultativas, de maduración y estrictamente aerobias o de alta tasa.

Lagunas anaerobias: Este proceso opera bajo una condición de ausencia de aire, se caracterizan por el color gris o negro de las aguas depositadas en ellas. De acuerdo a la temperatura ambiente y período de retención (de 2-5 días) el porcentaje de remoción de DBO en estas lagunas es del 60-80 por ciento, si son sistemas lagunares (2 o más lagunas).

Las lagunas anaerobias no dependen de la acción fotosintética de las algas, pudiendo así construirse con profundidades más grandes que las de las otras lagunas, con variación entre 3 a 5 metros. Su área del nivel medio no debe exceder de 5 ha.

Lagunas facultativas: Este proceso de tratamiento se caracteriza por tener una zona aerobia en la parte superior (donde existe la interacción entre algas y bacterias) y zona anaerobia en la parte inferior. La parte aerobia recibe oxígeno por la acción del viento, con el cual las algas pueden realizar la fotosíntesis, lo que le da a este tipo de lagunas su color verde característico. Estas lagunas contribuyen a la remoción de patógenos a través del largo período de retención hidráulica típico en el diseño y la mortalidad causada por los rayos ultravioleta del sol. Tienen profundidades que varían de 1.5 a 2.5 metros, con áreas relativamente grandes. La profundidad mínima de las lagunas facultativas primarias debe ser igual a 1.5 metros, mientras que las facultativas secundarias no deben tener profundidades inferiores a 1.2 metros. El área máxima de las lagunas facultativas no debe exceder 15 ha.

Según Arceivala (1973), el período de retención de las lagunas facultativas varía entre 7 a 110 días, para temperaturas que varían entre 25 a 5 °C. El tiempo mínimo de retención para el noreste de Brasil es de 6 días, según Silva (1982). El Banco Mundial, según Broome (1986), ya admite 5 días para el período de retención mínimo de las lagunas facultativas.

Lagunas de maduración: Tienen la principal finalidad de reducir los coliformes fecales (CF) contenidos en los desechos de las aguas residuales. Con adecuado dimensionamiento pueden conseguirse remociones de coliformes fecales mayores del 99.999 %. Tienen profundidades menores que las lagunas facultativas, variando de 0.6 a 1.5 metros. El área máxima de su nivel medio no debe sobrepasar de 2 ha.

Según WHO¹⁰/EMRO (1987), el período de retención de las lagunas de maduración varía entre 3 y 10 días o más para dos o más lagunas en serie. Para una laguna de maduración el tiempo de retención debe ser igual o mayor de 5 días.

Lagunas estrictamente aerobias o de alta tasa de degradación: Son muy poco profundas, por lo general varían de 0.3 a 0.5 metros, su principal aplicación es la producción y cosecha de algas. Se diseñan para el tratamiento de aguas residuales decantadas.

Según Ramalho (1993), el período de retención de las de las lagunas aerobias varía entre 2 a 6 días.

¹⁰ Organización Mundial de la Salud.

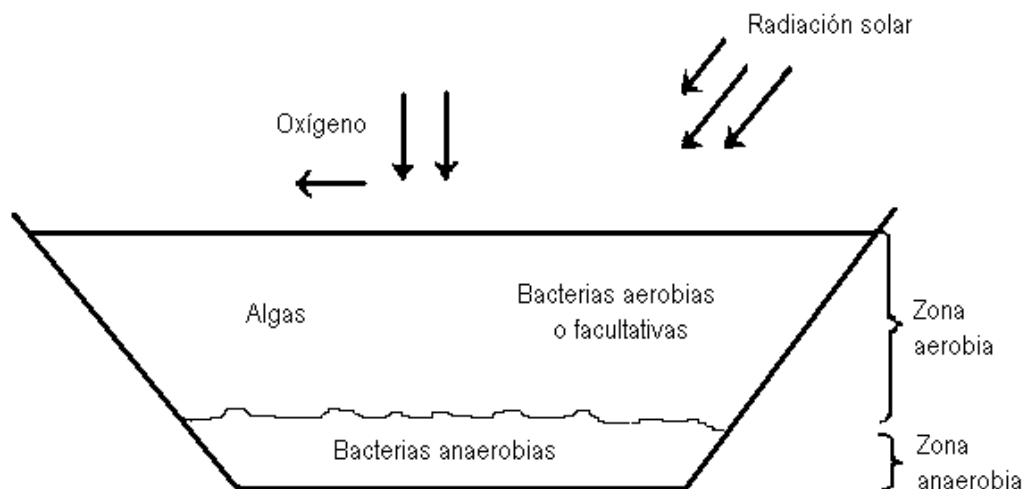


FIGURA 11. Laguna Facultativa.

2.2.2.1.4 FOSAS SÉPTICAS

Se utilizan principalmente para el tratamiento de aguas residuales de residencias individuales. En las zonas rurales también se emplean en escuelas, parques, zonas para remolques-vivienda y moteles. Aunque a menudo se usen fosas de una sola cámara, el tipo adecuado consiste en dos o más cámaras en serie (véase figura 13). En una fosa séptica de doble cámara, el primer compartimento se utiliza para la sedimentación, digestión del fango y almacenamiento de éste. El segundo compartimento proporciona una sedimentación y capacidad de almacenamiento de fango adicional y, por tanto, sirve para proteger contra la descarga de fango u otro material que pueda escaparse de la primera cámara. Cuando se proyecte para una sola residencia, se utilizará un periodo de detención de 24 horas. En instalaciones mayores que den servicio a instituciones o a varias familias, es permisible un período de detención más corto. En cualquier caso, es esencial disponer de la adecuada capacidad de almacenamiento, de forma

que el fango depositado puede permanecer en el tanque durante un tiempo suficientemente largo para que se produzca su descomposición y digestión antes de ser extraído. Por lo general, el lodo deberá extraerse cada dos o tres años.

El efluente de las fosas sépticas se evacua normalmente a un pozo resumidero, o a zanjas de infiltración, desde donde se infiltra al terreno. Antiguamente, y debido al desconocimiento respecto a los factores fundamentales que gobiernan el diseño y funcionamiento de las instalaciones de tubos enterrados, algunas de ellas dieron el resultado deseado. Sin embargo, dichos factores así como también el diseño de las zanjas de filtración son ahora mejor conocidos gracias a los estudios realizados en la University of California Richmond Field Station.

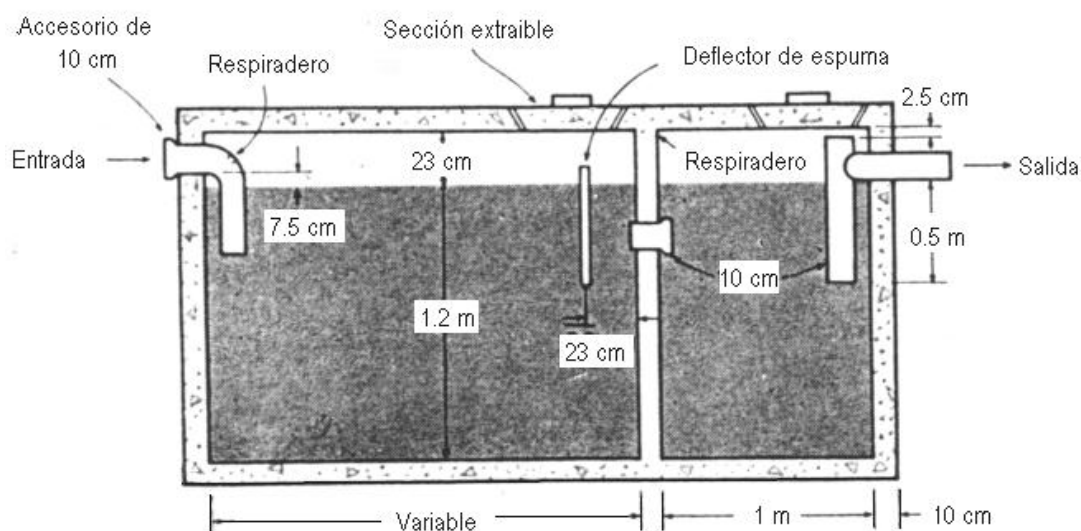


FIGURA 12. Fosa séptica típica.

2.2.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Se define el tratamiento secundario como la combinación de diferentes procesos normales empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, filtros biológicos y sistemas de lagunaje. El tratamiento secundario de las aguas residuales está principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario

2.2.3.1 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO

2.2.3.1.1 FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO

Este dispositivo pone en contacto las aguas residuales provenientes del tratamiento primario con cultivos biológicos, fijados en materiales que puede ser generalmente basalto, granito, piedra volcánica, o algún otro tipo de piedra, también es utilizado material sintético que sirven como soporte a los cultivos. Este proceso tiene una eficiencia de remoción de DBO del 60 al 70 por ciento.¹¹

¹¹ Metcalf & Eddy 3ª Edición Mac Graw Hill 1997

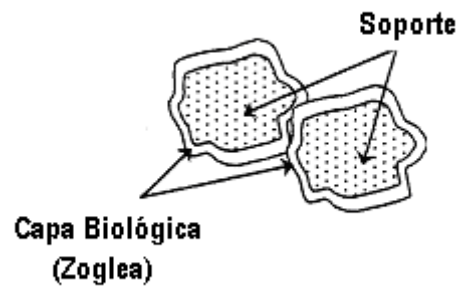


FIGURA 13. Soporte y Capa biológica.

Los percoladores realizan su proceso a través de las siguientes partes:

- Distribuidores de caudal: estos pueden ser fijos o rotativos y sirven para la distribución de las aguas negras en la superficie del lecho filtrante.
- Lecho o medio filtrante: se considera el dispositivo más importante en el tratamiento biológico. La materia orgánica presente en el agua residual es degradada por una población bacteriana que se encuentra en los medios de contacto. Estos medios de contacto tienen por objeto, además de servir de soporte del cultivo biológico que se desarrolla en su superficie, permitir la circulación del aire necesario para que se realice el proceso aerobio del tratamiento.
- Sistema recolector: los colectores satisfacen dos propósitos:
 1. Proporcionar ventilación al filtro: La ventilación en la planta se logra mediante los recolectores los cuales permiten la circulación del aire hacia el medio filtrante. El aire en los filtros se mueve

generalmente de abajo hacia arriba en el medio filtrante durante la mayor parte del tiempo, dándole la condición aeróbica al filtro.

2. Retirar las aguas que han pasado a través del filtro: El agua residual filtrada y parte de los sólidos desprendidos del lecho filtrante pasan a la unidad recolectora de donde son transportados a la siguiente unidad de tratamiento.

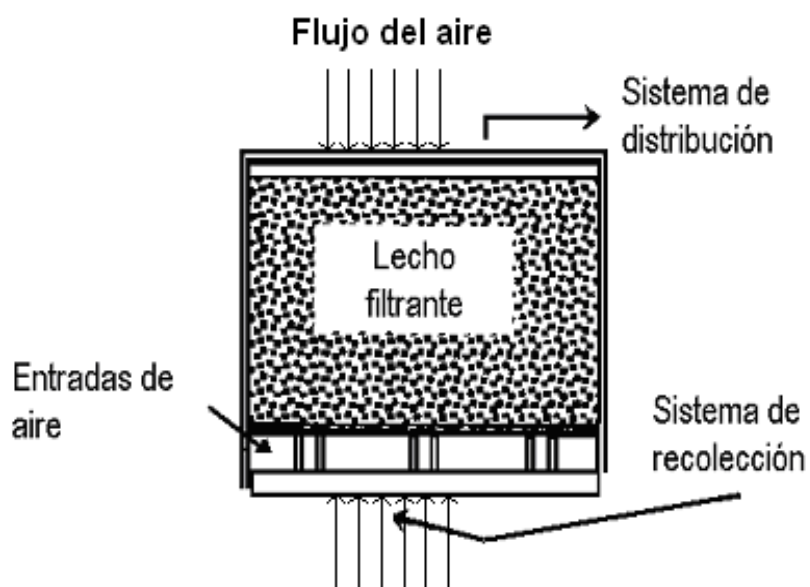


FIGURA 14. Corte transversal de un percolador.

2.2.3.1.2 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

Es un tratamiento secundario que funciona a través de un proceso anaerobio, el cual, descompone la materia orgánica por la acción de los microorganismos ante la ausencia de oxígeno.

El caudal de agua residual ingresa por el fondo del tanque, siendo este distribuido uniformemente, lo que facilita la formación de un colchón o manto de lodos suspendido (A), con el cual se pone en contacto el agua residual. La degradación anaerobia de la materia orgánica ocurre en este lecho de lodo. Después de pasar por este colchón de lodos el agua residual, junto con el gas que se produce de la descomposición anaerobia y algunas partículas de lodo ascienden hacia la superficie del reactor. Para evitar que las partículas de lodo escapen junto con el agua, se ubica una pantalla o baffle (B) donde estas quedan atrapadas, el gas es recolectado en una campana (C) situada sobre el baffle y el agua ya tratada es recolectada por una canaleta (D)

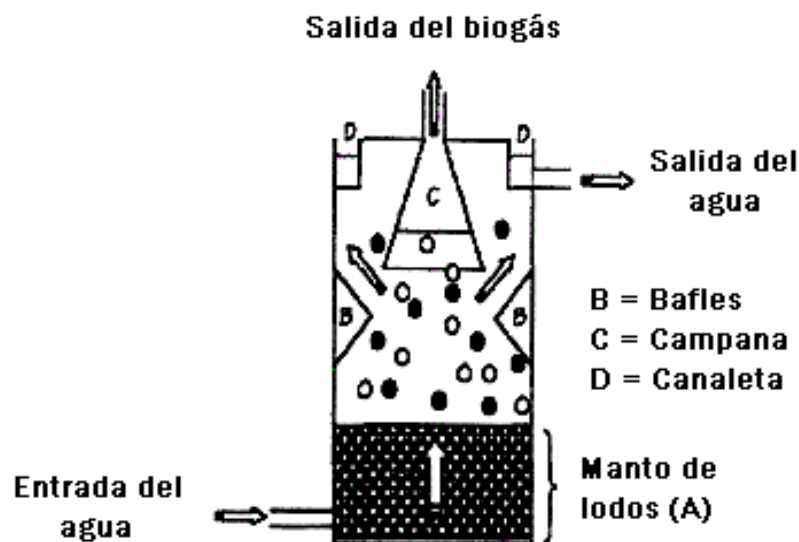


FIGURA 15. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.

La campana recolectora de gas puede ser cerrada o abierta, en caso de que sea cerrada, debe estar equipada con una compuerta para la limpieza de las natas o lodos que se acumulan en ella, además sirve también para las inspecciones.

2.2.3.1.3 IMHOFF MODIFICADO A REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

En nuestro país, algunos tanques sedimentadores tipo Imhoff han sido modificados a reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), para esto, se invierte el flujo en estos tanques, es decir, que entrará por abajo y saldrá por las canaletas de distribución ubicadas en la parte superior, que pasarán a actuar como canaletas recolectoras.

Los gases, en lugar de ser capturados por una campana buscarán la salida hacia la cámara de natas y gases de los Imhoff: la ranura del compartimento de sedimentación sirve en este caso para impedir que los gases y partículas de lodos salgan junto con el agua residual tratada.

Como podemos observar, un tanque Imhoff puede ser fácilmente convertido en un RAFA, ya que los elementos que constituyen el primero, se adaptan fácilmente a los que necesita el RAFA. Por tanto su operación y mantenimiento no varían, y para cualquier caso, RAFA o Imhoff modificado, será la misma.

2.2.3.1.4 ZANJAS DE OXIDACIÓN

Una zanja de oxidación es una modificación del sistema biológico de tratamiento con lodos activados que utiliza un tiempo extenso de retención de sólidos (*solids retention times*, SRT) para la remoción de compuestos orgánicos biodegradables. Las zanjas de oxidación funcionan normalmente como sistemas de mezcla completa, pero pueden ser modificados para simular las condiciones de flujo en pistón (Nota: a medida que las condiciones se aproximan al flujo en pistón se debe utilizar la difusión de aire para proporcionar mezclado suficiente, pero en ese caso el sistema ya no opera como una zanja de oxidación). Los sistemas de tratamiento típicos con zanjas de oxidación tienen una configuración de anillo, óvalo o tanque en forma de herradura dentro de los cuales se encuentran uno o múltiples canales. Por esta razón las zanjas de oxidación se denominan comúnmente con reactores de tipo carrusel. Aireadores montados en forma vertical u horizontal proporcionan la circulación del agua, la transferencia de oxígeno y la aireación en las zanjas.

El agua residual tamizada entra a la zanja, recibe aireación y circula a una velocidad aproximada de 0.25 a 0.35 m/s (0.8 a 1.2 pies/s) para mantener los sólidos en suspensión (Metcalf & Eddy, 1991). La tasa de reciclaje del lodo activado de recirculación es del 75 al 150 por ciento, y la concentración de los sólidos en suspensión en el agua residual mezclada va de 1,500 a 5,000 mg/l (0.01 a 0.04 libras/galón) (Metcalf & Eddy, 1991). La eficiencia de transferencia de oxígeno en las zanjas de oxidación es de 2.5 a 3.5 libras por HP-hora (Baker Process, 1999).

Los criterios de diseño son afectados por los parámetros del agua residual afluyente y las características requeridas del efluente, incluyendo la decisión o el requerimiento de lograr nitrificación, desnitrificación y/o remoción biológica del fósforo. Los parámetros específicos de diseño para zanjas de oxidación incluyen:

Tiempo de retención de sólidos (*solids retention time*, SRT): El volumen de las zanjas de oxidación es seleccionado con base en el SRT requerido para lograr la calidad deseada de efluente. El SRT se selecciona como una función de los requerimientos de nitrificación y la temperatura mínima del licor mezclado¹². Los valores de diseño del SRT varían de 4 a 48 o más días. El rango típico de valores del SRT requerido para nitrificación es de 12 a 24 días.

Tasa de carga de DBO: Las tasas de carga de DBO varían de menos de 0.16 kg/m³ (10 lb/1000 ft³) por día a más de 0.8 kg/m³ (50 lb/1000 ft³) por día. Una tasa de carga de DBO de 0.24 kg/m³ por día (15 lb/1000 ft³) se utiliza normalmente como el valor de diseño. Sin embargo, la tasa de carga de DBO típicamente no es utilizada para determinar si se produce o no la nitrificación.

Tiempo hidráulico de retención (*hydraulic retention time*, HRT): Mientras que este parámetro se utiliza raras veces para diseño de zanjas de oxidación, el HRT dentro de las zanjas

¹² Mezcla de lodo activado y desecho líquido, bajo aeración en el proceso de lodos activados.

tiene un rango de 6 a 30 horas en la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

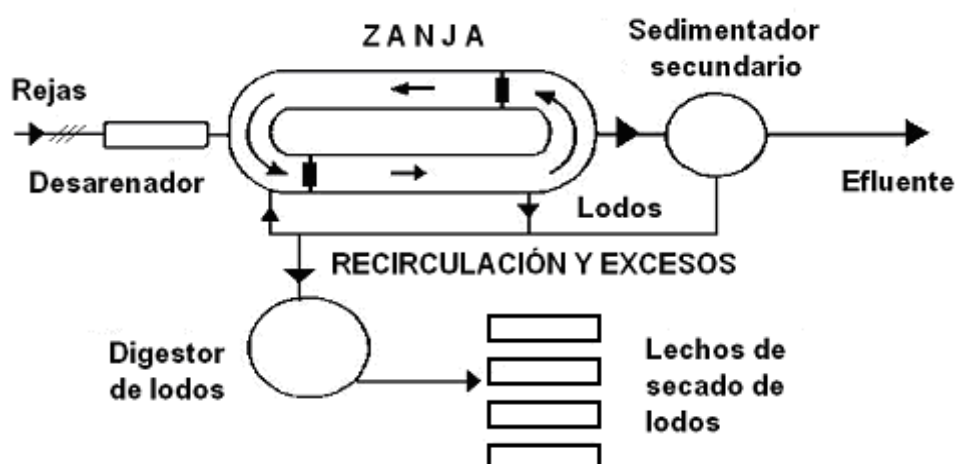


FIGURA 16. Zanja de oxidación.

2.2.3.1.5 LODOS ACTIVADOS

El sistema de lodos activados está formado por los tanques para la aireación, equipo de aireación y tanques sedimentadores secundarios. La función de los sistemas de lodos activados, como la de el resto de los procesos biológicos, es la de estabilizar el agua residual a través de microorganismos que eliminan y absorben la materia orgánica que contiene el agua residual o la convierte en una masa fácilmente sedimentable. Además por el equipo de aireación que requiere, se sobreentiende que éste es un proceso aerobio.

El agua residual entra a los tanques de aireación por medio de tuberías o canales y se distribuye en los tanques, siendo ésta mezclada por el sistema de aireación junto con un volumen de lodos proveniente de los tanques de sedimentación secundaria lo que recibe el nombre de "líquido mezcla", el cual luego de cumplir con el tiempo de retención en el tanque de aireación es trasladado a los tanques de sedimentación secundaria donde se forma lodo, que puede ser trasladado a los patios de secado o a los tanques de aireación como "lodo de recirculación".

Para entender como el sistema de lodos activados estabiliza la materia orgánica, hay que estudiar los parámetros esenciales de éste, que son:

- a) El volumen de lodo de recirculación: Se recircula lodo para que la población de microorganismos dentro del líquido mezcla cambie constantemente, de manera que se tenga una mayor eficiencia de descomposición de la materia orgánica.
- b) El volumen de oxígeno suministrado: Es importante para mantener las condiciones aerobias del proceso.
- c) Edad de los lodos: indica el tiempo promedio en que una partícula de lodo es sometida a la aireación. La eficiencia del lodo disminuye con la edad del lodo de recirculación. La edad de los lodos varía de acuerdo al proceso que se utilice y en promedio se tiene un tiempo de 2 a 60 días.
- d) Sistema de aireación: Depende de las características del agua residual a tratar, las condiciones técnicas y económicas de la planta, la cantidad de oxígeno que se proporcionará, etc.

2.2.3.1.5.1 PROCESOS DE LODOS ACTIVADOS

Hay distintos procesos de lodos activados ya que estos se han modificado para mejorar la eficiencia del proceso, los principales procesos son:

- a) Lodos activados tipo convencional: Consta de un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una línea de retorno de lodo. Tanto el agua residual afluyente sedimentada como el lodo recirculado entran en el tanque por extremo y son aireados durante un período de aproximadamente 6 horas. El líquido mezcla se conduce hasta el tanque de sedimentación y cuando se forma el lodo es recirculado al tanque de aireación.

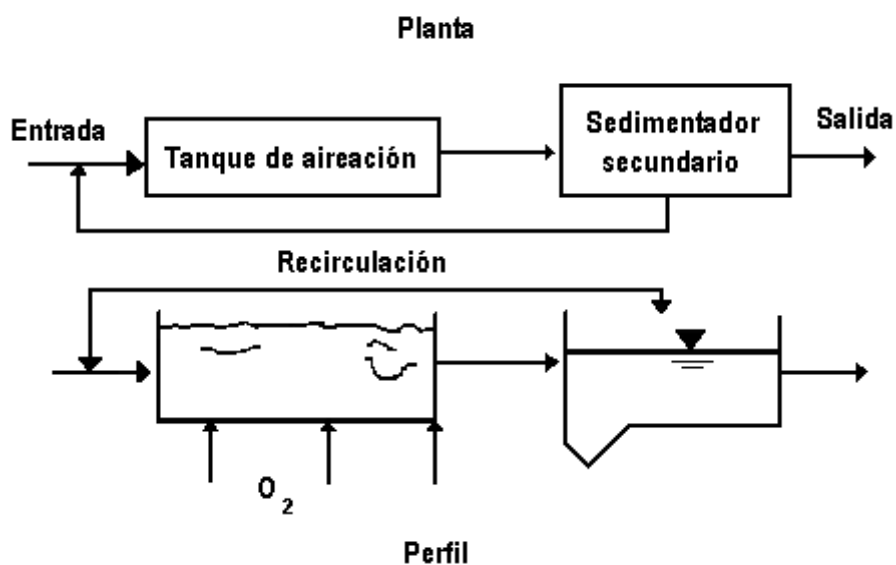


FIGURA 17. Lodos Activados.

Diagrama de flujo: Sistema Convencional

- b) Mezcla completa: en este sistema el agua residual junto con el lodo de retomo se introducen al tanque por distintos puntos a lo largo de una línea central.

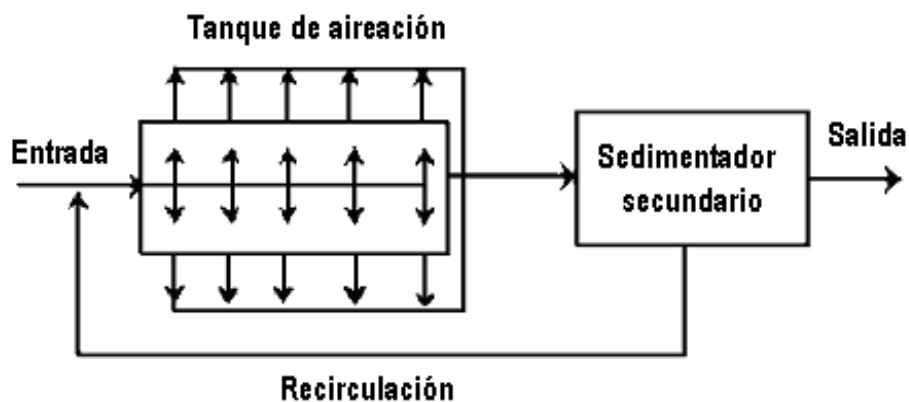


FIGURA 18. Lodos Activados.
Diagrama de flujo: Mezcla Completa

- Aireación escalonada: el agua residual entra al tanque por distintos puntos de éste, mientras que el lodo recirculado entra por un extremo del mismo.

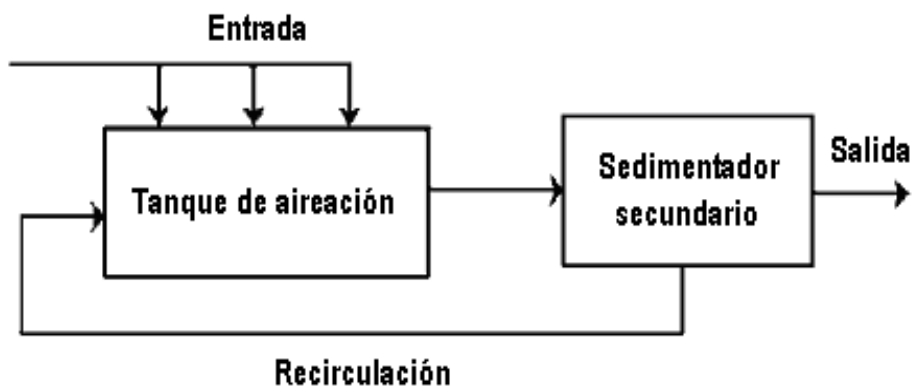


FIGURA 19. Lodos Activados.
Diagrama de flujo: Sistema Escalonado

2.2.3.1.6 TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

La función de estos tanques es la misma que la del sedimentador primario, con la diferencia que nos proporciona una mayor clarificación del efluente reteniendo las partículas pequeñas que aun son sedimentables o que han sido formadas en los procesos anteriores, teniendo un porcentaje de remoción de DBO del 25 al 40 por ciento.

El agua residual que llega al tanque es repartida de la misma forma que en el tanque de sedimentación primaria, sedimentándose así las partículas de sólidos que han quedado del tratamiento anterior, produciendo un caudal de salida libre de sólidos. El material que se sedimenta se extrae, ya sea, por acción de la gravedad o por bombeo y es conducido al digester de lodos.

El caudal proveniente de este tratamiento puede ser descargado al cuerpo receptor dependiendo para que fin es utilizado, ya que algunos agentes biológicos no han sido removidos, ejemplo de ello son los coliformes totales.

El período de retención nominal será de 1.5 a 2.5 horas (recomendable < 2 horas), basado en el caudal máximo diario de diseño.

2.2.4 TRATAMIENTO Terciario

El tratamiento avanzado del agua residual se define como el tratamiento adicional necesario para la eliminación de los sólidos suspendidos no tratados en las etapas anteriores y de las sustancias disueltas que permanecen en el agua residual después del tratamiento secundario convencional. Estas sustancias pueden ser materia orgánica o sólidos en suspensión, y su naturaleza puede variar desde iones inorgánicos relativamente simples, como el calcio, el potasio, el sulfato, el nitrato y el fosfato, hasta un número cada vez mayor de compuestos orgánicos sintéticos muy complejos. En el transcurso de los últimos años se ha conseguido tener un conocimiento mucho más completo sobre el efecto de estas sustancias en el medio ambiente. La investigación sobre los posibles efectos tóxicos de estas sustancias en el medio ambiente continúa, así como la investigación sobre los procesos de tratamientos, tanto convencionales como avanzados, dirigidos a su eliminación.

2.2.4.1 NECESIDAD DEL TRATAMIENTO Terciario DE LAS AGUAS RESIDUALES

El progreso del conocimiento científico de los constituyentes presentes en el agua residual y la disponibilidad de información de base más amplia, obtenida a partir de estudios medioambientales, ha conducido al desarrollo de limitaciones más restrictivas para los permisos de vertidos de los efluentes tratados. Las restricciones impuestas para la concesión de permisos de vertido de ciertas zonas pueden incluir la eliminación de materia orgánica, sólidos en

suspensión, nutrientes, y compuestos tóxicos específicos que no se consiguen eliminar con los procesos de tratamiento secundario convencionales.

TABLA 13. Componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos

Componentes	Efecto	Concentración crítica, mg/L
Sólidos suspendidos	Pueden provocar deposiciones de sólidos o empeorar la transparencia de las aguas receptoras	Variable
Materia orgánica biodegradable	Pueden agotar las reservas de oxígeno disponible	Variable
Contaminantes prioritarios	Tóxicos para el hombre, carcinógenos	Varia en función del constituyente
	Tóxicos para el entorno acuático	Varia en función de la presencia en la columna de agua, masa biológica, o sedimento
Compuestos orgánicos volátiles	Tóxicos para el hombre; carcinógenos; forman oxidantes fotoquímicos (smog)	Varia en función del contribuyente
Nutrientes		
Amoníaco	Aumenta la demanda de cloro; puede convertirse a nitratos y agotar los recursos de oxígeno; con el fósforo puede llevar al desarrollo de crecimientos de algas Tóxico para los pedes	Cualquier cantidad Variable
Nitrato	Estimula el crecimiento acuático y de las algas; Puede causar metahemoglobinemia en los niños (niños azules)	0.3 45
Fosfato	Estimula el crecimiento acuático y el de las algas Interfiere con la coagulación Interfiere con el ablandamiento cal-sosa	0.015 0.2-0.4 0.3
Otros compuestos inorgánicos		
Calcio y magnesio	Aumenta la dureza y los sólidos totales disueltos	
cloruro	Imparte sabor salado Interfiere en los usos agrícolas e industriales	250 75-200
Sulfato	Acción catártica	600-1,000
Otros compuestos orgánicos		
Agentes tensoactivos	Provocan espumas y pueden interferir con la coagulación	1.0-3.0

^a depende del pH y la temperatura.

^b para lagos con aguas tranquilas.

^c para NO₃ por la U.S. Environmental Protection Agency, Primary Drinking Water Standards.

2.2.4.2 CONTROL DE NUTRIENTES

El nitrógeno, el fósforo y el potasio son los principales nutrientes de importancia en el vertido de aguas residuales tratadas. Los vertidos que contienen nitrógeno, fósforo y potasio pueden acelerar la eutrofización de lagos y embalses, y estimular el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas en cursos de agua poco profundos. Además de resultar estéticamente desagradable, la presencia de algas y plantas acuáticas puede interferir con los usos beneficiosos de los recursos hidráulicos, especialmente cuando se emplean para el abastecimiento de agua, crecimiento ictiológico, y usos recreativo. Las elevadas concentraciones de nitrógeno en efluentes tratados también pueden tener otros efectos negativos, como son la reducción de la concentración de oxígeno disuelto en las aguas receptoras, toxicidad para la vida acuática, efectos negativos sobre la efectividad de la desinfección con cloro, peligro para la salud pública, y efectos sobre el potencial de un agua residual para ser reutilizada.

Estrategias de control de nutrientes

A la hora de adoptar una estrategia de control de nutrientes, es importante conocer las características del agua residual bruta, el tipo de instalación de tratamiento del agua residual, y el nivel de control de nutrientes necesario.

2.2.5 TRATAMIENTO DE LODOS

El tratamiento de fangos obtenidos del agua residual también reviste gran importancia, por ello se hace necesario conocer los métodos, procesos y operaciones unitarias que se emplean para tratarlos.

2.2.5.1 ELEMENTOS DEL TRATAMIENTO DE LODOS

2.2.5.1.1 DIGESTOR DE LODOS

Este dispositivo se encarga de estabilizar los lodos provenientes de la sedimentación primaria y secundaria a través de la descomposición anaerobia de éstos en el tanque.

Los lodos separados de las aguas negras provenientes de los tanques de sedimentación están constituidos por un alto contenido de materia orgánica y agua lo que los hace voluminosos y putrescible.

Para su tratamiento, generalmente se dispone de un tanque circular con fondo en forma de cono en donde la materia orgánica de los lodos es convertida en residuos relativamente estables. Para condiciones climáticas tropicales la estabilización se da a la temperatura ambiente después de 20 a 30 días de almacenamiento.

El lodo se descompone activamente y libera gas, cuando el gas sube hacia la superficie, arrastra consigo partículas de lodo y de otras materias tales como grasas y aceites, dando lugar a la formación de una capa sobrenadante, la cual debe tenerse el cuidado de no romper.

Como resultado de la digestión el lodo se vuelve más mineralizado y se espesa por acción de la gravedad. El período de digestión es de 20 a 30 días al cabo de los cuales el lodo se encuentra estabilizado. Los lodos bien digeridos son de color negro y olor no desagradable, estos son sacados y llevados a los patios de secado para su deshidratación, generalmente el agua proveniente del tanque es recirculada hacia la entrada de la planta de tratamiento.

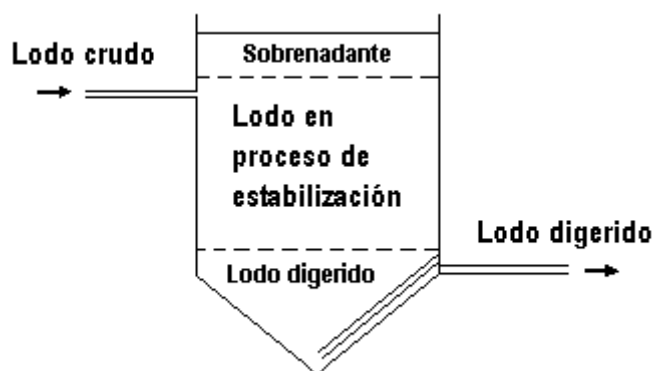


FIGURA 20. Digestor de Lodos.

TABLA 14. Problemas más comunes de los digestores de lodos y sus posibles causas

PROBLEMA	CAUSAS
La distribución de lodos sobre la superficie no es uniforme	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción en los canales de entrada del digestor • Compuertas de cajas derivadoras mal colocadas o dañadas
Capa de lodo de la superficie del digestor delgada y el lodo no madura provocando malos olores	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de lodos excesiva

Acumulación y endurecimiento de lodos, haciéndose la extracción más difícil	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción de la tubería de extracción • Piedras que han sido arrojadas en el digestor
No llegan lodos al digestor	<ul style="list-style-type: none"> • Taponamiento de las tuberías de conducción
Esposa capa de lodo flotante en la superficie del digestor	<ul style="list-style-type: none"> • No se ha limpiado frecuentemente la superficie del digestor

2.2.5.1.2 PATIOS DE SECADO

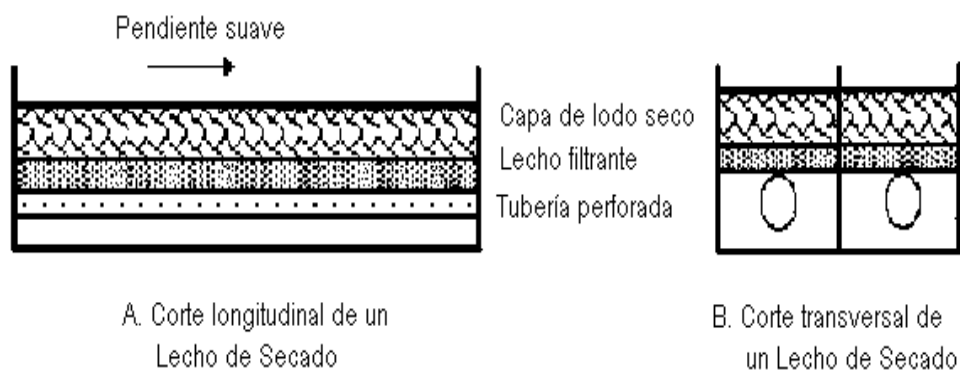


FIGURA 21. Lechos de Secado.

Como su nombre lo indica, los lechos de secado tienen como función secar el lodo digerido proveniente de los tanques de sedimentación, reactores, digestores de lodos, y cualquier otro elemento que produzca lodo, antes de su disposición final.

Los patios de secado están formados por un medio secante o filtrante generalmente constituido por arena y grava y un sistema para la recolección del agua proveniente del secado del lodo, comúnmente utiliza tubería de PVC perforada.

El lodo se esparce en capas delgadas sobre el medio filtrante y por la acción del medio ambiente, el agua contenida se evapora o baja al sistema de recolección, como se muestra en la siguiente figura:

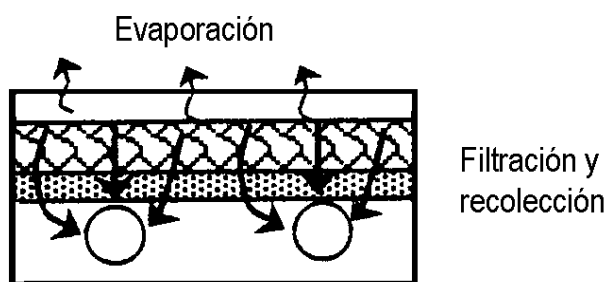


FIGURA 22. Deshidratación de lodos.

El agua que ha sido drenada de los patios de secado puede ser descargada directamente al cuerpo receptor, pero lo más recomendable es darle tratamiento, por ejemplo pasarla por un filtro de arena intermitente, o recircularla dentro de la planta.

CAPITULO III: INVENTARIO Y DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR.

3.1 INVENTARIO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR.

Para la elaboración del inventario de las plantas de tratamiento que operan en el área metropolitana de San Salvador, se recurrió a un listado, el cual se obtuvo en la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Dicho listado contiene detalles de las plantas, tales como su ubicación, elementos que las componen, población servida, caudal de diseño y estado de la planta (ver apéndice 1).

Las plantas de tratamiento contenidas en esta lista se dividieron en base a los elementos que las componen en:

- Planta convencional completa: con desarenadores, rejas, tanques sedimentadores Dortmund primarios, filtros percoladores, tanques sedimentadores Dortmund secundarios, biodigestor de lodos, patio de secado de lodos.
- Plantas con tanques Imhoff.
- Plantas con reactor anaeróbico de flujo ascendente.
- Plantas de sistemas de lodos activados.
- Plantas con lagunas de estabilización.
- Otros tipos de plantas de tratamiento.

3.1.1 PLANTA CONVENCIONAL COMPLETA: CON DESARENADORES, REJAS, TANQUES SEDIMENTADORES DORTMUND PRIMARIOS, FILTROS PERCOLADORES, TANQUES SEDIMENTADORES DORTMUND SECUNDARIOS, BIODIGESTOR DE LODOS, PATIO DE SECADO DE LODOS.

TABLA 15. Plantas Convencionales.

	Nº	Ubicación y Nombre de planta	Población servida (Habitantes)	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de operación	Propietario de la planta	Responsable de la operación y mantenimiento	Calidad del vertido	Observaciones
AYUTUXTEPEQUE	1	Colonia La Ascensión	1,500	2.60	Quebrada El Carmen	Ene-95	La colonia	ANDA	No existe información	Funciona deficiente, mantenimiento ANDA, fue abandonada. Construida fondos del FIS
	2	Urbanización La Santísima Trinidad	24,000	41.67	Quebrada Chicaguaste	Abr-98	Bco. CUSCATLÁN	Bco. CUSCATLÁN	% de remoción de DBO 85.71 hasta Junio de 2003	Fue abandonada, funcionando con deficiencia, rehabilitación por el Banco Cuscatlan
CUSCATANCINGO	3	Urbanización Ciudad Futura	15,000	26.04	Río El Chaguiton	Mar-90	ANDA	ANDA	No existe información	Funciona deficiente, rehabilitación y mantenimiento ANDA, fue recibida por ANDA con todo el sistema, existe diseño, costo \$ 100,000
	4	Condominios Tazumal y Las Terrazas	3,768	6.54	Quebrada El Carmen	Ene-92	Constructora G+H	Constructora G+H	No existe información	Funcionando, mantenimiento deficiente por parte del urbanizador, el mismo la rehabilitará
SANTA TECLA	5	Urbanización Alpes Suizos I	10,086	17.51	Quebrada La Reynaga	Ene-91	Constructora Villavicencio		No existe información	No funciona, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada
	6	Urbanización Alpes Suizos II	3,000	5.21	Quebrada La Reynaga	Ene-92	Constructora Villavicencio		No existe información	No funciona, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada
	7	Urbanización Los Girasoles	2,700	4.69	Quebrada La Reynaga	Nov-91	-		No existe información	No funciona, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada

	8	Comunidad el Quequeisque	600	1.04	Quebrada La Reynaga	Dic-96	Fideicomiso W. Soundy		No existe información	Funcionando con deficiencias
SOYAPANGO	9	Reparto San Ramón	3,645	6.33	Río La Campanera	Jun-93	Ing. Ramón Quintanilla A.Q.S.A S. A. de C. V.	A.Q.S.A S. A. de C. V.	No existe información	Funciona deficiente, poco mantenimiento por el urbanizador
	10	Urbanización La Campanera	4,200	7.29	Río La Campanera	Ene-96	PROASA	Bco. CUSCATLÁN	No existe información	Funciona con deficiencias, se ha deteriorado por abandono, rehabilitación por Banco Cuscatlan
	11	Urbanización San Francisco	9,000	15.63	Río La Campanera	Feb-97	EQU S. A. de C. V.	EQU S. A. de C. V.	No existe información	Abandonada, hasta la fecha ninguna institución propone rehabilitarla
ILOPANGO	12	Urbanización Alta Vista I	21,000	36.46	Quebrada Amayo	Dic-95	Grupo Roble S. A.	Grupo Roble S. A.	% de remoción de DBO 95.18 hasta Abril de 2004	Funciona, mantenimiento por el urbanizador
	13	Urbanización Alta Vista II	15,000	26.04	Quebrada Amayo	Nov-97	Grupo Roble S. A.	Grupo Roble S. A.	% de remoción de DBO 91.33 hasta Abril de 2004	Funciona, mantenimiento por el urbanizador
	14	Urbanización Cumbres de San Bartolo	16,800	29.17	Quebrada Amayo	Nov-98	Conar-Suprema S. A. de C. V.	Conar-Suprema S. A. de C. V.	No existe información	Funciona con deficiencia, mantenimiento por el urbanizador
	15	Urbanización Cumbres de San Bartolo II	16,775	29.12	Quebrada Amayo	-	Conar-Suprema S. A. de C. V.	Conar-Suprema S. A. de C. V.	No existe información	En construcción a partir de junio-2000
APOPA	16	Urbanización San José Vista Bella	3,204	5.56	Río Tomayate	-	DUHESA de C. V.		No existe información	Finalizo construcción en Julio-2001, no la pusieron a funcionar, quedo abandonada
TONACATEPEQUE	17	Urbanización Parcelación Libertad	9,000	15.63	Río Guaycume	-	Grupo Roble S. A.		No existe información	-
LOURDES	18	Urbanización Los Chorros I	7,200	12.50	Quebrada de Invierno	Nov-98	BASA de C. V.	BASA de C. V.	No existe información	Funcionando con deficiencia, mantenimiento por urbanizador
	19	Urbanización Los Chorros II	3,600	6.25	Quebrada de Invierno	Mar-99	BASA de C. V.	BASA de C. V.	No existe información	Funcionando, mantenimiento por urbanizador

3.1.2 PLANTAS CON TANQUES IMHOFF

TABLA 16. Plantas con Tanques Imhoff.

	Nº	Ubicación y Nombre de planta	Población servida (Habitantes)	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de operación	Propietario de la planta	Responsable de la operación y mantenimiento	Calidad del vertido	Observaciones
AYUTUXTEPEQUE	1	Colonia El Carmen, al norte de Urbanización Chávez Galeano	324	0.56	Quebrada El Carmen	Jun - 93	-	ANDA	No hay datos	Funciona deficiente, rehabilitación y mantenimiento ANDA, fue abandonada
SAN MARCOS	2	Hogar del Niño Minusválido Abandonado	350	0.61	Galería de infiltración	Nov-93	Fundación del Hermano Pedro	Fundación del Hermano Pedro	No hay datos de monitoreo	Funcionando

3.1.3 PLANTAS CON REACTOR ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

TABLA 17. Plantas con Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).

	Nº	Ubicación y Nombre de planta	Población servida (Habitantes)	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de operación	Propietario de la planta	Responsable de la operación y mantenimiento	Calidad del vertido	Observaciones
CUSCATANCINGO	1	Urbanización Ciudad Corinto	1,500	15.63	Quebrada El Carmen	Ene-01	Avance Ingenieros	Avance Ingenieros	No existe información	Funcionando desde febrero del 2001
	2	Comunidad Maria Auxiliadora	1,800	3.13	Quebrada El Carmen	-	Comunidad	ANDA	No existe información	Construcción finalizada, a iniciar funcionamiento
ILOPANGO	3	Urbanización Vista al Lago	21,000	36.46	Quebrada de Invierno	Nov-00	D.S.C.S. A.	Bco. CUSCATLÁN	No existe información	Iniciaron construcción en nov 1999, módulos 1 y 2 están terminados, abandonada, rehabilitación por Banco Cuscatlan

MEJICANOS	4	Residencial del Bosque	906	1.57	Quebrada El Carmen	Jul-91	Chacon Borja		No existe información	Fuera de servicio por problemas estructurales en reactor, fue abandonada
APOPA	5	Urbanización Santa Teresa de Las Flores	9,600	16.67	Río Las Cañas	Mar-99	Constructora Tenze S. A.	Bco. SALVADOREÑO	% de remoción de DBO 69.72 hasta Agosto de 2004	Funciona, mantenimiento por el urbanizador

3.1.4 PLANTAS DE SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS

TABLA 18. Plantas con sistemas de lodos activados.

