

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS IC2004 C33

MANUAL PARA LA SELECCIÓN DE PLANTAS
COMPACTAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS EN DESARROLLOS URBANOS,
INDUSTRIALES Y CENTROS INSTITUCIONALES.



Castro M. Tatiana P.

Ingo Gorrochotegui Alfredo

14 de Diciembre de 2004



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

MANUAL PARA LA SELECCIÓN DE PLANTAS
COMPACTAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS EN DESARROLLOS URBANOS,
INDUSTRIALES Y CENTROS INSTITUCIONALES.

Castro M. Tatiana P.

Ingo Gorrochotegui Alfredo

14 de Diciembre de 2004



AGRADECIMIENTOS

Cuando se logran metas tan importantes como esta, se agolpan maravillosos y edificantes recuerdos que expresan los muchos logros, las constantes luchas y los diversos errores de los que me he levantado durante el avance de mi carrera universitaria. Es por ello, que en este Trabajo Especial de Grado, que significa la culminación de una etapa y el comienzo de otra, quiero hacer un agradecimiento a todas aquellas personas que me acompañaron durante todos estos años:

A mi madre por su constante entrega, lucha y abnegación en su apoyo incondicional para seguir adelante en cada etapa de mi vida; Mi padre con cuyos consejos pude alinearme en todo el desarrollo de este proyecto y ser mi inspiración en esta carrera; Mi hermano por ser un ejemplo de constancia, integridad y tenacidad; Mi esposo por apoyarme, alentarme y corregirme tantas veces. A toda mi familia y seres queridos.

Especialmente a mis amigos y compañeros Tatiana, Leonor y Rafael, por ser compañeros y amigos en tantos momentos alegres y difíciles. Al Ing. Alfredo Gorrochotegui, cuyos consejos y amistad, tanto para el desarrollo de este trabajo como para mi desarrollo personal han sido de mucha relevancia y el Ing. Felipe Odhenal, por su valiosa colaboración en esta investigación.

Por último agradezco a Dios por estar siempre conmigo, y ser mi mayor y más grande amor, apoyo y amigo.

A todos MIL GRACIAS



CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
CAPÍTULO I: Marco Teórico
I.1 EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES2
1.1 INTERRUPCIÓN DE PROCESOS NATURALES Y DESTRUCCIÓN DE BIOTA EN CUERPOS
RECEPTORES
1.2 MODIFICACIÓN DE BIOTA EN CUERPOS RECEPTORES4
1.3 Eutrofización4
1.4 SITUACIÓN EN VENEZUELA
I.2 PRODUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS9
2.1 PRODUCCIÓN DE AGUAS SERVIDAS
2.1.1 De origen urbano9
2.2 REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS
2.2.1 Disposición en cuerpos de agua
2.2.2 Riego
2.2.3 Reutilización industrial de las aguas residuales
2.2.4 Recarga de acuíferos con agua residual recuperada
2.2.5 Reutilización para suministro de agua potable
2.2.6 Reutilización domiciliaria de aguas grises26
I.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS27
CAPÍTULO II: Marco Metodológico
II.1 ADECUACIÓN DE LOS DIFERENTES VERTIDOS
1.1 CLASIFICACIÓN PREVIA DEL VERTIDO30
1.2 DISEÑO DEL PERFIL DE ANÁLISIS DE LABORATORIO
II.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS APLICABLES AL TRATAMIENTO DE
VERTIDOS40



2.1 APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO
2.1.1 Pretratamiento de las aguas residuales
2.1.2 Tratamiento primario de las aguas residuales41
2.1.3 Tratamiento secundario convencional
2.1.4 Tratamiento avanzado/Recuperación del agua residual 42
2.1.5 Tratamiento de fangos43
2.2 TIPOS DE PROCESOS PARA LA ADECUACIÓN DE LÍQUIDOS
2.2.1 Operaciones Físicas Unitarias
2.2.2 Procesos Químicos Unitarios70
2.2.3 Procesos Biológicos Unitarios
2.2.4 Sistemas de tratamiento con procesos biológicos unitarios 86
2.2.5 Eliminación de nutrientes
II.3 COMERCIALIZACIÓN DE PLANTAS DE AGUAS SERVIDAS EN VENEZUELA
3.1 FABRICAS NACIONALES
3.2 IMPORTACIONES
CAPÍTULO III: La Propuesta 108
III.1 SELECCIÓN DE LOS PROCESOS APLICABLES Y SU COMBINACIÓN 110
III.2 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS
III.3 FUNDAMENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO117
3.1 CONSIDERACIONES GENERALES
3.1.1 Consideraciones básicas para el diseño y selección
3.1.2 Características del efluente servido
3.1.3 Efecto de los desechos industriales
3.1.4 Efecto del uso de trituradores de basuras en los hogares 126
3.1.5 Grado de tratamiento
3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO HIDRÁULICOS
3.2.1 Caudal de diseño