	Nº	Ubicación y Nombre de planta	Población servida (Habitantes)	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de operación	Propietario de la planta	Responsable de la operación y mantenimiento	Calidad del vertido	Observaciones
SANTA TECLA	1	Urbanización Vía del Mar	2,000	3.47	Quebrada La Reynaga	Jul - 00	-		No existe información	Funcionando, mantenimiento por urbanizador
MEJICANOS	2	Urbanización Altos del Escorial	2,520	4.38	Quebrada Chancala	Nov-00	PROCICO	PROCICO	No hay datos de monitoreo	Funcionando los dos módulos, aireación deficiente porque no ponen a funcionar equipos
APOPA	3	Urbanización Los Naranjos y Las Jacarandas	9,414	16.34	Río Las Cañas	Mar-91	-		No existe información	Fue abandonada, fuera de servicio, problemas electromecánicos, nunca funciona
TONACATEPEQUE	4	Urbanización Altos de Las Flores	532	0.92	Quebrada Las Flores	Mar-98	Urbanizador	ANDA	No existe información	Funciona deficiente

3.1.5 PLANTAS CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

En el Área Metropolitana de San Salvador no hay plantas con lagunas de estabilización.

3.1.6 OTROS TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

TABLA 19. Otros tipos de plantas de tratamiento.

	Nº	Ubicación, Nombre y tipo de planta	Población servida (Habitantes)	Capacidad para tratar (l/s)	Descarga	Fecha de operación	Propietario de la planta	Responsable de la operación y mantenimiento	Calidad del vertido	Observaciones
AYUTUXTEPEQUE	1	Urbanización Campo Verde Tanque Imhoff modificado a Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente	396	0.69	Quebrada El Carmen	Oct - 91	-	ANDA	No existe información	Funciona deficiente, mantenimiento ANDA, fue abandonada
	2	Urbanización Chávez Galeano Sector "A" Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente, Tanque Imhoff y Filtro Biológico	1,080	1.88	Quebrada El Carmen	Feb-92	-	ANDA	No existe información	Funcionando, mantenimiento ANDA, fue abandonada por constructor

CUSCATANCINGO	3	Residencial San Lucas Tanque Imhoff y Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente	714	1.24	Quebrada El Carmen	Jun-91	-	ANDA	No existe información	Funcionando, rehabilitación y mantenimiento ANDA, fue abandonada por urbanizador
LOURDES	4	Urbanización Las Moritas Reactor Anaeróbico y Filtro Anaeróbico	1,176	2.04	Quebrada de invierno	Abr-99	DSC S. A. de C. V.	Bco. CUSCATLÁN	No existe información	Funcionando, se ha deteriorado estructura metálica por falta de mantenimiento, la rehabilitara el Banco Cuscatlan
	5	Urbanización Campos Verdes de Lourdes II Reactor Anaeróbico y Filtro Anaeróbico	18,000	31.25	Río Colón	Oct-01	Terracería y Pavimentos S. A. de C. V.	Terracería y Pavimentos S. A. de C. V.	No existe información	Funcionando, mantenimiento por el urbanizador
	6	Urbanización Villa Lourdes Digestor de Contacto de Mezclado continuo y Filtro Anaeróbico	18,000	31.25	Río Colón	May-97	COURBAN S. A. de C. V.	COURBAN S. A. de C. V.	% de remoción de DBO 66.08 hasta Julio de 2004	Funcionado con deficiencias, mantenimiento por urbanizador

3.2 ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La selección de la muestra a estudiar se hizo en base a un listado de las plantas de tratamiento que opera en el área metropolitana de San Salvador, el cual se obtuvo en la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Dicho listado contiene detalles de las plantas, tales como su ubicación, elementos que las componen, población servida, caudal de diseño y estado de la planta (ver apéndice 1).

Las plantas de tratamiento contenidas en esta lista se clasificaron en base a los elementos que las componen en:

- Planta convencional completa: con desarenadores, rejas, tanques sedimentadores Dortmund primarios, filtros percoladores, tanques sedimentadores Dortmund secundarios, biodigestor de lodos, patio de secado de lodos.
- Plantas con tanques Imhoff.
- Plantas con reactor anaeróbico de flujo ascendente.
- Plantas de sistemas de lodos activados.
- Plantas con lagunas de estabilización.
- Otros tipos de plantas de tratamiento.

Después de clasificar las plantas y verificar su estado, se descartaron las que están abandonadas y se investigó a cuales se le realizan monitoreos de manera frecuente, siendo eliminadas así aquellas plantas que no tienen registros recientes de su operación.

Luego se eligieron las plantas de tratamiento de acuerdo a la clasificación y depuración realizada:

TABLA 20. Muestra seleccionada.

ELEMENTOS	NÚMERO DE PLANTAS SELECCIONADAS	NOMBRE/UBICACIÓN
Planta convencional completa: con desarenadores, rejas, tanques sedimentadores Dortmund primarios, filtros percoladores, tanques sedimentadores Dortmund secundarios, biodigestor de lodos, patio de secado de lodos.	3	1. Urbanización Santísima Trinidad, Ayutuxtepeque, San Salvador. 2. Urbanización Alta Vista I, Ilopango, San Salvador. 3. Urbanización Alta Vista II, Ilopango, San Salvador.
Plantas con tanques Imhoff.	2	4. Hogar del Niño Minusválido Abandonado, Planes de Renderos, San Salvador. 5. Urbanización Distrito Italia, Tonacatepeque, San Salvador.
Plantas con reactor anaeróbico de flujo ascendente.	1	6. Urbanización Santa Teresa de las Flores, Apopa, San Salvador.
Plantas de sistemas de lodos activados.	2	7. Urbanización Altos del Escorial, Mejicanos, San Salvador. 8. Zona Franca El Pedregal, La Paz.
Plantas con lagunas de estabilización.	1	9. ANSP, San Luis Talpa, La Paz.
Otros tipos de plantas de tratamiento. Digestor de Contacto Mezclado Continúo y Filtro Anaeróbico.	1	10. Urbanización Villa Lourdes, Lourdes, La Libertad.

Algunas plantas seleccionadas están fuera del Área Metropolitana de San Salvador y se han incluido debido a varias razones:

- a. La falta de colaboración de parte de ANDA, en no permitir el ingreso a las instalaciones que ellos administran.
- b. La falta de colaboración de algunas empresas privadas que administran plantas de tratamiento en el Área Metropolitana de San Salvador.
- c. En el Área Metropolitana no hay plantas con lagunas de estabilización.
- d. El Área Metropolitana no cuenta con Fosas Sépticas.

3.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

3.3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN SANTISIMA TRINIDAD

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE AYUTUXTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: BANCO CUSCATLAN.

POBLACIÓN SERVIDA: 24,000 PERSONAS.

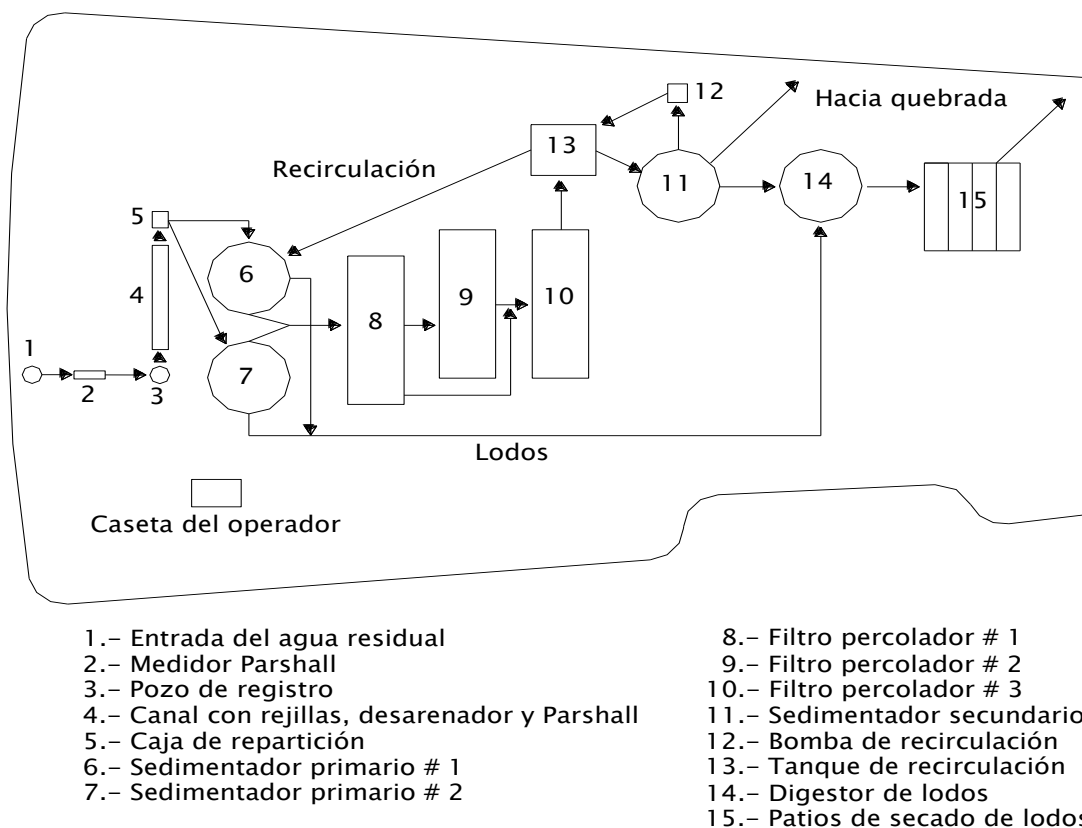


FIGURA 23. Croquis de la planta de tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

Esta planta de tratamiento opera por gravedad, cuenta con cerca perimetral, caseta con bodega y servicio sanitario, se pudo observar mobiliario como escritorio, silla y una repisa pequeña, cuenta con los planos de la planta, así como con un manual de limpieza y mantenimiento de ésta, la caseta no se encuentra en la entrada de la planta debido a la forma y topografía del terreno, no se observaron depósitos para basura, los elementos no están identificados con rótulo y aunque se percibían malos olores en el ambiente, éstos no eran fuertes. En el momento de la visita se realizaba el chapeo de las instalaciones.

Esta planta de tratamiento fue remodelada hace 2 años y entre los cambios que se pudieron observar están: la inclusión de un medidor Parshall, antes que el agua residual llegue al tratamiento preliminar, así como un tanque sedimentador primario tipo Dortmund (# 1), un tanque de recirculación, una bomba de recirculación y la puesta en marcha de un filtro percolador biológico (# 2), que se encontraba en desuso, otro de los cambios que se pueden mencionar es la constante restitución de una capa de arena que se le hace a los patios de secado de lodos (cada 6 meses).

TRATAMIENTO PRELIMINAR

El agua residual, antes de llegar a los elementos del tratamiento preliminar, pasa por un medidor Parshall. Los elementos que brindan el tratamiento preliminar son rejillas y cámaras desarenadoras además cuenta con un medidor tipo Parshall, el cual esta en desuso, ya que como se menciono con anterioridad, se ha implementado un nuevo medidor antes de las rejillas. El estado físico de esta estructura es bueno.

REJILLAS: La rejilla cuenta con plataforma de escurrimiento fabricada de concreto, pero no posee pasarela para facilitar su limpieza ni by-pass.

DESARENADOR: Consiste de dos cámaras desarenadoras construidas de concreto ubicadas en paralelo, al realizar la visita solo una estaba en servicio, porque la otra estaba siendo limpiada, la presencia de malos olores era poca. Las compuertas que permiten el paso del agua a las cámaras desarenadoras están instaladas en un marco metálico, el cual les proporciona seguridad

permitiendo manipular las compuertas con mayor confianza y además poseen una pasarela para facilitar el abrirlas y cerrarlas, tal como se muestra en la figura 24.



FIGURA 24. Canal con rejillas, desarenador y Parshall.

TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUES SEDIMENTADORES TIPO DORTMUND: Son dos tanques circulares que funcionan en paralelo, contruidos de concreto reforzado que cuentan con pasarela de servicio, la cual es de armadura de metal y huellas de mortero.

Las pantallas son de concreto, la interior tiene forma cuadrada y la exterior es circular. No se observó proliferación de insectos y la presencia de malos olores era mínima. La presencia de sólidos flotantes era notoria. No había espuma en la canaleta perimetral y el cultivo de algas es mínimo.

Funcionan por gravedad y por presión hidrostática, los lodos se descargan al biodigestor.



FIGURA 25. Tanques sedimentadores primarios tipo Dortmund.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

FILTROS PERCOLADORES BIOLÓGICOS: Se cuenta con tres filtros percoladores biológicos contruidos con bloques de concreto, tienen aproximadamente 10 metros de altura, las tres estructuras están en buen estado físico. Los filtros # 1 y # 3 cuentan con 38 canaletas de concreto para la distribución uniforme del flujo. El filtro # 2, inicialmente fue diseñado para funcionar igual que los filtros # 1 y # 3, pero debido a problemas con la pendiente, las canaletas de concreto fueron sustituidas por canaletas de aluminio, las cuales poseen menor rugosidad. Dicho filtro presenta tres canaletas de aluminio, cada canaleta cuenta con 10 aspersores, haciendo un total de 30 aspersores que distribuyen de forma uniforme el flujo. Cabe mencionar que la eficiencia del sistema del filtro # 2 es mayor que la eficiencia del sistema de los filtros # 1 y # 3 (según datos de la empresa encargada de instalar sistemas de canaletas de aluminio con aspersores).

El lecho filtrante de éstos es de piedra volcánica, se observaron zonas muertas a las orillas de las paredes de los filtros percoladores. En el fondo de los percoladores existen ventanas para la entrada del aire, de manera que el proceso se realice en condiciones aeróbicas, el agua filtrada sale por estas ventanas y es recogida en canaletas que la trasladan al elemento siguiente, se detectaron malos olores y presencia de insectos aunque en pequeña escala, en la canaleta del filtro # 3 se observó abundante espuma.



FIGURA 26. Filtro percolador biológico # 3.

TANQUE DE RECIRCULACIÓN: Esta estructura es una de las modificaciones que ha recibido esta planta de tratamiento, esta construido de concreto y tiene las siguientes dimensiones 3.5 metros de ancho por 4.0 metros de largo y una profundidad de 3.5 metros, su estado físico es bueno. Al tanque de recirculación llega el agua residual procedente de los filtros percoladores, para luego ser bombeada a los tanques sedimentadores primarios y así poder darle un mejor tratamiento a dicha agua residual.

TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO: La estructura de este tanque es similar a la de los tanques sedimentadores primarios, iguales dimensiones, pasarela de servicio y forma de las pantallas; presentaba una pequeña cantidad de sólidos flotantes y había presencia moderada de insectos y malos olores.



FIGURA 27. Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.

TRATAMIENTO DE LODOS

DIGESTOR DE LODOS: El tanque digestor de lodos es circular, construido de concreto reforzado, cuenta con cerca de protección, su estructura física es buena, había presencia de malos olores e insectos aunque en pequeña cantidad.

A pesar que esta estructura estaba en funcionamiento, la distribución del lodo no se pudo observar, porque la superficie del digestor estaba cubierta de vegetación al momento de realizar la visita.



FIGURA 28. Digestor de lodos.

PATIOS DE SECADO: Existen cuatro patios de secado de dimensiones de 5 metros de ancho por 15 metros de largo, el material del fondo esta constituido por grava y arena graduada que filtran el liquido hasta un tubo de PVC perforado que lo colecta para su disposición final, no existían insectos o malos olores en esta zona al momento de la visita.



FIGURA 29. Patios de secado de lodos.

DISPOSICIÓN FINAL

La captación y descarga del agua proveniente de los patios se hace por medio de tuberías ubicadas a un extremo de éstos y se hace directamente a la quebrada Chicagüaste adyacente a la planta, en el costado poniente. El agua tratada proveniente del sedimentador secundario también es evacuada a través de tuberías a la misma quebrada.



FIGURA 30. Descarga del agua residual tratada al cuerpo receptor.

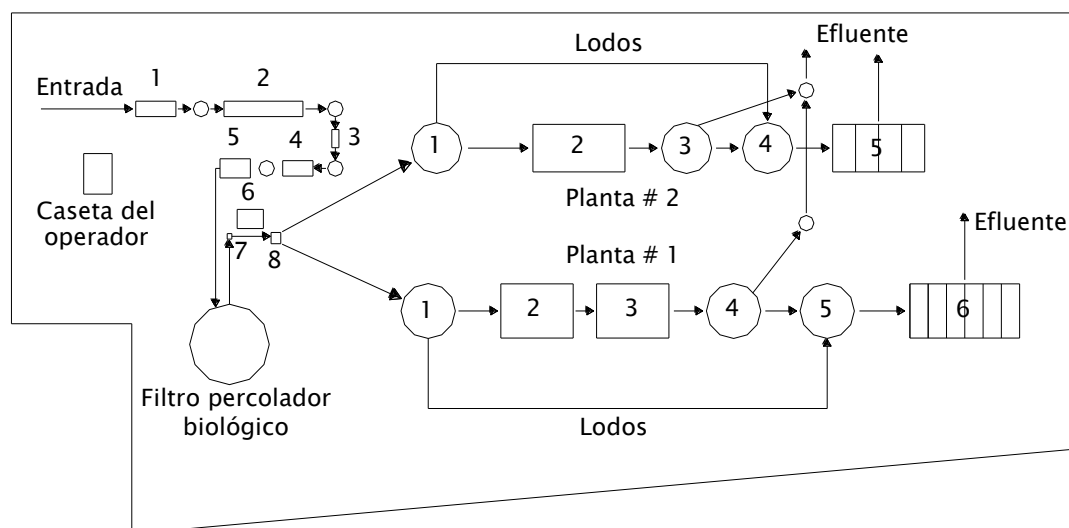
3.3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN ALTA VISTA I Y II

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE ILOPANGO, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: GRUPO ROBLE S. A.

POBLACIÓN SERVIDA: 36,000 PERSONAS.



- | Tratamiento preliminar | Planta # 1 | Planta # 2 |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1.- Canal de rejillas gruesas | 1.- Sedimentador primario | 1.- Sedimentador primario |
| 2.- Desarenadores | 2.- Filtro percolador # 1 | 2.- Filtro percolador # 1 |
| 3.- Medidor Parshall | 3.- Filtro percolador # 2 | 3.- Sedimentador secundario |
| 4.- Canal de rejillas finas | 4.- Sedimentador secundario | 4.- Digestor de lodos |
| 5.- Bombas | 5.- Digestor de lodos | 5.- Patios de secado de lodos |
| 6.- Caseta de control | 6.- Patios de secado de lodos | |
| 7.- Caja de recirculación | | |
| 8.- Caja de repartición | | |

FIGURA 31. Croquis de la planta de tratamiento de la Urbanización Alta Vista I y II (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

La planta de tratamiento de la Urbanización Alta Vista, puede ser dividida de la siguiente manera, Planta # 1, que corresponde a la primera etapa de la urbanización y Planta # 2, que corresponde a la segunda etapa, ambas ubicadas en paralelo sobre el mismo terreno, la Planta # 1 entró en funcionamiento en diciembre de 1995 y la Planta # 2 en noviembre de 1997. Las instalaciones cuentan con cerca perimetral, caseta con bodega y servicio sanitario, además posee energía eléctrica, en la bodega se pudieron observar herramientas como palas, escobas, machetes, cepillos de alambre, carretillas, mangueras, etc., la caseta se encuentra en la entrada

de la planta, se observaron depósitos para basura, los elementos no están identificados con rótulo y no se percibían malos olores en el ambiente.

Inicialmente cuando solo había una planta, la operación era por gravedad, pero con la inclusión de la segunda planta, ahora la operación es por gravedad y por bombeo.

Con referencia a los controles existe una caseta donde se encuentran los tableros, desde allí se controlan los motores de las bombas, los motores de las rejillas tanto gruesas como finas y los ventiladores.

La primera vivienda de la urbanización se encuentra aproximadamente a una distancia de 200 metros, respecto a la entrada de la planta de tratamiento.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar es compartido por la Planta # 1 y la Planta # 2. Los elementos que brindan el tratamiento preliminar son rejillas gruesas, cámaras desarenadoras, medidor Parshall y rejillas finas, cabe señalar que antes de separar el caudal hacia las Planta # 1 y # 2, éste pasa por un filtro percolador biológico. El estado físico de todos estos elementos es muy bueno.

REJILLAS GRUESAS: Se cuenta con dos rejillas gruesas, una por cada cámara desarenadora, dichas rejillas no cuentan con plataforma de escurrimiento ni by-pass, pero poseen pasarela,

fabricada de concreto, para facilitar su limpieza. La limpieza en una de las rejillas se hace mecánicamente y en la otra manualmente.



FIGURA 32. Rejillas gruesas.

CAMARAS DESARENADORAS: Existen dos cámaras desarenadoras construidas de concreto ubicadas en paralelo, al realizar la visita solo una estaba en servicio, no se percibían malos olores. Las compuertas que permiten el paso del agua a las cámaras desarenadoras están en buen estado.



FIGURA 33. Cámaras desarenadoras.

REJILLAS FINAS: Después de que el agua pasa por el medidor Parshall, el cual posee dos sistemas de medición, uno por medio de una regla graduada y el otro por medio de un tablero electrónico, llega a las rejillas finas, las cuales no cuentan con plataforma de escurrimiento ni by-pass, pero poseen pasarela, fabricada de concreto, para facilitar su limpieza. En estas rejillas la limpieza se hace de igual forma que en las rejillas gruesas.



FIGURA 34. Rejillas finas.

FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO

Después que el agua ha recibido el tratamiento preliminar pasa a un tanque cisterna, donde se encuentran tres bombas, con capacidad de bombear 80 litros por segundo cada una, éstas elevan el agua hacia el filtro percolador biológico, que se halla antes de la caja de repartición de caudal a las dos plantas, dicho filtro es de forma circular, esta construido de concreto reforzado, cuenta con pasarela de servicio metálica y tiene aproximadamente 14 metros de diámetro y una altura total de 6.50 metros.

El lecho filtrante es de material sintético, con una profundidad de 5 metros de la altura total del filtro, el agua es distribuida por un rociador que consiste en cuatro tubos perforados, conectados a un motor el cual los hace girar, el sistema se activa automáticamente cuando el caudal llega a un nivel predeterminado.

En el fondo cuenta con tres ventiladores para que el proceso sea aerobio.



FIGURA 35. Filtro percolador biológico.

TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE SEDIMENTADOR TIPO DORTMUND

PLANTA # 1

Es un tanque circular construido de concreto reforzado que cuenta con pasarela de servicio, la cual es de armadura metálica.

Las pantallas son de concreto, tanto la interior como la exterior tienen forma circular. No se observó proliferación de insectos y la presencia de malos olores era mínima. La existencia de

sólidos flotantes era poca. No había espuma en la canaleta perimetral y el cultivo de algas es mínimo.

Las dimensiones del sedimentador son 14 metros de diámetro y una profundidad de 7 metros.



FIGURA 36. Tanque sedimentador primario tipo Dortmund.

PLANTA # 2

Es un tanque circular construido de concreto reforzado que cuenta con pasarela de servicio la cual es de armadura de metal.

Las pantallas son de concreto, tanto la interior como la exterior tienen forma circular. No se observó proliferación de insectos y la presencia de malos olores era mínima. La presencia de sólidos flotantes era poca. No había espuma en la canaleta perimetral y el cultivo de algas es mínimo.

Las dimensiones del sedimentador son 13 metros de diámetro y una profundidad de 7 metros.



FIGURA 37. Tanque sedimentador primario tipo Dortmund.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

FILTROS PERCOLADORES BIOLÓGICOS

PLANTA # 1

Cuenta con dos filtros percoladores biológicos contruidos con bloques de concreto, tienen aproximadamente 2.50 metros de altura, las dos estructuras están en buen estado físico. Cada filtro tiene 20 canaletas de concreto para la distribución uniforme del flujo.

El lecho filtrante de éstos es de piedra volcánica, con un espesor de 0.50 metros. En el fondo de los percoladores existen ventanas para la entrada del aire, de manera que el proceso se realice en condiciones aeróbicas, el agua filtrada sale por estas ventanas y es recogida en canaletas que la trasladan al elemento siguiente.



FIGURA 38. Filtros percoladores biológicos.

PLANTA # 2

Cuenta con un filtro percolador biológico construido con bloques de concreto, tiene aproximadamente 5 metros de altura, la estructura está en buen estado físico. El filtro posee 28 canaletas de concreto para la distribución uniforme del flujo.

El lecho filtrante de éstos es de piedra volcánica, con un espesor de un metro. En el fondo de los percoladores existen ventanas para la entrada del aire, de manera que el proceso se realice en condiciones aeróbicas, el agua filtrada sale por estas ventanas y es recogida en canaletas que la trasladan al elemento siguiente.



FIGURA 39. Filtro percolador biológico.

TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

PLANTA # 1

La estructura de este tanque es similar a la del tanque sedimentador primario, iguales dimensiones, pasarela de servicio y forma de las pantallas; presentaba una cantidad considerable de sólidos flotantes y había presencia malos olores.



FIGURA 40. Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.

PLANTA # 2

También la estructura de este tanque es similar a la del tanque sedimentador primario, iguales dimensiones, pasarela de servicio y forma de las pantallas; presentaba una cantidad considerable de sólidos flotantes y había presencia malos olores.



FIGURA 41. Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund.

TRATAMIENTO DE LODOS

DIGESTOR DE LODOS

PLANTA # 1

El tanque digestor de lodos es circular, construido de concreto reforzado, no cuenta con cerca de protección, pero su estructura física es buena, había presencia de malos olores aunque en pequeña cantidad. La distribución del lodo era uniforme.

La profundidad de éste es de 3 metros y el diámetro de 20 metros.



FIGURA 42. Digestor de lodos.

PLANTA # 2

El tanque digestor de lodos es circular, construido de concreto reforzado, no cuenta con cerca de protección, pero su estructura física es buena, había presencia de malos olores aunque en pequeña cantidad. La distribución del lodo era uniforme.

La profundidad de éste es de 7 metros y el diámetro de 13 metros.



FIGURA 43. Digestor de lodos.

PATIOS DE SECADO

PLANTA # 1

Existen seis patios de secado de dimensiones de 4 metros de ancho por 12 metros de largo, el material del fondo esta constituido por grava, chispa, arena graduada y losetas de concreto que filtran el liquido hasta un tubo de PVC perforado que lo colecta para su disposición final, no existen insectos o malos olores en esta zona.



FIGURA 44. Patios de secado de lodos.

PLANTA # 2

Existen cuatro patios de secado de dimensiones de 5 metros de ancho por 11 metros de largo, el material del fondo esta constituido por grava, chispa, arena graduada y ladrillos de obra que filtran el liquido hasta un tubo de PVC perforado que lo colecta para su disposición final, no existen insectos o malos olores en esta zona.



FIGURA 45. Patios de secado de lodos.

DISPOSICIÓN FINAL

La captación y descarga del agua proveniente de los patios de secado de las plantas 1 y 2 se hace por medio de tuberías ubicadas a un extremo de éstos y se hace directamente a la quebrada Amayo adyacente a la planta. El agua tratada proveniente de los sedimentadores secundarios también es evacuada a través de tuberías a la misma quebrada.

3.3.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DEL HOGAR DEL NIÑO MINUSVÁLIDO ABANDONADO

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: PLANES DE RENDEROS, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: FUNDACIÓN DEL HERMANO PEDRO.

POBLACIÓN SERVIDA: 200 PERSONAS.

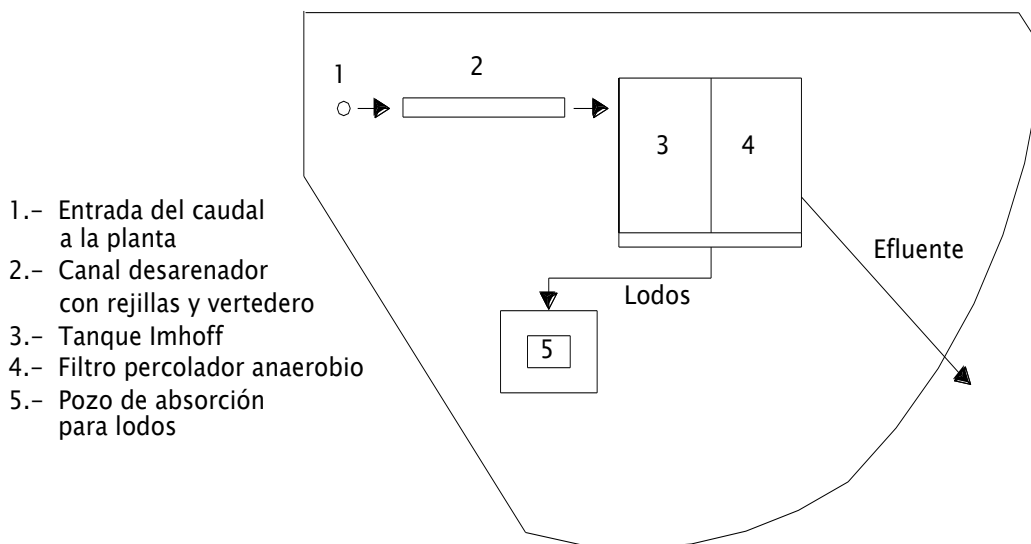


FIGURA 46. Croquis de la planta de tratamiento del Hogar del Niño Minusválido Abandonado (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

Esta planta tiene ocho años de operación, no cuenta con bodega propia, ni operadores ya que son los encargados de la limpieza de todo el Hogar, los que realizan las tareas de limpieza de la planta, no existen dispositivos adecuados para la basura ni para los desechos que salen de la planta y los elementos no cuentan con letreros de identificación.

Con respecto a su ubicación, ésta se encuentra a 20 metros del patio de juego y aulas de los niños albergados en el Hogar, cabe mencionar que este patio está cercado, pero la planta en sí no cuenta con cerca perimetral, la planta opera por gravedad y atiende un caudal de agua residual proveniente de las 200 personas (entre niños, maestros, personal administrativo y de

mantenimiento que permanecen en el lugar). No se perciben olores desagradables en el ambiente dentro ni en los alrededores de la planta.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar esta constituido por un canal que contiene rejillas, un desarenador formado por dos cámaras desarenadoras y un medidor de caudal tipo vertedero rectangular.

REJILLAS: La rejilla esta formada por varillas de acero dispuestas longitudinal y transversalmente formando una parrilla, dicho elemento tiene una inclinación de 60° con respecto a la horizontal, esta parte del canal tiene un metro de ancho, no cuenta con plataforma de escurrimiento ni by-pass. Presentan signos de corrosión y se encontraban muy sucias a la hora de realizar esta visita, hay presencia de olores desagradables y proliferación de insectos.

CAMARAS DESARENADORAS: Existe un desarenador con dos cámaras desarenadoras de 3.5 metros de largo aproximadamente y un metro de ancho cada una, están construidas de concreto y se encuentran en buen estado físico, tienen compuertas herméticas fabricadas de acero, pero éstas se encuentran muy deterioradas por lo que necesitan ser cambiadas, en el momento de la visita una cámara estaba abierta y la otra cerrada, pero por su deterioro dejaba pasar agua a la cámara, hay presencia de olores desagradables.

TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE IMHOFF: El tanque Imhoff para este caso es una estructura incrustada en el suelo, construida de concreto reforzado y no se puede verificar a simple vista si es un tanque o dos, por ser completamente sellado y no tener ningún respiradero ni compuerta de control, tampoco se puede observar el estado de las pantallas ni la presencia de insectos, no se perciben olores desagradables.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

FILTRO PERCOLADOR ANAERÓBICO: La planta cuenta con un percolador anaerobio, ubicado paralelo al tanque Imhoff, es completamente sellado y no cuenta con compuertas para la inspección por lo que no puede observarse su lecho filtrante, ni dispositivos para la distribución del flujo.

TRATAMIENTO DE LODOS

Hay que aclarar que un tanque Imhoff cumple con la labor de sedimentar y darle cierto nivel de tratamiento a los lodos que se producen de un agua residual, los lodos pueden ser removidos hacia otros dispositivos para tratamiento de lodos o como en este caso, directamente a los patios de secado para su deshidratación y posterior disposición final. En este caso para la extracción de los lodos se pueden observar unas tuberías de PVC que depositan los lodos en un pozo que hace las veces de patio de secado.

POZO DE ABSORCIÓN: Está construido de concreto reforzado, tiene forma cuadrada y lecho de secado constituido por grava, pero ya que la extracción ó descarga no se ha realizado nunca en los años que lleva la planta operando no ha sido utilizado.

DISPOSICIÓN FINAL

El agua tratada es conducida a través de una tubería hacia una caja pequeña y de aquí también por tubería es descargada en una quebrada cercana, ubicada al norponiente de las instalaciones del Hogar.

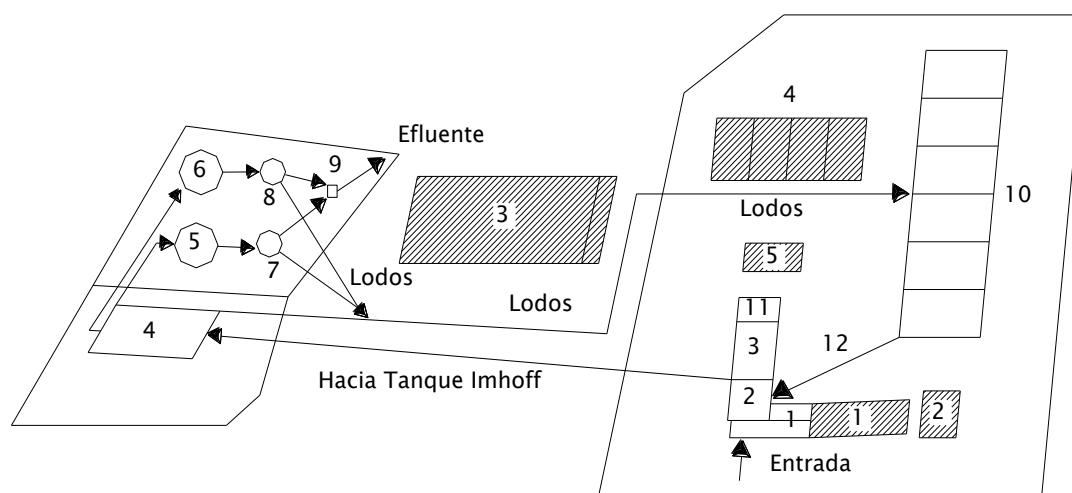
3.3.4 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN DISTRITO ITALIA

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TONACATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: ANDA

POBLACIÓN SERVIDA: 15,000 PERSONAS.



Elementos de la planta nueva
(no se han puesto a funcionar)

- 1.- Desarenadores
- 2.- Bombas
- 3.- Tanque Imhoff
- 4.- Patios de secado
- 5.- Caseta del operador

Elementos de la planta antigua
(Funcionando)

- 1.- Canal de rejillas
- 2.- Tanque cisterna
- 3.- Bombas y caseta de control
- 4.- Tanque Imhoff
- 5.- Filtro percolador biológico # 1
- 6.- Filtro percolador biológico # 2
- 7.- Sedimentador secundario # 1
- 8.- Sedimentador secundario # 2
- 9.- Caja de recolección
- 10.- Patios de secado
- 11.- Caseta del operador
- 12.- Retorno del agua filtrada en los patios de secado al tanque cisterna

Figura 47. Croquis de la planta de la Urbanización Distrito Italia (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

La planta de tratamiento del Distrito Italia tiene 10 años de operación, sin embargo debido al incremento de la población, se ha construido una nueva planta, en el mismo terreno, que todavía no está funcionando. La descripción técnica corresponde a la planta que actualmente está en operación.

Los elementos están distribuidos en dos grupos, cada uno protegido con cerca perimetral, el primer grupo encierra el canal que contiene las rejillas, tanque cisterna, caseta de control, caseta de los operadores y patios de secado, correspondientes a la planta que esta en funcionamiento, además en este grupo se localizan los siguientes elementos de la planta nueva desarenadores, tanque cisterna, caseta de los operadores y patios de secado. En el segundo grupo están el Tanque Imhoff, los filtros percoladores y los sedimentadores tipo Dortmund. El Tanque Imhoff de la planta nueva es el único que no posee cerca perimetral.

Funciona por gravedad y bombeo, ninguno de los elementos contaba con su respectiva identificación, no se observaron depósitos para la recolección de basuras y otros desechos, sin embargo las instalaciones estaban limpias, se percibían malos olores en los alrededores y la presencia de insectos era mínima.

En cuanto a su ubicación respecto a la población se encuentra a unos 700 metros aproximadamente. La distancia se ha estimado desde el centro de la planta hasta la última vivienda de la urbanización.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

REJILLAS Y CANALES: Esta planta cuenta con dos canales, conectados en serie, mediante un by-pass, dichos canales contienen tres rejillas, una en el primero y dos en el segundo. Las dimensiones aproximadas de los canales se detallan a continuación, el primero tiene 0.60 metros de ancho, 4 metros de largo y una profundidad de un metro, el segundo tiene 0.40 metros

de ancho, 2.50 metros de largo y una profundidad de un metro. El material de las rejillas es acero, poseen una separación de una pulgada entre varillas, presentaban poca corrosión y se encuentran ubicadas a 75° respecto a la horizontal. En el momento de la visita no se había realizado limpieza en las rejillas.

Los canales únicamente sirven para asegurar las rejillas.



FIGURA 48. Rejillas y canales.

Después del tratamiento preliminar el agua llega a un tanque cisterna de un metro de ancho, 1.50 de largo y 2 metros de profundidad, desde donde es bombeada. El agua es elevada hacia el Tanque Imhoff por medio de tres bombas de 7.50 HP.

TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE IMHOFF: Está construido de concreto reforzado y a pesar de verse un poco descuidado no presenta ningún tipo de daño. Se observó una capa espesa de lodo en la cámara de gases y

natas. Con respecto a la entrada del agua se pudo notar que dos de las 12 tuberías que llegan al Tanque estaban descargando el agua en la parte de arriba (figuras 48 y 49), lo que distorsiona el proceso de tratamiento, ocasionando que las natas que se encuentran, tanto en la cámara de gases y natas, así como en la cámara de sedimentación no permanezcan estables.



FIGURA 49. Tanque Imhoff (Tubería descargando el agua residual en la cámara de gases y natas y en la cámara de sedimentación).



FIGURA 50. Tanque Imhoff (Tubería descargando el agua residual en la cámara de sedimentación).

TRATAMIENTO SECUNDARIO

FILTROS PERCOLADORES BIOLÓGICOS

Cuenta con dos filtros percoladores biológicos que trabajan simultáneamente, son de forma circular construidos de concreto reforzado, tienen aproximadamente 8 metros de diámetro y 4 metros de altura, la estructura está en buen estado físico. El lecho filtrante de cada uno de los filtros es de piedra de río, con una profundidad de 3 metros de la altura total, el agua es

distribuida por un rociador que consiste en dos tubos perforados, conectados a un eje, el cual gira por la acción de la fuerza del agua.

En el fondo de los percoladores existen ventanas para la entrada del aire, de manera que el proceso se realice en condiciones aeróbicas, el agua tratada sale por estas ventanas y es recogida en canaletas que la trasladan al elemento siguiente.

En este elemento había presencia de olores fuertes.



FIGURA 51. Filtros percoladores biológicos.

TANQUES SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

Son dos tanques circulares contruidos de concreto reforzado cuentan únicamente con una pantalla y carecen de pasarela para la inspección. La presencia de lodos ó sólidos suspendidos era evidente, por lo que se percibían malos olores.

Las dimensiones aproximadas de los sedimentadores son 5 metros de diámetro y una profundidad de 3 metros.

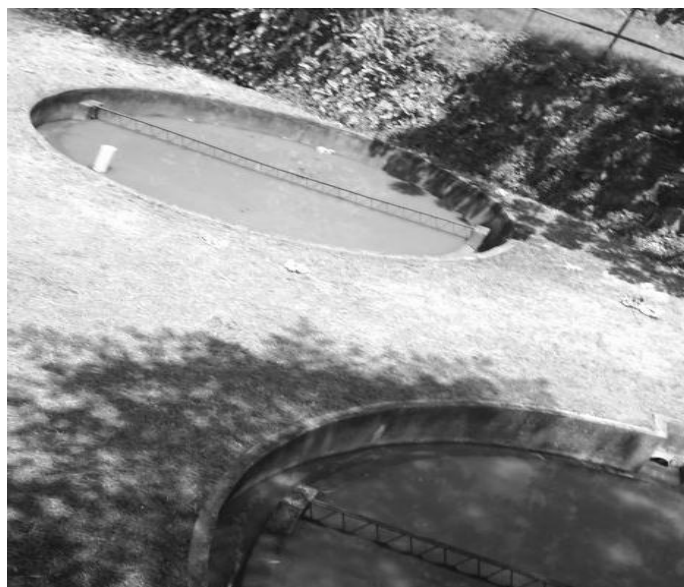


FIGURA 52. Tanques sedimentadores secundarios tipo Dortmund.

TRATAMIENTO DE LODOS

PATIOS DE SECADO: Existen seis patios de secado de dimensiones de 2.50 metros de ancho por 4 metros de largo cada uno, el material del fondo esta constituido por grava y arena graduada que filtran el liquido hasta un tubo de PVC perforado que lo colecta para ser regresado al tanque cisterna, por medio de gravedad.



Figura 53. Patios de secado de lodos.

DISPOSICIÓN FINAL

La descarga del agua tratada se hace a la quebrada Las Flores, la cual llega al río Guaycume, que es un contribuyente del río Las Cañas.

3.3.5 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN SANTA TERESA DE LAS FLORES

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE APOPA, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: CONSTRUCTORA TENZE S. A.

POBLACIÓN SERVIDA: 9,600 PERSONAS.

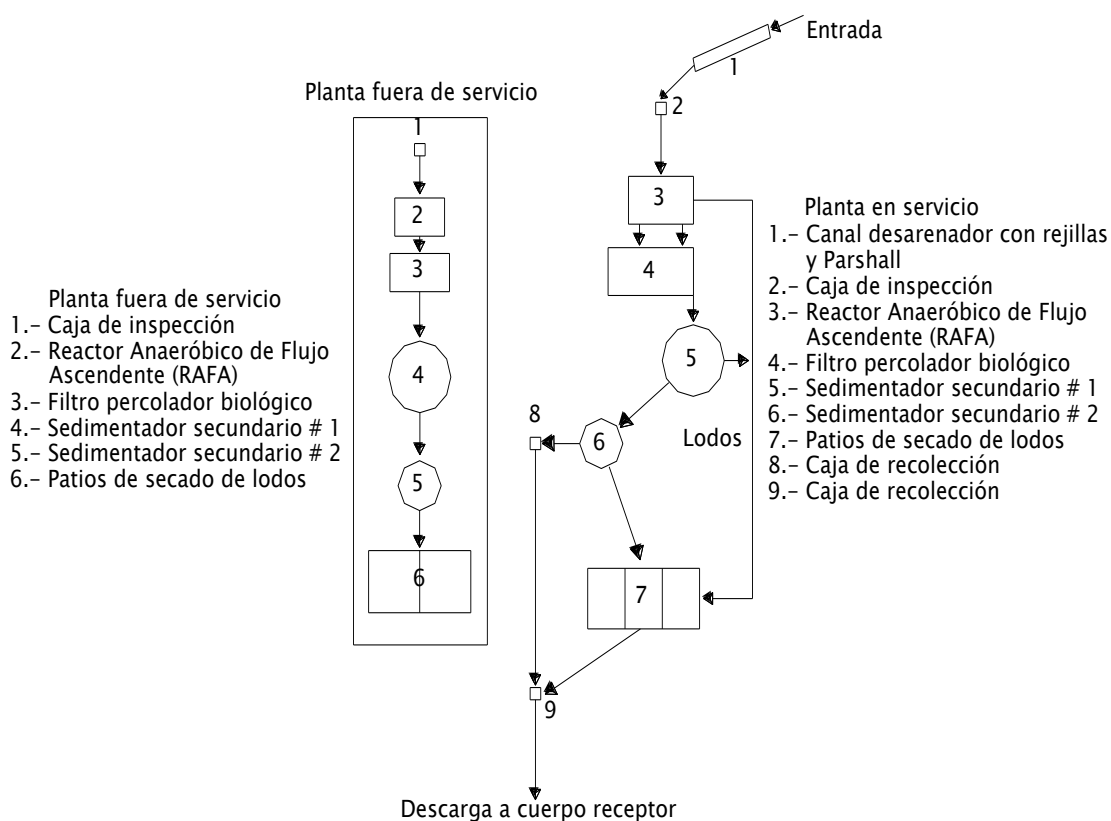


Figura 54. Croquis de la planta de tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

Inicialmente la Urbanización Santa Teresa de las Flores contaba con una planta de tratamiento que comenzó a operar en marzo de 1999, pero debido al incremento de la población, ésta quedó en desuso y se tuvo que construir una planta de mayor capacidad, la cual inició su funcionamiento el 10 de mayo de 2003. La descripción técnica que se presenta a continuación corresponde a la planta que actualmente está en operación.

La planta de tratamiento no cuenta con cerca perimetral ni caseta para el operador, las herramientas que éste utiliza para el mantenimiento, las guarda en una casa que se encuentra a unos 800 metros de la planta, por lo tanto las instalaciones no reúnen las condiciones de espacio y comodidad para el operador.

Funciona por gravedad, y su estado físico es bueno, aunque ninguno de los elementos contaba con su respectiva identificación, las instalaciones estaban llenas de maleza, pero al momento de la visita se realizaba el chapeo, no se observaron depósitos para la recolección de basuras y otros desechos, se percibían malos olores en los alrededores y la presencia de insectos era notoria. En cuanto a su ubicación con respecto a la población se encuentra a unos 200 metros, la distancia se ha considerado desde la entrada de la planta de tratamiento a la última vivienda de la urbanización.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

Los elementos que brindan el tratamiento preliminar son rejillas y cámaras desarenadoras además cuenta con un medidor tipo Parshall.

REJILLA: Esta contenida en un canal de 0.50 metros de ancho por 3.00 metros de largo y una profundidad de 0.75 metros, es de acero, con una separación de dos pulgadas entre barras, colocada a 60° con respecto a la horizontal, no presenta corrosión. En el momento de la visita no se había realizado la limpieza.



Figura 55. Rejilla.

DESARENADOR: Este consiste en dos cámaras desarenadoras construidas de concreto ubicadas en paralelo, al realizar la visita solo una estaba en servicio, la presencia de malos olores era notoria, ya que en la cámara que estaba cerrada no se había efectuado la limpieza. Las compuertas que permiten el paso del agua a las cámaras desarenadoras están en mal estado, prueba de ello es que solamente un pedazo pequeño de 0.25 metros tapaba la cámara que estaba fuera de servicio.



Figura 56. Cámaras desarenadoras.

TRATAMIENTO PRIMARIO

RAFA: El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente está construido de concreto reforzado, las dimensiones de este son 10 metros de ancho, 11 metros de largo y 6 metros de profundidad. El estado físico de la estructura es bueno. Se observó una capa espesa de lodo en la parte superior de este elemento. El RAFA, además cuenta con respiraderos de PVC y 16 ventanas de inspección con tapaderas de concreto, en el momento de la visita se encontraban destapadas tres ventanas, en ellas se observó la presencia de larvas de zancudo, las cuales representan un peligro para los habitantes del lugar.



Figura 57. Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).

TRATAMIENTO SECUNDARIO

FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO

Cuenta con un filtro percolador biológico construido con bloques de concreto, tiene aproximadamente 8 metros de ancho, 18 metros de largo y 3.50 metros de altura, la estructura está en buen estado físico. Tiene 27 canaletas de PVC para la distribución uniforme del flujo. Se pudo notar que el agua no tiene una distribución adecuada, ya que las perforaciones en las canaletas se localizan a una altura en donde el líquido no puede salir.

El lecho filtrante de éstos es de piedra volcánica, con un espesor de 3 metros. En el fondo de los percoladores existen ventanas para la entrada del aire, de manera que el proceso se realice en condiciones aeróbicas, el agua filtrada sale por estas ventanas y es recogida en canaletas que la trasladan a los tanques sedimentadores secundarios.

En este elemento había presencia de olores fuertes.



Figura 58. Filtro percolador biológico.

TANQUES SEDIMENTADORES SECUNDARIOS

Son dos tanques circulares construidos de concreto reforzado, identificados como # 1 y # 2, el sedimentador # 1, cuenta con pasarela de servicio, la cual es de armadura metálica, además posee dos pantallas, la interior tiene forma cuadrada, construida de bloques de concreto y la exterior es circular, elaborada de concreto reforzado, el sedimentador # 2, no posee pasarela de servicio y solo cuenta con una pantalla construida de concreto reforzado.

Se observó una cantidad considerable de insectos en ambas estructuras y la presencia de malos olores era fuerte. La presencia de sólidos flotantes era poca. No había espuma en la canaleta perimetral y el cultivo de algas es mínimo.

Las dimensiones aproximadas de los sedimentadores son las siguientes, para el # 1, 15 metros de diámetro y una profundidad de 3.50 metros, el # 2, 6 metros de diámetro y una profundidad de 3 metros.



Figura 59. Tanque sedimentador secundario
Tipo Dortmund # 1



Figura 60. Tanque sedimentador secundario
Tipo Dortmund # 2

TRATAMIENTO DE LODOS

PATIOS DE SECADO: Existen tres patios de secado de dimensiones de 4 metros de ancho por 9 metros de largo cada uno, el material del fondo esta constituido por piedra graduada, grava # 2, grava # 1, arena sin tamizar y arena graduada que filtran el liquido hasta un tubo de PVC perforado que lo colecta para su disposición final, se observó presencia de insectos en este elemento.

Cabe mencionar que uno de los patios tiene vegetación en su interior, por lo tanto esta fuera de servicio.



Figura 61. Patios de secado de lodos.

DISPOSICIÓN FINAL

La descarga del agua tratada se hace al río Las Cañas, a través de una tubería de PVC de 6 pulgadas de diámetro.

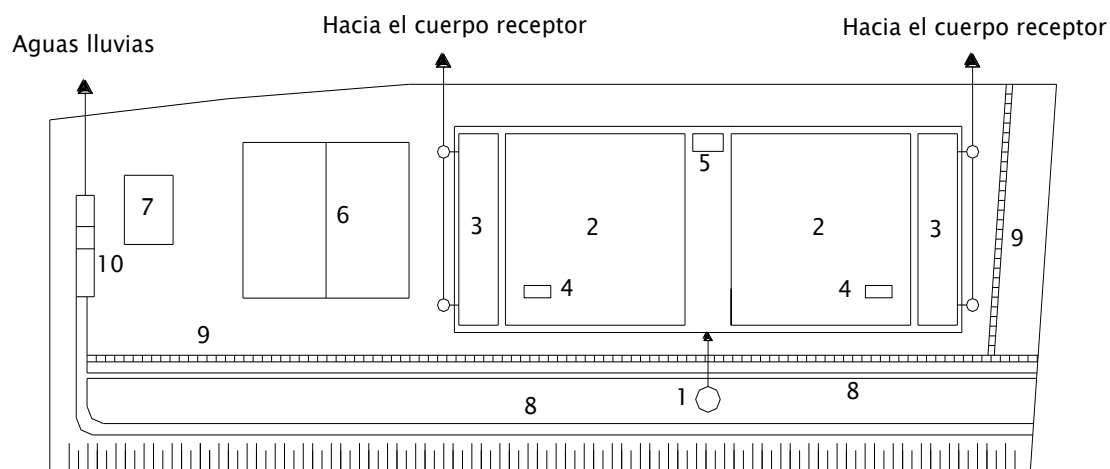
3.3.6 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN ALTOS DEL ESCORIAL

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE MEJICANOS, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

PROPIETARIO: PROCICO

POBLACIÓN SERVIDA: 2,520 PERSONAS.



- | | |
|--|---|
| 1.- Entrada del caudal | 7.- Caseta del operador |
| 2.- Sistema de lodos activados | 8.- Canaletas para aguas Iluvias |
| 3.- Tanques de sedimentación | 9.- Muros de retención |
| 4.- Bombas | 10.- Caja de recolección de aguas Iluvias |
| 5.- Control eléctrico de los difusores | |
| 6.- Patios de secado de lodos | |

Figura 62. Croquis de la planta de tratamiento Altos del Escorial (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

Esta planta tiene cuatro años de operación, las aguas residuales son trasladadas a la entrada por gravedad, no cuenta con cerca perimetral, pero debido a su topografía es difícil que las personas residentes de la urbanización tengan acceso a la misma. A pesar de tener caseta para el operador ésta se encuentra en desuso, ya que la persona encargada de darle mantenimiento a la planta no está fija, no existen dispositivos para la basura ni para los desechos que salen de la planta y los elementos no cuentan con letreros de identificación.

En el lugar debido al descuido la gente tira la basura en la planta, provocando así la proliferación de insectos y el deterioro de las instalaciones. Se perciben olores desagradables en los alrededores de la planta.

La caseta de control se encuentra construida sobre el tanque cisterna, en la cual se hallan los tableros de control de los motores de las bombas y los aireadores. En el momento de la visita se pusieron a funcionar las bombas.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

No existe tratamiento preliminar, el agua ingresa directamente del pozo de llegada a la planta.

TRATAMIENTO PRIMARIO

LODOS ACTIVADOS: La modalidad del proceso es de aireación extendida con régimen completamente mezclado, el sistema de lodos activados está constituido por dos tanques paralelos de 8.50 metros de longitud, 8 metros de ancho y 3.50 metros de profundidad útil, cada uno cuenta con una bomba para poner en marcha los tanques de aireación; los tanques no poseen cerca de protección, sin embargo el operador puede realizar el mantenimiento y las inspecciones de una manera segura.

Los ciclos de mezcla no deben ser menores de 7.50 minutos cada media hora, según el manual de operación de la planta, sin embargo el operador solamente pone en marcha los

motores tres veces al día, 5 minutos en la mañana, 10 minutos al mediodía y 6 minutos por la tarde, es evidente que la planta no realiza su función a cabalidad.



Figura 63. Tanques de lodos activados.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA: Los tanques de lodos activados han sido equipados con tuberías en la parte posterior que sirven para transportar el agua tratada a los tanques de sedimentación secundaria cuando se alcanza el nivel de rebalse.

TRATAMIENTO DE LODOS

PATIO DE SECADO: La planta cuenta con dos patios de secado con las siguientes dimensiones, 7.20 metros de largo, 3.60 metros de ancho y 1 metro de profundidad, el fondo esta emplastillado con una capa de mortero y al centro tiene un filtro de rocas, las cuales poseen un tamaño

aproximado de 4 pulgadas, debido a que la extracción de lodos nunca se ha realizado en el tiempo que esta planta tiene de operar, los patios se encuentran descuidados a tal grado que en el lecho de rocas hay presencia de mucha vegetación.



Figura 64. Patios de secado de lodos.

DISPOSICIÓN FINAL

Después que las aguas residuales han sido tratadas, éstas son descargadas en la quebrada Chancala.

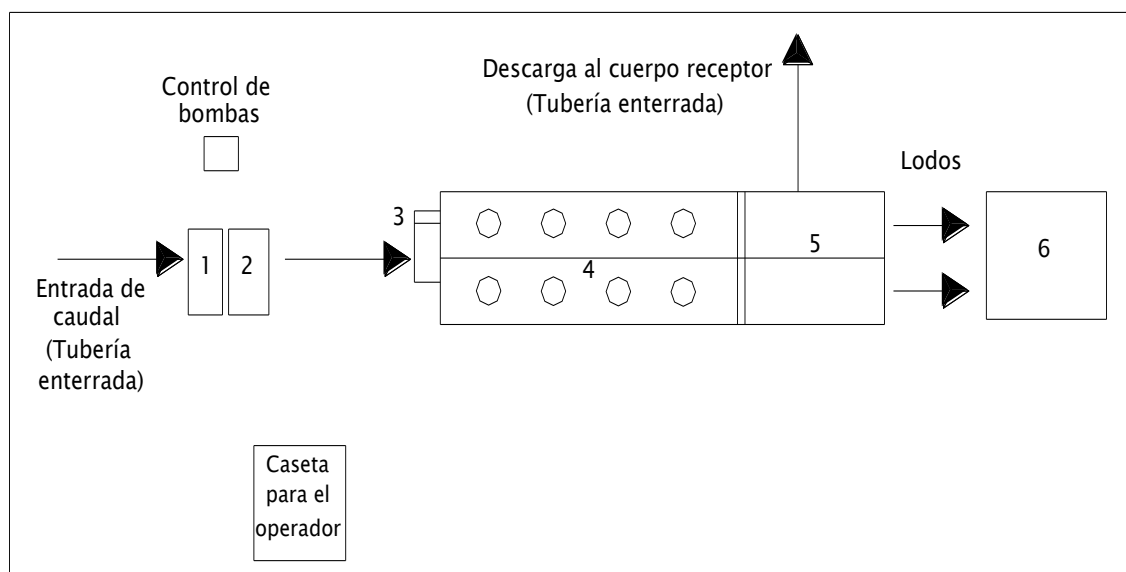
3.3.7 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ZONA FRANCA EL PEDREGAL

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: CARRETERA A ZACATECOLUCA Y DESVIO COSTA DEL SOL

PROPIETARIO: ZONA FRANCA EL PEDREGAL

POBLACIÓN SERVIDA: 7,000 PERSONAS



- 1.- Caseta con rejillas y medidor de caudal
- 2.- Caseta de control de aireadores
- 3.- Control eléctrico de los aireadores
- 4.- Sistema de lodos activados
- 5.- Tanques de sedimentación
- 6.- Patios de secado de lodos

Figura 65. Croquis de la planta de tratamiento Zona Franca El Pedregal (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

La planta de la Zona Franca "El Pedregal" comenzó a funcionar en Marzo de 1993. El tipo de agua que va a la planta de tratamiento es básicamente la proveniente de los servicios sanitarios y cocinas, ya que las fábricas albergadas en la zona franca no utilizan agua en sus procesos de producción.

El agua residual es almacenada en una cisterna central con un volumen de 1200 m³, la tubería que transporta las aguas negras de esta cisterna hacia la planta de tratamiento es de 12

pulgadas, reduciéndose el diámetro a la mitad al entrar a la planta, es necesario aclarar que debido a la topografía plana del terreno todo el proceso se realiza por bombeo.

Con respecto a la ubicación de la planta, ésta se encuentra a ½ kilómetro fuera de la zona franca, la distancia fue tomada desde la entrada de la zona franca hasta la entrada de la planta de tratamiento, cuenta con cerca perimetral, caseta de control; las instalaciones para los operadores están albergadas en una casa de campo que cuenta con 2 habitaciones pequeñas, cocina, servicio sanitario, ducha, y un pequeño corredor donde el operador puede descansar, todas las instalaciones se encuentran en buen estado, seguras y limpias.

En cuanto a la caseta de control existe una caseta donde se encuentran los tableros de control de los motores de las bombas y los aireadores y otra donde se encuentran los motores de las bombas, está caseta se encuentra construida sobre el tanque cisterna.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

REJILLAS: El tratamiento preliminar de la planta está constituido por rejillas de acero, utilizadas para separar los sólidos gruesos, permitiendo así el bombeo, aunque en algunas ocasiones los sólidos gruesos no son retenidos y pasan a un tanque cisterna desde donde se bombea el agua hacia los tanques de lodos activados. Es de hacer notar que cuando un sólido grueso pasa de las rejillas y llega a la cisterna éste es desmenuzado por las bombas, lo que produce un ruido característico, pero las bombas no se paran por que este ruido es conocido por los operadores de

la planta, si surge un problema durante el bombeo se activa una alarma y se apagan los motores automáticamente. La inclinación de las rejillas es de 60° con respecto a la horizontal.

Los motores trabajan 24 horas, por lo que es necesario que tengan un mantenimiento periódico, actualmente las piezas de los motores de las bombas y los aireadores son fabricadas en el país pero anteriormente tenían que ser enviadas desde Estados Unidos.

TRATAMIENTO PRIMARIO

LODOS ACTIVADOS: La modalidad del proceso es de mezcla completa y el sistema de lodos activados está constituido por dos tanques paralelos de 19 metros de longitud, 5 metros de ancho y 5 metros de profundidad útil, cada uno cuenta con cuatro aireadores tipo estacionarios/fijos verticales que tienen una potencia total de 24 HP, (6 HP cada aireador); los tanques están rodeados por una cerca de protección que permite la circulación de los operadores de forma segura para efectuar inspecciones y mantenimiento.

Los aireadores generan una turbulencia constante y uniforme en todo el volumen de los tanques por lo que no se produce sedimentación alguna.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA: Los tanques de lodos activados tienen un nivel de rebalse, cuando este es alcanzado se transporta el agua tratada a los tanques de sedimentación

secundaria por medio de unas canaletas ubicadas al final de los tanques de lodos activados, el período de retención en estos tanques es de aproximadamente 72 horas.

TRATAMIENTO DE LODOS

PATIOS DE SECADO: Los lodos son depositados en los patios donde son secados por evaporación y por infiltración del agua en su fondo, perimetralmente, están contruidos de bloques de concreto y su fondo también está formado por bloques de concreto colocados de lazo y sus agujeros son llenados con arena.

DISPOSICIÓN FINAL

Las aguas ya tratadas son descargadas en un pequeño arroyo que las transporta al río Jiboa.

3.3.8 PLANTA CON LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ANSP (ACADEMIA NACIONAL DE SEGURIDAD PÚBLICA)

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN LUIS TALPA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ, CONTIGUO AL AEROPUETO INTERNACIONAL DE EL SALVADOR.

PROPIETARIO: ACADEMIA NACIONAL DE SEGURIDAD PÚBLICA

POBLACIÓN SERVIDA: 3,500 PERSONAS

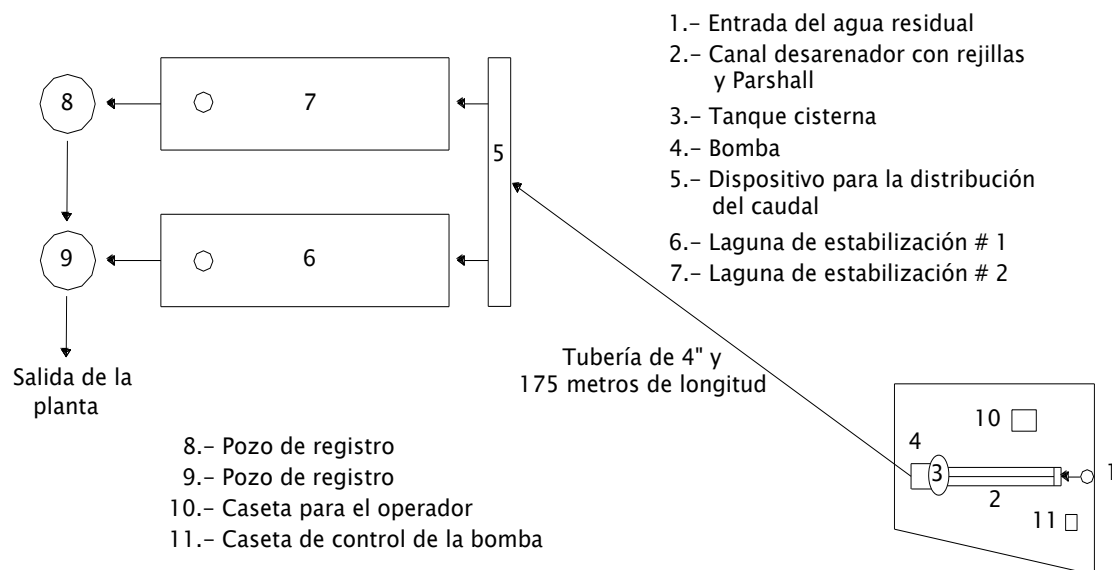


Figura 66. Croquis de la planta de tratamiento de ANSP, San Luis Talpa (sin escala).

ASPECTOS GENERALES:

Esta planta de tratamiento comenzó su funcionamiento en mayo de 1998, actualmente opera por debajo de su capacidad de diseño. Las instalaciones se encuentran en buen estado físico, limpias y no se percibían malos olores en el ambiente.

La planta cuenta con una caseta construida de bloques de concreto y láminas de asbesto - cemento, está dividida en un corredor frontal y dos cuartos, uno para el operador y el otro para guardar las herramientas de trabajo, cuenta con servicios sanitarios, un chorro de agua potable que sirve para la limpieza de algunos elementos, riego y para que el operador pueda abastecerse. Además, cuenta con tratamiento preliminar y primario, pero éstos se encuentran separados, los elementos que realizan el tratamiento preliminar están juntos y el agua se traslada

hacia las lagunas a través de una tubería de 175 metros de longitud aproximadamente y un diámetro de 6 pulgadas.

TRATAMIENTO PRELIMINAR

Se encuentra constituido por los siguientes elementos: rejas, cámaras desarenadoras y un medidor de caudal tipo Parshall para luego pasar a un tanque cisterna desde donde se bombea el agua residual a las lagunas de estabilización.

Todos estos elementos se encuentran protegidos por una cerca perimetral.

REJILLAS: El material de que están hechas es de acero, presentando una corrosión considerable. La separación entre las rejillas es de 2.54 centímetros (1 pulgada), teniendo una inclinación de 50° con la vertical, contando con una plataforma de escurrimiento hecha de concreto, no cuenta con by - pass.



Figura 67. Rejillas.

DESARENADOR: Cuenta con dos cámaras desarenadoras colocadas en paralelo, las dimensiones aproximadas de cada cámara son de 0.675 metros de ancho por 2.50 metros de largo. Las compuertas están hechas de metal y cierran de forma hermética. En el momento de la visita se encontraban trabajando ambas cámaras desarenadoras, sin embargo no se había realizado la limpieza de éstas.



Figura 68. Cámaras desarenadoras.

Al final de los desarenadores, se construyó una salida de emergencia, tal como se muestra en la figura 68, que descarga directamente a una quebrada adyacente, a raíz de los problemas que ocasionan los alumnos de la Academia al dejar ir uniformes completos en el sistema de tratamiento.

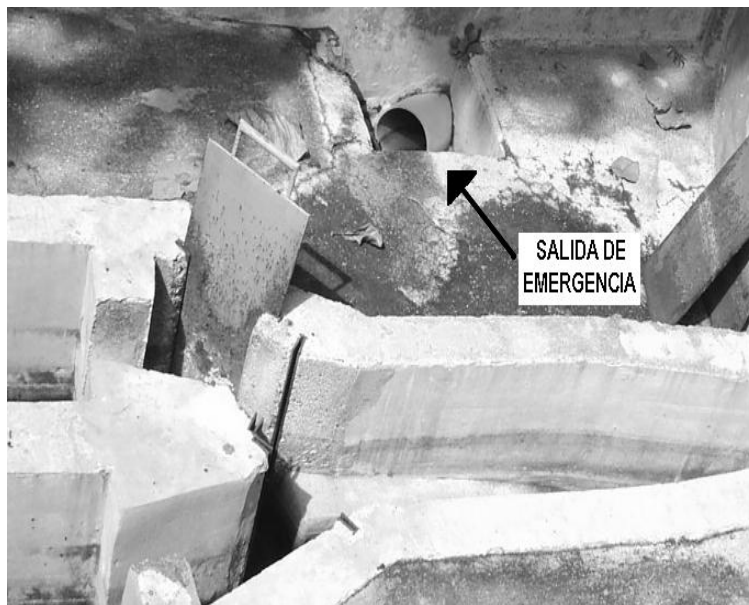


Figura 69. Salida de emergencia.

TANQUE CISTERNA: Está construido de concreto reforzado con un diámetro aproximado de 5 metros y una profundidad de 7 metros, contando con una compuerta para la inspección hacia el interior donde hay una escalera para facilitar el trabajo de limpieza (presenta bastante corrosión), también cuenta con respiraderos para eliminar los gases.

Al alcanzar el agua cierto nivel superior se acciona un dispositivo que pone en funcionamiento la bomba y al bajar a un nivel predeterminado deja de bombear hacia las lagunas.

TRATAMIENTO PRIMARIO

LAGUNAS FACULTATIVAS: Existen dos lagunas cuya profundidad total es de 2 metros, 1.60 metros de profundidad máxima de agua y 0.40 metros de bordo libre, por lo tanto en la parte superior son aerobias (presencia de algas que dan un color verde característico a la superficie de

las lagunas) y en la parte inferior son anaerobias, están diseñadas para que funcionen en paralelo. La relación entre los taludes laterales es de 1:1, el tiempo de retención es de 10 días, las dimensiones de éstas son 100 metros de largo por 44 metros de ancho. La llegada del agua a las lagunas es a través de cajas de distribución cuya función es distribuir el flujo de forma uniforme. En el momento de la visita el agua residual procedente del tratamiento preliminar estaba llegando a la segunda laguna.

Los taludes han sido estabilizados contra la erosión, mediante el uso de zacate, el cual se debe mantener a una determinada altura, para evitar el crecimiento de algas en las orillas de las lagunas.

La coloración del agua de la primera laguna es verde lechoso y la segunda presenta un tono verde oscuro.

La evacuación del agua de las lagunas se realiza a través de tuberías hacia pozos de registro, el color del agua del efluente es verde claro y su disposición final es a la quebrada Nuevo Edén, que pasa sobre el terreno de la Academia.



Figura 70. Laguna de estabilización # 1



Figura 71. Laguna de estabilización # 2

TRATAMIENTO SECUNDARIO

No existen elementos para proporcionar tratamiento secundario.

DISPOSICIÓN FINAL

El agua residual tratada es descargada directamente de las lagunas hacia la quebrada Nuevo Edén, que pasa sobre el terreno de la Academia.

3.3.9 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOURDES

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

UBICACIÓN: MUNICIPIO DE LOURDES COLÓN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.

PROPIETARIO: COURBAN S. A. DE C. V.

POBLACIÓN SERVIDA: 18,000 PERSONAS.

ASPECTOS GENERALES:

Esta planta de tratamiento inició su funcionamiento en mayo de 1997. El agua residual de la urbanización Villa Lourdes es trasladada por gravedad a la planta para recibir el respectivo tratamiento antes de ser descargada al cuerpo receptor. Cuenta con cerca perimetral de malla ciclón y un portón de acceso; no cuenta con caseta para los operadores, pero si con una bodega improvisada con plásticos en donde se pudo observar algunas herramientas que los operadores utilizan para el mantenimiento, tampoco se cuenta con servicios sanitarios, por lo tanto no reúne las condiciones de espacio y comodidad para los operadores.

Funciona por gravedad, y su estado físico es bueno, sin embargo ninguno de los elementos contaba con su respectiva identificación, las instalaciones estaban limpias aunque no se observaron depósitos para la recolección de basuras y otros desechos, se percibían malos olores en los alrededores. En cuanto a su ubicación con respecto a la población se encuentra a unos 150 metros, la distancia fue tomada desde la entrada de la planta a la primera vivienda de la urbanización.

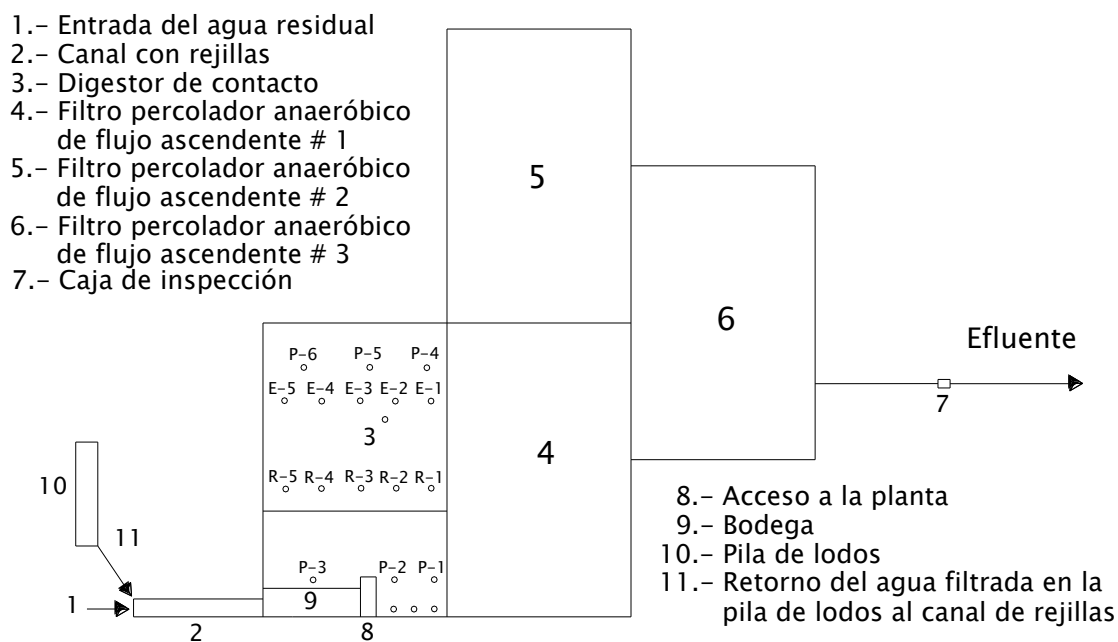


Figura 72. Croquis de la planta de tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes (sin escala).

TRATAMIENTO PRELIMINAR

REJILLAS: El tratamiento preliminar esta constituido por un canal de 0.75 metros de ancho por 3.00 metros de largo y una profundidad de 0.45 metros que contiene dos rejillas de acero, utilizadas para separar los sólidos gruesos, la primera rejilla es de acero colocado en ambas direcciones, el acero de la dirección longitudinal es de platina de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor, con una separación de una pulgada y el de la dirección trasversal es de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro con una separación de 10 centímetros, colocada a 45° con respecto a la horizontal, presenta bastante corrosión, la segunda rejilla es de acero dispuesto en ambas direcciones de $\frac{3}{4}$ de pulgada, con una separación de una pulgada para las dos direcciones, formando un ángulo de

90° con la horizontal, también presenta corrosión considerable. En el momento de la visita se realizaba la limpieza.



Figura 73. Rejillas.

TRATAMIENTO PRIMARIO

DIGESTOR DE CONTACTO DE MEZCLADO CONTINUO: Esta dividido en dos celdas. La celda de entrada, la cual sirve como una cuenca de sedimentación/retención de sólidos, tiene las siguientes dimensiones (largo = 16 metros; ancho = 12 metros; altura de la cuenca = 4.5 metros; profundidad del agua = 3.75 metros). Las aguas negras entran a esta cuenca a través de una tubería principal de diámetro de 6 pulgadas. Esta tubería primaria, abastece 5 tuberías de descarga de 6 pulgadas de diámetro, que son direccionadas a 90° cerca del fondo del tanque, llevando así las aguas negras fuera de esta cuenca. Estas tuberías de descarga de 6 pulgadas de diámetro son doble "T" permitiendo así que cada una de estas tuberías sirva tanto como un

puerto de “limpieza” así como de “entrada” para el mezclado periódico, con una bomba externa portátil, de esta porción de la cuenca.

La primera celda del digestor también tiene tres puertos de bombeo (P-1; P-2; P-3). Estos puertos de bombeo son de 6 pulgadas de diámetro. La parte superior de cada tubo se reduce de 6 a 4 pulgadas. Esta parte de la tubería de 4 pulgadas de diámetro es utilizada para que la bomba portátil pueda ser conectada directamente a estos puertos. Cada puerto de bombeo lleva un tapón con rosca de 4 pulgadas de diámetro. La remoción de sólidos acumulados en el segundo compartimento de este tanque de dos celdas será realizada bombeando de los puertos del segundo compartimento (P-4; P-5; P-6) de regreso a los puertos de remoción de lodos (R-1; R-2; R-3; R-4; R-5). El retorno de estos sólidos al primer compartimento del digestor ayudarán y asegurarán el mantenimiento del tanque de retención al proporcionarle sólidos. Todo el desecho final de los sólidos será realizado de los puertos de bombeo (P-1; P-2; P-3).

El tiempo de retención para la primera celda es de 8 horas basado en la cantidad promedio de descarga. 8 horas en el puerto de entrada (tanque de retención de sólidos) y cuatro horas en el segundo tanque de este digestor de dos compartimentos.

La segunda celda de este Digestor de Contacto de Mezclado Periódico sirve para un segundo propósito. Proporciona tiempo adicional de retención, (4 horas adicionales) lo cual lleva al tiempo total de retención del Digestor de Contacto mezclado periódicamente a un mínimo de 12 horas. Además, permite la sedimentación adicional de sólidos bajo condiciones de equilibrio

en las mismas condiciones que en la primera celda que es la más activa de estas dos. Esta segunda “celda de retención” tiene las dimensiones básicas (largo = 12 metros; ancho = 12 metros; altura de cuenca = 4.5 metros; y profundidad de agua = 3.75 metros).

Este Digestor de Contacto de mezclado periódico remueve aproximadamente 50% de la DBO original entrante y prácticamente 100% de los sólidos suspendidos entrantes. La DBO que sale de este tanque de dos celdas debe de ser esencialmente soluble y los sólidos suspendidos que salen deberían de ser predominantemente biomasa suspendida y pequeños sólidos suspendidos.



Figura 74. Digestor de contacto de mezclado continuo.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

FILTROS PERCOLADORES ANAERÓBICOS: Esta planta tiene 3 filtros percoladores anaeróbicos arreglados en serie. El agua servida que sale del digestor de contacto debe pasar por cada uno de los tres filtros. Cada uno de estos filtros de flujo ascendente tienen las mismas dimensiones, (largo = 24 metros; ancho = 24 metros; altura de la cuenca = 4.50 metros; profundidad del filtro de roca = 3.75 metros; profundidad del agua = 4.05 metros). Cada uno de estos 3, sigue hidráulicamente, el mismo arreglo de las tuberías.

El material del lecho filtrante es roca volcánica clasificada y limpia, según las especificaciones técnicas la roca volcánica debe ser de distinto tamaño para cada filtro, sin embargo, en esta planta se colocó el mismo tamaño de material filtrante, lo que ocasionó problemas en los primeros tres años de funcionamiento.

En la superficie del filtro # 1 se pudo observar plantas acuáticas (ninfas), la superficie del filtro # 2 y filtro # 3, estaban libres de éstas, pero posteriormente también se cultivaron, por aspectos estéticos y por recomendación del diseñador.

Los filtros están contruidos de concreto reforzado y su estado físico es bueno, no cuenta con pasarelas de servicio para realizar el mantenimiento, por lo tanto es muy insegura para los operadores.



Figura 75. Filtros percoladores anaeróbicos.

TRATAMIENTO DE LODOS

El Digestor de Contacto cumple con la labor de sedimentar y darle cierto nivel de tratamiento a los lodos y al agua residual, los lodos pueden ser removidos hacia los otros dispositivos de tratamiento de lodos o como en este caso, directamente a la pila de secado para su deshidratación y posteriormente dispuestos de forma final, como abono para zonas verdes.

PILA DE SECADO: Solamente existe una pila de secado de dimensiones de 2 metros de ancho por 8 metros de largo, construida de bloques de concreto, el material filtrante es una malla colocada sobre toda la pila, en el fondo, se apoya en una cama metálica que ayuda a recolectar el líquido filtrado para luego ser conducido por una tubería de PVC de 4 pulgadas hacia el canal del tratamiento preliminar.



Figura 76. Pila de secado de lodos.

DISPOSICIÓN FINAL

La descarga del agua tratada se hace al río Colón, a través de una tubería de PVC de 6 pulgadas de diámetro.



Figura 77. Descarga del agua residual al cuerpo receptor.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

4.1 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

Para llevar a cabo el análisis del mantenimiento y operación de las plantas de tratamiento estudiadas, éstas han sido divididas según los procesos de tratamiento que las integran, estableciéndose el siguiente orden:

- ♦ Tratamiento preliminar.
- ♦ Tratamiento primario.
- ♦ Tratamiento secundario.
- ♦ Tratamiento terciario.
- ♦ Tratamiento de lodos.

Estos procesos a su vez han sido divididos de acuerdo a los elementos que los constituyen, después, cada elemento es comentado tomando en cuenta los aspectos siguientes:

- ♦ Estructura física: Se analiza si los elementos existentes están equipados de manera que puedan cumplir con sus funciones, también el estado de la infraestructura, materiales de que están contruidos los elementos, etc.

- ♦ Mantenimiento y operación: Se comparan las recomendaciones de mantenimiento y operación dadas por diversos autores con las actividades que los operadores realizan en las plantas de tratamiento.
- ♦ Disposición de los desechos generados: Se analiza si la disposición de los desechos que generan diversos elementos se hace de manera que no produzcan condiciones insalubres en las plantas.

4.1.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

4.1.1.1 REJILLAS, DESARENADORES Y MEDIDORES DE CAUDAL

De las diez plantas estudiadas, seis cuentan con tratamiento preliminar, constituido por rejillas, desarenadores y un medidor de caudal; tres plantas cuentan solo con rejillas y la restante no tiene tratamiento preliminar.

En todos los casos, las rejillas, desarenadores y medidores de caudal se han construido en un solo canal, excepto en la Urbanización Alta Vista, donde estos elementos están en forma separada. Se analizarán a continuación en conjunto las rejillas y desarenadores y aparte el medidor de caudal.

ESTRUCTURA FÍSICA

En cuanto a su estructura, las rejillas y desarenadores cuentan con los dispositivos necesarios para su operación como lo son plataforma de escurrimiento, dos cámaras desarenadoras como mínimo y compuertas; por no ser muy anchos los canales, en la mayoría de las plantas se ha prescindido de las pasarelas sólo una planta posee by-pass, además como el material mas utilizado para las compuertas es el acero éstas tienden a corroerse, todos los canales están contruidos de concreto y las rejillas son fabricadas de acero.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los periodos de limpieza de las rejillas varían de dos veces al día a tres veces al día, los desarenadores son limpiados una vez a la semana, y por lo general se pone fuera de servicio uno para limpiarlo y se deja funcionando el otro, de manera que trabajen de forma alterna, sólo cuando llega a la planta un caudal muy grande se ponen a trabajar los dos canales.

En ninguna de las plantas visitadas se limpia regularmente la arena que se azolva aguas arriba de las rejillas, tampoco se efectúa frecuentemente la limpieza de paredes y plataforma de escurrimiento.

TABLA 21. Comparación entre el mantenimiento que reciben los elementos del tratamiento preliminar y lo recomendado por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REQUERIDOS
♦ Periodos de limpieza de las rejillas varía de dos a tres veces por día.	♦ Las rejillas deben ser limpiadas dos veces al día (1) (2)

<ul style="list-style-type: none"> ◆ Los desarenadores son limpiados una vez a la semana. ◆ No se limpian regularmente la arena que se azolva aguas arribas de las rejillas. ◆ No se limpian frecuentemente las paredes y plataformas de escurrimiento. ◆ Solo en tres plantas se realizan mediciones de caudal diarias. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cubrir los materiales sacados de las rejillas con cal para evitar malos olores (2) ◆ El operador debe utilizar guantes de hule al recolectar los sólidos (1) (2) ◆ Asegurarse que la placa perforada se mantenga limpia en su parte superior (1) ◆ Colocar los sólidos escurridos en un contenedor (1) ◆ Limpiar semanalmente con agua a presión las rejillas (1) ◆ Revisar una vez al año las rejillas y compuertas (1) ◆ Limpiar los desarenadores por lo menos una vez al día (1) ◆ El desarenador fuera de operación debe quedar limpio de sedimentos o agua estancada (1) ◆ Limpiar las paredes, piso y cinta de medición semanalmente (1) ◆ Hacer dos mediciones del caudal instantáneo entrante por la mañana y por la tarde (1) ◆ Revisar cada año la escala colocada para medir el tirante de agua (1)
--	---

(1) Instructivo práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFV)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

En todos los casos la forma de disponer las basuras y arenas recolectadas es enterrándolas, no se cuenta con dispositivos para la recolección y el almacenamiento temporal de los desechos.

MEDIDORES DE CAUDAL

De las plantas estudiadas, cuatro no cuentan con ningún dispositivo de medición de caudal, una utiliza un vertedero rectangular y cinco poseen un medidor tipo Parshall. Sólo en tres plantas se efectúan mediciones diarias, las cuales son registradas. En tres plantas se cuenta con reglas graduadas y en dos hay un dispositivo electrónico para medir el caudal.

4.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Los elementos que se estudian del tratamiento primario son:

- * Tanques de Sedimentación tipo Dortmund
- * Tanques Imhoff
- * Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)
- * Lodos Activados
- * Lagunas de Estabilización
- * Digestor de Contacto de Mezclado Continuo

4.1.2.1 TANQUES DE SEDIMENTACIÓN TIPO DORTMUND

Tres de las diez plantas visitadas utilizan tanques Dortmund para la sedimentación primaria, estos tanques se caracterizan por su forma circular y cónica, y por las pantallas concéntricas que facilitan la sedimentación.

ESTRUCTURA FÍSICA

Los tanques están hechos de concreto, repellados y afinados, no presentan signos de deterioro. El agua residual es depositada en una canaleta perimetral a través de vertederos ya sea por decantación rebose o por un vertedero triangular, para evitar el efecto de remolino o aspiraciones. Todos cuentan con pasarelas de servicio fabricadas de acero.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento que se le da a estos tanques es la remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie del agua y limpieza de la canaleta perimetral, con respecto a la extracción de lodos, los criterios de limpieza varían, pues mientras que en dos de las plantas se realiza una vez al día, en la planta restante se efectúa dos veces al día (este período está dentro del rango recomendado).

El tiempo que dura la extracción de lodos varía de 30 segundos a un minuto, es por medio de gravedad y se logra abriendo la válvula de desalojo de lodos, teniendo cuidado de subir y bajar lentamente el eje de la válvula.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre el mantenimiento que reciben los tanques tipo Dortmund y las recomendaciones de diversos autores:

TABLA 22. Comparación entre el mantenimiento que reciben los tanques tipo Dortmund y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie. ➤ Limpieza diaria de la canaleta perimetral. ➤ Extracción de lodos dos veces por día de 30 segundos a un minuto de duración (en una planta) y cada 24 horas, durante un minuto de duración en las dos restantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Extraer lodos dos veces por día (1) ➤ Retirar diariamente natas, espumas y sólidos flotantes de la superficie (1) (2) ➤ Limpiar el canal perimetral diariamente (1) (2) ➤ Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor (1) (2) ➤ Pintar el puente de inspección una vez cada seis meses (1) ➤ Llevar un control de las horas y volúmenes de descargas (1) ➤ Una vez al año vaciar el tanque y revisar la estructura, localizar los puntos de corrosión de los vertederos, mamparas deflectoras y tolva central (2)

(1) Instructivo práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFV)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Las natas y sólidos removidos son depositados en los patios de secado de lodos.

4.1.2.2 TANQUES IMHOFF

De la muestra seleccionada, dos plantas utilizan tanque Imhoff para realizar la sedimentación primaria, la forma de estos tanques es rectangular, uno esta abierto en la parte de arriba y el otro es completamente cerrado.

ESTRUCTURA FÍSICA

Los dos tanques estudiados están contruidos de concreto con repello externo, en uno, los gases escapan al ambiente por estar descubierta en la parte superior, el otro está cubierto con una plancha de concreto sellada que impide la salida de los gases y olores, además impide la inspección ya que no se construyeron compuertas, lo cual tampoco permite los trabajos de limpieza.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento que recibe el tanque Imhoff en una de las plantas es la remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie del agua, la extracción de los lodos se realiza una vez al mes, por medio de gravedad. En la otra planta no se da ningún tipo de mantenimiento.

TABLA 23. Comparación entre las recomendaciones de diversos autores y el mantenimiento que recibe el tanque Imhoff estudiado.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se le da mantenimiento y operación (una planta). ▪ Remoción diaria de las natas y lodos que flotan en la superficie (en la otra planta). ▪ Extracción de lodos una vez cada al mes (en la otra planta). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminar diariamente los gases, natas y sólidos flotantes del compartimiento de sedimentación (3). ▪ Limpiar semanalmente las ranuras del compartimiento de sedimentación (3). ▪ Controlar la nata de la cámara de natas rompiéndola por medio de chorros de agua a presión manteniéndola húmeda y quitándola cuando su espesor llegue a unos 60- 90 cm. (3) ▪ La descarga de lodos debe hacerse antes de que su nivel llegue a cerca de 45 cm. de distancia de la ranura del compartimiento de sedimentación. (2) (3)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

(3) Tratamiento de Aguas Negras, Modulo 3 de Ingeniería Sanitaria, UES

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Debido a que no se le da mantenimiento a uno de los tanques los desechos no son retirados, por lo tanto tampoco se les da ninguna disposición final. Los desechos del otro tanque pasan directamente a los patios de secado de lodos por medio de gravedad.

4.1.2.3 REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

De las diez plantas visitadas, una cuenta con Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA), que consiste en una estructura rectangular.

ESTRUCTURA FÍSICA

El RAFA está construido de concreto reforzado, consiste en una caja sellada, pero cuenta con respiraderos de PVC y ventanillas para la salida de los gases que además son utilizadas para las inspecciones que realiza el operador. El estado físico del tanque es bueno, ya que no presenta grietas ni fisuras.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento que recibe este tanque es la remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie del agua, la extracción de los lodos se realiza una vez cada 6 meses, ésta se hace por medio de gravedad.

TABLA 24. Comparación entre el mantenimiento que reciben los RAFA y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie. ➤ Extracción de lodos una vez cada 6 meses. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limpiar por lo menos una vez al día los respiraderos de caudal. (5) ➤ Lavar cada vez que se utilice la tubería o canal de conducción de la purga de lodos. (5) ➤ Medir diariamente el caudal de entrada al reactor. (4) (5) ➤ Limpiar la tubería de alimentación de purga de lodos y los vertederos de las canaletas de recolección diariamente. (5) ➤ Barrer semanalmente las canaletas de recolección. (5) ➤ Tomar muestras del efluente semanal o mensualmente. (5) ➤ Medir la producción de gas. (4) (5) ➤ Observación diaria del efluente. (4) (5) ➤ Purgar los lodos cuando se alcance el nivel inferior de las campanas, o en caso de Imhoff modificado a RAFA la abertura de fases. (4) (5) ➤ Limpiar periódicamente la capa flotante de la superficie del reactor. (4) (5)

(4) Análisis del Funcionamiento de un Tanque Imhoff transformado en un RAFA, Ing. Francisco Amen Funk.

(5) Nuevos avances en el Tratamiento Anaerobio de Aguas Negras.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos de este tanque pasan directamente a los patios de secado de lodos por medio de gravedad.

4.1.2.4 LODOS ACTIVADOS

De las plantas analizadas, dos cuentan con un sistema de lodos activados para el tratamiento del agua residual.

ESTRUCTURA FÍSICA

Cada una de las plantas estudiadas cuenta con dos unidades de forma rectangular, a la vez cada unidad esta formada por un tanque de aireación y un tanque de sedimentación, las unidades están construidas de concreto reforzado, el sistema de aireación es mecánico, la recirculación de lodos se realiza mediante tuberías que van de los tanques sedimentadores a la entrada de los tanques de aireación. La salida del "líquido mezclado" de los tanques de aireación a los sedimentadores se realiza por desbordamiento (vertederos en demasías).

Pudo verificarse que las estructuras están en buen estado físico, sin grietas o fisuras, y no hay filtración a través de las paredes de los tanques.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para una de las plantas los tanques de aireación no cuentan con parámetros básicos de operación con los que fue diseñada, tales como concentración de lodos, edad del lodo, tiempo de retención, etc. los operadores sólo dan mantenimiento periódico a los equipos eléctricos y mecánicos. La otra planta a pesar de contar con manual de operación no se utiliza, el operador únicamente se limita a poner en marcha los motores tres veces al día, 5 minutos en la mañana, 10 minutos al mediodía y 6 minutos por la tarde.

TABLA 25. Comparación entre el mantenimiento que recibe el sistema de lodos activados y las recomendaciones dadas por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ En una planta los tanques de aireación no cuentan con los parámetros básicos de operación con los que fueron diseñados, solo se les da mantenimiento periódico a los equipos eléctricos y mecánicos. ➤ En la otra planta los motores se ponen en marcha tres veces al día, 5 minutos por la mañana, 10 minutos al mediodía y 6 minutos por la tarde. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La espuma debe controlarse al observar que prolifera en los tanques. (6) ➤ El mantenimiento de los aireadores debe hacerse según las recomendaciones del fabricante (6) ➤ Para la recirculación del lodo, este debe extraerse de los tanques de sedimentación tan pronto se forme. (6) ➤ Para controlar el volumen de lodo de retorno puede hacerse por el método de IVF (Índice del Volumen de Fango) (6) ➤ La purga de lodos debe hacerse para mantener constante el nivel de sólidos en el líquido mezcla, esto se hace purgando lodo periódicamente de los tanques de aireación a los sedimentadores. (6)

(6) Ingeniería de las aguas Residuales, Metcalf & Eddy

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos son depositados en los patios de secado, en la planta de la Zona Franca El Pedregal, en la planta de Altos del Escorial no se ha realizado nunca la extracción.

4.1.2.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

De las diez plantas estudiadas, una trata el agua residual a través de lagunas de estabilización, éstas son de forma rectangular y han sido impermeabilizadas con arcilla.

ESTRUCTURA FÍSICA

La entrada del agua residual a las lagunas es por la parte central, a través de canaletas de distribución, este sistema esta construido de ladrillo de barro y recubrimiento de mortero, no cuenta con dispositivo para medición del caudal a la entrada y a la salida de las lagunas, ni pantallas deflectoras para la retención de natas y sólidos flotantes.

Los taludes se encuentran estables y se les da el mantenimiento adecuado.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las únicas actividades que se realizan en la laguna son la remoción de natas y sólidos flotantes, que se efectúa una vez al día en la planta; así como también el corte del césped (conforme se observa que éste crece).

TABLA 26. Comparación entre el mantenimiento brindado a las lagunas de estabilización y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> ✧ Remoción diaria de natas y sólidos flotantes. ✧ Corte del césped a medida que va creciendo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Hacer mediciones de caudal por lo menos cuatro veces al día (7) (9) (10) ✧ Remoción de natas y sólidos flotantes diariamente (7) (8) (10) ✧ Corte del césped manteniendo una faja de al menos 20 cm por encima del borde el agua (7) (8) (9) (10) ✧ La maleza debe ser retirada, secada y quemada (8) ✧ Las orillas de las lagunas deben mantenerse limpias y sin vegetación (7) (8) (9) ✧ Inspección semanal del estado de los taludes (7) (8)

	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Medición de la profundidad de los lodos (8) ✧ Revisar las cercas y caminos (7) (8) (9) (10) ✧ Oscilar con frecuencia el nivel de las lagunas para evitar la proliferación de mosquitos (9) (10) ✧ Registrar las operaciones realizadas (10) ✧ Revisar que no haya una tendencia a secarse o rebalsarse, si esto ocurre notificar inmediatamente al ingeniero responsable (8) (9) ✧ Limpieza general de la planta y cuidado de su aspecto exterior (10)
--	---

- (7) Lagunas de Estabilización, Teoría, Diseño, Evaluación y Mantenimiento, Fabián Yanez Cossio.
(8) Curso Taller Internacional, Lagunas de Estabilización Diseño; Operación, Mantenimiento y Rehabilitación, Cuernavaca, Mor.
(9) Lagunas de Estabilización y otros Sistemas Simplificados para el tratamiento de Aguas Residuales, Ing. Roberto Saenz Forero.
(10) Operación y Mantenimiento de Sistemas Lagunares, Biólogo Armando Rivas Hdez.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos recolectados son llevados al basurero de San Luis Talpa.

4.1.2.6 DIGESTOR DE CONTACTO DE MEZCLADO CONTINUO

De las plantas de tratamiento estudiadas, una utiliza Digestor de contacto de mezclado continuo para realizar la sedimentación primaria, la forma de este es rectangular, es cerrado y cuenta con dos celdas.

ESTRUCTURA FÍSICA

La estructura de este elemento esta hecha de concreto reforzado, las aguas residuales entran a la cuenca a través de una tubería principal de diámetro de 6 pulgadas. Cuenta con dos

celdas, la primera sirve como una cuenca de sedimentación/retención de sólidos, la segunda celda de este Digestor de Contacto de Mezclado Continuo sirve para un segundo propósito, proporciona tiempo adicional de retención, lo cual lleva al tiempo total de retención del Digestor de Contacto Mezclado Periódicamente. El estado físico de la estructura es bueno.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento que se da al tanque es el mezclado periódico desde los puertos de bombeo del primer compartimento hacia los puertos de retorno de los lodos, el cual se hace una vez cada 6 meses, el retorno de los lodos desde el segundo compartimento se hace una vez al año, bombeando desde los puertos de bombeo del segundo compartimento hacia los puertos de retorno de lodos y la remoción de los sólidos del primer compartimento se hace una vez al mes.

TABLA 27. Comparación entre el mantenimiento dado al Digestor de Contacto de Mezclado Continuo y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> ✧ La remoción de los sólidos se hace una vez al mes. ✧ El mezclado desde el primer compartimento hacia el retorno de los lodos se hace una vez cada 6 meses. ✧ El retorno de los lodos desde el segundo compartimento se hace una vez al año. 	<ul style="list-style-type: none"> ✧ Limpieza de las tuberías de entrada una vez al mes. (11) ✧ Remoción de sólidos del primer compartimento una vez por mes. (11) ✧ Después de los primeros seis meses de operación de la planta, se debe iniciar el mezclado periódico del primer compartimento, bombeando hacia los puertos de retorno de lodos, cada cuatro meses durante tres días laborales. (11) ✧ Después de dieciocho meses de operación de la planta el contenido del segundo compartimento debe de ser bombeado de nuevo a los puertos de retorno de lodos una vez por año durante

	<p>dos días laborales. (11)</p> <p>✧ La disposición final de todos los desechos se realizara desde el primer compartimento hacia la pila de secado. (11)</p>
--	--

(11) Willie P. Isaacs, P. E. – Ph. D. Diseñador de plantas anaeróbicas de dos etapas.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos son enviados a la pila de secado de lodos.

4.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Los elementos que se estudian del tratamiento secundario son:

- * Filtros Percoladores Biológicos Aeróbicos
- * Filtros Percoladores Biológicos Anaeróbicos
- * Tanque Sedimentador tipo Dortmund

4.1.3.1 FILTROS PERCOLADORES BIOLÓGICOS AERÓBICOS

De la muestra estudiada, cinco plantas cuentan con filtros percoladores biológicos aeróbicos, éstos tienen forma rectangular o circular y su sistema de distribución es fijo, a través de canaletas, para los filtros rectangulares y a través de un sistema móvil, para los filtros circulares.

ESTRUCTURA FÍSICA

En cuatro de las cinco plantas estudiadas los filtros han sido construidos con bloques de concreto y son de forma cuadrada y en la planta restante el filtro es de forma circular elaborado

de concreto reforzado. En cuatro de las cinco plantas el lecho filtrante está formado por piedra volcánica y en la otra de piedra de río.

Los filtros cuadrados poseen canaletas para la distribución del caudal, en la parte superior, es decir sobre el lecho filtrante; para los filtros de la Santísima Trinidad, en dos las canaletas están fabricadas de viguetas y ranuras en el concreto y en uno de viguetas de concreto donde se apoyan canaletas de aluminio, (como se muestra en la figura 77), en los filtros de Alta Vista I y Alta Vista II, las canaletas son de viguetas y ranuras en el concreto y en Santa Teresa de Las Flores las canaletas de los filtros son de PVC con ranuras en las mismas apoyadas en viguetas de concreto (figura 78). En la planta donde hay filtros circulares, el agua es distribuida por un rociador que consiste en dos tubos perforados, conectados a un eje, el cual gira por la acción de la fuerza del agua.



Figura 78. Filtro percolador con canaletas de Aluminio.



Figura 79. Filtro percolador con canaletas de PVC.

Todos los filtros cuentan con sistema de aireación y el estado físico es bueno, ya que ningún filtro presenta grietas ni fisuras.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En cuatro de las plantas, las canaletas de entrada y salida, así como también las canaletas de distribución se limpian una vez al día, cabe aclarar que en la planta donde hay un filtro con canaletas de aluminio las toberas se limpian una vez al día, la planta restante que tiene los filtros circulares solo recibe mantenimiento cuando los rociadores se obstruyen; los respiraderos en todas las plantas son inspeccionados diariamente retirando las plantas o malezas que se encuentran en estos.

TABLA 28. Comparación entre el mantenimiento que reciben los Percoladores Biológicos Aeróbicos en las plantas de tratamiento y las recomendaciones dadas por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Las canaletas de entrada, salida y distribución se limpian diariamente ◆ Las toberas se limpian una vez al día. ◆ Los rociadores en los filtros circulares se revisan únicamente cuando se obstruyen. ◆ Los respiraderos son inspeccionados diariamente 	<p>ACTIVIDADES DIARIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Cada mañana verificar los canales de distribución y retirar los sólidos flotantes que se acumulen en los vertederos (1) (6) ◆ La superficie debe mantenerse libre de hierbas y acumulaciones de hojas u otras basuras (6) ◆ Realizar pruebas de sedimentación del agua a la salida del filtro (1) (2) <p>ACTIVIDADES SEMANALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Limpiar los canales con agua a presión (1) ◆ Eliminar con un chorro de agua cualquier rastro de lodo en las canaletas de salida y en las aperturas de aireación (1) (2) (6) ◆ Introducir la manguera con agua a presión en las ventanas de ventilación inferiores (2) ◆ Cada 2 semanas limpiar con agua a

	<p>presión la superficie del filtro y donde haya encharcamiento penetrar unos 30 cm sin mover la piedra de la superficie (2)</p> <p>ACTIVIDADES ANUALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Revisar la estructura localizar los puntos de corrosión de los vertederos (2)
--	--

- (1) Instructivo práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFV)
- (2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.
- (6) Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Las basuras que se recolectan de los filtros son secadas y enterradas en el terreno de las mismas plantas.

4.1.3.2 FILTROS PERCOLADORES BIOLÓGICOS ANAERÓBICOS

Dos de las plantas estudiadas, cuentan con filtros percoladores biológicos anaeróbicos, éstos tienen forma rectangular, el sistema de distribución en una de las plantas no se pudo verificar debido a que es completamente sellado, en la otra el sistema de distribución es por flujo ascendente.

ESTRUCTURA FÍSICA

En las dos plantas visitadas los filtros han sido construidos de concreto reforzado. En una el lecho filtrante no se pudo verificar por ser completamente sellado y en la otra está formado por piedra volcánica.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En una planta el filtro no recibe mantenimiento por ser completamente sellado, la otra planta cuenta con tres filtros conectados en serie, en donde el mantenimiento que se da es la remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie de dos de ellos y en el restante se ha sembrado ninfas.

TABLA 29. Comparación entre el mantenimiento que reciben los Percoladores Biológicos Anaeróbicos en las plantas de tratamiento y las recomendaciones dadas por diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> ◆ En una planta un filtro no recibe ningún mantenimiento. ◆ En la otra planta hay remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie (dos filtros). ◆ También existe siembra de plantas acuáticas (ninfas), un filtro. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cuando un filtro se tapa se debe drenar utilizando una bomba portátil hacia cualquiera de los puertos de retorno de lodos. (11) ◆ En la superficie de los filtros se deben sembrar plantas acuáticas (duckweed). (11) ◆ Periódicamente será necesario cortar y cultivar el crecimiento de las plantas acuáticas en la superficie de los filtros. (11)

(11) Willie P. Isaacs, P. E. – Ph. D. Diseñador de plantas anaeróbicas de dos etapas.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Las basuras que se recolectan de los filtros son secadas y enterradas en el terreno de la misma planta.

4.1.3.3 TANQUE SEDIMENTADOR TIPO DORTMUND

Cinco de las diez plantas visitadas utilizan sedimentadores secundarios tipo Dortmund, ubicados después de los percoladores biológicos, estos tanques se caracterizan por su forma circular y cónica, y por las pantallas concéntricas que facilitan la sedimentación.

ESTRUCTURA FÍSICA

Los tanques están contruidos de concreto reforzado, tres plantas solo cuentan con un sedimentador secundario y las dos restantes tienen dos sedimentadores, la forma de las pantallas varía de tanque a tanque, ya que, de las tres plantas que solo cuentan con un sedimentador, una tiene pantalla exterior de forma circular y la interior es de forma cuadrada, de las otras dos plantas con un solo sedimentador, tanto la pantalla exterior como la interior son circulares; las plantas que poseen dos sedimentadores también presentan diferencias en las pantallas, en una de ellas un sedimentador tiene pantalla exterior circular y la interior es cuadrada, el otro solo tiene pantalla exterior de estructura circular, los dos sedimentadores de la otra planta solo cuentan con una pantalla exterior de forma circular; las canaletas perimetrales están contruidas de concreto, no se observaron canaletas quebradas o dañadas, en general todas las estructuras se encuentran en buen estado, es decir, sin agrietamiento o desmoronamiento del recubrimiento de las paredes.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento que se le da a estos tanques es la remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie del agua y limpieza de la canaleta perimetral (decantador), con

respecto a la extracción de lodos, ésta se realiza dos veces al día, variando los tiempos de extracción.

En una planta la extracción dura 15 minutos, en tres un minuto y en la restante dura cinco minutos.

TABLA 30. Comparación entre el mantenimiento que reciben los tanques tipo Dortmund y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO REQUERIDOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remoción diaria de las natas y sólidos que flotan en la superficie. ➤ Limpieza diaria de la canaleta perimetral. ➤ Extracción de lodos dos veces por día de uno a 15 minutos de duración. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Extraer lodos dos veces por día (1) ➤ Retirar diariamente natas, espumas y sólidos flotantes de la superficie (1) (2) ➤ Limpiar el canal perimetral diariamente (1) (2) ➤ Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor (1) (2) ➤ Pintar el puente de inspección una vez cada seis meses (1) ➤ Llevar un control de las horas y volúmenes de descargas (1) ➤ Una vez al año vaciar el tanque y revisar la estructura, localizar los puntos de corrosión de los vertederos, mamparas deflectoras y tolva central (2)

(1) Instructivo práctico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA-KFV)

(2) Módulos de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos en algunas plantas son enterrados y en otras son depositados en los patios de secado.

4.1.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

A ninguna de las diez plantas de tratamiento estudiadas se les daba tratamiento terciario.

4.1.5 TRATAMIENTO DE LODOS

- * Digestores de lodos
- * Patios de secado

4.1.5.1 DIGESTORES DE LODOS

De las plantas seleccionadas como muestra, tres cuentan con digestores, los lodos que éstos reciben pueden clasificarse como lodos mezclados, que son una combinación de lodos primarios y secundarios.

El objeto de estos tanques es estabilizar el lodo proveniente de otros niveles de tratamiento, ya que las impurezas contenidas en las aguas residuales se eliminan en forma de lodos.

ESTRUCTURA FÍSICA

El tanque utilizado en todas las plantas estudiadas es circular con fondo cónico, construido de concreto reforzado. No se observaron grietas, fisuras ni otros signos de deterioro en los tanques.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En una de las tres plantas que cuentan con digestores la extracción de lodos varía de 8 a 15 días en verano y es más frecuente en la época lluviosa, las dos restantes tienen un período de extracción de 22 días. No se realiza ninguna otra actividad de mantenimiento.

TABLA 31. Comparación entre las actividades de mantenimiento que se realizan a los Digestores de lodos y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> ◆ La extracción de lodos varía de 8 a 15 días en verano y es más frecuente en la época lluviosa, en una de las plantas, las dos restantes tienen un período de extracción de 22 días. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cada vez que se utilice la bomba del Digestor asegurase que no quede lodo en la tubería. (1) (2) ◆ Preparar los lechos de secado antes de la extracción (1) ◆ Anotar en el diario de operación el valor de la temperatura del agua del digestor y el nivel de lodo (2) ◆ Comprobar el funcionamiento de todas las compuertas (2) ◆ Es necesario que los lodos sean evacuados una vez por año (2) ◆ El conducto de extracción debe permanecer limpio (2) ◆ Limpiar el registro después de vaciado del exceso de lodos (2)

(1) Instructivo Practico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA – KFW)

(2) Modulo de Formación y Perfeccionamiento del personal de las plantas de tratamiento de aguas residuales, Cooperación Técnica Alemana.

4.1.5.2 LECHOS DE SECADO

Nueve de las diez plantas estudiadas cuentan con lechos de secado para la deshidratación natural de los lodos provenientes de los digestores, tanques Imhoff, tanques sedimentadores (después de los tanques de aireación), RAFA y Digestor de Contacto.

ESTRUCTURA FÍSICA

Los lechos de secado de las plantas estudiadas constan de los elementos básicos para la operación como sistema de drenaje y cobertura filtrante; son de forma rectangular con una altura promedio de 0.5 metros, las paredes están elaboradas de bloques de concreto variando los materiales para el emplantillado del lecho filtrante, tres cuentan con losetas de concreto, tres con ladrillo de obra, uno con grava, uno con una capa de mortero y el restante con una especie de cama metálica.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los lodos son removidos de los patios de secado cuando se agrietan, el tiempo calculado por los operadores es de aproximadamente 20 días, unos días antes de ser retirados se forman promontorios para facilitar su deshidratación.

Debido a que al vaciar los patios los lodos no se remueven en su totalidad crecen plantas sobre la superficie del lecho.

TABLA 32. Comparación entre el mantenimiento que reciben los patios de Secado y las recomendaciones de diversos autores.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN LAS PLANTAS ACTUALMENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO RECOMENDADOS
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Los lodos son removidos cuando se agrietan (aproximadamente 20 días) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Las capas de lodos descargadas no deben ser superiores a 30 cm y dejarlas secar (6) ◆ El lodo puede extraerse de la era de secado después de que se haya drenado y secado superficialmente para ser paleable (6) ◆ El fango seco posee una superficie basta , agrietada de color negro o marrón oscuro después de 10 o 15 días en condiciones

	favorables (6) ♦ Aproximadamente una semana después de haber purgado los lodos del Digestor y que hayan perdido humedad en el lecho formar pequeños túmulos y dejarlos por espacio de 3 semanas antes de retirados (1)
--	---

(1) Instructivo Practico de las principales actividades a realizar en las plantas de tratamiento de aguas residuales (ANDA – KFW)

(6) Ingeniería de las Aguas Residuales, Metcalf & Eddy.

DISPOSICIÓN

En la mayoría de las plantas estudiadas, los lodos cuando son retirados de los lechos de secado son depositados en el suelo con el propósito que se terminen de secar. En cinco plantas los lodos secos son utilizados como abono y en las restantes no son aprovechados.

El líquido percolado que se recolecta de los lechos de secado en la mayoría de los casos es vertido directamente a los cuerpos receptores, con la excepción de dos plantas en las que el agua de los patios es recirculada hacia el inicio del proceso.

4.1.6 EFICIENCIA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO SEGÚN DATOS DEL OPERADOR ACTUAL

Para evaluar la eficiencia de las plantas de tratamiento según datos del operador se toman como base los resultados contemplados en los diferentes datos de monitoreos más representativos para el análisis obtenido por estos, tales el caso de parámetros como la DBO, DQO, Turbiedad, pH, etc., salvo las plantas de tratamiento del Hogar de niño Minusválido

Abandonado, planta de tratamiento de la Urbanización Distrito Italia que no cuentan con datos de laboratorio y no fue posible el obtenerlos.

De las diez plantas estudiadas a seis de ellas se les logró determinar la eficiencia del funcionamiento, de lo cual las plantas de tratamiento de la Santísima Trinidad, Alta Vista I, Alta Vista II, tienen un funcionamiento adecuado según la eficiencia de remoción obtenida. Las plantas de tratamiento de Villa Lourdes y ANSP, a pesar de recibir mantenimiento periódico, sus remociones no son las esperadas por encontrarse arriba de los valores límites máximos permisibles. La planta de tratamiento Santa Teresa de las Flores, presenta resultados de remoción que no cumplen con los parámetros esperados según las normas.

En el capítulo V se realiza un diagnóstico detallado del cálculo de los porcentajes de remociones para cada una de las plantas de tratamiento, comparando los resultados con los límites máximos permisibles en la propuesta de norma técnica de El Salvador y al mismo tiempo se comparan con respecto a los porcentajes de remoción recomendado por diversos autores y tener de esta manera la comparación necesaria para evaluar la eficiencia que presentan las plantas de tratamiento en estudio. Ver Tablas del No. 62 al No.74.

CAPITULO V: DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

5.1 EVALUACIÓN DE LAS PLANTAS ESTUDIADAS

5.1.1 PLANTA CONVENCIONAL COMPLETA: CON DESARENADORES, REJAS, TANQUES SEDIMENTADORES DORTMUND PRIMARIOS, FILTROS PERCOLADORES, TANQUES SEDIMENTADORES DORTMUND SECUNDARIOS, BIODIGESTOR DE LODOS, PATIO DE SECADO DE LODOS

5.1.1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN SANTISIMA TRINIDAD

Para esta planta de tratamiento se presenta el monitoreo efectuado en el mes de Junio del año 2003. Con este monitoreo se han calculado los porcentajes de remoción por elemento y los porcentajes de remoción total, es decir, el porcentaje de remoción que toda la planta proporciona al agua residual.

TABLA 33. Monitoreo efectuado el 17 de Junio de 2003.

Parámetros	Unidades	Resultados		Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Entrada a la planta	Salida de la planta	
Sólidos Sedimentables	ml/lts	1.8	0.3	1
Sólidos Suspendedos Totales	mg/lts	106.0	16.5	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lts	147.0	21.0	60
Demanda Química de Oxígeno	mg/lts	320.4	112.9	100
Turbidez	UNT	89.6	10.8	A

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.
Fuente: Especialidades Industriales, S. A. de C. V. (ESPINSA).

TABLA 34. Monitoreo efectuado el 17 de Junio de 2003.

Parámetros	Unidades	Resultados						Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Sedimentador Primario # 1	Sedimentador Primario # 2	Filtro Percolador # 1	Filtro Percolador # 2	Filtro Percolador # 3	Tanque de Recirculación	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/lts	89.0	77.0	55.0	42.5	58.5	39.5	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lts	389.2	372.3	179.0	146.6	230.9	172.5	60
Turbidez	UNT	107.0	97.8	24.3	12.8	46.9	23.5	A

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

Fuente: Especialidades Industriales, S. A. de C. V. (ESPINSA).

Las unidades que se utilizan en estas tablas resumen y en las siguientes se definen a continuación:

- ◆ mg/lts: miligramos por litro
- ◆ ml/lts: mililitros por litro
- ◆ UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad
- ◆ U-pH: Unidades de pH
- ◆ SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno

TABLA 35. Porcentaje de remoción por elemento.

MESES	% DE REMOCIÓN POR ELEMENTO														
	SEDIMENTADOR # 1- SEDIMENTADOR # 2			SEDIMENTADOR # 2-FILTRO PERCOLADOR # 1			FILTRO PERCOLADOR # 1-FILTRO PERCOLADOR # 2			FILTRO PERCOLADOR # 2-FILTRO PERCOLADOR # 3			FILTRO PERCOLADOR # 3-TANQUE DE RECIRCULACIÓN		
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	TURBIDEZ	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	TURBIDEZ	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	TURBIDEZ	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	TURBIDEZ	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	TURBIDEZ
17 de Junio	13.48	4.34	8.60	28.57	51.92	75.15	27.73	18.10	47.32	-37.64	-57.50	-266.42	32.47	25.29	49.89
PROMEDIO	13.48	4.34	8.60	28.57	51.92	75.15	27.73	18.10	47.32	-37.64	-57.50	-266.42	32.47	25.29	49.89

GRÁFICA 1. Porcentaje de remoción total de la planta de la Urbanización Santísima Trinidad.

■ 17 de Junio ■ PROMEDIO

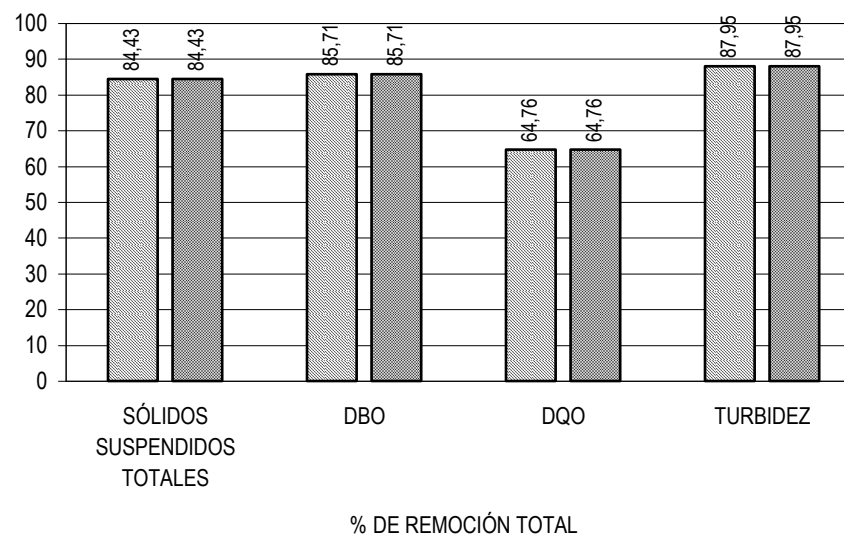


TABLA 36. Porcentaje de remoción total.

MESES	% DE REMOCIÓN TOTAL			
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	DQO	TURBIDEZ
17 de Junio	84.43	85.71	64.76	87.95
PROMEDIO	84.43	85.71	64.76	87.95

El porcentaje de remoción total obtenido para la planta de tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad para el mes de Junio es el siguiente (S.S.T. 84.43%, DBO 85.71%, DQO 64.76%, Turbidez 87.95%).

5.1.1.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN ALTA VISTA I

Para esta planta se presentan los monitoreos efectuados en los meses de Marzo y Abril del año 2004, con los cuales se han calculado los porcentajes de remoción por elemento y los porcentajes de remoción total.

TABLA 37. Monitoreo correspondiente al mes de Marzo 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		PARSHALL	SEDIMENTADOR PRIMARIO	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	
Temperatura	°C	24	23	24	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	600	429	297	-
DBO total	mg/lts	320	237	17.68	60
DQO total	mg/lts	438	263	31	100
Turbiedad	UNT	314	187	12	A
pH	U-pH	7.3	6.4	7.9	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

TABLA 38. Monitoreo correspondiente al mes de Abril 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		PARSHALL	SEDIMENTADOR PRIMARIO	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	
Temperatura	°C	23	22	22	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	664	550	305	-
DBO total	mg/lts	256	196	10.56	60
DQO total	mg/lts	425	255	29	100
Turbiedad	UNT	357	210	14.33	A
pH	U-pH	7.6	6.5	7	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

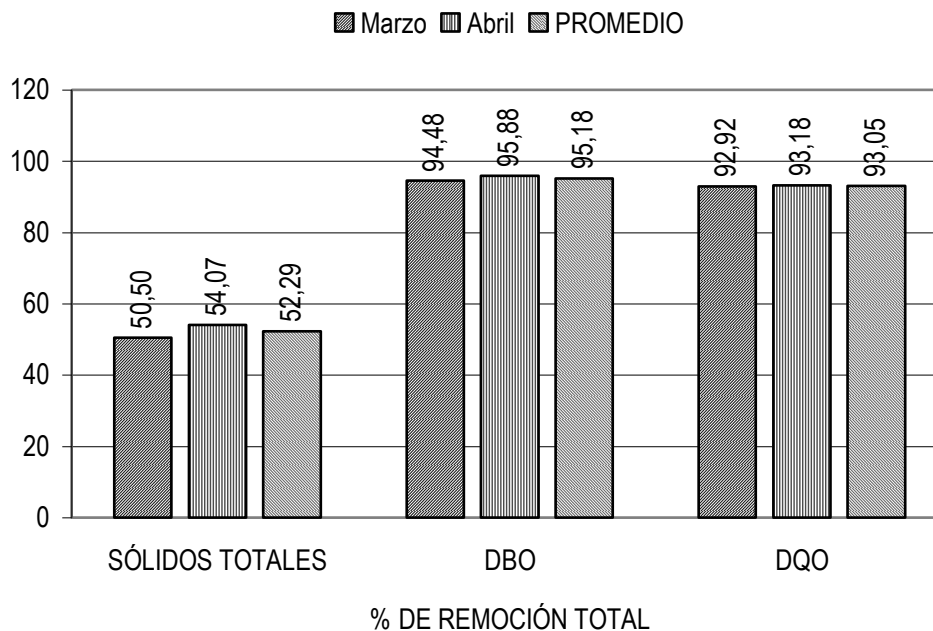
TABLA 39. Porcentaje de remoción por elemento.

MESES	% DE REMOCIÓN POR ELEMENTO					
	PARSHALL-SEDIMENTADOR PRIMARIO			SEDIMENTADOR PRIMARIO-SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Marzo	28.50	25.94	39.95	30.77	92.54	88.21
Abril	17.17	23.44	40.00	44.56	94.61	88.63
PROMEDIO	22.84	24.69	39.98	37.67	93.58	88.42

TABLA 40. Porcentaje de remoción total.

MESES	% DE REMOCIÓN TOTAL		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Marzo	50.50	94.48	92.92
Abril	54.07	95.88	93.18
PROMEDIO	52.29	95.18	93.05

GRÁFICA 2. Porcentaje de remoción total de la planta de tratamiento de Alta Vista I.



Para esta planta de tratamiento, el porcentaje de remoción total se mantiene casi invariable para los meses de Marzo (S.T. 50.50%, DBO 94.48%, DQO 92.92%) y Abril (S.T. 54.07%, DBO 95.88%, DQO 93.18%).

5.1.1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN ALTA VISTA II

Para esta planta se presentan los monitoreos efectuados en los meses de Marzo y Abril del año 2004, con los cuales se han calculado los porcentajes de remoción por elemento y los porcentajes de remoción total.

TABLA 41. Monitoreo correspondiente al mes de Marzo 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		PARSHALL	SEDIMENTADOR PRIMARIO	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	
Temperatura	°C	24	25	24	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	600	368	247	-
DBO total	mg/lts	320	59	33	60
DQO total	mg/lts	438	113	56	100
Turbiedad	UNT	314	105	18	A
pH	U-pH	7.3	6.9	7.1	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

TABLA 42. Monitoreo correspondiente al mes de Abril 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		PARSHALL	SEDIMENTADOR PRIMARIO	SEDIMENTADOR SECUNDARIO	
Temperatura	°C	23	25	24	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	664	452	359	-
DBO total	mg/lts	256	70.4	18	60
DQO total	mg/lts	425	135	34	100
Turbiedad	UNT	357	145	28	A
pH	U-pH	7.6	7.8	6.9	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

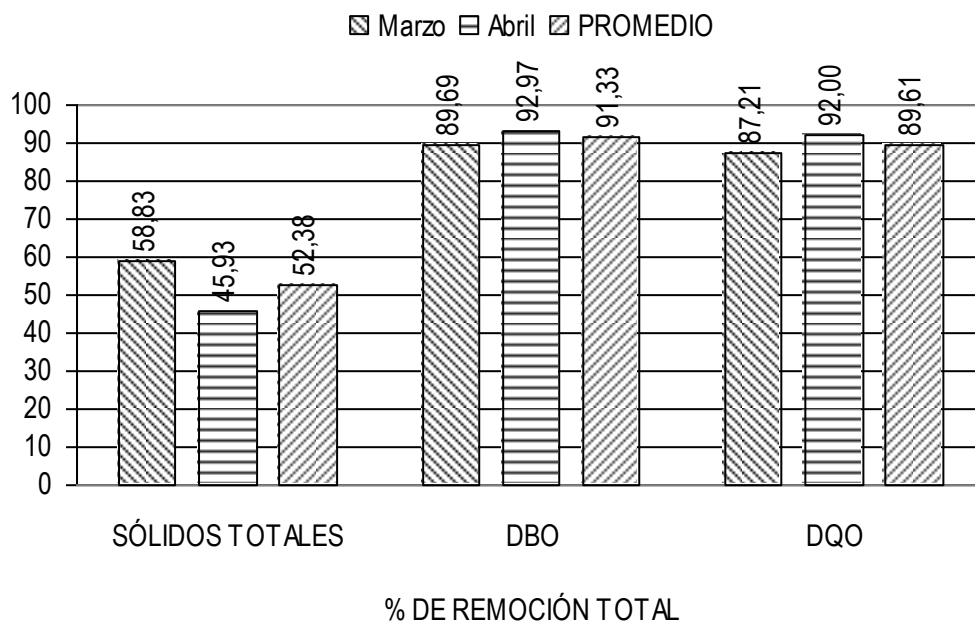
TABLA 43. Porcentaje de remoción por elemento.

MESES	% DE REMOCIÓN POR ELEMENTO					
	PARSHALL-SEDIMENTADOR PRIMARIO			SEDIMENTADOR PRIMARIO-SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Marzo	38.67	81.56	74.20	32.88	44.07	50.44
Abril	31.93	72.50	68.24	20.58	74.43	74.81
PROMEDIO	35.30	77.03	71.22	26.73	59.25	62.63

TABLA 44. Porcentaje de remoción total.

MESES	% DE REMOCIÓN TOTAL		
	SÓLIDOS TOTALES	DBO	DQO
Marzo	58.83	89.69	87.21
Abril	45.93	92.97	92.00
PROMEDIO	52.38	91.33	89.61

GRÁFICA 3. Porcentaje de remoción total de la planta de tratamiento de Alta Vista II.



En esta planta de tratamiento, el porcentaje de remoción total para Marzo es (S.T. 58.83%, DBO 89.69%, DQO 87.21%) y Abril (S.T. 45.93%, DBO 92.97%, DQO 92.00%).

5.1.2 PLANTAS CON TANQUES IMHOFF

5.1.2.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DEL HOGAR DEL NIÑO MINUSVÁLIDO ABANDONADO

Esta planta de tratamiento no cuenta con datos de monitoreo realizados.

5.1.2.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN DISTRITO ITALIA

No se cuenta con datos de laboratorio de esta planta.

5.1.3 PLANTAS CON REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

5.1.3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN SANTA TERESA DE LAS FLORES

En esta planta de tratamiento se presentan los monitoreos realizados en los meses de Junio, Julio y Agosto de 2004. Para esta planta se han calculado los porcentajes de remoción por elementos y los porcentajes de remoción total.

TABLA 45. Monitoreo correspondiente al mes de Junio 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		ENTRADA	TANQUE RAFA	FILTRO PERCOLADOR	
Temperatura	°C	24	24	24	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	420	542	436	-
S. suspendidos totales	mg/lts	138	110	91	60
DBO total	mg/lts	410	146	119	60
DQO total	mg/lts	322	186	137	100
Turbiedad	UNT	306	153	87	A
pH	U-pH	7.8	7	7.7	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

TABLA 46. Monitoreo correspondiente al mes de Julio 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		ENTRADA	TANQUE RAFA	FILTRO PERCOLADOR	
Temperatura	°C	25	24	24	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	519	339	295	-
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	575	99	73	60
DBO total	mg/lts	537.5	364	120	60
DQO total	mg/lts	344	180	129	100
Turbiedad	UNT	270	257	218	A
pH	U-pH	8	7.5	8.5	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

TABLA 47. Monitoreo correspondiente al mes de Agosto 2004.

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		ENTRADA	TANQUE RAFA	FILTRO PERCOLADOR	
Temperatura	°C	25	23	22	20-35 °C ^B
Sólidos Totales	mg/lts	490	456	365	-
Sólidos suspendidos totales	mg/lts	376.5	243	65	60
DBO total	mg/lts	535	407	254	60
DQO total	mg/lts	463	251	177	100
Turbiedad	UNT	165	88	59	A
pH	U-pH	7.9	7.3	7.4	5.5-9.0 ^C

^A No se incrementara en 5 Unidades la Turbidez del cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

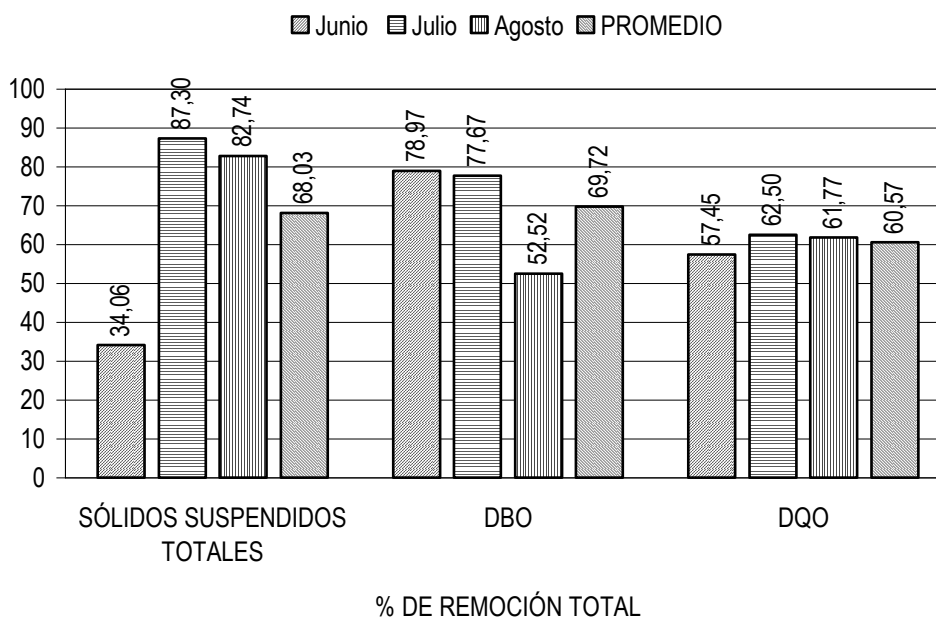
TABLA 48. Porcentaje de remoción por elemento.

MESES	% DE REMOCIÓN POR ELEMENTO					
	ENTRADA-TANQUE RAFA			TANQUE RAFA-FILTRO PERCOLADOR		
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	DQO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	DQO
Junio	20.29	64.39	43.23	17.27	18.49	26.34
Julio	82.78	32.28	47.67	26.26	67.03	28.33
Agosto	35.46	23.93	45.79	73.25	37.59	29.48
PROMEDIO	46.18	40.20	45.56	38.93	41.04	28.05

TABLA 49. Porcentaje de remoción total.

MESES	% DE REMOCIÓN TOTAL		
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	DBO	DQO
Junio	34.06	78.97	57.45
Julio	87.30	77.67	62.50
Agosto	82.74	52.52	61.77
PROMEDIO	68.03	69.72	60.57

GRÁFICA 4. Porcentaje de remoción total de la planta de tratamiento de Santa Teresa de las Flores.



El porcentaje de remoción total para esta planta se presenta de la siguiente manera, la remoción de S.S.T. para Junio es de 34.06%, variando con los meses de Julio y Agosto que presentan los valores de 87.30% y 82.74% respectivamente. En cuanto a la DBO, no presenta mucha variación para Junio (78.97%) y Julio (77.67%), pero si para el mes de Agosto donde se tuvo una reducción (52.52%). La DQO es la que se mantiene con menos variación, tal y como se puede ver con los resultados obtenidos, 57.45% para el mes de Junio, 62.50% en Julio y 61.77% para el mes de Agosto.

5.1.4 PLANTAS DE SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS

5.1.4.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN ALTOS DEL ESCORIAL

En esta planta no se han efectuado monitoreos en todo el tiempo que tiene de operación.

5.1.4.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ZONA FRANCA EL PEDREGAL

Para esta planta de tratamiento no se dispone de datos de laboratorio.

5.1.5 PLANTAS CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

5.1.5.1 LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN ANSP (ACADEMIA NACIONAL DE SEGURIDAD PÚBLICA)

Los monitoreos que se exponen de esta planta de tratamiento son para los meses de Junio, y Julio de 2004, han sido tomados en cuatro puntos que son: Descarga al desarenador (Agua Cruda), laguna # 1, laguna # 2 y descarga al cuerpo receptor. Ya que las lagunas trabajan en paralelo, serán analizadas de forma independiente, identificándose para éste fin la primera como laguna # 1 y la segunda como laguna # 2.

En esta planta se han calculado los porcentajes de remoción por elementos y los porcentajes de remoción total.

TABLA 50. Monitoreo efectuado el 4 de Junio de 2004.

Parámetros	Unidades	Resultados			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Descarga al desarenador (Agua Cruda)	LAGUNA # 2	Descarga al cuerpo receptor	
Aceites y grasas	mg/lts	40.21	14.05	15.19	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lts	155.80	89.12	120.70	60
Demanda Química de Oxígeno	mg/lts	322.40	135.00	150.00	100
Fosfatos	mg/lts	1.08	0.20	0.26	-
pH	Uni-pH	6.76	8.43	6.94	5.5-9.0 ^C
SAAM	mg/lts	0.17	0.12	0.18	10
Sólidos suspendidos 103 a 105 °C	mg/lts	69.00	30.00	82.00	60
Sólidos volátiles a 550 °C	mg/lts	185.00	167.00	178.00	-
Temperatura de la muestra	°C	30.00	30.00	30.00	20-35 °C ^B

Observaciones: Se realizaba descarga al cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^c El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

Fuente: Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA).

TABLA 51. Monitoreo efectuado el 18 de Junio de 2004.

Parámetros	Unidades	Resultados			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Descarga al desarenador (Agua Cruda)	LAGUNA # 1	Descarga al cuerpo receptor	
Aceites y grasas	mg/lts	36.97	20.28	18.65	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lts	130.54	110.43	78.31	60
Demanda Química de Oxígeno	mg/lts	309.00	147.00	169.00	100
Fosfatos	mg/lts	1.27	1.18	1.12	-
pH	Uni-pH	6.53	8.10	7.95	5.5-9.0 ^c
SAAM	mg/lts	0.16	0.15	0.19	10
Sólidos suspendidos 103 a 105 °C	mg/lts	73.36	55.00	78.00	60
Sólidos volátiles a 550 °C	mg/lts	160.00	149.00	152.00	-
Temperatura de la muestra	°C	31.50	31.50	31.50	20-35 °C ^B

Observaciones: Se realizaba descarga al cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^c El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

Fuente: Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA).

TABLA 52. Monitoreo efectuado el 2 de Julio de 2004.

Parámetros	Unidades	Resultados			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Descarga al desarenador (Agua Cruda)	LAGUNA # 2	Descarga al cuerpo receptor	
Aceites y grasas	mg/lts	21.20	7.00	14.20	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lts	178.78	77.47	101.97	60
Demanda Química de Oxígeno	mg/lts	332.00	187.00	140.00	100
Fosfatos	mg/lts	1.08	0.19	0.14	-
pH	Uni-pH	6.51	9.69	7.64	5.5-9.0 ^c
SAAM	mg/lts	0.14	0.10	0.11	10
Sólidos suspendidos 103 a 105 °C	mg/lts	60.00	20.00	80.00	60
Sólidos volátiles a 550 °C	mg/lts	248.00	196.00	216.00	-
Temperatura de la muestra	°C	31.00	31.00	31.00	20-35 °C ^B

Observaciones: Se realizaba descarga al cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^c El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

Fuente: Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA).

TABLA 53. Monitoreo efectuado el 16 de Julio de 2004.

Parámetros	Unidades	Resultados			Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Descarga al desarenador (Agua Cruda)	LAGUNA # 1	Descarga al cuerpo receptor	
Aceites y grasas	mg/lts	210.40	343.20	164.40	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/lts	120.81	108.99	64.34	60
Demanda Química de Oxígeno	mg/lts	300.00	129.00	188.00	100
Fosfatos	mg/lts	1.55	1.40	1.45	-
pH	Uni-pH	6.78	8.60	7.50	5.5-9.0 ^C
SAAM	mg/lts	0.14	0.13	0.18	10
Sólidos suspendidos 103 a 105 °C	mg/lts	76.00	68.00	84.00	60
Sólidos volátiles a 550 °C	mg/lts	148.00	156.00	168.00	-
Temperatura de la muestra	°C	32.00	32.00	32.00	20-35 °C ^B

Observaciones: Se realizaba descarga al cuerpo receptor.

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

Fuente: Universidad Técnica Latinoamericana (UTLA).

TABLA 54. Porcentaje de remoción por elemento y total, LAGUNA # 1.

MESES	% DE REMOCIÓN POR ELEMENTO								% DE REMOCIÓN TOTAL			
	DESCARGA AL DESARENADOR-LAGUNA # 1				LAGUNA # 1-DESCARGA AL CUERPO RECEPTOR							
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO
18 de Junio	25.03	6.88	15.41	52.43	-41.82	-2.01	29.08	-14.97	-6.32	5.00	40.01	45.31
16 de Julio	10.53	-5.41	9.78	57.00	-23.52	-7.69	40.96	-45.73	-10.53	-13.51	46.74	37.33
PROMEDIO	17.78	0.74	12.60	54.72	-32.67	-4.85	35.02	-30.35	-8.43	-4.26	43.38	41.32

GRÁFICA 5-A. Porcentaje de remoción total de la planta ANSP, LAGUNA # 1.

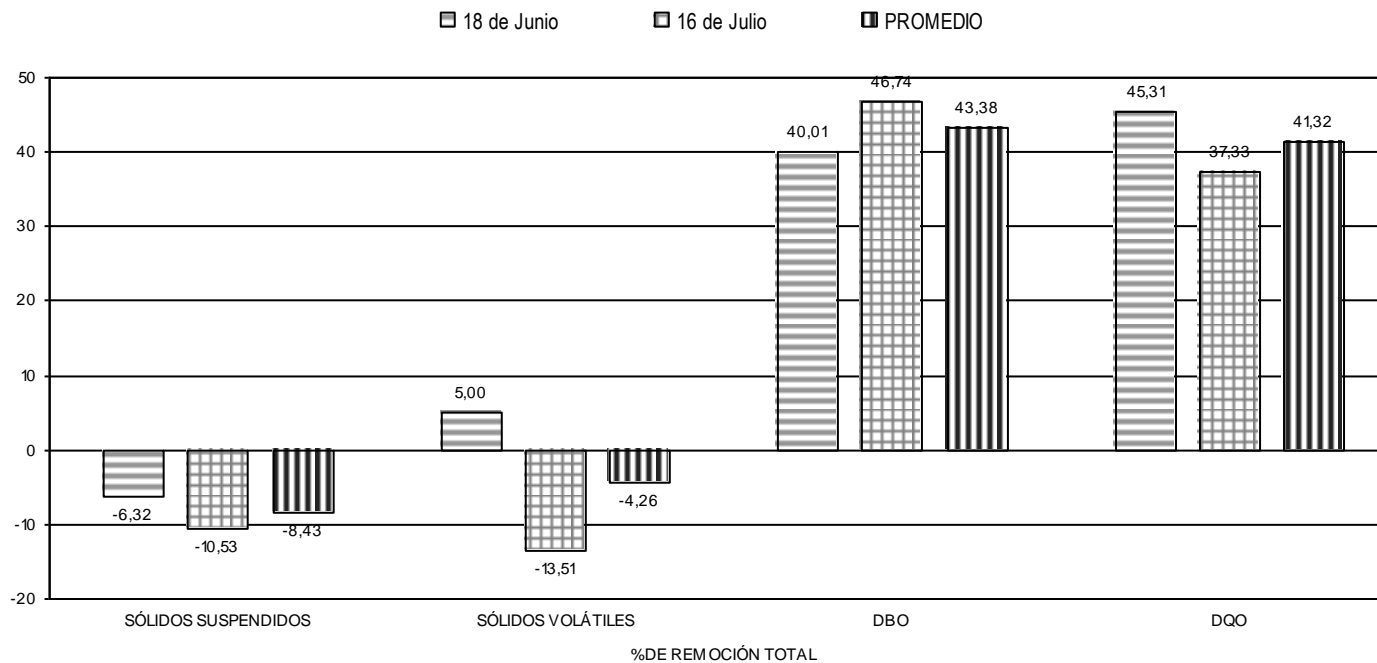
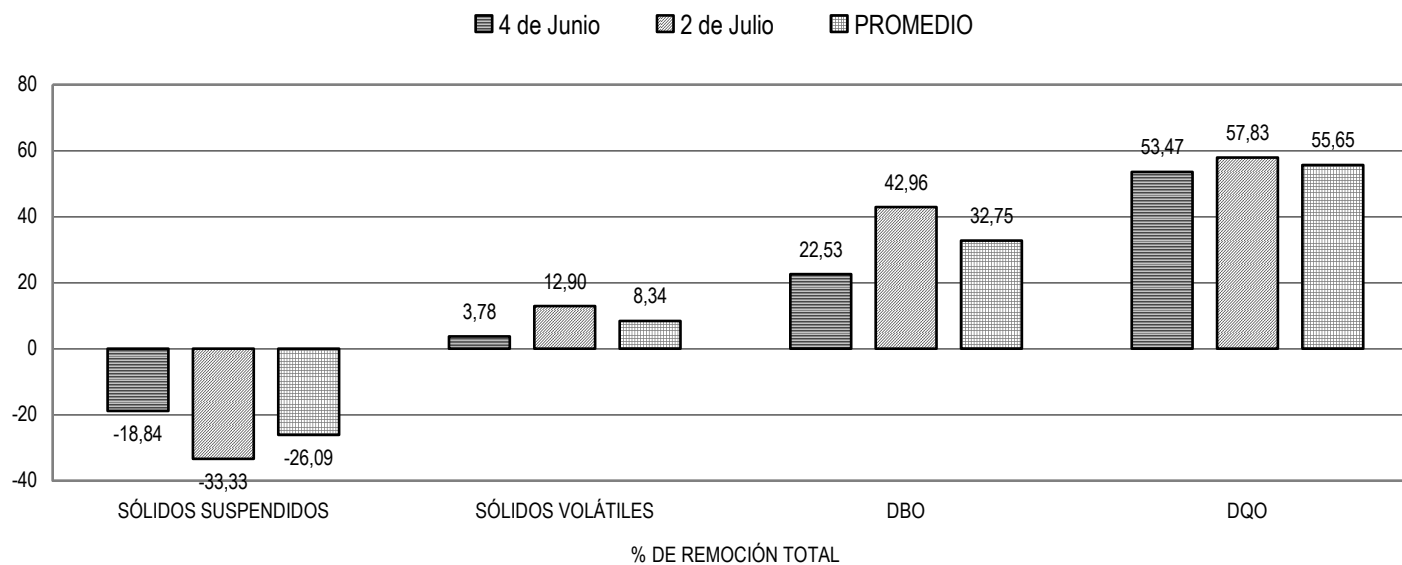


TABLA 55. Porcentaje de remoción por elemento y total, LAGUNA # 2.

MESES	% DE REMOCIÓN POR ELEMENTO								% DE REMOCIÓN TOTAL			
	DESCARGA AL DESARENADOR-LAGUNA # 2				LAGUNA # 2-DESCARGA AL CUERPO RECEPTOR							
	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO
4 de Junio	56.52	6.88	42.80	58.12	-173.33	-6.59	-35.43	-11.11	-18.84	3.78	22.53	53.47
2 de Julio	66.67	20.97	56.67	43.67	-300.00	-10.20	-31.63	25.13	-33.33	12.90	42.96	57.83
PROMEDIO	61.60	13.93	49.74	50.90	-236.67	-8.40	-33.53	7.01	-26.09	8.34	32.75	55.65

GRÁFICA 5-B. Porcentaje de remoción total de la planta ANSP, LAGUNA # 2.



LAGUNA # 1

- Los porcentajes de remoción de sólidos suspendidos para los meses de Junio y Julio se hacen negativos (-6.38% y -10.53% respectivamente), dichos valores indican que la laguna en vez de remover los sólidos suspendidos, los esta incrementando.
- La remoción de sólidos volátiles en el mes de Junio es positiva (5.00%) y negativa para el mes de Julio (-13.51%).
- La variación de remoción de la DBO es mínima, teniéndose en el mes de Junio 40.01% y para el mes de Julio 46.74%.
- La remoción de DQO tampoco presenta una variación muy marcada, 45.31% para el mes de Junio y 37.33% en el mes de Julio.

LAGUNA # 2

- Los porcentajes de remoción de sólidos suspendidos para los meses de Junio y Julio se hacen negativos (-18.84% y -33.33% respectivamente), dichos valores indican que la laguna en vez de remover los sólidos suspendidos, los esta incrementando.
- La remoción de sólidos volátiles en el mes de Junio es 3.78% y para el mes de Julio 12.90%.
- La remoción de DBO varia para los meses de Junio y Julio (22.53% y 42.96% respectivamente).
- La remoción de DQO presenta una variación mínima, 53.47% en el mes de Junio y 57.83% para el mes de Julio.

5.1.6 OTROS TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

5.1.6.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOURDES (DIGESTOR DE CONTACTO DE MEZCLADO CONTINUO)

En esta planta se presentan los monitoreos más recientes que corresponden a los meses de Octubre de 2003 y Julio de 2004.

Se han calculado los porcentajes de remoción total, ya que los monitoreos fueron realizados únicamente en la entrada y la salida de la planta.

TABLA 56. Monitoreo efectuado en Octubre de 2003.

Parámetros	Unidades	Resultados		Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Entrada a la planta	Salida de la planta	
Temperatura	°C	26.80	27.20	20-35 °C ^B
pH	Uni-pH	7.15	7.18	5.5-9.0 ^C
Sólidos Totales	mg/lts	954.50	736.50	-
Sólidos Disueltos	mg/lts	784.50	686.50	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lts	324.21	142.19	60
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lts	533.85	179.69	100
Grasa y Aceites	mg/lts	47.50	20.30	20
Sólidos Sedimentables	ml/lts	2.50	0.10	1
(Detergentes) SAAM	mg/lts	34.20	16.42	10

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnias; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

Fuente: Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES).

TABLA 57. Monitoreo efectuado en Julio de 2004.

Parámetros	Unidades	Resultados		Valores de la propuesta de Norma CONACYT
		Entrada a la planta	Salida de la planta	
Temperatura	°C	-	-	20-35 °C ^B
pH	Uni-pH	7.38	6.79	5.5-9.0 ^C
Sólidos Totales	mg/lts	1017.50	752.00	-
Sólidos Suspendidos	mg/lts	300.00	70.00	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/lts	284.80	68.27	60
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/lts	314.58	108.33	100
Grasa y Aceites	mg/lts	155.10	56.40	20
Sólidos Sedimentables	ml/lts	2.50	0.10	1
(Detergentes) SAAM	mg/lts	5.55	5.69	10

^B En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

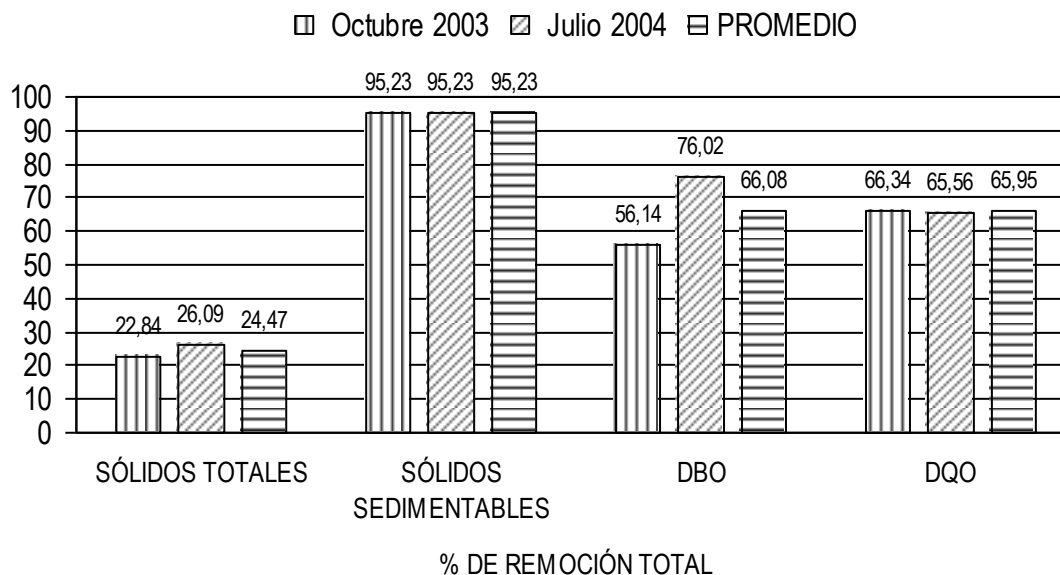
^C El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnias; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

Fuente: Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES).

TABLA 58. Porcentaje de remoción total.

MESES	% DE REMOCIÓN TOTAL			
	SÓLIDOS TOTALES	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	DBO	DQO
Octubre 2003	22.84	95.23	56.14	66.34
Julio 2004	26.09	95.23	76.02	65.56
PROMEDIO	24.47	95.23	66.08	65.95

GRÁFICA 6 Porcentaje de remoción total de la planta de tratamiento de Villa Lourdes



- El porcentaje de remoción de sólidos totales es de 22.84% para el mes de Octubre de 2003 y 26.09% en el mes de Julio de 2004.
- La remoción de sólidos sedimentables se mantiene igual para Octubre de 2003 y Julio de 2004 (95.23%).
- La remoción de DBO presenta variación para ambos meses, Octubre de 2003 (56.14%) y Julio de 2004 (76.02%).
- El porcentaje de remoción de la DQO es leve 66.34% y 65.56% para Octubre de 2003 y Julio de 2004 respectivamente.

5.2 EFICIENCIA ACTUAL DE LAS PLANTAS

TABLA 59. Porcentaje de remoción total de las plantas de tratamiento estudiadas.

PLANTA DE TRATAMIENTO		SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SÓLIDOS TOTALES	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	SÓLIDOS VOLÁTILES	DBO	DQO	TURBIEDAD
Planta de Tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad		84.43	-	-	-	85.71	64.76	87.95
Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista I		-	52.29	-	-	95.18	93.05	-
Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista II		-	52.38	-	-	91.33	89.61	-
Planta de Tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores		68.03	-	-	-	69.72	60.57	-
Laguna de Estabilización ANSP	Laguna # 1	-8.43	-	-	-4.26	43.38	41.32	-
	Laguna # 2	-26.09	-	-	8.34	32.75	55.65	-
Planta de Tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes		-	24.47	95.23	-	66.08	65.95	-

5.3 FUNCIONAMIENTO TEÓRICO ADECUADO DE LAS DISTINTAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

La eficiencia de los distintos elementos que conforman las plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador se presentan en siguiente la Tabla.

TABLA 60. Eficiencia teórica de los elementos que conforman los diferentes tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas según varios autores.

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO
TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO ¹	25-40
FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO AERÓBICO ²	60-70
TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO ³	25-40
TANQUE IMHOFF ³	25-35
FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO ANAERÓBICO ⁴	50
TANQUE RAFA ⁵	90
LODOS ACTIVADOS ⁶	75-95
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ⁷	25-40
DIGESTOR DE CONTACTO DE MEZCLADO CONTINUO ⁴	50

¹ Tratamiento de Aguas Negras, Metcalf & Eddy, Editorial Labor S. A.

² Proceso de Tratamiento Anaerobio con Microorganismos en suspensión y Adheridos en un medio fijo, Dr. Vicente Joinguitud Falcon.

³ Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales, George Barnes.

⁴ Willie P. Isaacs, P. E. – Ph. D. Diseñador de plantas anaeróbicas de dos etapas.

⁵ www.biotec.net

⁶ Ing. Jerónimo Pérez Parra, Director del Centro de Investigación y Formación Agraria de Almería (C.I.F.A.). Junta de Andalucía.

⁷ Porcentaje de remoción esperado para Lagunas de Estabilización.

5.4 EFICIENCIA IDONEA SEGÚN TEORÍA

TABLA 61. Parámetros sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor según CONACYT.

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES
DQO	mg/lts	100
DBO	mg/lts	60
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/lts	1
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/lts	60
pH	Unidades	5.5-9.0 ^c
TURBIDEZ (TURBIEDAD)	NTU	A

^A No se incrementara en 5 Unidades la turbidez del cuerpo receptor.

^c El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas.

5.5 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA EFICIENCIA IDONEA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO VERSUS LA EFICIENCIA OBTENIDA CON EL MANTENIMIENTO QUE RECIBEN.

5.5.1 COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE REMOCIÓN POR ELEMENTO

TABLA 62. Planta de Tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad.

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO	% PROMEDIO OBTENIDO
Tanque sedimentador primario # 1	25-40	-164.76
Tanque sedimentador primario # 2	25-40	4.34
Filtro percolador biológico aeróbico #1	60-70	51.92
Filtro percolador biológico aeróbico #2	60-70	18.10
Filtro percolador biológico aeróbico #3	60-70	-57.50
Tanque sedimentador secundario	25-40	87.82

De los elementos analizados en esta planta, se puede observar que únicamente el filtro percolador biológico y el sedimentador secundario están funcionando adecuadamente.

TABLA 63. Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista I.

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO	% PROMEDIO OBTENIDO
Tanque sedimentador primario	25-40	24.69
Tanque sedimentador secundario	25-40	93.58

Puede notarse que el sedimentador primario casi cumple con el rango de remoción establecido por diversos autores y el sedimentador secundario lo sobrepasa, por lo que se puede concluir que los elementos están funcionando adecuadamente.

TABLA 64. Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista II.

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO	% PROMEDIO OBTENIDO
Tanque sedimentador primario	25-40	77.03
Tanque sedimentador secundario	25-40	59.25

Tanto el sedimentador primario, como el sedimentador secundario sobrepasan los rangos de remoción esperados, lo que indica que la planta esta trabajando bien.

TABLA 65. Planta de Tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores.

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO	% PROMEDIO OBTENIDO
Tanque RAFA	90	40.20
Filtro percolador biológico aeróbico	60-70	41.04

A pesar de tener un operador fijo en esta planta los porcentajes de remoción están por debajo del rango esperado.

TABLA 66. Laguna de Estabilización ANSP.

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO	% PROMEDIO OBTENIDO
Laguna # 1	25-40	43.38
Laguna # 2	25-40	32.75

Los porcentajes de remoción obtenidos son satisfactorios, ya que la Laguna # 1 sobrepasa el rango esperado y la Laguna # 2 está dentro de este rango.

TABLA 67. Planta de Tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes (Digestor de Contacto de Mezclado Continuo).

ELEMENTO	% DE DBO ESPERADO	% PROMEDIO OBTENIDO
Filtro percolador biológico anaeróbico	50	66.08

Según los resultados obtenidos el filtro percolador anaeróbico cumple con el porcentaje de remoción esperado.

5.5.2 COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO Y LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES A UN CUERPO RECEPTOR (CONACYT, NORMA EN CONSULTA PÚBLICA)

TABLA 68. Planta de Tratamiento de la Urbanización Santísima Trinidad.

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA	OBSERVACIONES
		17 de Junio de 2003	
S. S. T (mg/lts)	60	16.50	Cumple
DBO (mg/lts)	60	21	Cumple
DQO (mg/lts)	100	112.9	No cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	10.80	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	-	-

Los S. S. T están 43.50 mg/lts abajo del límite máximo permisible, la DBO también esta por debajo del limite máximo permisible con 39 mg/lts, sin embargo la DQO sobrepasa el límite establecido en 12.60 mg/lts.

TABLA 69. Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista I.

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA		OBSERVACIONES
		Marzo 2004	Abril 2004	
S. S. T (mg/lts)	60	-	-	-
DBO (mg/lts)	60	17.68	10.56	Cumple
DQO (mg/lts)	100	31	29	Cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	12	14.33	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	7.9	7	Cumple

En cuanto a la remoción de DBO y DQO esta planta de tratamiento no presenta ningún problema (45.88 mg/lts y 70 mg/lts, debajo de los límites máximos permisibles respectivamente, en comparación con los datos de monitoreo). El pH se encuentra en el rango permisible.

TABLA 70. Planta de Tratamiento de la Urbanización Alta Vista II.

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA		OBSERVACIONES
		Marzo 2004	Abril 2004	
S. S. T (mg/lts)	60	-	-	-
DBO (mg/lts)	60	33	18	Cumple
DQO (mg/lts)	100	56	34	Cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	18	28	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	7.1	6.9	Cumple

La remoción de DBO y DQO de esta planta no presenta ningún problema (34.50 mg/lts y 55 mg/lts, debajo de los límites máximos permisibles respectivamente, en comparación con los datos de monitoreo). El pH se encuentra en el rango permisible.

TABLA 71. Planta de Tratamiento de la Urbanización Santa Teresa de las Flores.

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA			OBSERVACIONES
		Junio 2004	Julio 2004	Agosto 2004	
S. S. T (mg/lts)	60	91	73	65	No cumple
DBO (mg/lts)	60	119	120	254	No cumple
DQO (mg/lts)	100	137	129	177	No cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	87	218	59	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	7.7	8.5	7.7	Cumple

Esta planta presenta problemas de remoción de S. S. T, DBO y de DQO al hacer la comparación entre los parámetros de la norma y los datos de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados (16.33 mg/lts, 104.33 mg/lts y 47.66 mg/lts respectivamente) por supuesto todos arriba del límite máximo establecido en la norma, únicamente el pH se mantuvo en el rango establecido.

TABLA 72. Laguna de Estabilización ANSP (LAGUNA # 1).

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA		OBSERVACIONES
		18 de Junio de 2004	16 de Julio de 2004	
S. S. T (mg/lts)	60	78	84	No cumple
DBO (mg/lts)	60	78.31	64.34	No cumple
DQO (mg/lts)	100	169	188	No cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	-	-	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	7.95	7.50	Cumple

TABLA 73. Laguna de Estabilización ANSP (LAGUNA # 2).

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA		OBSERVACIONES
		4 de Junio de 2004	2 de Julio de 2004	
S. S. T (mg/lts)	60	82	80	No cumple
DBO (mg/lts)	60	120.70	101.97	No cumple
DQO (mg/lts)	100	150	140	No cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	-	-	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	6.94	7.64	Cumple

Para ambas lagunas los valores de S. S. T, DBO y DQO sobrepasan los límites máximos permisibles, cumpliendo únicamente el pH que se encuentra dentro del rango permitido.

Para la laguna # 1, los S. S. T sobrepasan 21 mg/lts, la DBO 11.33 mg/lts y la DQO 78.50 mg/lts.

Para la laguna # 2, los S. S. T sobrepasan 21 mg/lts, la DBO 51.34 mg/lts y la DQO 45.00 mg/lts.

TABLA 74. Planta de Tratamiento de la Urbanización Villa Lourdes (Digestor de Contacto de Mezclado Continuo).

PARÁMETROS	PROPUESTA DE NORMA SEGÚN CONACYT	RESULTADO DE LABORATORIO EN LA DESCARGA		OBSERVACIONES
		Octubre 2003	Julio 2004	
S. S. T (mg/lts)	60	-	-	-
DBO (mg/lts)	60	142.19	68.27	No cumple
DQO (mg/lts)	100	179.69	108.33	No cumple
TURBIEDAD (UNT)	A	-	-	-
pH (Unidades)	5.5-9.0 ^c	7.18	6.79	Cumple

Tanto la DBO como la DQO, rebasan los límites máximos establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor del CONACYT (Norma en consulta pública), sin embargo el pH permanece en el rango permisible.

La DBO es rebasada en 45.23 mg/lts y la DQO en 44.01 mg/lts.

Se ha realizado un análisis comparativo en base a la eficiencia de las seis plantas de tratamiento de aguas residuales estudiadas que cuentan con datos de monitoreo y del mantenimiento que reciben, con el propósito de observar si el mantenimiento que se les está dando refleja la eficiencia con la que se encuentran trabajando los sistemas, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Las plantas de tratamiento de la Santísima Trinidad, Alta Vista I, Alta Vista II, ANSP y Villa Lourdes, están funcionando adecuadamente según la eficiencia de remoción establecida por diversos autores.
- La planta de Santa Teresa de las Flores a pesar de contar con un programa de mantenimiento periódico y operación continua, presenta resultados de remoción debajo de los proporcionados por varios autores.
- Las plantas de tratamiento de la Santísima Trinidad, Alta Vista I, Alta Vista II cumplen con los límites Máximos establecidos en la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales descargados a un Cuerpo receptor del CONACYT (Norma en consulta pública).
- Las plantas de Santa Teresa de las Flores, ANSP y Villa Lourdes, reciben mantenimiento periódico, sin embargo sus remociones no son las esperadas, ya que los parámetros estudiados están arriba de los límites máximos permisibles.

CAPITULO VI: ESTUDIO DE LA LEGISLACIÓN APLICADA A LAS AGUAS RESIDUALES

El capítulo VI que lleva por nombre estudio de la legislación aplicada a las aguas residuales domésticas se elaboró mediante la incorporación, análisis y comparación de los parámetros establecidos en la norma de CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), mediante la elaboración de un cuadro comparativo de los diferentes parámetros y sus valores máximos permisibles para poder verter aguas residuales domésticas a un cuerpo receptor de igual manera se incluyen en el cuadro parámetros establecidos en reglamentos de países latinoamericanos, con el fin de aportar un mejor análisis y comprensión de la normativa que regula el vertido de estas aguas.

Mediante un análisis del decreto N° 50 (Reglamento Sobre la Calidad del Agua, Control de Vertidos y las Zonas de Protección) de ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados), el decreto N° 39 (Reglamento Especial de Aguas Residuales) de MARN (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales) y de la norma de CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), se incorporan los artículos que mayor relevancia presentan para nuestra investigación, y que penalizan las posibles infracciones cometidas ante el vertimiento de aguas inficcionadas que no cumplan dichos artículos o no respeten los valores máximos permitidos para el vertimiento de dichas aguas. En los anexos se presentan, tanto los decretos 50 y 39, como la propuesta de norma de CONACYT.

6.1 ANÁLISIS DEL REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN (DECRETO 50), REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES (DECRETO 39) Y NORMA SALVADOREÑA DE AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR (PROPUESTA POR CONACYT).

Los reglamentos y la norma de tratamiento de aguas residuales, analizados en este documento tienen como objetivo primordial, establecer la normativa que vele por que las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, y que a través de los mecanismos establecidos en los presentes reglamentos, tomar las medidas adecuadas y oportunas para regular las actividades que lleguen a producir contaminación de las aguas naturales, a fin de armonizar, y contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

Para lograr los fines primordiales de esta normativa se establece como objetivos de calidad los niveles físicos, químicos y biológicos necesarios para mantener, preservar los cuerpos receptores, tomando muy en cuenta el destino, volumen, caudal y poder de auto depuración tanto del vertido como del cuerpo receptor.

Para todo lo preceptuado en cada uno de los reglamentos y norma se establecen autoridades competentes los cuales son los encargados sobre la aplicación de dichas normativas, para el decreto N° 39 (Reglamento especial de aguas residuales), lo es el ministerio

del medio ambiente y recursos naturales. Para el decreto N° 50 (reglamento sobre calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección) emitido por A.N.D.A (administración nacional de acueducto y alcantarillados), lo son, los ramos de salud pública y asistencia social, el de agricultura y ganadería y el de obras públicas, bajo los términos de cada uno de sus reglamentos y los de su propia legislación.

En cumplimiento de lo preceptuado en cada uno de los reglamentos, los titulares de obras o proyectos o actividades correspondientes, están obligados a considerar en sus programas de adecuación ambiental, la aplicación gradual de medidas de atenuación para el impacto negativo ocasionado por aguas residuales sobre el recurso hídrico.

Las autoridades competentes en el cumplimiento de su deber podrán realizar auditorias e inspecciones en las formas en que considere necesario en las obras de tratamiento de aguas residuales.

Con respecto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales se establece en cada uno de los reglamentos, el deber de toda aquella persona natural o jurídica, pública o privada titular de una obra responsable de producir aguas residuales, a implementar y operar sistemas de tratamiento para que sus vertidos cumplan con los objetivos de calidad, evitando así perjudicar las condiciones físico químicas y biológicas del medio acuático receptor.

Los procesos de depuración o tratamiento a que estarán sujetos los vertidos en general, deberán ser los técnicamente necesarios para lograr los objetivos de calidad.

Para lograr que los titulares de obras o proyecto, cumplan con el objetivo de calidad de sus vertidos, están obligados a elaborar informes operacionales de los sistemas de tratamiento y de las condiciones de sus vertidos, los cuales deberán contener como requisitos mínimos la siguiente información:

- a. Registro de Aforos;
- b. Registro de análisis de laboratorio efectuados por el titular y los efectuados por laboratorios acreditados, según la legislación pertinente;
- c. Registro de daños a la infraestructura, causados por situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y funcionamiento del sistema;
- d. Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y el funcionamiento del sistema que originen descargas de aguas residuales con niveles de contaminantes que contravengan los límites permitidos por las normas técnicas respectivas;
- e. Evaluación del estado actual del sistema, y
- f. Acciones correctivas y de control.

La necesidad de proteger los cuerpos receptores de la contaminación de las aguas residuales obliga a la normativa a contemplar criterios de autorización de vertidos, estableciendo así que ninguna descarga de residuos sólidos o gaseosos a los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento podrá ser efectuada sin la previa autorización de la

autoridad competente. A los cuales se les podrá solicitar el permiso de descarga de aguas residuales, para lo cual el documento deberá contener como mínimo lo siguiente:

1. Nombre, profesión y oficio, domicilio y nacionalidad del solicitante; y si se tratare de personas jurídicas, deberá comparecer su representante legal, quien además de acreditar su personería deberá acreditar la de la empresa que representa;
2. Nombre del medio acuático y localización cartográfica del punto en que se pretenda efectuar o se esta efectuando el vertido, anexando plano o croquis de su ubicación;
3. La información sobre caudales y volúmenes del vertido, periodos estimados de descarga y duración de los mismos.
4. Características del vertido que se está efectuando o se pretende efectuar, adjuntando plano a escala que detalle la forma cómo se realiza o se realizará dicho vertido;
5. Descripción de:
 - a. Las obras físicas de depuración que se pretenden construir o se hayan construido;
 - b. El tratamiento al que se propone someter el vertido o que ya se está tratando;
6. Análisis físico-químico y biológico de los componentes de vertido en el sitio y las condiciones que indique la Autoridad Competente en los casos donde se esté efectuando la descarga.

En los casos en que no se esté efectuando, se deberá adjuntar un análisis comparativo según otras industrias similares, a reserva de que posteriormente presente el análisis de su propio vertido.

De igual manera se incluirán los análisis de las características físico químico y microbiológico de conformidad con la normativa técnica de calidad de aguas residuales, la cual contempla que para aguas residuales de tipo ordinario se incluirá como mínimo el análisis de los siguientes parámetros:

- a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
- b. Potencial hidrógeno (pH);
- c. Grasas y aceites (G y A);
- d. Sólidos sedimentables (SSed);
- e. Sólidos suspendidos totales (SST);
- f. Coliformes totales (CT), y
- g. Cloruros (Cl-).

Es importante mencionar que dichos análisis están considerados en la norma salvadoreña de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. (Propuesta por CONACYT). Estableciendo para cada uno de ellos el valor máximo permitido.

TABLA 75. Valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario, para descargar a un cuerpo receptor
(Según propuesta de norma por CONACYT).

ACTIVIDAD	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Sólidos Sedimentables (ml/L)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Aceites y grasas (mg/L)
AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO	100	60	1	60	20

TABLA 76. Parámetros sobre valores permisibles para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor
(Según propuesta de norma por CONACYT).

Parámetros		Valores Máximos Permisibles
Aluminio (Al)	mg/L	5
Arsénico (As)	mg/L	0.1
Bario total (Ba)	mg/L	5
Berilio (Be)	mg/L	0.5
Boro (B)	mg/L	1.5
Cadmio (Cd)	mg/L	0.1
Cianuro total (CN ⁻)	mg/L	0.5
Cinc (Zn)	mg/L	5
Cobalto (Co)	mg/L	0.05
Cobre (Cu)	mg/L	1
Coliformes fecales	NMP	2000
Coliformes totales	NMP	1000
Color		1)
Compuestos fenólicos sintéticos	mg/L	0.5
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.1
Cromo total (Cr)	mg/L	1
Detergentes (SAAM)	mg/L	10
Fluoruros (F)	mg/L	5
Fósforo total (P)	mg/L	15
Organofluorina	mg/L	0.1
Fosfamina	mg/L	0.1
Benzimidazol	mg/L	0.1
Piretroides	mg/L	0.1
Bipiridelos	mg/L	0.1
Fenoxi	mg/L	0.1
Triazina	mg/L	0.1
Fosfonico	mg/L	0.1
Hidrocarburos	mg/L	20
Hierro total (Fe)	mg/L	10

Litio (Li)	mg/L	2
Manganeso total (Mn)	mg/L	2
Materiales flotantes	mg/L	Ausentes
Mercurio (Hg)	mg/L	0.01
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.3
Niquel (Ni)	mg/L	0.2
Nitrógeno total (N)	mg/L	50
Organoclorados	mg/L	0.05
Organofosforados y carbamatos	mg/L	0.1
pH	Unidades	5.5-9.0 ²⁾
Plata (Ag)	mg/L	0.2
Plomo (Pb)	mg/L	0.2
Selenio (Se)	mg/L	0.05
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	1000
Sustancias radiactivas	-	0
Temperatura	°C	20-35 °C ³⁾
Turbidez (Turbiedad)	NTU	⁴⁾
Vanadio (V)	mg/L	1

¹⁾ Efluente líquido no deberá introducir color visible al cuerpo receptor.

²⁾ El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.0 para vertidos en agua costero marinas

³⁾ En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor

⁴⁾ No se alterara en 5 unidades la turbidez del cuerpo receptor

Para que los titulares de las obras o proyectos en cargados de administrar obras de depuración y sistemas de tratamiento de aguas residuales, cumplan con los niveles de calidad establecidos para sus descargas, se establece la frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes característicos, de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, según como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 77. Frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes característicos (según decreto N° 39 del MARN).

PARÁMETROS	CAUDAL m ³ / día		
	< 50	> 50	> 100
PH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Grasa y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO _{5,20}	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	Semestral	Trimestral
Coliformes fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

Con respecto al análisis de coliformes fecales será de carácter obligatorio realizarlos si:

- a. Las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca;
- b. Se originen en hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos, y
- h. En los casos del Permiso Ambiental.

Cabe mencionar que los niveles máximos permisibles de los parámetros de la (Norma Salvadoreña de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor propuesta por CONACYT). Deberán ser alcanzados por los tratamientos respectivos brindados por las instalaciones de depuración no permitiéndose la dilución, y para que se pueda garantizar la caracterización del efluente los análisis de aguas residuales deberán ser practicados en muestras compuestas.

Es importante mencionar y aclarar que los únicos valores máximos permisibles de parámetros físicos químicos y bacteriológicos, legalmente establecidos son las contenidas en el decreto N° 50 (reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección) emitido por A.N.D.A (administración nacional de acueductos y alcantarillados) el cual establece que no podrán ser vertidos a la red de alcantarillado de aguas negras, ni a ningún cuerpo receptor, aguas contaminadas que contengan en exceso a los límites siguientes:

1. Sustancias tóxicas y venenosas:
 - a. Cobre (Cu) 0.20 mg/l
 - b. Cromo (Cr) 0.05 mg/l
 - c. Niquel (Ni) 0.80 mg/l
 - d. Zinc (Zn) 5.00 mg/l
 - e. Arsénico (As) 0.05 mg/l
 - f. Cianuro 0.10 mg/l
 - g. Fenoles 0.005 mg/l
2. Sustancia explosivas
3. Agentes bactericidas, fungicidas e insecticidas entre 0.01 a 10 mg/l
4. Aceites y grasas 20 mg/l
5. Materiales radio-activos entre 3 a 1000 pc/l
6. Otros que se establezcan para casos especiales.

Para garantizar que el manejo inadecuado de aguas residuales se reduzca al mínimo se establecen en cada una de las normativas condiciones de calidad de vertidos, pero en caso de incurrir en contravenciones a lo preceptuado en cada uno de los reglamentos y la norma, se establecen sanciones las cuales dependiendo del caso que se trate serán catalogadas como graves o menos graves para las cuales existen procedimientos y autoridades competentes que se encargaran de aplicar la respectiva multa.

El decreto N° 39 (reglamento especial de aguas residuales) emitido por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) contempla en el (Art. 26) las condicionantes para efectos de descarga de aguas residuales a un medio receptor, prohibiendo lo siguientes aspectos:

- ➔ La explotación o uso de agua con fines de dilución de aguas residuales, como tratamiento previo a la descarga, y

- ➔ La dilución de cualquier materia que pudiera obstaculizar en forma significativa el flujo libre del agua, formar vapores o gases tóxicos, explosivos, inyección de gases, sustancias que causen mal olor o que pudieran alterar en forma negativa la calidad del agua del medio receptor.

Motivos por los cuales toda persona natural o jurídica pública o privada que cometiere alguna falta contra lo preceptuado en este reglamento será sancionado de conformidad como lo establezca la ley del medio ambiente y recursos naturales.

Por su parte el decreto N° 50 (REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCIÓN) emitido por ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados) establece que cualquier falta cometida al presente reglamento, será tipificada como falta grave o menos grave dependiendo del caso y se procederá a imponer la sanción, la cual podrá ser para las infracciones graves multas desde los mil hasta los tres mil colones; y por menos graves, multas desde cincuenta hasta dos mil colones catalogándose como infracciones las siguientes:

Son infracciones graves:

- a. Verter aguas inficionadas;
- b. Verter residuos cloacales y aguas servidas de cualquier clase, que contravengan lo establecido en este Reglamento;
- c. Entorpecer o encubrir por cualquier medio el cumplimiento de los niveles de calidad del aguas que fija este Reglamento;
- d. Efectuar descargas sin autorización de la Autoridad Competente; y
- e. Usar medios fraudulentos para obtener autorización de vertidos.

Son infracciones menos graves:

- a. No llevar el libro de control de la operación del sistema de tratamiento;
- b. No permitir el acceso de los delegados, empleados o inspectores de la Autoridad Competente en los inmuebles de propiedad privada para el cumplimiento de sus labores;
- c. El cumplimiento parcial de las condiciones fijadas en la autorización del vertido; y
- d. Cualquier otra infracción al presente Reglamento no considerada en los literales anteriores.

6.2 COMPARACIÓN ENTRE LA NORMA SALVADOREÑA DE AGUAS RESIDUALES Y LAS NORMAS A NIVEL LATINOAMERICANO.

Con el objeto de tener una mejor comprensión del estado en que se encuentra la normativa de aguas residuales, se elaboró el cuadro comparativo de las características más importantes, incluyendo países latinoamericanos, con el fin de comparar el grado de severidad con el cual se penalizan los valores de los parámetros de caracterización de las aguas residuales.

Sin efectuar ninguna observación drástica podemos darnos cuenta que existen muchos de éstos parámetros los cuales no han sido cuantificados mostrándonos que aún en países como México y Costa Rica la normativa de aguas residuales carece de ciertos valores de parámetros esenciales para poder caracterizar adecuadamente un vertido de agua residual.

TABLA 78. Comparación entre la Propuesta de norma Salvadoreña de aguas residuales y las normas a nivel Latinoamericano.

VALORES MAXIMOS PERMISIBLES						
PAÍS	EL SALVADOR	NICARAGUA	COSTA RICA	PANAMA	MEXICO	BOLIVIA
Parámetros	VALORES	VALORES	VALORES	VALORES	VALORES	VALORES
Sólidos Sedimentables	1 ml/L	1 ml/L	1 ml/L	15 mg/lts	1 ml/L	< 100 - 1mg/L-ml/L
Sólidos Suspendidos Totales	60 mg/lts	X	50 mg/lts	35 mg/lts	40 mg/lts	X
Sólidos Disueltos Totales	X	X	X	500 mg/lts	X	1.5 mg/lts
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100 mg/lts	90 mg/lts	50 mg/lts	35 mg/lts	75 mg/lts	30 mg/lts
Demanda Química de Oxígeno	60 mg/lts	180 mg/lts	X	100 mg/lts	X	60 mg/lts
Turbidez	4) NTU	X	X	30 NTU	X	< 200 - < 10.000 ** UNT
Temperatura	20-35 °C 3)	35 °C	15- 40 °C	± 3 °C de la T. N	40 °C	+/- °C de cuerpo receptor
Aceites y grasas	20 mg/lts	10 mg/lts	30 mg/lts	20 mg/lts	15 mg/lts	1mg/lts
pH	5.5 – 9.0 2) U-pH	6.0 - 9.0 U-pH	5.0-9.0 U-pH	5.5 - 9.0 U-pH	X	6.0 a 9.0 U-pH
Coliformes fecales	2,000 NMP	500,000 por cada 100 ml NMP	X	X	X	< 50,000 y < 5,000 en 80% NMP de muestras
Coliformes totales	10,000 NMP	X	X	1,000 NMP/100 ml	X	X
Detergentes (SAAM)	10 mg/L	X	2 mg/lts	1 mg/lts	X	0.5 mg/L
Color	1)	X	50	X	X	< 200 mg/L
Materiales flotantes	Ausentes	X	Ausente	Ausente	Ausente	< retenido en malla 1 mm2 mg/L

EL SALVADOR

- 1) Efluente líquido no deberá incrementar color visible al cuerpo receptor
- 2) El valor de pH 5,5-9,0 aplica para descargas en aguas limpias; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas
- 3) En todo caso la temperatura del H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.
- 4) No se incrementara en 5 Unidades la turbidez del cuerpo receptor.

BOLIVIA

** Río en crecida.

El grado de severidad con el cual se rigen algunos parámetros, mostrados en la tabla 78, comparando la propuesta de norma Salvadoreña de aguas residuales y las normas a nivel Latinoamericano, es el resultado de muchos factores, los cuales influyen al momento de asignar un determinado valor para un parámetro dado, muchos de éstos valores son influenciados por factores económicos, culturales, tecnologías adecuadas, sistemas de tratamientos, experiencia de los países en el tratamiento de aguas residuales, los manuales pertinentes, la legislación y las multas aplicadas.

Las condiciones idóneas en las cuales debe trabajar el operador, los utensilios y las herramientas adecuadas es otro factor determinante, así mismo la utilización eficiente y optima de los procesos de tratamiento son influencias claves para restringir con mayor responsabilidad algunos parámetros de caracterización de las aguas residuales.

- En la tabla 78, se muestran algunos parámetros, para los sólidos sedimentables los valores establecidos para los diferentes países son similares, la mayoría están con 1 ml/L, presentando variaciones únicamente de unidades de medidas.
- Para los sólidos suspendidos totales, realizando comparaciones con referencia a estos parámetros de los países Latinoamericanos con respecto al valor normado de El Salvador obtenemos las siguientes diferencias; El Salvador asigna un valor normado de 60 mg/lts y Costa Rica un valor de 50 mg/lts, presentando una variación de 10 mg/lts por debajo, México tiene un valor normado de 40 mg/lts. con

20 unidades por debajo del valor normado de El Salvador, Panamá tiene un valor normado de 35 mg/lts. la diferencia es mucho más variada con 25 mg/lts por debajo, estas variaciones es debido a que utilizan tratamiento terciario en sus procesos de depuración permitiéndole de esta manera ser un poco mas drástico en la penalización de sus parámetros, Costa Rica por su parte utiliza la recirculación del fluido lo cual beneficia a todos los parámetros de las aguas residuales y México utiliza factores de seguridad en todos los valores asignados a los parámetros de caracterización de aguas residuales.

- Para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los valores asignados por cada uno de los países incluidos en la tabla 78, tomando de referencia el parámetro de El salvador, el cual tiene un valor normado de 100 mg/lts, Nicaragua tiene en sus normas el valor de 90 mg/lts con 10 mg/lts mas bajo con respecto al valor de El Salvador, Costa Rica tiene un valor de 50 mg/lts. con 50 mg/lts más bajo, Panamá tiene un valor de 35 mg/lts con 65 mg/lts. de diferencia por abajo con respecto al valor de El Salvador, México en cambio su valor es de 75 mg/lts, presentando una variación de 25 mg/lts por debajo, el País de Bolivia tiene un valor de 30 mg/lts. su diferencia es de 70 mg/lts por abajo. Una reflexión sobre estas diferencias se deben a que por ejemplo el país de México aplica factores de seguridad en sus parámetros además de poseer más experiencia en los procesos de tratamiento, así como también en la emisión de reglamentos y manuales sobre dichos vertidos. Por su parte Panamá no hace una división en la clasificación de sus vertidos y sin

importarles el origen de dichas aguas, hacen uso de tratamientos terciarios, motivo por los cuales, obtiene mejores resultados en sus pruebas, permitiéndose de esa manera poder exigir en su norma parámetros con valores más drásticos que el resto de los países y sumado a esto la experiencia en el oficio que poseen los encargados de administrar las plantas de tratamiento. Para Bolivia el caso es un poco más crítico, debido a la falta del recurso hídrico en algunas zonas del país crea la necesidad de cuidar los cuerpos receptores, motivo por el cual se penalizan los valores de sus parámetros de una manera más rigurosa.

- Con respecto a la temperatura en la mayor parte de países incluidos en la tabla 78, existen variaciones en algunos países con respecto a los valores establecidos en la propuesta de norma Salvadoreña, cuyo rango es de 20 a 35 °C, Nicaragua establece el valor máximo normado de 35 °C coincidiendo con el valor de límite superior de El Salvador, por otra parte Costa Rica presenta un rango de 15 a 40°C, variando en ambos límites por 5 °C, por debajo y por arriba de los valores máximo y mínimo, permitiendo una variación de 10 °C de temperatura en su rango con respecto a lo establecido por El Salvador, la Norma Mexicana que tiene un valor normado de 40°C su variación respecto al valor de temperatura de El Salvador es de 5 °C más alto, Panamá establece que la temperatura no debe variar más o menos 3 °C la temperatura del cuerpo hídrico, Bolivia su temperatura debe ser más o menos la que tenga el cuerpo receptor, las pequeñas variaciones existentes entre un país y otro son debido a las condiciones climáticas de las regiones de cada país.

- Las grasas animales y los aceites son el tercer componente, en importancia de los alimentos. El término grasa, de uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales, los valores establecidos para los aceites y grasas la mayor parte de países incluidos en la tabla de comparación de parámetros muestran una variación con respecto al valor de El Salvador, cuyo valor normado de Aceites y grasas es de 20 mg/lts por su parte la norma de Nicaragua presenta un valor de 10 mg/lts, representado 10 mg/lts por debajo de El salvador, Costa Rica tiene un valor de 30 mg/lts, representando una diferencia de 10 mg/lts por arriba, México detalla un valor de 15 mg/lts, con 5 mg/lts por debajo del valor de El Salvador, el valor de la norma de Panamá coincide con el valor de El Salvador, los valores poseen mínimas variaciones entre un país y otro, debiéndose en gran medida a la aplicación de los procesos de remoción de aceites y grasas, además de la utilización de trampas de grasas en algunos de éstos países como en México y Costa Rica, por su parte Bolivia cuyo valor es de 1mg/lts establece la mayor diferencia de 19 mg/lts respecto a El Salvador, tiene que ser un poco mas critico en sus valores debido a su problema de escasez del recurso hídrico en algunas zonas de su territorio.
- La concentración del ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuada para la proliferación del desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y critico. Los valores para el potencial de

hidrógeno establecidos en la tabla 78 de los diferentes reglamentos se encuentra en los rangos aceptables entre 5.5 - 9.0 U-pH, presentando pequeñas variaciones las cuales no son significativas.

- Los organismos patógenos se presentan en las aguas residuales y contaminadas en cantidades muy pequeñas resultando difícil de aislar e identificar. Por ello se emplea el grupo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. Para los parámetros de coliformes fecales y totales los valores establecidos para los diferentes reglamentos quedan condicionado al grado de perfección con el cual se realizan las pruebas, Panamá por su parte se permite un valor mas crítico que el expuesto por El Salvador, debido a que este país utiliza filtración por membrana para esta prueba, permitiéndose obtener mejores resultados en menor tiempo.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

A continuación se presenta una guía básica de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador, con fines académicos ésta se ha dividido por elementos en base al nivel de tratamiento que brindan, de manera que se puedan seleccionar las unidades que constituyan una planta específica.

Es importante que el operador de la planta haga un buen uso de este documento, con el fin de que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales trabaje lo más eficientemente posible. Tener en cuenta en el caso que la Planta presente algún problema de cualquier naturaleza deberá informar inmediatamente a su jefe inmediato.

La guía básica se ha dividido en las partes siguientes:

7.1 Elementos para el tratamiento preliminar

7.1.1 Rejillas

7.1.2 Desarenadores

7.1.3 Medidores de caudal

7.2 Elementos para el tratamiento primario

7.2.1 Tanque sedimentador primario tipo Dortmund

7.2.2 Tanque sedimentador tipo Imhoff

7.2.3 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

7.2.4 Lodos activados

7.2.5 Lagunas de Estabilización (aunque éstas pueden ser primarias o secundarias, reciben el mismo mantenimiento)

7.2.6 Digestor de Contacto de Mezclado Continuo de dos compartimentos

7.3 Elementos para el tratamiento secundario

7.3.1 Filtro percolador biológico aeróbico

7.3.2 Filtro percolador biológico anaeróbico

7.3.3 Tanque sedimentador secundario tipo Dortmund

7.4 Elementos para el tratamiento de lodos

7.4.1 Digestor de lodos

7.4.2 Patios de secado

7.1 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO PRELIMINAR

7.1.1 REJILLAS

MANTENIMIENTO: Este consiste principalmente en la limpieza y recolección de las basuras que se detienen en las rejillas, además de la disposición de estos desechos. Las actividades a realizar son las siguientes:

DIARIAMENTE:

Limpiarlas por lo menos dos veces al día con un rastrillo metálico especial, por la mañana y por la tarde, la forma más recomendada de hacerlo es comenzar a limpiar desde el fondo hacia arriba y dejar escurrir estos desechos en la placa perforada.

Después de escurridos los desechos retirarlos y limpiar la placa perforada con una escoba plástica para evitar que queden restos que puedan dar origen a malos olores.

Colocar los sólidos escurridos en un depósito de basura o en un contenedor, y luego cubrirlos con cal para evitar malos olores y la proliferación de insectos.

También deben eliminarse los depósitos de arena u otros desechos que se depositan aguas arriba de las rejillas que pueden provocar reflujos o impedir el paso del agua. La arena

puede ser barrida dejándola correr junto con el agua hacia los desarenadores, los desechos deben ser retirados con un rastrillo y ser depositados junto con los demás.

Después de efectuada la limpieza, lavar las rejillas, placa perforada y las paredes con agua a presión, para evitar los malos olores y la proliferación de insectos y roedores.

UNA VEZ AL AÑO:

Se deben revisar las rejillas y compuertas, si presentan corrosión, lijarlas y pintarlas; también deben revisarse la placa perforada, paredes y fondo del canal y en caso de encontrar muestras de deterioro, estos deben repararse siempre que sea posible. De esta manera se asegura que las estructuras duren más.

IMPORTANTE:

Recordar que en período de lluvia, la limpieza de la rejilla debe realizarse después de una tormenta, pues puede obstruirse.

DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS:

Los desechos recolectados en los depósitos de basura deben ser enterrados.

7.1.2 DESARENADORES

MANTENIMIENTO: La limpieza de los desarenadores consiste básicamente en retirar las arenas que se sedimentan en su fondo y limpiar las paredes y compuertas. Entre las actividades que deben realizarse están:

DIARIAMENTE:

Los desarenadores deben limpiarse por lo menos una vez, de preferencia por la mañana. Las arenas deben retirarse con una pala, colocándolas en un depósito para luego trasladarlas a los patios de secado para su escurrimiento.

Los canales se alternarán diariamente, es decir, que mientras uno está en operación el otro se debe secar y limpiar, quedando libre de sedimentos o agua estancada.

En caso de lluvias muy fuertes deben operarse los dos canales al mismo tiempo, cuando realice la limpieza de los desarenadores, en estas condiciones se debe limpiar comenzando del extremo final del canal, en el sentido contrario del flujo y utilizando una pala con perforaciones laterales que permita el drenado de arena.

SEMANALMENTE:

Recuerde lavar paredes y pisos con una escoba o cepillo plástico y así evitará que proliferen insectos y malos olores debido a los sedimentos que queden sobre éstos.

MENSUALMENTE:

Deben engrasarse los tornillos y aquellas partes que sirven para la abertura y cierre de las compuertas.

ANUALMENTE:

Se deberán revisar los canales desarenadores, si se encuentran daños repararlos, así como también las placas que trabajan como compuertas con el fin de que no se oxiden o se deformen, si se encuentran puntos de corrosión, deben lijarse y pintarse.

DISPOSICIÓN DE DESECHOS:

Las arenas pueden ser depositadas en los lechos de secado para su escurrimiento, después deben enterrarse con los otros desechos.

7.1.3 MEDIDORES DE CAUDAL

MANTENIMIENTO: Este consiste en el aforo o medición diaria del caudal, la limpieza de las paredes y pisos del elemento. Las actividades a realizar serán las siguientes:

DIARIAMENTE:

Se debe realizar dos mediciones del caudal instantáneo entrante, esto se hará una vez por la mañana y otra por la tarde.

SEMANALMENTE:

Recuerde limpiar las paredes, piso y cinta de medición para evitar la acumulación de sedimentos y residuos así como también la proliferación de insectos en estas, para esta actividad se podrá utilizar una escoba o un cepillo plástico de mango largo.

ANUALMENTE:

Revisar el dispositivo en general por si presenta deterioro, y así poder tomar las medidas correctivas adecuadas.

En caso que las paredes interiores de los canales desarenadores y del medidor se encuentren agrietadas o se desmoronen se podrán repellar con una mezcla fina de mortero, teniendo cuidado en no alterar las dimensiones originales de estos, para elaborar la mezcla, la arena debe colarse por la malla 1/16" conocida comúnmente como "cedazo", y utilizar una parte de arena por dos partes de cemento.

TABLA 79. Problemas más comunes de los elementos del tratamiento preliminar y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Rebalse del canal de rejillas.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ No hay by-pass o está obstruido. ♦ El caudal que llega es mayor que el de diseño.
Paso de sólidos grandes.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Posible ruptura y oxidación de las rejillas ♦ Separación de rejillas no corresponde a la del diseño.
Reflujo de aguas residuales o ahogamiento de la tubería de entrada.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Alto contenido de sólidos retenidos en las rejillas.
Entra flujo al desarenador que no está operando.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Compuertas de entrada y salida corroídas. ♦ Las compuertas no sellan correctamente.
No se arena el canal a pesar de estar abierta la válvula o compuerta de drenado.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Paso del agua por la compuerta de entrada. ♦ Válvula tapada u obstruida.
Reflujo de aguas residuales o ahogamiento de la tubería de entrada.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ No se remueve la arena que se azolva aguas arriba de las rejillas.

Moscas, roedores y malos olores.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Desechos esparcidos al aire libre. ♦ No se entierran los desechos después de ser retirados de los elementos. ♦ Alta retención de materia fecal o animales muertos en las rejillas y desarenadores. ♦ Retención de arenas en el piso de rejillas. ♦ Falta de limpieza. ♦ Falta de control de vectores y roedores.
Ahogamiento del canal después del medidor de caudal.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Obstrucción a la salida del canal. ♦ Niveles de salida de las unidades ubicadas aguas arriba son mayores.
Lectura del tirante muy alta.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Obstrucción a la salida del canal.
Muy baja la lectura del tirante.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Obstrucción del tubo de entrada a la planta.
Azolamiento de los medidores de caudal tipo vertedero.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ No se limpian los desechos aguas arriba de éstos. ♦ El desarenador no trabaja como debe.

7.2 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO

7.2.1 TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO TIPO DORTMUND

MANTENIMIENTO: Este consiste en la limpieza constante del elemento, se deben realizar las siguientes actividades:

DIARIAMENTE:

- Retirar las natas, espumas y sólidos flotantes que se acumulan en la superficie de la pantalla deflectora con un colador de malla de alambre galvanizado.

Las natas y demás flotantes deben retirarse para evitar el desarrollo de insectos y olores desagradables.

- Los sólidos y natas recolectados deben ser trasladados a los patios de secado para su escurrimiento.
- Limpie con una escoba plástica el canal perimetral para evitar sedimentos y que éste se vuelva resbaloso.
- Recuerde realizar la extracción de lodos dos veces, una por la mañana y otra por la tarde con un período de espaciamiento de siete horas, es decir, si se realiza la extracción a las 9:00 de la mañana la siguiente debe hacerse a las 4:00 de la tarde.
- Durante las épocas de lluvia debe retirarse el agua que se filtra a las cajas de inspección y de visita y también la que se acumula en las tapaderas de éstas.

SEMANALMENTE:

- Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor así evitará obstrucciones en estas.

UNA VEZ AL AÑO:

- Para evitar que se corra la pasarela del tanque debe revisarse, si se encuentran puntos de corrosión lijarlos y pintarlos.
- Revisar la estructura. En caso de canales no enterrados verificar que no hallan filtraciones; si los vertederos y/o pantalla deflectora son metálicos, deben localizarse los puntos de corrosión, lijarse y pintarse. Si alguno o todos los elementos mencionados son de concreto, y

presentan fisuras, grietas o desmoronamiento deben repararse aplicando una mezcla fina de mortero.

- Verificar que las tapaderas de las cajas y pozos de inspección o de visita se encuentren en buen estado, si se observan puntos de corrosión deben ser lijados y pintados.

TABLA 80. Problemas más frecuentes de los tanques sedimentadores tipo Dortmund y sus causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Deterioro y corrosión de las pantallas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento adecuado. • Falta de limpieza y en caso de láminas falta de pintura anticorrosiva.
Lodo flotante y algunas algas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de limpieza sobre los sedimentadores. • Línea de extracción de lodos tapada. • Válvula de extracción descompuesta.
Agua residual de color negro y olor séptico.	<ul style="list-style-type: none"> • La tubería de extracción de lodos se encuentra dañada. • Purga de lodos insuficiente. • Período insuficiente de purga. • Presencia de desechos orgánicos industriales en el agua residual. • La materia fecal se descompone en el alcantarillado.
Rebose de espuma hacia la canaleta perimetral.	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de espuma inadecuada. • Presencia de desechos. • Pantalla deflector sumergida, deteriorada o a nivel del agua.
Dificultad para remover el lodo de la tolva.	<ul style="list-style-type: none"> • Excesiva acumulación de arena, arcilla u otros. • La tubería de extracción se encuentra obstruida.
Acumulación de material flotante en la superficie del sedimentador.	<ul style="list-style-type: none"> • Rejilla mal operada o dañada.
Excesiva sedimentación en el canal de salida.	<ul style="list-style-type: none"> • Baja velocidad del agua residual.
Cultivo de algas en el canal de salida y vertederos.	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de sólidos.

7.2.2 TANQUE SEDIMENTADOR TIPO IMHOFF

MANTENIMIENTO: Este consiste en retirar las natas y sólidos flotantes además de otras actividades que se describen a continuación.

DIARIAMENTE:

Recuerde retirar con un colador de malla metálica las natas y sólidos flotantes que se hayan formado sobre la superficie de la cámara de sedimentación. Estos desechos deben ser depositados en los patios de secado para su escurrimiento.

Tenga presente revisar las tuberías o canales de entrada para verificar que no hayan obstrucciones. En caso de que esto suceda limpiar con agua a presión y retirar los sólidos que causan la obstrucción. Mantener los pasillos limpios y secos para evitar posibles accidentes.

SEMANALMENTE:

Revisar que la ranura del compartimento de sedimentación no se encuentre obstruida introduciendo un vara de aproximadamente 3 metros de longitud, moviéndola a lo largo del fondo del compartimento, si la ranura está obstruida, podrá sentirse como se atasca la vara y para limpiarla bastará con empujar el material, en caso que sean lodos los que causan la obstrucción, si lo que se encuentra atrapado es un objeto más grande puede utilizarse la vara y el colador para extraerlo.

Revisar que el espesor de natas en la cámara de natas no sobrepase de 50 cm; y de ser así proceder a retirarlas con la ayuda de un colador y un recipiente adecuado para depositar las natas recolectadas. Se puede medir este espesor con una vara (como la utilizada para revisar la ranura) a la que se le enrolla en un extremo un lazo hecho con tira de fila blanca.

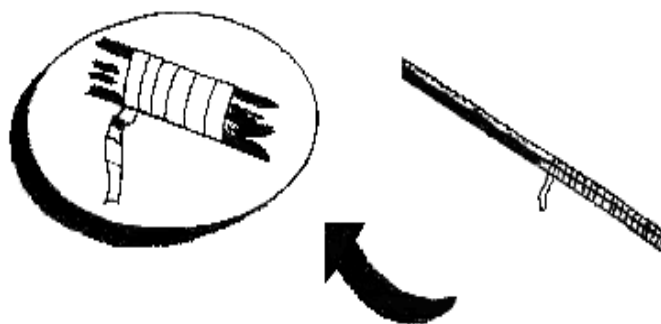


Figura 80. Vara para la medición de lodos en tanques.

MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LODOS

La medición de lodos debe efectuarse mensualmente. Para medir la profundidad de los lodos contenidos en el tanque puede utilizarse una vara larga (5 metros o de acuerdo a la profundidad del tanque) a la que se le ha enrollado un lazo de tiras de tela absorbente blanca de preferencia en uno de los extremos, como la utilizada para medir las natas, sólo que más larga. La tela debe abarcar por lo menos $2/3$ de la vara, es decir, si la vara mide 5 metros la tela debe abarcar $2/3$ de 5, que son 3.33 metros.

$$(2/3) \times 5 = (2 \times 5) / 3 = 10 / 3 = 3.33$$

Descargar los lodos antes de que su nivel llegue cerca de 45 cm. de distancia de la ranura del compartimento de sedimentación.

¡NO OLVIDAR!
Luego de realizar la extracción de lodos limpiar y lavar la tubería de extracción.

ANUALMENTE:

Revisar la estructura, en caso de tanques no enterrados debe verificarse que no presenten filtraciones en las paredes.

También deben revisarse los vertederos, medidores de caudal, válvulas, cajas de inspección y de visita y demás elementos auxiliares del tanque, y repararlos si se encuentran dañados.

TABLA 81. Problemas más comunes de los tanques sedimentadores tipo Imhoff y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Acumulación de gases.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Falta de respiraderos. ◆ Respiraderos obstruidos.
Exceso de lodo flotante.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Exceso de lodo en el reactor. ◆ Excesiva producción de gas.
Arrastre de sólidos en el efluente.	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sobrecarga del reactor carga hidráulica muy grande.

7.2.3 REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

MANTENIMIENTO: Su mantenimiento consiste en la remoción de natas y sólidos flotantes. A continuación se presentan las actividades que deben realizarse en la operación de este elemento:

DIARIAMENTE:

- ♦ Limpiar los vertederos de los canales de recolección y de alimentación, para que el agua fluya uniformemente, esta labor puede realizarse con la ayuda de una escoba plástica y una manguera.
- ♦ Limpiar la capa flotante acumulada en la superficie del reactor con un colador de malla metálica, en caso de tanques cerrados, sin compuertas, esta tarea puede realizarse con menos frecuencia.

PRECAUCIÓN:

No intente levantar las tapaderas pesadas o muy grandes sin la ayuda adecuada.
--

PURGA DE LODOS

La purga de lodos consiste en sacar el lodo excedente de los tanques, esto se hace por medio de válvulas, tuberías o canales diseñadas para este fin.

- Los lodos deben purgarse del reactor cuando se alcance el nivel inferior de las campanas.
- Recordar lavar con agua a presión la tubería de purga de lodos después que ésta haya sido utilizada.

MENSUALMENTE:

Medir la profundidad de los lodos contenidos en el reactor, para esto puede utilizarse una vara larga (5 metros o de acuerdo a la profundidad del tanque) a la que se le ha enrollado una tela absorbente de preferencia blanca en uno de los extremos, el que se introducirá primero.

La tela debe abarcar por lo menos $2/3$ de la vara, es decir, si la a vara mide 5 metros la tela debe abarcar $2/3$ de 5, que son 3.33 metros.

$$(2/3) \times 5 = (2 \times 5) / 3 = 10 / 3 = 3.33$$

Es recomendable que el supervisor tome muestras del lodo a purgar para evaluar la calidad del lodo contenido en el reactor.

ANUALMENTE:

- Deben revisarse los elementos que forman la estructura como canaletas, vertederos, medidores de caudal, etc. y repararlos siempre que sea posible.
- También deben revisarse y repararse los elementos auxiliares como compuertas, escaleras, barandas, etc.

TABLA 82. Problemas más comunes del reactor anaerobio de flujo ascendente y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Acumulación de sólidos en las campanas o cámaras de natas.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Falta de remoción periódica. ♦ Falta de compuertas que faciliten la limpieza.
Presencia de altas concentraciones de lodo en el afluente.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ El reactor contiene demasiado lodo. ♦ Carga hidráulica demasiado grande. ♦ Mala distribución del caudal de entrada.

Disminución de la generación de gases.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ El lodo pierde sus condiciones metano génicas.
Tubo de alimentación o vertedero ahogado.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Obstrucción en las tuberías de alimentación. ♦ Niveles inadecuados de los elementos aguas arriba de este punto.

7.2.4 LODOS ACTIVADOS

MANTENIMIENTO: Sin importar que sistema sea, el mantenimiento general es la remoción de espuma de los tanques de aireación, así como también el manejo de los lodos ya tratados. Las actividades a realizar son las siguientes:

DIARIAMENTE:

- Raspar suavemente las paredes todos los días durante el arranque.
- Remover la espuma que se genere en los tanques de aireación, por medio de la aplicación de agua, para lo cual pueden utilizarse aspersores o mangueras.
- Limpiar los vertederos, canaletas o tuberías ubicadas a la entrada y en la salida de los tanques de aireación, para esto se puede utilizar una escoba o cepillos de mango largo.

PRECAUCIÓN:

Si se deja proliferar la espuma en los tanques, se corre el riesgo de que la superficie alrededor de éstos se vuelva resbalosa, lo que puede traer como consecuencia accidentes, por ejemplo las caídas.

PURGA DE LODOS Y RECIRCULACION:

Debe tomarse en cuenta que tanto el volumen de purga de lodos como el de lodo de recirculación es determinado por el diseñador, así como también el período entre las purgas. Deben tenerse estos datos a la mano cada vez que vayan a realizarse estas operaciones.

- El objetivo de la purga de lodos es mantener constante el nivel de sólidos en la mezcla, por lo cual se debe realizar en el período determinado.
- El lodo de recirculación debe extraerse de los tanques de sedimentación tan pronto éste se forme y alcance el volumen indicado.
- Debe tenerse en cuenta que tanto las tuberías o canales de purga de lodos y de recirculación deben limpiarse después de usarlos, pues el lodo puede adherirse a éstos y obstruirlos.
- El mantenimiento de los aireadores, motores, bombas u otros dispositivos similares debe hacerse conforme las recomendaciones de los fabricantes o distribuidores, es también recomendable que se mantenga en las plantas las especificaciones de éstos.

Los sistemas de lodos activados cuentan con tanques de sedimentación, y pueden presentar problemas en la operación como el "lodo voluminoso", que es lodo que no se sedimenta y el "lodo ascendente", que es aquel que después de un corto período de sedimentación asciende a la superficie de los tanques; la detección de las causas de estos problemas debe ser realizada por un supervisor, la tarea del operador consistirá en dar aviso al respectivo supervisor.

Deben examinarse periódicamente los accesorios eléctricos como tomas, conexiones, lámparas, cajas de fusibles, etc. e identificar los que necesiten reparación o sustitución.

ANUALMENTE:

- Deben vaciarse los tanques de aireación y de sedimentación con el fin de limpiarlos y revisar el estado de las estructuras.
- Revisar el estado de las barandas, escaleras, compuertas y otras estructuras auxiliares, en caso de que estén deterioradas, éstas deben repararse, lijarse y/o pintarse según sea el caso.

TABLA 83. Problemas más comunes del sistema de lodos activados y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Puntos muertos o zonas inadecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala distribución de los aireadores. ▪ Tanques muy anchos.
Lodo ascendente en los tanques de sedimentación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desnitrificación: los nitratos y nitritos contenidos en las aguas residuales se convierten en gas nitrógeno, el cual eleva las partículas de lodo a la superficie de los tanques de sedimentación.
Fango voluminoso características de sedimentación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de organismos filamentosos, que impiden que se sedimente el lodo.
Formación de espuma.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua residual con gran contenido de jabón, detergentes u otros.

7.2.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

MANTENIMIENTO: En las lagunas de estabilización, este consiste en la remoción de sólidos flotantes y natas, las actividades a realizar se describen a continuación:

DIARIAMENTE:

- Recuerde retirar las natas y sólidos flotantes que se acumulan en las esquinas de las lagunas, por la mañana y por la tarde, para esta actividad utilizar un colador para recolectar los desperdicios.

Los desperdicios deben ser depositados en un balde antes de proceder a su disposición final.
- Las natas que se recolecten serán expuestas al sol para que se sequen antes de ser enterradas.
- Es importante revisar las tuberías de entrada y los distribuidores de caudal para verificar que se encuentren limpios y libres de obstrucciones.

TENGA PRESENTE:

Deben realizarse dos mediciones de caudal diarias, una al comenzar las labores y otra al final de la jornada de trabajo.

- En caso de no existir dispositivos para la medición del caudal a la entrada de cada laguna, el trabajo del operador consistirá en medir el tirante de agua en las tuberías o canaletas de entrada y salida, anotándolas en los formularios de control.

ES RESPONSABILIDAD DEL SUPERVISOR

La elaboración de tablas de calibración de las tuberías o canaletas, de manera que conociendo el tirante de agua, pueda conocerse el caudal.

SEMANALMENTE:

- Recuerde que las orillas de las lagunas deben mantenerse limpias, podando el césped, para lo cual hay que tener presente que se debe dejar una faja limpia de aproximadamente 20 cm. por encima del borde de agua para evitar la proliferación de insectos y roedores.

¡NO OLVIDE!

Dejar secar el césped podado para luego enterrarlo.

Tenga presente que hay que inspeccionar el estado de la superficie de los taludes, pues si éstos se dañan pueden derrumbarse y caer dentro del agua, lo que afectaría la eficiencia de las lagunas.

CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA

Todas las lagunas de estabilización deben contar con dispositivos de control de entrada y salida del agua, que permitan el vaciado completo de éstas en caso de ser necesario.

- Para evitar la proliferación de mosquitos u otros insectos se debe oscilar el nivel de las lagunas como una medida de solución, esto se logra con los dispositivos de control de entrada y salida, vaciándola un poco.

IMPORTANTE:

- Hay que observar continuamente que la laguna no presente tendencia a secarse o rebalsarse, si se diera el caso notificar inmediatamente a la supervisión, o en su ausencia, a la autoridad de saneamiento local.
- Verificar que el nivel de agua se mantenga constante.

MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE LODOS

Por lo menos una vez al año, se debe medir la profundidad de los lodos, si se llega a pasar de 50 cm. se debe proceder a la extracción de estos.

La forma de medir la acumulación de lodos es haciendo uso de una vara de unos 7 metros de largo, o dependiendo de la profundidad de la laguna, que tenga la extremidad inferior pintada de blanco o revestida de una tela absorbente de color claro, para medir los lodos que se adhieran o manchen la vara.

Esta vara se introduce en la laguna procurando que permanezca en posición vertical hasta que alcance el fondo, se deja por un momento sumergido y se saca despacio, se mide la altura marcada por los lodos y se registra en el formulario correspondiente.

El supervisor debe especificar el número de medidas y el lugar de las mismas dependiendo del tamaño y tipo de laguna.

REMOCIÓN DE LODOS

Para la remoción de lodos, las lagunas de estabilización deberán drenarse hasta alcanzar el nivel mínimo, en estas condiciones el lodo quedará expuesto al ambiente, es de hacer notar que el secado es exclusivamente por evaporación.

En climas cálidos, como el caso de nuestro país, el lodo de una laguna se seca en un período de 4 a 6 semanas, formando grietas en forma similar que en los lechos de secado.

Los lodos deben removerse a las 2 o 3 semanas de estar expuestos al medio ambiente. El lodo seco puede almacenarse en pilas de aproximadamente 2 metros de altura previo a su uso como abono.

TABLA 84. Problemas más comunes de las lagunas de estabilización y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Condiciones sépticas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si las lagunas son cenadas inicialmente sólo con aguas residuales (puesta en marcha).
Acumulación de flotantes cerca de los vertederos y obturación de la estructura de entrada.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala construcción y diseño de las obras de arte.
Lavado o erosión de taludes durante fuertes tormentas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No contar con canales de excedencia.
Asentamiento e Infiltraciones.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mal diseño. ▪ Mala construcción. ▪ Madrigueras de roedores por la vegetación sobre los bordes. ▪ Taludes erosionados.
Tendencia de la laguna a secarse.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desviaciones de caudal durante el transporte del agua hasta la planta. ▪ Obstrucciones. ▪ Distribución incorrecta del caudal. ▪ Posibles fugas en los bordos o en el fondo de la laguna. ▪ Sequía con la consiguiente disminución en la lluvia y en el caudal de aguas residuales. ▪ Deterioro de alguno de los diques.
Tendencia de la laguna a desbordarse.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En épocas de avenidas fuertes. ▪ Obstrucciones en las salidas. ▪ Asentamiento o erosión de los bordes.
Producción de malos olores.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Al inicio de la operación cuando el llenado de las lagunas es lento. ▪ Presencia de sustancias tóxicas que impidan el desarrollo de algas, que generan el oxígeno necesario para la oxidación de la materia, lo

	<p>que produce la falta de nutrientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrecarga de materia orgánica, la cual puede deberse a una disminución en el tirante de agua. ▪ La capacidad de tratamiento ha sido rebasada.
Variaciones en el color del agua.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materias flotantes que impiden el paso de la luz solar que interrumpen o minimizan el proceso de fotosíntesis lo que disminuye la producción de oxígeno por parte de las algas, (para el caso de lagunas facultativas). ▪ Altas temperaturas, lo que provoca la afloración a la superficie de aglomeraciones de lodos existentes en el fondo. ▪ Variaciones en el volumen, carga orgánica, temperatura o turbiedad. ▪ Las variaciones en el color generalmente van acompañadas de la producción de malos olores.
Tubificación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plantas sobre los bordes. ▪ Vegetación acuática enraizada.
Sobrecarga.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La capacidad del tratamiento ha sido rebasada. ▪ Se presentó alguna nueva descarga con alto contenido de materia orgánica que no fue prevista en el diseño.
Mosquitos, moscas, roedores y otros animales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maleza en los bordes de las lagunas. ▪ Plantas flotantes que se convierten en nidos para el crecimiento de insectos. ▪ Presencia de natas y materias flotantes. ▪ Lodos dispersos sobre el piso de las instalaciones.

7.2.6 DIGESTOR DE CONTACTO DE MEZCLADO CONTINUO DE DOS COMPARTIMENTOS

MANTENIMIENTO: Este consiste en el mezclado continuo de los lodos, se deben realizar las siguientes actividades:

MENSUALMENTE:

- Limpiar todas las tuberías de entrada al digestor de contacto.
- Remover los sólidos una vez por mes.

CADA 4 MESES:

- Después de los primeros seis meses que la planta de tratamiento ha estado en servicio, el mezclado periódico del tanque debe ser iniciado. El mezclado periódico de este primer compartimento se realiza bombeando desde todos los puertos de bombeo del primer compartimento hacia todos los puertos de retorno de lodos. Se debe de establecer un programa de mezclado ha ser llevado acabo cada 4 meses. Esta área en general, debe ser lavada al finalizar cada día de trabajo durante el tiempo de mezclado.

UNA VEZ AL AÑO:

- El contenido del segundo compartimento del digestor de contacto, debe ser bombeado de nuevo a los puertos de retorno de lodos una vez por año. El bombeo inicial del contenido de este segundo compartimento debe de realizarse después de que la planta haya estado en funcionamiento durante dieciocho meses.

7.3 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO SECUNDARIO

7.3.1 FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO AERÓBICO

MANTENIMIENTO: En general, este consiste en la limpieza de las canaletas de distribución y recolección, así como también de las ventanas de aireación. Las actividades a realizar se describen a continuación:

DIARIAMENTE:

Al comenzar las actividades diarias recuerde limpiar las canaletas de distribución y retirar los sólidos que se encuentren en ellos, de esta manera se evitará que se obstruyan, o el flujo no se distribuya de forma uniforme.

Recuerde mantener la superficie del medio filtrante libre de hierbas o cualquier acumulación de hojas u otras basuras, ya que estas pueden causar encharcamientos, además al podrirse pueden generar olores desagradables y criadero de insectos.

Limpiar los canales de entrada y salida, barriendo con una escoba y retirando con una pala las basuras que puedan encontrarse en estos. Los desechos recolectados de la limpieza se deben depositar en los patios de secado para escurrirse antes de su disposición final.

Observar que la distribución del agua sobre la superficie del lecho filtrante sea uniforme.

Los indicadores de una mala distribución son los encharcamientos y las zonas muertas, en caso de que éstos se presenten deben notificarse al supervisor.

Eliminar con un chorro de agua a presión cualquier rastro de lodo en las canaletas de salida y en las aperturas de aireación.

ANUALMENTE:

Revisar la estructura para localizar posibles puntos de corrosión en los vertederos metálicos, de ser así, proceder a aplicar pintura anticorrosiva o repararlos. En caso de vertederos contruidos de concreto, debe verificarse que no hayan grietas o fisuras, y en caso de encontrarlas proceder a aplicar una mezcla fina de mortero.

TABLA 85. Problemas más comunes de los percoladores biológicos y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
No llega agua al filtro.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ El canal de llegada probablemente está obstruido o sucio.
Distribución no uniforme del agua sobre la superficie del filtro.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Obstrucción de los canales de distribución. ♦ Incorrecta nivelación de los vertedores. ♦ Fuga de un canal o vertedor. ♦ En el caso de distribuidores fijos, distribución inadecuada de vigas canal.
Encharcamientos.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ El tamaño del material de soporte no es el recomendado. ♦ El filtro se encuentra saturado de la película biológica. ♦ Mala distribución del agua de entrada. ♦ El tanque de sedimentación primaria no opera eficientemente. ♦ La instalación no corresponde al tamaño de la planta.
Obstrucción del medio filtrante.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ piedra del lecho filtrante con diámetro muy pequeño. ♦ Drenes sucios.

7.3.2 FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO ANAERÓBICO

MANTENIMIENTO: Consiste en la limpieza permanente de este elemento. Las actividades a realizar se describen a continuación:

DIARIAMENTE:

En el caso que no existe siembra de plantas acuáticas en la superficie del filtro.

- Retirar las natas, espumas y sólidos flotantes que se acumulan en la superficie con un colador de malla de alambre galvanizado.

Las natas y demás flotantes deben retirarse para evitar el desarrollo de insectos y olores desagradables.

- Los sólidos y natas recolectados deben ser trasladados a los patios de secado para su escurrimiento.

En el caso que existe siembra de plantas acuáticas en la superficie del filtro.

- Periódicamente será necesario cortar y cultivar el crecimiento de estas plantas en la superficie de los filtros durante períodos de crecimiento excesivo de follaje. La raíz de esta planta es solamente 0.25 pulgadas, de modo que puede ser cortada y cultivada fácilmente desde la superficie del agua y descartada como desperdicio sólido compuesto de recortes de planta.

- Las plantas cortadas, deberán secarse y posteriormente quemarse o enterrarse.

Si un filtro se tapa se deben seguir las recomendaciones de los fabricantes o distribuidores, es también recomendable que se mantenga en las plantas de tratamiento las especificaciones de éstos.

7.3.3 TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO TIPO DORTMUND

La función de estos tanques es la misma que la del sedimentador primario, con la diferencia que nos proporciona una mayor clarificación del efluente reteniendo las partículas pequeñas que aun son sedimentables o que han sido formadas en los procesos anteriores.

MANTENIMIENTO: Se realizan las mismas actividades que en los tanques primarios, las principales son:

DIARIAMENTE:

- Retirar las natas, espumas y sólidos flotantes de la superficie con una malla de alambre galvanizado.
- Limpie el canal perimetral con una escoba plástica para evitar sedimentos y que este se vuelva resbaloso.
- Recuerde realizar la extracción de lodos dos veces una por la mañana y otra por la tarde con un período de espaciamiento de siete horas.

- En época de lluvia retire el agua que se acumula en las tapaderas de las cajas de inspección y de visita.

SEMANALMENTE:

- Limpiar con agua a presión la caja de inspección, distribuidora y de conexión al digestor y así evitara obstrucciones en estas.

UNA VEZ AL AÑO:

- Lijar y pintar el puente de inspección y evitar que se corroa.
- Revisar la estructura del tanque, localizar los puntos de corrosión de los vertederos, mampara deflectora y tolva central, lijar y pintar, en caso de que éstos sean metálicos; si uno o todos los elementos son de concreto, deben revisarse con el fin de detectar fisuras o grietas las cuales deben cubrirse con una capa fina de mortero.
- Verificar que las tapaderas de las cajas y pozos de inspección o de visita fabricadas de metal no estén corroídas, en caso contrario lijarlas y pintarlas.

7.4 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS

7.4.1 DIGESTOR DE LODOS

MANTENIMIENTO: Consiste en la limpieza de los elementos de extracción por los cuales han sido extraído los lodos después de la disposición de estos mismos ya se encuentran estabilizados. Limpieza de los canales de entrada del digestor, limpieza de la tubería de

conducción, reparación en compuertas de caja derivadoras dañadas. Las actividades a realizar se detallan a continuación:

ACTIVIDADES:

- La evacuación de lodos debe hacerse cada tres días. La cantidad debe ser determinada por el diseñador de la planta, y deben marcarse estos niveles en el tanque, con los cuales el operador pueda guiarse.
- Antes de realizar la evacuación de lodos deben prepararse los patios de secado y verificar que todas las compuertas a utilizar funcionen, además debe revisarse que las canaletas de transporte estén limpias.
- Después de realizada la purga de lodos deben limpiarse las tuberías o canaletas utilizadas para transportar el lodo del digestor a los patios.
- La limpieza de las canaletas debe hacerse barriendo el excedente de lodo con una escoba plástica y limpiando después con un chorro de agua.
- Después de cada descarga debe revirse que no quede lodo en la tubería de la bomba.
- Revisar que las válvulas estén funcionando adecuadamente y que éstas no tengan fugas ni signos de corrosión.

IMPORTANTE:

La observación de la superficie del digestor, especialmente de la capa superior de lodos, sirve para determinar el funcionamiento del digestor, así como también da una idea de si el volumen de lodos purgados desde los sedimentadores es el adecuado. La capa de lodos demasiado delgada indica que se está bombeando demasiada agua.

ANUALMENTE:

- Debe vaciarse el digestor con el fin de limpiarlo y revisar su estructura.
- También deben revisarse las canaletas, válvulas y tuberías, además de las escaleras. Cerca de protección de tanque, barandas, etc.

TABLA 86. Problemas más comunes de los digestores de lodos y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
La distribución de lodos sobre la superficie no es uniforme.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obstrucción en los canales de entrada del digestor. ▪ Compuertas de cajas derivadoras mal colocadas o dañadas.
Capa de lodo de la superficie del digestor delgada y el lodo no madura provocando malos olores.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de lodos excesiva
Acumulación y endurecimiento de lodos, haciéndose la extracción más difícil.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obstrucción de la tubería de extracción. ▪ Piedras que han sido arrojadas en el digestor.
No llegan lodos al digestor.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taponamiento de las tuberías de conducción.
Espesa capa de lodo flotante en la superficie del digestor.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se ha limpiado frecuentemente la superficie del digestor.

7.4.2 PATIOS DE SECADO

MANTENIMIENTO: Este consiste en la remoción del lodo seco, así como la limpieza de los patios. Entre las actividades a realizar están:

- Limpiar los patios de secado antes de ser vaciado el lodo para evitar que se mezcle el lodo viejo con el fresco, también deben removerse las plantas que proliferen en ellos.

- Los lodos descargados deben esparcirse sobre los lechos de secado en capas de un espesor de 25 a 30 centímetros, y en época de lluvias, no deben ser mayores de 15 centímetros; para lograr esto pueden marcarse las paredes de los patios y verificar que la capa sea uniforme.
- Aproximadamente una semana después de haber esparcido los lodos en los patios de secado, éstos deben removerse hasta formar pequeños promontorios y luego dejar que se siga secando.
- Remover los lodos de los patios aproximadamente después de tres semanas de haber formado los promontorios o cuando éstos se agrieten.
- En caso que se observen encharcamientos en los patios de secado debe revisarse el lecho de arena, pues puede estar obstruido y si se encuentra muy sucia la arena debe cambiarse.

TABLA 87. Problemas más comunes de los patios de secado y sus posibles causas.

PROBLEMA	CAUSAS
Crecimiento de plantas.	♦ Retención del lodo en los lechos de secado por tiempos prolongados.
Lecho de secado lleno y no se secan los lodos después del tiempo normal.	♦ Tubería de drenado del lecho obstruida. ♦ Piso del lecho seco y no permite el drenado del lodo húmedo de la superficie.
Lodo recién esparcido en el lecho genera malos olores.	♦ El lodo del digester fue extraído muy rápido y no estuvo el tiempo mínimo requerido.

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

A continuación se plantean las conclusiones sobre el estudio de las plantas de tratamiento tomadas como muestra para la elaboración de la investigación, de tal forma que los aspectos señalados sirvan de criterio para evaluaciones posteriores:

- El mantenimiento periódico es uno de los factores determinantes para el buen funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, esto puede verificarse si se estudian los registros de monitoreos de las plantas de la Santísima Trinidad, Alta Vista I y II, los parámetros seleccionados para las tres plantas, que son sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, turbiedad y pH; se encuentran debajo de los límites máximos permisibles, establecidos en la Propuesta de la Norma Nacional para la descarga de aguas residuales en un cuerpo receptor.

- La falta de mantenimiento periódico y operación continúa, han afectado el funcionamiento de la planta de tratamiento de la urbanización Santa Teresa de las Flores y Villa Lourdes, como puede observarse en sus registros de monitoreos, los parámetros sólidos suspendidos totales, DBO, DQO y turbiedad están arriba de los límites máximos permisibles establecidos.

- Al analizar los porcentajes de remoción para cada unas de la plantas de tratamiento estudiadas y compararlos con los parámetros teóricos establecido por diversos autores se concluye que de las plantas de tratamiento de la Santísima Trinidad, Alta Vista I, Alta Vista II, ANSP y Villa Lourdes, están funcionando adecuadamente en forma general, los resultados arrojan valores inferiores a los rangos de valores teóricos esperados, Aunque al evaluarlos por elementos algunos elementos presentan valores por arriba a los valores de remociones esperadas. No obstante las plantas de tratamiento Santa Teresa de las Flores presenta resultados arriba de los proporcionados por varios autores.
- La falta de un tratamiento secundario provoca que las plantas no alcancen las eficiencias de remoción esperadas, como es el caso de las lagunas de estabilización de la Academia Nacional de Seguridad Pública (ANSP), las cuales, aunque reciben mantenimiento periódico y la infraestructura se encuentra en buen estado, al estudiar sus registros de monitoreos para los meses de junio y julio de 2004, se observa que la remoción es nula y en algunos casos, el agua sale en peores condiciones de cómo ingresó a la planta.

Ahora bien, a manera de poder concluir de forma general sobre la problemática de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento, a continuación se señalan los factores principales que contribuyen al fracaso de éstas:

- La falta de operadores fijos ha provocado que las plantas se deterioren con mayor rapidez, trayendo como consecuencia las eficiencias bajas, además de la proliferación de vectores, roedores y olores desagradables; al mismo tiempo que crea incomodidades en la población aledaña, con nuestro estudio pudimos comprobar que de diez plantas visitadas ocho contaban con operador, pero sólo cuatro estaban capacitados para el cargo.

- La falta de manuales de operación y mantenimiento, hace que los operadores no realicen las tareas en el orden adecuado, ni de la manera correcta, lo que disminuye la eficiencia de los procesos que se realizan en ellas.

- La falta de capacitación y adiestramiento de los operadores hace que exista un inadecuado sistema de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento provocando que en algunos de los elementos no se obtengan los porcentajes de remociones que se esperan o que en su totalidad la planta de tratamiento no cumpla con los parámetros establecidos en las normativas.

- La falta de registros de caracterización que reflejen el funcionamiento de las plantas de tratamiento ha impedido tener un control o conocimiento de la operación de éstas, por lo que se siguen adoptando lineamientos de diseño textuales de autores extranjeros que no se adaptan a las condiciones existentes en nuestro país.

- La red de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel nacional tiene el grave problema de no contar con operadores capaces para realizar la función de dar mantenimiento a las plantas por no contar con la práctica ni con la teoría adecuada.
- La mayor parte de las plantas visitadas, un 80%, no cuentan con las herramientas ni con las condiciones idóneas para que los operadores puedan realizar su tarea, llegando a la improvisación, contribuyendo de esa manera al deterioro y mal funcionamiento de sus elementos.
- Según ANDA el 95% de las aguas residuales es descargado en los dos principales ríos capitalinos, El Acelhuate y Las Cañas, de forma directa, es decir sin darle ninguna clase de tratamiento, por lo que urge obligar a todos los encargados de generar o evaluar aguas residuales, que le den tratamiento, antes de descargarlas en los cuerpos receptores, siguiendo los lineamientos de las normativas de aguas residuales vigentes en nuestro país.
- La mayoría de las plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador, trabajan por medio de gravedad, reduciendo sus costos de operación, en comparación con las plantas que operan con sistemas de bombeo.
- La mayor parte de las plantas de tratamiento del Área Metropolitana de San Salvador, están a cargo de las empresas privadas, porque mientras dura la construcción de las urbanizaciones son las mismas empresas constructoras que se encargan de dar

mantenimiento a las plantas y también debido a que muchas de las plantas abandonadas han sido rehabilitadas por empresas como el Banco Cuscatlan y el Banco Salvadoreño.

- Las instituciones responsables de administrar o producir aguas residuales, carecen de un control adecuado de sus vertidos y solo el 60% de ellas cuenta con un deficiente control de sus acciones, lo cual dificulta la caracterización de las aguas residuales, cabe mencionar que los periodos de muestreo y los reportes anuales que los administradores de estas instalaciones deben elaborar carecen de credibilidad por no cumplir con lo estipulado en la norma.

- Los procesos de tratamiento y las tecnologías empleadas en nuestro medio son las adecuadas para las aguas residuales, la mayoría de las plantas visitadas trabajan por gravedad y no requieren de ningún implemento especial que haga caro el costo de funcionamiento de las plantas, pero al no siendo tecnología apropiada no se está utilizando de manera óptima y eficiente para lo cual fueron diseñadas, dando origen a resultados deficientes en sus procesos de tratamiento.

- Para cumplir con los criterios establecidos en la Norma, las aguas residuales deben recibir un tratamiento, a fin de alcanzar los valores permitidos para su descarga. A nivel internacional se exige como mínimo un tratamiento secundario de los efluentes con la mejor tecnología disponible. Estos criterios varían de país a país debido a diferentes factores económicos,

culturales, tecnologías adecuadas, sistemas de tratamiento, experiencia de los países en el área de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la legislación aplicada.

- Existen en el país instituciones encargadas de administrar las plantas de tratamiento de aguas residuales que se enfrascan en la negativa que no contribuir a las investigaciones académicas, que tienen la iniciativa de contribuir con trabajos de graduación en las fomentación de investigaciones de la evaluación de impactos a la salud y al ambiente derivados del manejo inadecuado vertidos de aguas residuales.

8.2 RECOMENDACIONES

- La mayoría de las plantas estudiadas carecen de los servicios básicos de seguridad, agua potable, e instalaciones para los trabajadores por lo que recomendamos a las instituciones encargadas de administrar las plantas exija en los lineamientos de aceptación de las obras destinadas al tratamiento del aguas residual la inclusión en su diseño de la infraestructura de servicio destinada a conservar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Es necesario que las instituciones encargadas de administrar las plantas de tratamiento elaboren manuales de operación y mantenimiento de éstas, ya que éstos son la base para su buen funcionamiento y cumplir con lo establecido en estos.

- La necesidad de la aprobación a corto plazo de la propuesta de norma salvadoreña de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor para que los decretos cumplan su función.

- Debe de crearse convenios o vínculos entre las instituciones relacionadas al medio ambiente y las empresas administradores de plantas de tratamiento de agua residuales de tal manera que pueda facilitar permiso de visitar las instalaciones y recabar informaciones a las personas que realizan investigaciones que contribuyan a solucionar el problema de las aguas residuales.

- Se recomienda que las entidades y autoridades competentes encargadas de normar el vertido de las aguas residuales el incidir en los organizaciones correspondientes para la rehabilitación y sostenimiento de aquellas plantas que están abandonadas.

- Se recomienda que las autoridades gubernamentales, incentiven la creación de empresas especializadas en el tratamiento de aguas residuales y que dentro de sus recursos, cuenten con los operadores adecuados y con los utensilios pertinentes para que puedan llevar a cabo de la manera mas correcta, las tareas de operación y mantenimiento.

- Que mediante las autoridades pertinentes se obligue a las empresas encargadas de administrar una planta a elaborar sus reportes y monitoreos periódicos de conformidad con lo

establecido por el reglamento y que cumplan con los niveles máximos establecidos para cada parámetro.

- Se recomienda a las autoridades responsables del manejo del agua además crear planes y procesos de mitigación para todos los tipos de plantas que funcionan deficientemente y que sus vertidos no cumplen con lo establecido por los reglamentos.
- Las autoridades responsables del manejo del agua deben implementar investigaciones sobre Programas de Saneamiento de Cuencas, cuyo objetivo principal sea sanear y conservar los recursos hídricos con una visión de desarrollo sostenible a través de Sistemas de tratamiento adecuados y que cumplan con los requerimientos óptimos de funcionalidad.
- Las empresas responsables del manejo de las plantas de tratamiento deben desarrollar acciones para la capacitación periódica del personal que labore dentro de las instalaciones para que de esta manera adquiera los conocimientos y adiestramientos a seguir para el buen mantenimiento y operación de las plantas de tratamientos de agua residual.
- La permanencia de los operadores debe ser de forma constante e indefinida en las plantas de tratamiento para que se cumpla los programas de operación y mantenimiento adecuadamente en cada uno de los elementos que conforman la planta de tratamiento.

- Las empresas administradoras de plantas de tratamiento deben elaborar reportes constantes de las condiciones en que se encuentran las instalaciones y los elementos para poder diagnosticar cuales están siendo utilizados de la manera más óptima y eficiente y cuales no para poder corregir el proceso de depuración.
- Se debe Aprobar la propuesta de norma técnica de tratamiento de aguas residual para el cumplimiento de lo preceptuado en la misma y apoyarse en normativas que la respalden para que los titulares de obra o proyectos o actividades que generan agua residual, estén obligados a cumplir con lo estipulado en las normativas y se evitan impactos negativos ocasionados por aguas residuales sobre los recursos hídricos.

BIBLIOGRAFIA

- ➔ López Portillo, Ivonne Yesenia, et al. "Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas". Trabajo de Graduación de la Universidad de El Salvador, 2000.

- ➔ Metcalf & Eddy. "Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales". España, Primera Edición. Editorial Labor S. A.

- ➔ Metcalf & Eddy. "Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización". Tomos 1 y 2. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill. 1997.

- ➔ Rolim Mendonça, Sérgio. "Sistemas de Lagunas de Estabilización". Colombia, Editorial Mc Graw Hill.

- ➔ Barnes, George. "Tratamiento de Aguas Negras y Desechos Industriales"

- ➔ Centro de Investigación y Formación Agraria de Almería (C.I.F.A.). Junta de Andalucía. "Depuración y Reutilización de Aguas Residuales".

- ➔ México, Secretaria de Ecología y Gestión Ambiental. Manual de Capacitación para el Control de la Contaminación del Agua y Sistemas de Tratamiento de las Aguas Residuales. San Luis Potosí.
- ➔ United Status Environmental Protection Agency (EPA). Folleto Informativo de Tecnología de Aguas Residuales, Zanjias de Oxidación. Office Water Washington, D. C. Septiembre de 1999.
- ➔ BIOTEC. “La tecnología Anaerobia U.A.S.B. en el tratamiento de las aguas residuales domésticas: 10 años de desarrollo y maduración en América Latina”.
- ➔ Diario Oficial – San Salvador, 16 de Octubre de 1987, Tomo 297. Decreto 50. Reglamento Sobre la Calidad del Agua, El Control de Vertidos y Las Zonas de Protección.
- ➔ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Decreto 39. Reglamento Especial de Aguas Residuales, Mayo de 2000.
- ➔ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. NSO 13.07.03:02. Norma salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, Octubre de 1996.
- ➔ La Gaceta, Diario Oficial No. 218 del 17 de noviembre del 2003. DECRETO No. 77-2003. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

- ➔ Ministerio del Ambiente y Energía. Decreto Ejecutivo 26042-S-MINAE. Reglamento de Reuso y Vertido de Aguas Residuales, 19 de Junio de 1997.

- ➔ Ministerio de Comercio e Industrias. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 24-99. Agua, Reutilización de las Aguas Residuales Tratadas.

- ➔ Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

**REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES
MARN**

DECRETO N° 39.

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE EL SALVADOR,

CONSIDERANDO:

I. Que de conformidad con el Art. 117 inciso primero de la Constitución, es de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales;

II. Que de conformidad con el Art. 70, de la Ley del Medio Ambiente compete al Presidente de la República, a propuesta del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la emisión de los reglamentos que sean necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas y ecosistemas, en los que deberán incluirse las medidas para la protección del recurso hídrico de los efectos de la contaminación, de acuerdo a la letra e) de la misma disposición;

III. Que siendo necesario regular adecuadamente el manejo de las aguas residuales para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación, es menester emitir el Reglamento Especial para la regulación de tales fines.

POR TANTO,

En uso de sus facultades constitucionales,

DECRETA el siguiente:

REGLAMENTO ESPECIAL DE AGUAS RESIDUALES

CAPITULO I

OBJETO Y COMPETENCIA

Objeto

Art. 1.- El presente Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

Ámbito de aplicación

Art. 2.- Las disposiciones del presente Reglamento serán aplicables en todo el territorio nacional, independientemente de la procedencia y destino de las aguas residuales; sin perjuicio de las normas contenidas en la Ley del Medio Ambiente, en lo sucesivo la Ley, y sus demás reglamentos.

Glosario

Art. 3.- Para los efectos del entendimiento y aplicación adecuados de este Reglamento, se establece el siguiente glosario:

Aforo: Medición de caudal.

Agua Residual: Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor. Ellas son de dos tipos: Ordinario y Especial.

Agua Residual de tipo Ordinario: Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

Agua Residual de tipo Especial: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario.

Alcantarillado Sanitario: Red de tuberías o canales que se utilizan para recolectar y transportar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento y vertido.

Caudal: Volumen de agua por unidad de tiempo.

DBO'5: Demanda Bioquímica de Oxígeno, medida a los cinco días de tomada la muestra y a veinte grados centígrados, consistiendo en la cantidad de oxígeno en miligramos por litros necesarios para degradar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua.

Efluente: Caudal de aguas residuales que sale de la última unidad de conducción o tratamiento.

Medio Receptor: Todo sitio, río, quebrada, lago, laguna, manantial, embalse, mar, estero, manglar, pantano y otros previamente autorizados, donde se vierten aguas residuales, excluyendo el sistema de alcantarillados.

Muestra simple: Aquélla tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

Muestras compuestas: Dos o más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo.

N.A.: No aplica.

N.E.P.: No especificados previamente.

Reciclaje o Recirculación: Aprovechamiento del agua residual, tratada o no, dentro del espacio confinado en que ha sido generada.

Reuso: Aprovechamiento de un efluente antes o en vez de su vertido.

SAAM: Sustancias activas al azul de metileno.

Sistema de Tratamiento: conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, que se aplican al agua residual con el fin de mejorar su calidad.

Los conceptos y sus correspondientes definiciones empleados en este Reglamento, constituyen los términos claves para la interpretación del mismo, y se entenderán en el significado que en este Reglamento se expresa, sin perjuicio de los conceptos empleados en la ley, así como en convenios, convenciones o tratados internacionales sobre la materia.

Autoridad competente

Art. 4.- Para lo preceptuado en este Reglamento será autoridad competente el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que en lo sucesivo se denominará el Ministerio, sin perjuicio de las atribuciones establecidas en la legislación nacional a otras instituciones del gobierno central, autónomas o municipales, las cuales serán responsables de su aplicación dentro de sus respectivas competencias y en coordinación con el Ministerio; de igual manera, aplicarán las normas técnicas de calidad ambiental pertinentes.

Aplicación gradual de medidas

Art. 5.- En cumplimiento de lo estipulado en los Arts. 107, 108 y 109 de la Ley, los titulares de las obras, proyectos o actividades correspondientes deberán considerar en sus Programas de Adecuación Ambiental, la aplicación gradual de las medidas de atenuación o compensación para el impacto negativo ocasionado por aquéllas sobre el recurso hídrico.

Auditorías e Inspecciones

Art. 6.- En base al Art. 27 de la Ley, el Ministerio realizará las auditorías en la forma en que considere necesarias en las obras, instalaciones y aprovechamientos de aguas residuales, que

se identifiquen en el proceso de evaluación ambiental como medidas de prevención, atenuación o corrección de la contaminación de las aguas.

De igual manera realizará inspecciones, de oficio o a instancia de parte, para determinar el cumplimiento al Art. 49 letra e) de la Ley y a lo establecido en este Reglamento. En caso que la actividad de que se trate no cuente con el Permiso Ambiental respectivo, se iniciará el procedimiento para la determinación de la responsabilidad administrativa, sin perjuicio de informar adecuadamente a la autoridad competente para los efectos de las responsabilidades civil y penal que correspondan.

CAPITULO II

SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Tratamiento de aguas residuales

Art. 7.- Toda persona natural o jurídica, pública o privada, titular de una obra, proyecto o actividad responsable de producir o administrar aguas residuales y de su vertido en un medio receptor, en lo sucesivo denominada el titular, deberá instalar y operar sistemas de tratamiento para que sus aguas residuales cumplan con las disposiciones de la legislación pertinente y este Reglamento.

Disposición de lodos

Art. 8.- En cuanto a la disposición de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipos ordinario y especial, estará sujeta a lo dispuesto en el Programa de Manejo o Adecuación Ambiental correspondiente y a la legislación pertinente.

Informes operacionales

Art. 9.- Los titulares deben elaborar y presentar al Ministerio informes operacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de las condiciones de sus vertidos, que reflejen la frecuencia del muestreo, conforme a lo estipulado en los Arts. 16, 19 y 25 de este Reglamento. El resumen anual formará parte del informe anual de resultado de la aplicación de los Programas de Manejo Ambiental o de Adecuación Ambiental.

Los costos de los análisis para la elaboración de los informes operacionales serán sufragados por el titular.

Contenido de los informes

Art. 10.- Los informes operacionales periódicos deberán contener como requisitos mínimos la siguiente información:

- a) Registro de Aforos;
- b) Registro de análisis de laboratorio efectuados por el titular y los efectuados por laboratorios acreditados, según la legislación pertinente;
- c) Registro de daños a la infraestructura, causados por situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y funcionamiento del sistema;
- d) Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo y el funcionamiento del sistema que originen descargas de aguas residuales con niveles de contaminantes que contravengan los límites permitidos por las normas técnicas respectivas;
- e) Evaluación del estado actual del sistema, y
- f) Acciones correctivas y de control.

CAPITULO III

ANÁLISIS OBLIGATORIO

Validez de los análisis

Art. 11.- En base al Art. 23, de la Ley y con el fin de que los análisis incluidos en los informes requeridos en el Permiso Ambiental sean válidos, deberán provenir de laboratorios legalmente acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en lo sucesivo CONACYT. Tales laboratorios son aquellos con los que se puede demostrar que la caracterización del vertido cumple con las normas técnicas de calidad ambiental establecidas.

En caso de análisis para los cuales no se contare con laboratorios previamente acreditados por el CONACYT, podrá permitirse que sean aquellos realizados por laboratorios que estén en proceso de acreditación, para lo cual el CONACYT remitirá al Ministerio el listado correspondiente.

Análisis de características

Art. 12.- En la evaluación de la calidad de las aguas residuales se incluirá el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas, de conformidad con las normas técnicas de calidad de aguas residuales.

Aguas residuales de tipo ordinario

Art. 13.- Durante el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo ordinario deberán ser determinados, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
- b) Potencial hidrógeno (pH);
- c) Grasas y aceites (G y A);

- d) Sólidos sedimentales (SSed);
- e) Sólidos suspendidos totales (SST);
- f) Coliformes totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl-).

Obligatoriedad de análisis

Art. 14.- Los análisis de coliformes fecales serán obligatorios cuando:

- a) Las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca;
- b) Se originen en hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos, y
- c) En los casos del Permiso Ambiental.

Aguas Residuales de tipo especial

Art. 15.- En los análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo especial vertidas a un medio receptor, deberán ser determinados esencialmente los valores de los siguientes componentes e indicadores:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
- b) Demanda Química de Oxígeno (DQO);
- c) Potencial hidrógeno (pH);
- d) Grasas y aceites (G y A);
- e) Sólidos sedimentables (Ssed);
- f) Sólidos suspendidos totales (SST), y
- g) Temperatura (T).

Análisis complementarios

Art. 16.- Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos precedentes, dependiendo de la naturaleza de la obra, proyecto o actividad respectiva, además de los análisis descritos, la autoridad competente puede exigir que la caracterización del vertido deba incluir otros parámetros de calidad para determinar y controlar la presencia de los contaminantes de las aguas residuales, así:

ACTIVIDAD	COMPONENTE O CARACTERÍSTICA
Explotación de minas de carbón	Sulfuros (mg/l)
Producción de petróleo crudo y gas natural. Extracción de mineral de hierro. Extracción de piedra, arcilla y arena. Extracción de minerales para abono. Extracción de sal. Extracción de minerales N.E.P. Rellenos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos.	Metales pesados
Extracción de minerales no ferrosos	Metales pesados Cianuros (mg/l)

Envasado y conservación de frutas y legumbres	Plaguicidas
Fábrica y refinerías de azúcar	Sulfitos (mg/l) Plomo (mg/l)
Hilado, tejido y acabado de textiles. Fabricación de tejidos de artículos de pulpa. Fábrica de tapices y alfombras. Cordelerías. Fabricación de textiles. N.E.P. Productos de cuero y sudáneos excepto calzado. Calzado de cuero excepto caucho vulcanizado.	SAAM (mg/l) Color
Curtiembres y talleres de acabado. Preparación y tejidos de pieles	Sulfuros (mg/l) Cromo (mg/l) Color
Fabricación de envases y cajas de cartón y papel. Fabricación de artículos de pulpa, papel, cartón. Imprentas, editoriales e industrias conexas	Plomo (mg/l) SAAM (mg/l) Sulfitos (mg/l) Color
Fabricación de sustancias químicas. Fábrica de resinas sintéticas, Materiales plásticos y fibras, excepto vidrio. Fabricación de pinturas, barnices y lacas. Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos. Fabricación de jabones, preparados para limpieza, cosméticos y otros. Industrias lácteas Industrias cármicas Industrias básicas de hierro y acero Industrias básicas de metales no ferrosos	Metales pesados Fenoles (mg/l) Coliformes totales Nitrógeno total
Fabricación de cuchillería y herramientas manuales Fabricación de muebles y accesorios metálicos Fabricación de productos metálicos estructurales Productos metálicos N.E.P. excepto maquinaria y equipo Construcción de motores y turbinas Construcción de maquinaria y equipo para agricultura Construcción de maquinaria para trabajar metales y madera Construcción de maquinaria y equipo para industrias, excepto metales y madera Construcción de maquinaria de oficina Construcción de maquinaria y equipo N.E.P. Construcción de maquinaria y aparatos industriales eléctricos Construcción de aparatos y equipos de radio, TV y comunicaciones Construcción de aparatos y suministros eléctricos NEP domésticos Construcción de aparatos y suministros eléctricos N.E.P. Construcciones navales y reparación de barcos Construcción de equipo ferroviario Fabricación de automóviles Fabricación de motocicletas y bicicletas Fabricación de aeronaves Construcción de materiales de transporte N.E.P. Fabricación de equipo profesional y científico e instrumentos de control y medición N.E.P. Fabricación de aparatos fotográficos e instrumentos de óptica Fabricación de relojes Fabricación de joyas y artículos conexos Fabricación de instrumentos de música Fabricación de artículos de deporte y atletismo Industrias manufactureras N.E.P.	Metales Pesados Fenoles (mg/l)
Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y el carbón	Sulfuros (mg/l) Fenoles (mg/l) Metales Pesados
Expendios de combustibles	Hidrocarburos (mg/l)
Lavanderías y servicios de lavanderías. Establecimientos de limpieza y teñido	SAAM (mg/l) Fosfatos (mg/l)
Crianza de especies menores y ganadería	Huevos de Helminetos y Vertiformes
Fábrica de agroquímicos	Plaguicidas Nitrógeno total (mg/l) Fosfatos (mg/l)

CAPITULO IV

MUESTREO, ANÁLISIS E INFORMES OPERACIONALES

Aplicación de muestreo y análisis

Art. 17.- Las frecuencias de muestreo y análisis establecidas en este Reglamento son las mínimas requeridas para la elaboración y presentación de los informes operacionales. Su aplicación se limita a las aguas residuales vertidas en cualquier medio receptor.

Frecuencia mínima de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo ordinario

Art. 18.- La frecuencia mínima de muestreo y análisis según caudal y componentes característicos, de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, se realizará según se establece a continuación:

PARÁMETROS	CAUDAL m ³ / día		
	< 50	> 50	> 100
PH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Grasa y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO _{5,20}	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	Semestral	Trimestral
Coliformes fecales	Trimestral	Trimestral	Trimestral

No obstante lo establecido en este Reglamento, en el caso de los parámetros pH, Sólidos Sedimentables y Caudal, para los efectos establecidos en este artículo, no requieren ser practicados por un laboratorio acreditado; sin embargo, deberán estar incluidos en el informe operacional. También se estará a lo dispuesto en el Art. 16, dependiendo de la obra, proyecto o actividad de que se trate.

Frecuencia mínima de muestreo y análisis de aguas residuales de tipo especial

Art. 19.- En lo que respecta a las aguas residuales de tipo especial, según lo dispuesto en el artículo anterior, se estará a lo establecido a continuación:

CARACTERISTICAS	CAUDAL m ³ / día		
	< 10	10 a 100	> 100
Temperatura, PH, Sólidos Sedimentables y Caudal	Mensual	Semanal	Diario
Otros parámetros obligatorios según el Art. 18	Anual	Semestral	Trimestral

No obstante, las características Temperatura, pH, Sólidos Sedimentables y Caudal, para los efectos dispuestos en este artículo, no requieren ser practicados por un laboratorio acreditado; sin embargo, deberán estar incluidos en el informe operacional.

Muestras compuestas

Art. 20.- Los análisis de aguas residuales deberán practicarse en muestras compuestas. Estas garantizarán la caracterización del efluente.

Registro de resultados de análisis

Art. 21.- Para cumplir con el informe anual mencionado en el Art. 9 de este Reglamento, el titular llevará un registro de muestras, análisis y resultados, los cuales serán elementos básicos para la elaboración del informe anual.

CAPITULO V

REUSO DE AGUAS RESIDUALES

Permiso Ambiental para el reuso de aguas residuales

Art. 22.- Se otorgará el Permiso Ambiental para el reuso de aguas residuales cuando se cumpla con los requisitos establecidos en la Ley y sus Reglamentos.

Clasificación de reuso de aguas residuales

Art. 23.- Para efectos del presente Reglamento se clasifica el reuso de aguas residuales según los siguientes tipos:

- a) TIPO 1 REUSO URBANO: Riego de zonas verdes, campos deportivos, parques, cementerios, lavado de automóviles, lavado de inodoros, combate de incendios y otros usos similares.
- b) TIPO 2 REUSO PARA RIEGO CON ACCESO RESTRINGIDO: Silvicultura, y otras áreas donde el acceso del público es prohibido, restringido o poco frecuente.
- c) TIPO 3 REUSO AGRÍCOLA EN CULTIVOS PERMANENTES DE FRUTOS QUE NO SE PROCESAN INDUSTRIALMENTE: Riego de cualquier cultivo comestible que son consumidos crudos.
- d) TIPO 4 REUSO AGRÍCOLA EN CULTIVOS DE ALIMENTOS QUE SE PROCESAN INDUSTRIALMENTE: Para riego de cultivos que tendrán

procesamiento físico o químico necesario para la destrucción de los organismos patógenos que pudieran contener.

e) TIPO 5 REUSO AGRÍCOLA EN CULTIVOS NO ALIMENTICIOS PARA LOS HUMANOS: Riego de pastos para ganado, forrajes, cultivos de fibras y semillas, y otros cultivos no alimenticios.

f) TIPO 6 REUSO RECREATIVO: En actividades deportivas donde el contacto con el agua sea incidental y/o contacto primario con aguas recuperadas y riego de campos deportivos.

g) TIPO 7 REUSO PAISAJÍSTICO: Aprovechamiento en estructuras estéticas donde el contacto con el público no es permitido, y dicha prohibición esté claramente rotulada.

h) TIPO 8 REUSO EN LA CONSTRUCCIÓN: Compactación de suelos, control del polvo, lavado de materiales y producción de concreto.

Los reusos detallados y los no especificados en este artículo serán analizados y aprobados por las autoridades competentes.

Control de reuso de las aguas residuales

Art. 24.- Para el control de las aguas residuales que se reusen, las frecuencias mínimas para la toma de muestras y análisis de laboratorio son las indicadas para las de aguas residuales de tipo especial.

Cumplimiento de normativa técnica y otros análisis

Art. 25.- Las aguas residuales reusadas para los fines indicados en el Art. 23 de este Reglamento, deberán cumplir con la normativa técnica pertinente.

Sin perjuicio de lo establecido en el artículo anterior, la frecuencia mínima para la toma de muestras relacionadas con los parámetros DBO₅ y Coliformes fecales en aguas residuales destinadas a reuso, será la siguiente:

TIPO DE USO	PARAMETROS	
	DBO ₅	Coliformes Fecales
TIPO 1	Quincenalmente	Quincenalmente
TIPO 2	NA	Mensual
TIPO 3	NA	Quincenal
TIPO 4	NA	Mensual

TIPO 5	NA	Mensual
TIPO 6	Quincenalmente	Quincenal
TIPO 7	Trimestralmente	NA
TIPO 8	NA	Trimestral

CAPITULO VI

DISPOSICIONES FINALES

Manejo inadecuado de aguas residuales

Art. 26.- Para efectos de descarga de aguas residuales a un medio receptor, no es permitido:

- a) La explotación o uso de agua con fines de dilución de aguas residuales, como tratamiento previo a la descarga, y
- b) La dilución de cualquier materia que pudiera obstaculizar en forma significativa el flujo libre del agua, formar vapores o gases tóxicos, explosivos, inyección de gases, sustancias que causen mal olor o que pudieran alterar en forma negativa la calidad del agua del medio receptor.

Sanciones

Art. 27.- Las contravenciones a lo preceptuado en el presente Reglamento serán sancionadas de conformidad con la Ley, salvo cuando los hechos fueren constitutivos de delitos o faltas, en cuyo caso el Ministerio notificará a las autoridades competentes.

Vigencia

Art. 28.- El presente Reglamento entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil.

FRANCISCO GUILLERMO FLORES PÉREZ
Presidente de la República

ANA MARÍA MAJANO
Ministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales

NORMA SALVADOREÑA
CONACYT
AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR

Esta Norma es una adaptación de la Propuesta de Norma de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, Ministerio de Salud, El Salvador. Octubre de 1996.

1. OBJETO

Esta Norma establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma se aplica en todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua receptores superficiales. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta Norma, de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor, tales como color, olor, turbiedad, radiactividad, explosividad y otros.

3. DEFINICIONES

3.1 Agua residual: es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales.

3.2 Aceite y grasa: sustancia química no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis recomendados en esta Norma.

3.3 Compuestos fenólicos sintéticos: son compuestos orgánicos que se clasifican como: monodiolpolihídricos dependiendo del número de grupos hidrófilos unidos al anillo aromático del benceno.

3.4 Contaminación: es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva en detrimento de la biodiversidad.

3.5 Cuerpo de agua: masa de agua estática o en movimiento permanente o intermitente, como ríos, lagos, lagunas, fuentes, mares, embalses y otros.

3.6 Cuerpo receptor: se refiere al cuerpo de agua expuesto a recibir descargas directas o indirectas.

3.7 Descarga: agua residual vertida en un cuerpo receptor.

3.8 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización biológica de la materia orgánica biodegradable.

3.9 Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO₅) a 20 °C: cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua, a los 5 días a 20 °C.

3.10 Demanda química de oxígeno (DQO): la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.

3.11 Dilución: es el efecto de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.

- 3.12 Grupo coliforme total:**
- 3.12.1** Cuando se usa la técnica de tubos múltiples de fermentación el grupo coliforme total se define como todos los bacilos anaerobios facultativos, gram-negativos, no formadores de esporas que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas dentro de 48 horas de incubación a $35\text{ °C} \pm 0.2\text{ °C}$.
- 3.12.2** Cuando se utiliza la técnica de filtración por membranas, el grupo coliforme total se define como todas las bacterias anaerobias o anaerobias facultativas, gram-negativas, no formadoras de esporas que desarrollan colonias rosadas o rojas con brillo verde metálico en 24 horas de incubación a $35\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$ en medio m ENDO BROTH MF.
- 3.12.3** Cuando se usa la técnica del sustrato cromogénico, el grupo coliforme total se define como toda bacteria que posee la enzima β -galactosidasa, la cual hidroliza al sustrato cromogénico produciendo un color característico según indicador utilizado.
- 3.13 Grupo coliforme fecal:** se llaman bacterias coliformes termotolerantes y son bacterias que tienen las mismas propiedades de los coliformes totales. A $44.5 \pm 0.2\text{ °C}$ en 24 horas producen gas en medio EC, colonias azules en medio m-FCBROTH y colonias rosadas o rojas con brillo verde metálico en medio m ENDO BROTH MF.
- 3.14 Hidrocarburos:**
- 3.15 Industria:** se considera la instalación industrial y sus anexos y dependencias, ya sean cubiertas o descubiertas, que se dediquen a la manipulación, elaboración o transformación de productos naturales o artificiales mediante tratamiento físico, químico, biológico y otros, utilizando o no maquinaria.
- 3.16 Material flotante:** sustancias que permanecen temporal o permanentemente en la superficie del cuerpo de agua limitando su uso.
- 3.17 Parámetro:** aquella característica que puede ser sometida a medición.
- 3.18 Radiactividad:** es la propiedad de determinados elementos químicos (elementos radiactivos) de descomponerse en forma espontánea, liberando energía en forma continua de radiación nuclear: alfa, beta, gamma.
- 3.19 Responsable de la descarga:** persona natural o jurídica que vierte las aguas residuales a un cuerpo receptor.
- 3.20 Sólidos sedimentables:** materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua.
- 3.21 Sólidos totales o residuo:** cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.
- 3.22 Sólidos totales disueltos:** cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua en una muestra a la cual no se le ha realizado ninguna separación de sólidos.
- 3.23 Sólidos suspendidos o en suspensión:** son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.
- 3.24 Tratamiento de aguas residuales:** es cualquier proceso físico, químico o biológico, definido para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de operaciones, de procesos unitarios preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas establecidas.

- 3.25 Turbidez (Turbiedad):** es la medida de la reducción de la transparencia de una muestra de agua debido a la presencia de partículas en suspensión. En el método nefelométrico se expresa en NTU.
- 3.26 Vertido:** sinónimo de agua residual.
- 3.27 Valores máximos permisibles:** son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros establecidos en esta norma, que debe cumplir el responsable de cada descarga.

4. ABREVIATURAS

°C	=	Grado celsius ó centígrado
DBO	=	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	=	Demanda Química de Oxígeno
mL	=	mililitro
ml/L	=	mililitro por litro
mg/L	=	miligramos por litro
NMP	=	Número Más Probable
NTU	=	Unidades Nefelométricas de Turbiedad
ST	=	Sólidos Totales
STD	=	Sólidos Totales Disueltos
Pt-Co	=	Unidades platino cobalto
UFC	=	Unidades Formadoras de Colonias
SAAM	=	Sustancias Activas al Azul de Metileno

5. REQUISITOS

Los niveles máximos permisibles de los parámetros de esta Norma deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos. Para alcanzar dichos niveles no será permitida la dilución.

Tabla 1. Parámetros sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor

Parámetros		Valores Máximos Permisibles
Aluminio (Al)	mg/L	5
Arsénico (As)	mg/L	0.1
Bario total (Ba)	mg/L	5
Berilio (Be)	mg/L	0.5
Boro (B)	mg/L	1.5
Cadmio (Cd)	mg/L	0.1
Cianuro total (CN ⁻)	mg/L	0.5
Cinc (Zn)	mg/L	5
Cobalto (Co)	mg/L	0.05
Cobre (Cu)	mg/L	1
Coliformes fecales	NMP	2000

Coliformes totales	NMP	1000
Color		1)
Compuestos fenólicos sintéticos	mg/L	0.5
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.1
Cromo total (Cr)	mg/L	1
Detergentes (SAAM)	mg/L	10
Fluoruros (F)	mg/L	5
Fósforo total (P)	mg/L	15
Organofluorina	mg/L	0.1
Fosfamina	mg/L	0.1
Benzimidazol	mg/L	0.1
Piretroides	mg/L	0.1
Bipiridelos	mg/L	0.1
Fenoxi	mg/L	0.1
Triazina	mg/L	0.1
Fosfonico	mg/L	0.1
Hidrocarburos	mg/L	20
Hierro total (Fe)	mg/L	10
Litio (Li)	mg/L	2

Continúa

1) Efluente líquido no deberá introducir color visible al cuerpo receptor

Continuación

Tabla 1. Parámetros sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor

Parámetros		Valores Máximos Permisibles
Manganeso total (Mn)	mg/L	2
Materiales flotantes	mg/L	Ausentes
Mercurio (Hg)	mg/L	0.01
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.3
Niquel (Ni)	mg/L	0.2
Nitrógeno total (N)	mg/L	50
Organoclorados	mg/L	0.05
Organofosforados y carbamatos	mg/L	0.1
pH	Unidades	5.5-9.0 ²⁾
Plata (Ag)	mg/L	0.2
Plomo (Pb)	mg/L	0.2
Selenio (Se)	mg/L	0.05
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	1000
Sustancias radiactivas	-	0
Temperatura	°C	20-35 °C ³⁾

Turbidez (Turbiedad)	NTU	4)
Vanadio (V)	mg/L	1

- 2) El valor de pH 5.5-9.0 aplica para descargas en aguas limnias; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.0 para vertidos en agua costero marinas
- 3) En todo caso la temperatura de H₂O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor
- 4) No se alterara en 5 unidades la turbidez del cuerpo receptor

TABLA 1.1 VALORES MÁXIMOS DE PARAMETROS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO, PARA DESCARGAR A UN CUERPO RECEPTOR.

ACTIVIDAD	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	Sólidos Sedimentables (ml/L)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Aceites y grasas (mg/L)
AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO	100	60	1	60	20

Tabla 2. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMISIBLES DE PARÁMETROS PARA VERTER AL CUERPO RECEPTOR POR TIPO DE ACTIVIDAD

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
I. ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL					
1. Producción agropecuaria ¹⁾	800	300	15	150	50
2. Matanza de ganado y preparación y conservación de carnes	400	200	15	125	50
3. Procesamiento de camarón, mariscos en forma congelada	750	250	15	350	130
4. Enlatados de mariscos y fabricación de sus harinas	300	150	15	100	50
5. Productos avícolas	800	300	15	150	50
II. PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL					
1. Productos de molinería	400	200	15	200	50
2. Beneficiado de café	2500 ²⁾	2000 ²⁾	40	1000	30
3. Fabricación de productos de panaderías	250	200	15	70	100
4. Fabricas y refineras de azúcar	600	400	30	150	30
5. Fabricación de cacao, chocolate y artículos de confitería	400	250	15	150	100
6. Elaboración de alimentos preparados para animales	250	60	15	100	50
7. Industria del tabaco	100	60	15	60	20
III. GRASAS Y ACEITES ANIMALES Y VEGETALES					
1. Extractoras de aceites y grasa	700	400	15	150	200

2. Refinadora de aceites y grasas	300	150	15	100	200
IV. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, BEBIDAS, LIQUIDOS ALCOHOLICOS, TABACO Y SUCEDÁNEOS					
1. Fabricación de productos lácteos	900	600	75	300	75
2. Envasado y conservación de frutas y legumbres, incluyendo la elaboración de jugos	400	150	15	150	60
3. Elaboración de productos alimenticios diversos	400	150	15	150	45
4. Destilación, rectificación y mezclas de bebidas espirituosas	3500	3000	15	1000	20
5. Bebidas malteadas y de malta	400	200	15	70	30
6. Industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	400	200	30	100	30
V. PRODUCTOS MINERALES					
1. Extracción de minerales no ferrosos	100	60	15	100	20
2. Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	300	100	15	100	20
3. Fabricación de vidrio y productos de vidrio	100	60	15	40	30
4. Fabricación de productos minerales no metálicos	100	60	15	100	20
5. Industrias básicas de hierro y acero	200	60	10	30	30
6. Industrias básicas de metales no ferrosos	200	60	10	30	30

1) No estarán incluidas en esta actividad las ya expuestas en la tabla

2) Siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos Suspendedos Totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
VI. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS					
1. Fabricación de abonos	180	60	10	50	30
2. Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, excepto el vidrio	500	250	15	100	20
3. Fabricación de pinturas, barnices y lacas	300	100	15	100	30
4. Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	300	100	15	100	30
5. fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador	450	300	15	200	40
6. Refinación y/o fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón	600	200	30	200	30
7. Industrias de llantas y cámaras	100	60	15	60	20
8. Expendios de combustibles	100	60	15	70	40
9. Lavado de vehículos	100	40	15	60	30
10. Lavanderías, tintorerías	300	100	15	100	30
11. Rellenos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos	1500	500	15	200	20
12. Fabricación de baterías	400	200	15	800	20

VII. MATERIAS PLASTICAS, CAUCHO Y SUS MANUFACTURAS					
1. Fabricación de productos plásticos	100	50	15	60	30
VIII. PIELS, CUEROS, TALABARTERÍA Y PELETERIA					
1. Curtidurías y talleres de acabado	1500	850	15	150	50
IX. PASTAS DE MADERA, PAPEL Y CARTON, MANUFACTURAS Y APLICACIONES					
1. Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón	350	200	15	300	20
2. Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón	400	150	15	100	30
3. Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón	400	150	15	100	30
X. MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS					
1. Hilados, tejidos y acabados textiles	400	200	15	150	35
XI. CALZADO Y ARTICULOS ANÁLOGOS					
1. Fabricación de productos de cuero y artículos sucedáneos de cuero	180	60	15	60	30
XII. PERLA, PIEDRAS Y METALES PRECIOSOS					
1. Fabricación de joyas y artículos conexos	300	100	15	100	30
XIII. METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS					
1. Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos generales de ferretería	300	100	15	100	30
2. Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos	300	100	15	100	30
3. Fabricación de productos metálicos estructurales	300	100	15	100	30
4. Fabricación de productos metálicos exceptuando maquinaria y equipo	300	100	15	100	30

ACTIVIDAD	DQO (mg./L)	DBO (mg./L)	Sólidos sedimentables (ml/L)	Sólidos suspendidos (mg./L)	Aceites y grasas (mg/L)
XIV. MAQUINARIA Y APARATOS, MATERIAL ELECTRICO Y MANTENIMIENTO					
1. Construcción de maquinaria para trabajar los metales y la madera	300	100	15	100	30
2. Construcción de materiales y equipos espaciales para las p+3X industrias, excepto la maquinaria para trabajar los metales y la madera	300	100	15	100	30
3. Construcción de maquinas y aparatos eléctricos industriales	300	100	15	100	30
4. Fabricación y reparación de automóviles, motocicletas	300	100	15	100	30
5. Fabricación de equipos para diferentes usos	300	100	15	100	30
6. Fabricación de instrumentos de música	300	100	15	100	30

**Tabla 3. Requerimiento para toma de muestras
Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua**

Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo de almacenamiento	Vol. Mínimo de muestra mL
Aceites y grasas	Vidrio	5 mL (1+1) H ₂ SO ₄ /L muestra. Enfriar a 4 °C	24 horas	1 000
Acido fenoxiacético, herbicida	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH<2, inferior a 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	1 000
Aluminio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Arsénico	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Bario	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Berilio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Boro	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Cadmio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Carbamato (plaguicida)	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH<4 y 10 g Na ₂ SO ₄ /L muestra	Preferible extraer inmediatamente	2 500
Cianuro	Polietileno	1 ml. NaOH al 10%/100 ml. muestra	24 horas	500
Cinc	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Color	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	500
Cromo	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	24 horas	1 000

Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo de almacenamiento	Vol. Mínimo de muestra mL
DBO	Polietileno	Enfriar 4 °C	4 horas	1 000
DQO	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Fenoles	Vidrio	H ₃ PO ₄ a pH<4 y 1,0 g CuSO ₄ /L,	24 horas	1 000

		enfriar 4 °C		
Fluoruro	Polietileno	Enfriar 4 °C	7 días	300
Fósforo disuelto inorgánico ortofosfato total	Vidrio	Filtrando in situ, usando membrana filtrante de 0,45 μ m enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Hierro	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Litio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Manganeso	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Mercurio	Vidrio o teflón	1 ml. Conc. H ₂ SO ₄ y 1ml. Solución K ₂ Cr ₂ O ₇ al 5% / 100 ml muestra	1 mes	1 000
Molibdeno	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Níquel	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Nitrógeno amoniacal por Kjeldahl nitrato+nitrito	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Pentaclorofenol	Vidrio	H ₃ SO ₄ a pH<4 Y 0,5 g CuSO ₄ /L, enfriar 4 °C	24 horas	1 000
pH	Polietileno	Ninguno	Preferible tomar de inmediato	200
Plaguicidas organoclorados	Vidrio	Enfriar 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	2 500
Plata	Polietileno	0,4 g disódico EDTA/100 ml muestra	10 días	1 000
Plomo	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Selenio	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Sulfato	Polietileno	Enfriar 4 °C	7 días	1 000

6. MÉTODO DE ANÁLISIS

Tabla 4. Métodos de Análisis para la determinación de los parámetros Contemplados en la Norma

Parámetros	Números de referencia Standard Methods	Número de referencia ASTM
Aceites y grasas(Aguas domésticas)	5520	D 3921 – 85(1990)
Aceites y grasas(Aguas industriales)	5520	D 3921 – 85(1990)
Aluminio	3500 - Al	D 857 – 89
Arsénico	3500 – As	D 2972 – 93
Bario total	3500 – Ba	D 4382 – 91
Berilio	3500 – Be	D 3645 – 93
Boro	4500 – B	D 3082 – 92
Cadmio	3500 – Cd	D 3557 – 90
Cianuro total	4500 – CN	D 2036 – 91
Cinc (Zinc)	3500 - Zn	D 1691 – 91
Cloruros	4500 – Cl	D512 – 89
Cobalto	3500 – Co	D 3558 – 90
Cobre	3500 – Cu	D 1688 – 90
Coliformes fecales	9221	-
Coliformes totales	9221	-
Color real	2120	-
Compuestos fenólicos	5530 y 6420	D 1783 – 91
Cromo hexavalente	3500 – Cr	D 5257 – 93
Cromo total	3500 – Cr	D 1687 – 92
DBO (aguas domésticas)	5210	-
DBO (aguas industriales)	5210	-
Detergentes aniónicos	5540	-
DQO (aguas industriales)	5220	D 1253 – 88
DQO (aguas domésticas)	5220	D 1253 – 88
Fluoruros	4500 – F	D 1179 – 93
Fósforo total	4500 – P	D 515 – 88
Herbicidas totales	6640 Y 6651	D 3086 – 85(1990)
Hidrocarburos	6440 Y 5520 F	-
Hierro total	3500 – Fe	-
Litio	3500 – Li	-
Manganeso total	3500 – Mn	-
Material flotante	2530	-
Mercurio	3500 – Hg	D 3223 – 91
Molibdeno	3500 – Mo	D 3372 – 92

Níquel	3500 – Ni	D 1886 – 90
Nitrógeno total	4500 – N	D 3590 – 89
Organoclorados	6630	D 3086 – 85(1990)
Organos fosforados y carbamatos	6610	-
pH	4500 – H ⁺	D 1293 – 84(1990)
Plata	3500 – Ag	D 3866 – 92
Plomo	3500 – Pb	D 3559 – 90
Recolección y preservación de las muestras	1060	-
Selenio	3500 – Se	D 3859 – 93
Sólidos sedimentables	2540 F	-
Sólidos suspendidos (aguas domésticas)	2540	-
Sólidos suspendidos (aguas industriales)	2540	-
Sulfatos	4500 – SO ²	D 516 – 90
Temperatura	2550	-
Trihalometanos	6232	-
Turbiedad	21030	D 1889 – 88
Vanadio	3500 – V	D 3376 – 93

Nota 1. Se recomienda el uso de los métodos “ASTM” Y “STANDARD METHODS”. Pueden utilizarse también los métodos empleados para los laboratorios acreditados por el CONACYT.

7. DOCUMENTO DE REFERENCIA

- Propuesta de norma de las Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. El Salvador, 1996. **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL.**
- Análisis del impacto de establecimiento de normas de vertidos y tratamiento de aguas residuales en las tarifas de disposición final y tratamiento para el subsector de agua potable y alcantarillado.

8. CUMPLIMIENTO Y VERIFICACION

Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), velar por el cumplimiento de esta norma obligatoria.

**REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS
ZONAS DE PROTECCIÓN
ANDA**

DECRETO N° 50

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR,

CONSIDERANDO:

- I. Que siendo la salud de los habitantes un bien público reconocido por la constitución de la República, deben dictarse normas reglamentarias que eviten, controlen o reduzcan la contaminación de los recursos hídricos.
- II. Que es misión del Estado mantener las mejores condiciones de calidad de los recursos hídricos de manera compatible con una política económica adecuada que aproveche en lo posible, las condiciones de los medios receptores como agentes en los procesos de transporte y autodepuración de residuos.
- III. Que la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos promulgada por Decreto – Ley N° 886 de la Junta Revolucionaria de Gobierno, de fecha 2 de diciembre de 1981, publicada en el Diario Oficial N° 221, Tomo 273, de aquella misma fecha, y su Reglamento de de fecha 23 de marzo de 1982, establecen en sus disposiciones la potestad del Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, en coordinación con los otros Ramos, y en este caso con los de Agricultura y Ganadería, de Salud Pública y Asistencia Social y el de Obras Públicas, todo lo relativo en cuanto a “elaborar Proyectos de normas sobre calidad del agua y sobre el control de los vertidos de aguas negras, desechos fabriles, industriales, mineros y cualquier otro uso activo o pasivo del agua que pueda contaminar dicho recurso”; disposición que armoniza con lo que disponen los Artículos 100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento para dictar un Reglamento en tal sentido;

POR LO TANTO:

En uso de sus facultades constitucionales, DECRETA, el siguiente

REGLAMENTO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS
DE PROTECCIÓN

TITULO I

Disposiciones Fundamentales

Art. 1.- El presente Reglamento tiene por objeto desarrollar los principios contenidos en la Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, así como los Artículos

100 y 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, referente a la calidad del agua, el control de vertidos y a las zonas de protección con el objeto de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos.

Art. 2.- Los términos y conceptos empleados en este Reglamento se entenderán en el sentido o significado que se les dé en el glosario de conceptos técnicos que forma parte del mismo, en cuyo texto se usarán las siglas que a continuación se indican con el significado siguiente:

1. MIPLAN: Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social;
2. MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería;
3. MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social;
4. ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados;
5. PLANSABAR: Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural;
6. OEDA: Oficina Especializada del Agua;
7. AEE: Agencias Ejecutoras Especializadas; y
8. MOP: Ministerio de Obras Públicas.

Art. 3.- El Estado a través de los mecanismos establecidos en el presente Reglamento y de la autoridad competente, tomará las medidas adecuadas y oportunas para regular las actividades que lleguen a producir contaminación de las aguas, a fin de armonizar el aprovechamiento racional e integral de los recursos hídricos con la protección de la calidad de los mismos.

El MIPLAN, en coordinación con los demás Ministerios involucrados, tomará las medidas y las acciones que permitan obtener, de acuerdo con lo que indique este Reglamento, un control efectivo sobre la calidad de los recursos hídricos.

Art. 4.- El Órgano Ejecutivo en los Ramos de Planificación, Salud Pública y Asistencia Social, de Agricultura y Ganadería y de Obras Públicas podrá establecer regulaciones especialmente sobre:

- a. Los procesos industriales cuyos efluentes, no obstante al tratamiento a que puedan ser sometidos, hayan de constituir un peligro de contaminación;
- b. La fabricación, importación, comercio y utilización de productos que constituyan una amenaza para la calidad del agua, tales como fertilizantes, pesticidas y productos químicos y bioquímicos, según las leyes sobre la materia;
- c. Las actividades que afecten las zonas de protección de los cauces mismos y las captaciones de agua;
- d. Las demás que se consideren necesarias a los fines del presente Reglamento.

Art. 5.- Para los fines de este Reglamento se establecen como objetivos de calidad los niveles físicos y biológicos necesarios para mantener, preservar o recuperar la calidad del recurso hídrico, de manera que no se interfiera con el uso provisto en los Planes Nacionales de desarrollo, aprovechamiento o protección de los recursos hídricos.

Art. 6.- La especificación de los objetivos de calidad, la clasificación y reclasificación de las aguas se hará por resolución ministerial conjuntamente en los Ramos de MIPLAN, MAG, MOP y MSPAS.

Art. 7.- Las condiciones a que deben sujetarse los vertidos de aguas residuales contaminantes se establecerán de manera que se conserven los objetivos de calidad previamente establecidos, tomando en consideración el destino, volumen, caudal, calidad y poder de autodepuración, tanto del vertido como del cuerpo de agua receptor.

Art. 8.- Cuando no exista ningún objetivo de calidad, los interesados en efectuar un vertido podrán solicitar a cualquiera de las AEE su fijación, de manera que se especifiquen las condiciones bajo las cuales se les permita efectuarlo. El procedimiento para la fijación del objetivo de calidad será el referido en el Artículo 6.

TITULO II

De la Autoridad Competente

Art. 9.- En todo lo que se refiere o relacione con la aplicación de las normas sobre calidad del agua a nivel nacional, la Autoridad Competente será el Órgano Ejecutivo en los Ramos de Salud Pública y Asistencia Social, el de Agricultura y Ganadería y el de Obras Públicas, bajo los términos de este Reglamento y los de su propia legislación en materia de contaminación de aguas de acuerdo con las normas y procedimientos que adelante se establecen. Cuando se trate de aplicación de sanciones por infracción al presente Reglamento, se harán por medio del Departamento Jurídico del Ministerio de Agricultura y Ganadería, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo IX de la Ley de Riego y Avenamiento y al Artículo 138 de su Reglamento.

Art. 10.- Las AEE y las instituciones públicas centralizadas y descentralizadas a que se refiere el artículo 2 del Reglamento de la Ley Sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, están obligadas a prestar toda la colaboración técnica necesaria para que la Autoridad Competente desempeñe su labor en forma eficiente y, más especialmente, aquellas AEE directamente involucradas con atribuciones específicas en este Reglamento.

La OEDA servirá de organismo técnico consultor del Comité Ejecutivo a que se refiere el artículo siguiente. Los particulares afectados por alguna resolución de la Autoridad Competente, en relación a sus solicitudes, podrán recurrir de ella en la forma que establece la Ley de Riego y Avenamiento.

Art. 11.- Para los fines de coordinar y asesorar lo relativo a solicitudes de vertidos, obras de tratamiento para depuración y todo lo relativo al presente Reglamento, se crea una Oficina Conjunta Protectora de los Recursos Hídricos ("Oficina Conjunta"), la cual estará dirigida por un Comité Ejecutivo, integrado por un representante del Departamento Jurídico y un técnico de los Ministerios de Agricultura y Ganadería, de Salud Pública y Asistencia Social, de Obras Públicas, del Interior y además de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Dichos representantes serán nombrados por los titulares de los organismos correspondientes, ante el

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y elaborarán de común acuerdo un Reglamento Interno que regule el funcionamiento de la Oficina Conjunta. Este Reglamento será puesto en vigencia en un plazo de 30 días subsiguientes a la fecha de creación de la Oficina Conjunta.

Art. 12.- La Oficina Conjunta deberá ser creada dentro del plazo de 12 meses subsiguientes a la fecha de vigencia del presente Reglamento y su sede estará adscrita al MSPAS, quien facilitará la infraestructura administrativa necesaria y el personal técnico y de apoyo que el Comité Ejecutivo de la Oficina Conjunta estime conveniente.

Art. 13.- Cuando el estado de la calidad del agua afecte o pueda afectar la salud pública o aspectos relativos al saneamiento, incluyendo vertidos industriales, cloacales descargas urbanas y demás será el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social por medio de su dependencia ejecutiva correspondiente, quien se encargara de velar por el cumplimiento de las normas de calidad fijadas para cada caso.

Art. 14.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería en cumplimiento del Artículo 101 de la Ley de Riego y Avenamiento, dictará las medidas necesarias para:

- a. Impedir que se contaminen las aguas;
- b. Impedir que el uso de aguas reduzca la fertilidad de los suelos; y
- c. Proteger la fauna y flora acuática.

Art. 15.- Cuando se trate de vertidos que puedan perturbar el equilibrio físico, químico, biológico y ecológico de las aguas, será el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por medio de su dependencia ejecutiva, quien se encargara de velar por el cumplimiento de las normas de calidad fijadas para cada caso.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el Artículo 11, el MAG y el MSPAS podrán actuar en forma conjunta cuando lo requiera uno de estos Ministerios.

Art. 16.- Cuando se trate de descargas de aguas negras o vertidos industriales, el MAPAS deberá establecer sistemas de vigilancia y control para que se cumplan las condiciones fijadas en cada caso. El MAG, por su parte, establecerá sus propios mecanismos de vigilancia y control dentro de su competencia. Ambos Ministerios podrán presentarse mutua colaboración técnica cuando sea requerida.

Art. 17.- Cuando se trate de vertidos que descarguen al sistema de alcantarillado sanitario, sistema de conducción de aguas residuales, obras de tratamiento y disposición final de las mismas, de propiedad de ANDA, será esta Institución la que aplicará sus propias normas y regulaciones para asegurar la protección y buen funcionamiento de dichas obras.

ANDA establecerá las condiciones que deben cumplir las aguas residuales domésticas o industriales, previo a la autorización del vertido en las obras sanitarias anteriormente mencionadas.

Art. 18.- Tanto el MAG como el MSPAS y ANDA deberán notificar a las alcaldías correspondientes las decisiones que se tomen sobre el control de la contaminación de las aguas que se ubiquen dentro de sus respectivas jurisdicciones. Dicha notificación se hará por medio de

esquela que contenga un extracto de la solicitud y resolución correspondiente a fin de que se controle y vigile su cumplimiento, y denuncie las infracciones ante la Autoridad Competente.

TITULO III

Autorización de Vertidos

Art. 19.- Ninguna descarga de residuos sólidos o gaseosos a los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento podrá ser efectuada sin la previa autorización de la Autoridad Competente.

Art. 20.- La autorización a que se refiere el artículo anterior, se solicitará por los interesados a la Autoridad Competente en papel sellado del valor correspondiente según modelo que se proporcionará. La solicitud deberá contener:

1. Nombre, profesión y oficio, domicilio y nacionalidad del solicitante; y si se tratare de personas jurídicas, deberá comparecer su representante legal, quien además de acreditar su personería deberá acreditar la de la empresa que representa;
2. Nombre del medio acuático y localización cartográfica del punto en que se pretenda efectuar o se esta efectuando el vertido, anexando plano o croquis de su ubicación;
3. La información sobre caudales y volúmenes del vertido, periodos estimados de descarga y duración de los mismos.
4. Características del vertido que se está efectuando o se pretende efectuar, adjuntando plano a escala que detalle la forma cómo se realiza o se realizará dicho vertido;
5. Descripción de:
 - a. Las obras físicas de depuración que se pretenden construir o se hayan construido;
 - b. El tratamiento al que se propone someter el vertido o que ya se está tratando;
6. Análisis físico-químico y biológico de los componentes de vertido en el sitio y las condiciones que indique la Autoridad Competente en los casos donde se esté efectuando la descarga.

En los casos en que no se esté efectuando, se deberá adjuntar un análisis comparativo según otras industrias similares, a reserva de que posteriormente presente el análisis de su propio vertido.

Art. 21.- A las solicitudes que reúnan los requisitos señalados se les abrirá un expediente y serán registradas en libros especiales en los que se anotara; el número del expediente, el nombre del solicitante, y la fecha y hora de presentación. Caso contrario se prevendrá a los interesados para que la corrijan o completen.

Art. 22.- La Oficina Conjunta llevará un Registro Central de las solicitudes presentadas a la Autoridad Competente y deberá contener:

- a. Nombre del solicitante;
- b. Fecha de recepción de la solicitud;

- c. Número del expediente; y
- d. Clase de resolución que se ha proveído.

Art. 23.- Las solicitudes de autorización de descarga deberán ser analizadas técnicamente, compatibilizándolas con los objetivos de calidad establecidos, la Autoridad Competente analizará las posibilidades en que tal uso sea compatible y no afecte las diferentes utilidades del medio receptor.

Art. 24.- Recibida y registrada la solicitud, se practicará la inspección de las instalaciones y el lugar del vertido, y se tomarán las muestras necesarias para los análisis correspondientes.

Si durante la inspecciones se detectaren anomalías que impidan la verificación parcial de los inspectores, o si fuere necesaria una ampliación de la información que se tiene, se notificarán estas circunstancias al interesado, para que se corrija o amplíe, en su caso, dentro del plazo que se le señale.

Art. 25.- Verificada la inspección, realizados los análisis de laboratorio y emitido el dictamen técnico por las AEE correspondientes, estas deberán emitir una resolución previa consulta con la Oficina Conjunta, en la cual las AEE condicionarán, autorizarán provisionalmente o denegarán el vertido.

Art. 26.- Si la resolución determina que el vertido solicitado es aceptable, mediante determinadas condiciones, la Autoridad Competente por medio de la Oficina Conjunta, las comunicará al solicitante para la aceptación o rechazo de las condiciones impuestas.

Si tales condiciones fueren aceptadas por el solicitante, éste las deberá cumplir dentro del plazo que se le fije, para que se le autorice provisionalmente el vertido. Si no las acepta, se estará a lo dispuesto en los Arts. 10 inciso 2º de este Reglamento.

Art. 27.- Si la resolución fuere favorable o condicionada se autorizará provisionalmente el vertido. Dicha autorización se convertirá en definitiva tres años después, contados a partir de la fecha de la autorización provisional, previa comprobación del cumplimiento de las condiciones fijadas por la Autoridad Competente.

Art. 28.- Si la resolución se determinare que el vertido solicitado es incompatible con los objetivos de calidad o con los restantes usos del medio receptor, la Autoridad Competente denegará la solicitud y la notificará al interesado, por medio de la Oficina Conjunta.

Art. 29.- La Autoridad Competente deberá emitir resolución a más tardar dentro de 30 días hábiles después de presentada la solicitud. Si el interesado no estuviese de acuerdo con la resolución emitida podrá recurrir en la forma que establece la Ley de Riego y Avenamiento.

Art. 30.- Las autorizaciones de los vertidos obligan al usuario a sujetarse a las normas prescritas, bajo pena de declarar revocada la autorización por daño previsible. Asimismo, está obligado a dar aviso por escrito a la Autoridad Competente dentro de un plazo de treinta días antes de:

- a. No continuar efectuando el vertido;
- b. Modificar el proceso productivo que pueda repercutir en alteración del vertido; y
- c. Modificar el proceso depurativo.

En el caso de los literales “b” y “c” anteriores, el responsable de la descarga está obligado a proporcionar a la Autoridad Competente, en el plazo que se le fije, toda la información necesaria para detallar las variaciones y repercusiones de la alteración o modificación, según el caso, todo bajo pena de revocar la autorización respectiva.

Art. 31.- Las autorizaciones de vertidos tendrán vigencia por el plazo que se especifique en la resolución correspondiente.

Art. 32.- La Autoridad Competente notificará sus resoluciones a la Oficina Conjunta para su inscripción en los registros correspondientes, dentro de los quince siguientes a la fecha de aprobación.

Art. 33.- En aquellos casos en los que un solo usuario sea responsable de dos o más descargas, la Autoridad Competente llevará sólo un expediente en el que constará en detalle todo lo relativo a cada vertido.

Art. 34.- Las autorizaciones de vertidos amparan a su titular frente a terceros.

TITULO IV

NORMAS SOBRE DEPURACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS

Art. 35.- Solamente se podrán efectuar descargas de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, cuando de conformidad a los objetivos de calidad no se perjudiquen las condiciones físico-químicas y biológicas del medio acuático receptor.

Art. 36.- Cuando las condiciones impuestas en una autorización de vertido indiquen la operación de un sistema de tratamiento, el usuario estará obligado a controlar los efluentes en la forma que establezca la Autoridad Competente y a conservar esta información en un registro que podrá ser inspeccionado por la misma, cuando así lo requiera. La Autoridad Competente podrá realizar también los análisis que sean necesarios.

Art. 37.- Los procesos de depuración o tratamiento a que estarán sujetos los vertidos en general, deberán ser los técnicamente necesarios para lograr los objetivos de calidad, tal como se establece en el Art. 5.

Art. 38.- Para la determinación del tratamiento a que se deberá someter un vertido, se fijarán las condiciones particulares para cada descarga. Estas condiciones se fundamentarán en los niveles de calidad que se establecerán en la forma prevista en el Art. 6 de este Reglamento.

Art. 39.- Los responsables de las descargas de aguas residuales industriales que a la fecha de vigencia del presente Reglamento se encuentren efectuando el vertido, deberán presentar dentro del plazo de seis meses su solicitud a la Autoridad Competente para obtener la autorización de vertido.

Art. 40.- Los métodos de muestreo y análisis de laboratorio para comprobar que los responsables de las descargas se ajustarán a las normas a que se refiere el Art. 38 de este Reglamento según los métodos estándares universales, adoptados oficialmente por los laboratorios nacionales del país.

Art. 41.- Se podrán combinar los vertidos de varios usuarios y realizar una depuración única. En este caso, la autorización de vertido se otorgará en forma conjunta a favor de las Asociación o al grupo de usuarios que se unan al efecto.

Art. 42.- La Autoridad Competente promoverá la construcción de empresas depuradoras para que se encarguen de la depuración de vertidos procedentes de terceros previo contrato con los mismos en que se especifiquen las condiciones del trabajo a realizar.

En caso que un usuario, autorizado o no, contrate a una empresa depuradora de vertidos, esta última será responsable ante la Autoridad Competente de las condiciones en que se verifique la depuración.

Art. 43.- Si se comprobare que la depuración a que se ha sometido determinado vertido no satisface los niveles de calidad que se pretenden lograr, la Autoridad Competente podrá ordenar al usuario autorizado, a ejecutar el tratamiento complementario que sea necesario para el alcance de los niveles fijados. En tal caso la Autoridad Competente fijará las condiciones al usuario quien deberá cumplirlas en el plazo señalado, bajo pena que se le revoque la autorización.

TITULO V

NORMAS SOBRE PROTECCIÓN

CAPITULO I

De las Zonas de Protección contra la Contaminación

Art. 44.- La Oficina Conjunta en coordinación con el MAG, MSPAS y ANDA podrá efectuar los estudios necesarios y elaborar las normas pertinentes a fin de establecer las zonas de protección contra la contaminación en aquellos lugares donde se haya determinado técnicamente que el recurso agua debe ser preservado, en su calidad y cantidad. Tales zonas de protección deberán ser establecidas de conformidad a la Ley Forestal.

Art. 45.- La Autoridad Competente no autorizará ningún uso de aguas cuando ésta signifique incompatibilidad con los fines que persigue determinada zona protectora.

Asimismo los usuarios autorizados están obligados a ejecutar las obras o trabajos de protección de los recursos hídricos, según se les determine en la autorización respectiva.

Art. 46.- De conformidad a las disposiciones contenidas en la Ley Forestal, Decretos y demás Reglamentos sobre la materia, se consideran como zonas críticas protectoras del recurso agua, las siguientes:

- a. Las partes altas de las cuencas hidrográficas delimitadas al efecto;
- b. Las zonas adyacentes hasta una distancia de cincuenta metros de los medios soportes de ríos, lagos y lagunas; y
- c. El medio soporte de las aguas subterráneas.

Art. 47.- En las zonas situadas a menos de trescientos metros de una fuente natural de agua, no podrá hacerse uso de sustancias contaminantes de ninguna naturaleza, de acuerdo con las leyes y reglamentos de la materia.

Art. 48.- Corresponde a la Oficina Conjunta coordinar con el MAG; MSPAS y ANDA la realización de los estudios necesarios en las zonas de protección, así como de su medios soportes y de las obras de tratamiento.

Art. 49.- Las empresas comerciales o industriales por establecerse que deseen funcionar dentro de una zona declarada de protección, se sujetarán a las condiciones y disposiciones que fije la Autoridad Competente, a fin de que la explotación de la empresa no interfiera en los usos públicos de la zona y no se perjudiquen los medios soportes o se ponga en peligro la estabilidad de las márgenes, las obras construidas en los mismos y el normal desarrollo de los usos establecidos.

Art. 50.- Las zonas de veda para siembra y cultivo de algodón cerca de los cuerpos de agua, se consideran zonas de protección para los fines de este Reglamento.

Art. 51.- Las disposiciones contenidas en la legislación forestal vigente serán aplicables a estas zonas de protección en lo que sea compatible con el recurso agua.

Art. 52.- Las zonas protectoras del suelo gozan de protección especial por parte del Estado, quien deberá tomar medidas eficaces de administración y preservación de los recursos suelo y agua.

Art. 53.- Dentro de los límites de las zonas de protección de los recursos hídricos, queda sujeta su autorización a lo establecido en el presente Reglamento, la construcción de viviendas, edificios, desagües, cisternas, tanques sépticos, fosas, resumideros, lagunas de estabilización y redes de alcantarillado, así como de depósitos de basura que puedan poner en peligro el acuífero respectivo o que pueda ser arrastrada por las aguas.

CAPITULO II

NORMAS GENERALES

Art. 54.- Nadie podrá variar el régimen, la naturaleza o la calidad de las aguas, ni alterar los cauces, ni el uso público de los medios soportes, salvo en los casos siguientes:

- a. Para regular los caudales;
- b. Para hacerlas utilizables; y
- c. En los casos específicos que determine el Órgano Ejecutivo, y mediante dictamen favorable de la Autoridad Competente.

Art. 55.- Todo establecimiento comercial o industrial que se encuentre ubicado en la zona adyacente al medio acuático, está obligado a mantener en perfecto estado de higiene dicha zona, estando absolutamente prohibido que arrojen en ella aceites, desperdicios, restos de cualquier material putrescible y no degradable.

Art. 56.- Queda estrictamente prohibido el tratamiento de la vegetación con pesticidas o con cualquier otro producto químico o bioquímico capaz de dañar el medio acuático dentro de los límites de la zona de protección.

Atr. 57.- Pueden utilizarse para fines de recreación las aguas cuyo uso no interfiere con otros usos prioritarios, o con los objetivos de calidad.

Art. 58.- En ningún caso los usos comunes del agua deberán dañar las zonas de protección o sus medios soportes, ni detener, demorar, acelerar o desviar el curso, captación o afloramiento de las aguas.

TITULO VI

De las Aguas Negras o Aguas Residuales Domésticas

Art. 59.- El control de la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos estará sujeto a las disposiciones de la legislación vigente sobre los usos de abastecimiento de agua potable, domésticos, comerciales e industriales, en aquellos núcleos de población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrado por ANDA y organismos a fines.

Art. 60.- Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, deberán tomar las medidas necesarias para disminuir los riesgos de deterioro de la red o del cuerpo de agua en la que se descargue.

La Autoridad Competente establecerá los tratamientos a que se deberán someter las aguas negras provenientes de las redes de alcantarillado sanitario con vistas a lograr determinados niveles de calidad.

Art. 61.- Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, están obligadas a sujetarse a las normas sobre control de vertidos a sistemas de alcantarillado sanitario que dicten ANDA y MSPAS.

Art. 62.- En los núcleos poblacionales en que el alcantarillado sanitario no sea administrado por ANDA, el monto de las tarifas por depuración deberá ser el mismo que establezca ANDA para sistemas similares.

En todos los casos y lugares, el importe total por ese concepto será destinado por ANDA única y exclusivamente a obras o tratamientos del lugar que comprenda.

Art. 63.- Para establecer las tarifas a que se refieren los artículos anteriores, ANDA se basará en los volúmenes y cargas contaminantes a tratar y de conformidad con su Ley de Creación.

Art. 64.- Todas las entidades encargadas de la explotación de un red de alcantarillado, están en la obligación de acatar las normas técnicas y aplicar las tarifas que establezca ANDA, para el vertido de aguas residuales, industriales y domésticas, en redes de alcantarillado sanitario.

Art. 65.- ANDA deberá elaborar los planes o estudio de tratamiento de las aguas residuales, industriales o domésticas que provengan de redes de alcantarillado sanitario y las someterá, para su aprobación al MSPAS, quien velara por el cumplimiento de las normas establecidas por este Reglamento.

Cuando se trate de alcantarillados sanitarios no administrados por ANDA, el encargado de su explotación deberá seguir el mismo procedimiento.

Art. 66.- Cuando ANDA lo considere necesario podrá elaborar los contratos respectivos a fin de que empresas depuradoras de vertidos sean autorizadas para administrar plantas de tratamiento bajo su administración o dominio de conformidad a su Ley de Creación.

TITULO VII

De las Aguas Litorales y Marítimas

Art. 67.- La Autoridad Competente autorizará los vertidos de aguas residuales o residuos sólidos que se pretendan efectuar en el mar territorial bajo los términos del TITULO III de este Reglamento y los que ya estuvieron vertiéndose, tendrán que someterse a las normas aquí establecidas.

Art. 68.- La Autoridad Competente deberá emitir opinión sobre la conveniencia cuando se trate de desarrollar explotaciones de hidrocarburos o minerales en el mar territorial, en lo referente a la contaminación de las aguas.

Art. 69.- La Autoridad Competente deberá exigir que las descargas de residuos cloacales que se arrojen cerca de la costa no representen peligro de contaminación de las aguas

marítimas, para lo cual deberá realizar o verificar estudios y establecer la distancia en que deberán ser depositados, previa su depuración.

Art. 70.- Toda industria o establecimiento comercial o turístico, cuyas descargas sean depositadas directamente en las aguas marinas en zonas contiguas o adyacentes a la costa, o a una zona de protección, deberá cumplir con las normas de calidad que dicte la Autoridad Competente.

Art. 71.- En los proyectos que ANDA, desarrolle referentes al tratamiento de aguas residuales, antes de ser arrojadas a las aguas del mar, ANDA deberá someterse a las disposiciones de la Autoridad Competente.

Art. 72.- Quedan prohibidas las actividades que pongan en peligro de contaminación las zonas marítimas ecológicamente sensibles, tales como estuarios, esteros, bahías, manglares u otras análogas.

Art. 73.- Quienes se dediquen a las actividades pesqueras deberán sujetarse a las normas de protección de los recursos marítimos que establece este Reglamento y las condiciones en la Ley General de Actividades Pesqueras.

TITULO VIII

Sanciones y Procedimientos

Art. 74.- Las infracciones a lo dispuesto por este Reglamento se castigarán de conformidad al Capítulo IX de la Ley de Riego y Avenamiento.

Art. 75.- A efecto de dar cumplimiento con lo dispuesto en el Art. 100 de la Ley de Riego y Avenamiento, las infracciones al presente Reglamento se califican de en dos categorías: graves y menos graves.

Art. 76.- Son infracciones graves:

- a. Verter aguas inficcionadas;
- b. Verter residuos cloacales y aguas servidas de cualquier clase, que contravengan lo establecido en este Reglamento;
- c. Entorpecer o encubrir por cualquier medio el cumplimiento de los niveles de calidad del aguas que fija este Reglamento;
- d. Efectuar descargas sin autorización de la Autoridad Competente; y
- e. Usar medios fraudulentos para obtener autorización de vertidos.

Art. 77.- Son infracciones menos graves:

- a. No llevar el libro de control de la operación del sistema de tratamiento;

- b. No permitir el acceso de los delegados, empleados o inspectores de la Autoridad Competente en los inmuebles de propiedad privada para el cumplimiento de sus labores;
- c. El cumplimiento parcial de las condiciones fijadas en la autorización del vertido; y
- d. Cualquier otra infracción al presente Reglamento no considerada en los literales anteriores.

Art. 76.- Por las infracciones graves se impondrán multas desde los mil hasta tres mil colones; y por las menos graves, multas desde cincuenta hasta dos mil colones.

Art. 79.- Para imponer y hacer efectivas las sanciones a que se refiere el presente título se procederá de conformidad a lo establecido en el Artículo 9 de este Reglamento.

TITULO IX

De la Protección de las Obras Sanitarias

CAPITULO I

Limites Permisibles

Art. 80.- No serán vertidos a la red pública de alcantarillado de aguas negras, aguas que perjudiquen las tuberías y/o alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas, separadamente o en conjunto, de las aguas receptoras de los efluentes del alcantarillado o sean nocivas para las instalaciones de tratamiento de aguas negras.

Art. 81.- No serán vertidos a la red de alcantarillado de aguas negras, ni a algún sistema de alcantarillado, aguas que contengan en exceso a los límites siguientes:

1. Sustancias tóxicas y venenosas:

a.	Cobre (Cu)	0.20 mg/l
b.	Cromo (Cr)	0.05 mg/l
c.	Niquel (Ni)	0.80 mg/l
d.	Zinc (Zn)	5.00 mg/l
e.	Arsénico (As)	0.05 mg/l
f.	Cianuro	0.10 mg/l
g.	Fenoles	0.005 mg/l
2. Sustancia explosivas
3. Agentes bactericidas, fungicidas e insecticidas entre 0.01 a 10 mg/l
4. Aceites y grasas 20 mg/l
5. Materiales radio-activos entre 3 a 1000 pc/l
6. Otros que se establezcan para casos especiales.

Art. 82.- El contenido de sólidos de las aguas residuales industriales que reciban los alcantarillados deberán tener las siguientes características:

1. Sólidos totales inferior a 1000 mg/l; y

2. Sólidos en suspensión inferior a 500 mg/l

Art. 83.- El pH de las aguas residuales industriales no deberán ser inferior a 5.0 ni superior a 9.0.

Art. 84.- La temperatura de las aguas residuales industriales no deberá ser superior a 5 °C de la temperatura media de la localidad y nunca mayor de 35 °C

Art. 85.- No serán permitidas descargas residuales industriales de alta concentración que altere las características físicas, químicas o bacteriológicas de las aguas receptoras de los alcantarillados, debiendo en estos casos hacer los vertidos con volumen uniforme durante el periodo de funcionamiento de la industria.

En casos especiales, de acuerdo con ANDA, no podrán hacer vertidos de aguas residuales industriales en un periodo menor o mayor.

Art. 86.- Cuando las aguas residuales industriales sean vertidas a la red de alcantarillado de aguas y perjudiquen la red y/o alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas separadamente o en conjunto con las aguas receptoras de los efluentes del alcantarillado, o sean nocivas para las instalaciones de tratamiento de aguas negras, las aguas residuales industriales deberán ser sometidas a un tratamiento previo correctivo.

Art. 87.- Los tratamientos previos correctivos a que se someterán los efluentes industriales serán determinados de acuerdo con el tipo de industria, pudiendo incluir los siguientes procesos:

1. rejillas;
2. neutralización;
3. remoción de aceites;
4. remoción de sólidos sedimentables y flotantes;
5. precipitación química; y
6. otros que se consideren necesarios.

CAPITULO II

INDUSTRIAS LOCALIZADAS EN ÁREAS CON RED PÚBLICA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO

Art. 88.- Los propietarios de las industrias que viertan sus aguas residuales a los alcantarillados serán responsables de los deterioros ocasionados al sistema, de conformidad a los establecido en el presente Reglamento.

Art. 89.- Cuando las características de las aguas residuales industriales no satisfagan las normas de este Reglamento deberá ser hecho un tratamiento previo correctivo antes de efectuar el vertido al alcantarillado de la red pública.

CAPITULO III

Industrias localizadas en áreas sin red pública de alcantarillado

Art. 90.- no serán vertidas las aguas residuales industriales en condiciones que alteren las características físicas, químicas o bacteriológicas, separadamente o en conjunto de las aguas receptoras de acuerdo con los reglamentos emitidos por los Ministerios de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, de Agricultura y Ganadería y de Salud Pública y Asistencia Social.

Art. 91.- Cuando las aguas residuales alteren las características de las aguas receptoras, deberán ser sometidas previamente a un tratamiento preliminar, primario o secundario a fin de que satisfaga las normas de este Reglamento y los emitidos por los Ministerios de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, de Agricultura y Ganadería y de Salud Pública y Asistencia Social.

CAPITULO IV

Instalaciones Industriales

Art. 92.- Dentro del plazo de tres meses de vigencia de este Reglamento, ANDA establecerá el Registro de industrias para fines de control de los vertidos de aguas residuales industriales.

Art. 93.- Toda industria, nueva o existente, deberá, dentro de un plazo de seis meses de la vigencia de este Reglamento, proporcionar la información necesaria que permita evaluar su aporte de aguas residuales industriales al alcantarillado en lo referente a cantidad, calidad, sólidos en suspensión, pH, temperatura y presencia de sustancias nocivas, debiendo cumplir con los límites establecidos en los artículos del 80 al 87 de este Reglamento.

Art. 94.- Los proyectos de tratamiento de aguas residuales industriales deberán incluir:

- a. Estimación de consumo de aguas, volumen de aguas residuales, número total de empleados y cantidades de materia prima a ser utilizadas;
- b. Descripción de las condiciones locales, mostrando las condiciones del vertido del efluente al alcantarillado de aguas negras o a algún cuerpo de agua superficial o subterránea, para dar un criterio respecto al grado de tratamiento necesario; y
- c. Justificación de grado de tratamiento adoptado cuando sea necesario.

Art. 95.- El proyecto de las instalaciones destinadas al tratamiento de las aguas residuales industriales deberá ser presentado para su aprobación a ANDA, en tres copias, firmado por un profesional responsable y contendrá:

- a. Memoria descriptiva y justificación;
- b. Plano de ubicación de las instalaciones de tratamiento, indicando claramente el punto de vertido que se haga en la red pública o curso de agua;

- c. Plantas y perfiles generales, detallando las diversas unidades de sus equipamientos;
- d. Previsión de área para ampliación futura de las instalaciones de tratamiento, de acuerdo con el programa de expansión de la industria; y
- e. Planos que, deberán ser presentados de acuerdo con las disposiciones emitidas por ANDA al respecto.

Art. 96.- En las instalaciones hidráulicas sanitarias, deberán ser proyectados y construidos independientemente los alcantarillados para: aguas negras, aguas residuales industriales y aguas lluvias admitiéndose la combinación de los alcantarillados de aguas negras, y aguas residuales industriales fuera de las instalaciones industriales.

Art. 97.- En los establecimientos industriales localizados dentro de las zonas servidas por la red pública de alcantarillado de aguas negras deberá presentarse un tratamiento previo siempre que las aguas residuales industriales sean nocivas a los alcantarillados o a las instalaciones de tratamiento público de acuerdo con lo normado por este Reglamento en los siguientes casos:

- a. Temperaturas muy elevadas de las aguas residuales industriales que puedan dañar las canalizaciones o las instalaciones de tratamiento público;
- b. Aguas residuales industriales que contengan materias capaces de sedimentarse o de provocar sedimentaciones;
- c. Aguas residuales industriales que contengan ácidos capaces de provocar corrosión en las canalizaciones;
- d. Aguas residuales industriales muy alcalinas que puedan causar corrosión e incrustaciones;
- e. Aguas residuales industriales que contengan sustancias adversas a los procesos de tratamiento de las aguas negras o a la utilización de los lodos resultantes;
- f. Aguas residuales industriales que contengan residuos de gasolina o querosina; y
- g. Aguas residuales industriales con exceso de aceites, gorduras y sustancias grasas.

Art. 98.- En los establecimientos industriales localizados fuera de las zonas servidas por las redes pública de alcantarillado, deberá efectuarse un tratamiento previo con el fin de dar cumplimiento a este Reglamento y a las leyes o reglamentos sobre polución emitidos por los Ministerios de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, de Agricultura y Ganadería y de Salud Pública y Asistencia Social.

Art. 99.- ANDA dará permiso de funcionamiento de las obras que se construyan para tratamiento de las aguas residuales industriales de acuerdo con la aprobación previa concedida.

Art. 100.- La operación y mantenimiento de las instalaciones de los sistemas de tratamientos de aguas residuales industriales será responsabilidad de los propietarios de los establecimientos industriales.

CAPITULO V

Disposiciones Generales

Art. 101.- ANDA establecerá dentro de el plazo de tres meses de la fecha de vigencia de este Reglamento la Oficina de Control de Registro de Vertidos Industriales, la cual deberá estar funcionando con los recursos técnicos de equipo y de personal especializado necesario que permita controlar las industrias en el cumplimiento de este Reglamento, y asimismo, establecer las violaciones y las sanciones respectivas.

CAPITULO VI

Disposiciones Transitorias

Art. 102.- Con el fin de que los establecimientos industriales existentes sometan a aprobación de ANDA el sistema de disposición de sus aguas residuales industriales, se establece el plazo de un año, contado a partir de la fecha de vigencia de este Reglamento.

TITULO X

Disposiciones Generales

Art. 103.- Las unidades de medición, para efectos de este Reglamento son las del Sistema Internacional de Medidas:

- a. Como unidad de volumen será el metro cúbico o el litro.
- b. Como unidad de caudal será el metro cúbico por segundo o el litro por segundo.
- c. Como unidad de concentraciones serán los miligramos por litro y los miliequivalentes por litro.

Art. 104.- Los delegados, empleados e inspectores de la Autoridad Competente están facultados a constituirse en los inmuebles de propiedad privada cuando ello sea necesario, para el debido cumplimiento de las labores debiendo para ello, acreditar su calidad de tales y guardando el debido respeto a los bienes e instalaciones del inmueble de que se trate.

Por su parte, los propietarios quedan obligados a permitir el ingreso de tales personas a los inmuebles de su propiedad pudiendo denunciar ante la Autoridad Competente cualquier abuso por parte de sus funcionarios o empleados.

Art. 105.- La Oficina Conjunta llevará un registro de las empresas o sociedades de cualquier tipo que se dediquen a efectuar comercialmente tratamientos o depuraciones de aguas residuales. La Autoridad Competente calificará a las empresas o sociedades legalmente constituidas que estén técnicamente aptas para ser inscritas en el registro anterior.

Art. 106.- Asimismo, ANDA y la Oficina Conjunta llevarán un registro correspondiente a los nombres y firmas de los profesionales autorizados para el diseño de plantas de tratamiento o de

las obras de depuración de que trata este Reglamento. La Autoridad Competente, establecerá los requisitos que deben cumplir, previo a su inscripción en este registro.

Art. 107.- En todo lo que no esté previsto en el presente Reglamento se aplicarán las disposiciones contenidas en las leyes vigentes sobre calidad o contaminación de aguas y, en su defecto, la legislación común.

Art. 108.- para los efectos de este Reglamento y de acuerdo con su Art. 2, se adoptan las definiciones contenidas en el glosario siguiente:

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

1. CUERPOS DE AGUA: Masa de agua estática o en movimiento tales como ríos, lagos, lagunas, fuentes, acuíferos, mares, embalses.
2. DEPURACIÓN: Modificación de la naturaleza contaminante de un vertido.
3. OBJETIVOS DE CALIDAD: Metas que se desean alcanzar o mantener en la calidad de los cuerpos de agua.
4. DESCRGA O VERTIDO: Efluente que proviene de un establecimiento doméstico, industrial, comercial, agrícola o de una red de alcantarillado.
5. ZONA DE PROTECCIÓN: Delimitación geográfica sometida a un régimen especial de protección.
6. INFICCIONAR: Hechar a perder, contaminar las aguas.
7. INDUSTRIA: Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para obtener, transformar, perfeccionar o transportar uno o varios productos naturales o sometidos ya a otro proceso industrial preparatorio.
8. AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: Son aquellos desechos líquidos resultantes de cualquier proceso industrial pudiendo contener, residuos orgánicos, minerales, y tóxicos.
9. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS O AGUAS NEGRAS: Es la combinación de los líquidos y residuos, arrastrados por el agua procedentes de casas, edificios comerciales, fábricas e instalaciones, resultante del uso humano del agua.
10. AGUAS LLUVIAS: Son aquéllas resultantes como consecuencia del ciclo hidrológico que se producen por el fenómeno evapotranspiración en la atmósfera pasando del estado gaseoso al estado líquido y precipitándose en forma de lluvia a la superficie terrestre, de donde vuelve a evaporarse y transpirarse, para continuar el ciclo.
11. ALCANTARILLADO: Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales. Tal conjunto o sistema comprende las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita, los colectores maestros y de descarga, las plantas de tratamiento, el suelo en el cual se encuentran ubicadas las obras, las instalaciones y servicios arriba indicados y las servidumbres necesarias.
12. POLUCIÓN: Es la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que puedan constituir un perjuicio a la salud, a la seguridad y al bienestar de la fauna ictiológica, los usos agrícolas, comerciales, industriales o recreativos del agua.

13. CONTAMINACIÓN: Es la polución del agua por bacterias y organismos patógenos o sustancias tóxicas que la hacen o transforman en impropias para el consumo humano, para los usos domésticos, agrícolas e industriales interfiriendo con los objetivos de calidad.
14. ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS: Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas lluvias.
15. ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS: Es el conjunto de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales domésticas o aguas negras.
16. TRATAMIENTOS PRELIMINARES: Son aquéllos que se efectúan como preparación de las aguas residuales para un tratamiento o disposición posterior, pudiendo ser:
 - a. Rejillas o desintegradores;
 - b. Cajas de arena;
 - c. Tanque de remoción de aceites y grasas; y
 - d. Aereación preliminar.
17. TRATAMIENTOS PRIMARIOS: Son aquéllos que comprenden además de los tratamientos preliminares, los siguientes:
 - a. Sedimentación simple (primaria);
 - b. Precipitación química y sedimentación completa;
 - c. Digestión de lodos;
 - d. Secado, disposición sobre terreno o incineración de los lodos resultantes;
 - e. Desinfección; y
 - f. Filtros gruesos.
18. TRATAMIENTOS SECUNDARIOS: Son aquéllos que además de los tratamientos preliminares y primarios incluyen un proceso biológico conveniente y una sedimentación final secundaria, seguida o no de un proceso de desinfección.
19. TRATAMIENTO TERCIARIO O AFINADO: Son aquéllos que se efectúan para complementar los procesos anteriores, siempre que las condiciones locales exijan eventualmente un grado más elevado de depuración con el fin de mejorar su calidad, apariencia y presentación de los efluentes, pudiendo ser:
 - a. Filtros de arena;
 - b. Lodos activados;
 - c. Lagunas de oxidación; y
 - d. Procesos de oxidación total.

Art. 109.- El presente Reglamento entrará en vigencia el día de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los dieciséis días del mes de octubre de mil novecientos ochenta y siete.

RODOLFO ANTONIO CASTILLO CLARAMOUNT,
Vicepresidente de la República, Encargado del Despacho Presidencial

	No.	Nombre y tipo de planta	población servida	Capacidad a tratar (l/s)	Caudal tratado	descarga	fecha de operación	Propietario de la planta	observaciones
AYUXTEPEQUE	1	Urbanización Campo Verde tanque Imhoff a reactor anaeróbico de flujo ascendente	396	0.69	0.70	Quebrada El Carmen	Oct.-91		Funciona deficiente,mantto ANDA, fue abandonada
	2	Urbanización Valparaiso tanque Imhoff y filtro percolador	300	0.52	0.50	Quebrada El Carmen	Abr.-88		Funciona deficiente,mantto ANDA, fue abandonada
	3	Urb. Chávez Galeano sector "A" Reactor Anaeróbico de flujo ascendente, tanque Imhoff y filtro biológico	1,080	1.88	2.50	Quebrada El Carmen	Feb.-92		Funciona deficiente,mantto ANDA, fue abandonada por constructor
	4	Colonia La Ascensión, al oriente de Urb. Chavez Galeano Sedimentador y filtro percolador	1,500	2.6	2.50	Quebrada El Carmen	ene-95	La Colonia	Funciona deficiente, fue abandonada. Construida fondos del FIS
	5	Colonia El Carmen, al norte de Urb. Chavez Galeano Tanque Imhoff y filtro percolador	324	0.56	0.60	Quebrada El Carmen	jun-93		Funciona deficiente, rehabilitación y mantto ANDA, fue abandonada
	6	Urb. La Santísima Trinidad, al norte de Col. Scandia Sedimentación y filtro percolador	24,000	41.67	26.04	Quebrada Chicaquaste	abr-98	Bco. CUSCATLÁN	fue abandonada, rehabilitada por el Bco. Cuscatlán
CUSCATANCINGO	7	Urb. Ciudad Futura, al norte de Urb. Villa Mariona, Calle a Mariona, Sedimentación y filtro percolador	15,000	26.04	26.04	Rio El Chaguiton	mar-90	ANDA	Funciona deficiente, rehabilitación y mantto. ANDA, fue recibida por ANDA con todo el sistema, existe rediseño costo \$100,000
	8	Residencial San Lucas, Calle a Mariona Tanque Imhoff y Filtro Anaeróbico de flujo Ascendente	714	1.24	1.50	Quebrada El Carmen	Jun.-91		Funcionando , rehabilitación y mantto. ANDA, fue abandonada por Urbanizador
	9	Condominios Tazumal y las Terrazas, Calle a Mariona Sedimentación y filtro percolador	3,768	6.54	5.21	Quebrada El Carmen	Ene.-92	Constructora G + H	Funcionando mantenimiento deficiente por parte del Urbanizador, el mismo la rehabilitará
	10	Urb.. Ciudad Corinto, Calle a Mariona Reactor Anaeróbico y filtro percolador	1,500	15.63	3.13	Quebrada El Carmen	Ene.-01	Avance Ingenieros	funcionando desde febrero del 2001
	11	Com. María Auxiliadora, Cuscatancingo, RAFA y Filtro Biológico	1,800	3.13	0.00	-	-	Comunidad	Construcción Finalizada, a iniciar funcionamiento
			Total Acumulado	50,382	100.50	68.72			

	No.	Nombre y tipo de planta	población servida	Capacidad a tratar (l/s)	Caudal tratado	descarga	fecha de operación	Propietario de la planta	observaciones
SANTA TECLA	12	Urbanización Alpes Suizos I , al Pte. De Residencial Europa Sedimentación y Filtro percolador	10,086	17.51	-	Quebrada la Reynaga	Ene.- 91	Constructora Villavicencio	No funciona, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada
	13	Urbanización Alpes Suizos II , al Sur. De Residencial Europa Sedimentación y Filtro percolador	3,000	5.21	-	Quebrada la Reynaga	Ene.- 92	Constructora Villavicencio	No funciona, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada
	14	Urbanización Los Girasoles , al Pte. de Residencial Europa Sedimentación y Filtro percolador	2,700	4.69	-	Quebrada la Reynaga	Nov.-91	-	No funciona, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada
	15	Urbanización Vía del mar , Carretera al pte. de La Libertad Lodos Activados.	2,000	3.47	3.45	Quebrada la Reynaga	Jul.-00	-	Funcionando, se deterioraron los sedimentadores, fue abandonada
SOYAPANGO	16	Reparto San Ramón , Calle a Tonacatepeque, Ctón. El Limón Sedimentación y Filtro percolador.	3,645	6.33	6.33	-	Jun.-93	Ing. Ramón Quintanilla A.Q.S.A. SA de CV.	funciona deficiente,poco mantenimiento por el Urbanizador
	17	Urbanización La Campanera , Calle a Tonacatepeque, Ctón. El Limón Sedimentación y Filtro percolador.	4,200	7.29	7.30	Río La Campanera	Ene.-96	PROASA	Funciona con deficiencias, se ha deteriorado por abandono, rehabilitación por Banco Cuscatlán
	18	Urbanización San Francisco , Calle a Tonacatepeque, Ctón. El Limón Sedimentación y Filtro percolador.	9,000	15.63	10.90	Río La Campanera	Feb.-97	Lic. Pedro Herrera	funciona, mantenimiento por el urbanizador
TONACATEPEQUE	19	Urbanización Parcelación Libertad , Calle a Tonacatepeque planta convencional	9,000	15.63	10.90	Río Guaycume	-	Grupo Roble, S.A.	-
	20	Urbanización Altos de las Flores , Calle a Tonacatepeque, Ctón. El Limón Lodos Activados.	532	0.92	-	-	mar-98	-	Funciona deficiente
SAN MARCOS	21	Hogar del Niño Minusválido Abandonado , los planes de renderos, tanque Imhoff.	350	0.61	10.90	Galería de infiltración	Nov.-93	Fundación del Hermano Pedro	Funciona, mantenimiento por la ordenanza
Total Acumulado			94,895	177.79	118.50				

	No.	Nombre y tipo de planta	población servida	Capacidad a tratar (l/s)	Caudal tratado	descarga	fecha de operación	Propietario de la planta	observaciones
ILOPANGO	22	Urbanización Alta vista I, San Bartolo Sedimentación y Filtro percolador	21,000	36.46	36.46	Quebrada Amayo	Dic.- 95	Grupo Roble, S.A.	funciona, mantenimiento por el Urbanizador
	23	Urbanización Alta vista II, San Bartolo Sedimentación y Filtro percolador	15,000	26.04	26.04	Quebrada Amayo	Nov.- 97	Grupo Roble, S.A.	funciona, mantenimiento por el Urbanizador
	24	Urb. Cumbras de San Bartolo, San Bartolo Sedimentación y Filtro percolador	16,800	29.17	7.29	Quebrada Amayo	Nov.- 98	Conar-suprem a S.A de CV.	funciona con deficiencia, mantenimiento por el Urbanizador
	25	Urb. Cumbras de San Bartolo II, San Bartolo Sedimentación y Filtro percolador	16,775	29.12	-	Quebrada Amayo	-	Conar-suprem a S.A de CV.	En construcción a partir de Junio-200
	26	Urb. Vista al Lago, al sur de Col Sta. Lucia RAFA y Filtro percolador	21,000	36.46	4.17	-	Nov.- 00	D.S.C. S.A.	iniciaron construcción, en nov. 1999, módulos 1 y 2 están terminados, abandonada, rehabilitación por Banco Cuscatlán
MEJICANOS	27	Residencias del bosque, Ctón. Plan del pino RAFA y Filtro percolador	906	1.57	-	Quebrada El Carmen	Jul.- 91	Chacon Borja	Fuera de servicio por problemas estructurales en reactor, fue abandonada
	28	Urbanización Altos del Escorial, Calle a Ctón. Chancala Lodos Activados	2,520	4.38	3.65	Quebrada Chancala	Jul.- 91	PROCICO SA DE CV	Funcionando los dos módulos aireación deficiente porque no ponen a funcionar equipos
APOPA	29	Urbanización Los Naranjos y Las Jacarandas, Km. 8 1/2 carretera Troncal del Norte, Lodos Activados	9,414	16.34	-	-	Mar.- 91	-	Fue abandonada, fuera de servicio problemas electromecánicos, nunca funcionó
	30	Urbanización Sta. Teresa de Las Flores, Km. 15 carretera Troncal del Norte, RAFA y filtro percoladores	9,600	16.67	7.81	rio las cañas	Mar.- 99	Constructora Tense S.A.	funciona, mantenimiento por el Urbanizador
	31	Urbanización San José Vista Bella, al Sur- oriente de Pericentro Apopa Sedimentación y Filtro percolador	3,204	5.56	-	Rio Tomayate	-	DUHESA DE CV.	Finalizó construcción en JULI 2001, no la pusieron a funcionar, quedó abandonada
Total Acumulado			211,114	379.56	203.92				

	No.	Nombre y tipo de planta	población servida	Capacidad a tratar (l/s)	Caudal tratado	descarga	fecha de operación	Propietario de la planta	observaciones
LOURDES	32	Urb. Villa Lourdes, Ctón Lourdes, Digestor de contacto de Mzclado continuo y filtros Anaeróbicos	18,000	31.25	15.20	Rio Colón	may-97	COURBAN S.A. DE C.V.	funcionando con deficiencias, mantenimiento por Urbanizador
	33	Urb. Los Chorros I, Carretera a Sta. Ana, Ctón. Lourdes, Colón Sedimentación y filtro percolador	7,200	12.5	10.30	Quebrada de invierno	nov-98	BASA de CV	funcionando con deficiencias, mantenimiento por Urbanizador
	34	Urb. Los Chorros II, Carretera a Sta. Ana, Ctón. Lourdes, Colón Sedimentación y filtro percolador	3,600	6.25	0.30	Quebrada de invierno	mar-99	BASA de CV	funcionando, mantenimiento por Urbanizador
	35	Urb. Las Moras, Carretera a Sta. Ana Km. 24, Ctón. Las Moras, Reactor Anaeróbico y filtro Anaeróbico	1,176	2.04	1.95	Quebrada de invierno	Abr.-99	DSC SA de CV	funcionando, se ha deteriorado estructura metálica por falta de mantenimiento, la rehabilitará el Banco Cuscatlán
		Total Acumulado	241,090	431.60	231.67				

GUÍA PARA REALIZAR VISITAS DE CAMPO A PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

NOMBRE DE LA PLANTA: _____

UBICACIÓN: _____

CAUDAL DE ENTRADA: _____

CANTIDAD DE VIVIENDAS SERVIDAS: _____

ASPECTOS GENERALES

Verificación de la infraestructura y aspectos siguientes:

- Cerca perimetral
- Bodega y caseta para el operador
- Instalaciones sanitarias para operadores
- Dispositivos adecuados para basura y desechos
- Existencia de un rótulo que indique el origen del agua descargada y que esta no es para consumo.
- Rótulos de identificación de los reactores
- Opera por bombeo o por gravedad
- Limpieza de las instalaciones
- Presencia de malos olores en el ambiente
- Ubicación con respecto a la población

TRATAMIENTO PRELIMINAR

REJILLAS

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Si se ha efectuado limpieza
- Material de las rejillas
- Si cuenta con plataforma de escurrimiento
- De que material es la plataforma
- Si cuenta con pasarela de servicio
- Si cuenta con un by - pass
- De que material es el by - pass

CÁMARAS DESARENADORAS

Verificar los siguientes aspectos:

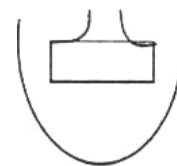
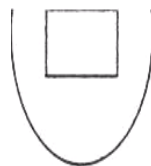
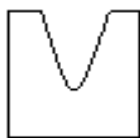
- El estado físico de la estructura
- Número de desarenadores y sección de control
- Si cuenta con compuertas herméticas
- Hay presencia de malos olores

MEDIDORES DE CAUDAL

Verificar el estado físico de la estructura utilizada:

- PARSHALL
- VERTEDERO
- OTRO

Tipos de secciones de control



TRATAMIENTO PRIMARIO

TANQUE DORTMUND

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Pasarela
- Estado de las pantallas
- Material con que están fabricadas las pantallas
- Proliferación de insectos
- Presencia de olores
- Flotación de lodos
- Flotación de otras materias en el decantador
- Rebosa espuma en la canaleta perimetral
- Hay cultivo excesivo de algas en el canal de salida

TANQUE IMHOFF

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Estado de las pantallas
- Material con que están fabricadas las pantallas
- Proliferación de insectos
- Presencia de olores

TRATAMIENTO SECUNDARIO

PERCOLADOR BIOLÓGICO

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Lecho filtrante

- Número de canaletas
- Forma de las canaletas
- Uniformidad de las canaletas para distribuir el flujo
- Tipo de material de las canaletas
- Forma de las canaletas
- Otro dispositivo para distribuir el flujo en el filtro
- Uniformidad de distribución de dispositivo utilizado
- Existe encharcamiento en la superficie del filtro
- Presencia de olores e insectos
- Existencia de puntos muertos

TANQUE SECUNDARIO DORTMUND

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Numero de tanques
- Pasarela
- Estado de las pantallas
- Material con que están fabricadas las pantallas
- Proliferación de insectos
- Presencia de olores
- Flotación de lodos
- Flotación de otras materias en el decantador
- Rebosa espuma en la canaleta perimetral
- Hay cultivo excesivo de algas en el canal de salida

LODOS ACTIVADOS

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de tanques
- Dispositivo de aereación utilizado

REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Forma de captación de gases
- Forma de captación del afluente

TRATAMIENTO DE LODOS

DIGESTOR DE LODOS

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Reja de protección
- Presencia de olores e insectos
- Distribución uniforme del lodo
- Capa espesa de lodo flotante

PATIOS DE SECADO

Verificar los siguientes aspectos:

- El estado físico de la estructura
- Dimensiones aproximadas
- Número de patios y áreas
- Material del fondo (lecho de secado)
- Mal olor
- Presencia de insectos
- Captación y destino de los líquidos

CUESTIONARIO PARA OPERADORES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

NOMBRE DE LA PLANTA: _____

UBICACIÓN: _____

NOMBRE DEL OPERADOR: _____

ASPECTO COGNOSCITIVO

- ¿Sabe leer y escribir?
- ¿Qué nivel de estudios posee?
- ¿Ha recibido capacitaciones?
- ¿Desde cuando trabaja en la planta?

ASPECTOS GENERALES

- ¿Cuenta con planos, memoria de calculo y guías de operación de la planta?
- ¿Cuenta con herramientas para operar la planta?
- ¿Qué tipo de herramientas?
- ¿Cuenta con el equipo necesario para la operación de la planta?
- ¿Lleva un registro diario de la operación de la planta?
- ¿Si lleva registro, tiene este un formato especial?

REJILLAS

- ¿Cada cuanto tiempo se limpian las rejillas?
- ¿Que otro mantenimiento le dan?
- ¿Que hace con la basura que se recoge?
La queman_____

La entierran _____

Otro _____

DESARENADORES

- ¿Cada cuanto tiempo se limpian los canales?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Como se realiza la limpieza?
- ¿Qué hace con la arena que se recoge?

MEDIDOR DE CAUDAL

- ¿Realiza una medición periódica del caudal?
- ¿Cómo la realiza?

SEDIMENTADOR PRIMARIO

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos de! sedimentador?
- ¿Que otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

TANQUE IMHOFF

- ¿Cada cuanto tiempo se limpia el tanque?
- ¿Que otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

PERCOLADOR BIOLÓGICO

- ¿Cada cuanto tiempo se limpian las canaletas de distribución?
- ¿Qué se hace con la basura o los desechos?

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos del sedimentador?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

LODOS ACTIVADOS

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?

- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Qué tiempo dura la extracción de lodos?
- ¿Se para la planta durante la extracción de lodos?

DIGESTOR DE LODOS

- ¿Cada cuanto tiempo se extraen los lodos del digestor?
- ¿Qué otro mantenimiento le dan?
- ¿Causa problemas la extracción de lodos?
- ¿Que tiempo dura la extracción de lodos?

PATIOS DE SECADO

- ¿Cada cuanto tiempo se remueve el lodo seco de los patios?
- ¿Tarda mucho el lodo en secarse?
- ¿Genera el lodo recién esparcido malos olores?
- ¿Qué disposición final tiene el lodo seco?
- ¿Qué disposición final tiene el agua que se filtra en los patios?