3.2.	2 Velocidad límite	130
3.2.	3 Pérdidas hidráulicas 1	130
3.2.	4 Tiempo de retención hidraulica 1	131
3.3 PA	RÁMETROS BIOLÓGICOS Y FISICO-QUÍMICOS DE DISEÑO 1	132
3.3.	1 Sólidos suspendidos 1	132
3.3.	2 Demanda Bioquímica de Oxígeno 1	132
3.3.	3 pH, acidez y alcalinidad 1	132
3.3.	4 Oxígeno disuelto 1	132
3.3.	5 Contenido de grasa y aceite 1	132
3.3.	6 Demanda de cloro 1	132
3.3.	7 Demanda Química de Oxígeno 1	133
3.3.	8 Características microbiológicas 1	.33
3.4 PA	RÁMETROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO 1	.33
3.4.	1 Ubicación 1	.33
3.4.	2 Fundaciones 1	.35
3.4.	3 Drenaje 1	.35
3.4.	4 Estructura de la Planta1	.36
3.5 TIF	POS DE PLANTAS COMPACTAS MÁS UTILIZADAS	.39
3.5.	1 Según procesos biológicos 1	.40
3.5.	2 Según fisíco-químicos 1	.47
III.4 DIN	MENSIONES Y VOLÚMENES DE LOS COMPONENTES DE UNA PLANTA1	NTA .50
	TOS UTILIZADOS	
4.2 RE	JAS DE DESBASTE	51
4.3 DE	SARENADORES AIREADOS	.56
4.4 Fos	SAS SÉPTICAS	61
4.5 UN	IDADES DE FLOCULACIÓN-SEDIMENTACIÓN	65
4.6 Bio	DFILTRO	79



III.6 FACTORES QUE INCIDEN EN LOS COSTOS A CONSIDERAR SELECCIÓN DE UNA PLANTA COMPACTA	PARA LA 182
6.1 EMPOTRAMIENTO	182
6.2 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	182
6.3 TIPO DE SISTEMA DE INSTALACIÓN	183
6.4 NIVEL DE TRATAMIENTO	183
6.5 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	184
CAPÍTULO IV: Conclusiones y Recomendaciones	185
BIBLIOGRAFÍA	190
ANEXOS	192



INDICE DE TABLAS

Tabla I.1: Caudales habituales de agua residual en fuentes comerciales 11
Tabla I.2: Caudales habituales de agua residual en fuentes institucionales 13
Tabla I.3: Caudales habituales de agua residual provenientes de centros recrativos
Tabla I.4: Valores indicados de la calidad de agua para riego
Tabla I.5: Factores que hay que tomar en cuenta a la hora de formular los principios de actuación en la recarga de aguas subterraneas
Tabla II.1: Caracterización de los vertidos líquidos industriales 32
Tabla II.2: Apliación de los aparatos de medida de caudal
Tabla II.3: Descripción de los dispositivos de desbaste empleados en el tratamiento de aguas residuales
Tabla II.4: Clases de separación por gravedad usadas en el tratamiento del agua residual
Tabla II.5: Características físicas de los filtros de medio granular comúnmente usados
Tabla II.6: Descripción de los dispositivos comúnmente usados para la aireación del agua residual
Tabla II.7: Aplicaciones de los procesos químicos unitarios en el tratamiento del agua residual
Tabla II.8: Comparación de las características ideales y prácticas de los desinfectantes químicos normalmente utilizados
Tabla II.9: Eliminación o destrucción de bacterias mediante diversos procesos de tratamiento



Tabla III.1: Niveles de tratamiento del agua residual
Tabla III.2: Métodos de tratamiento y disposición de lodos
Tabla III.3: Operaciones y procesos unitarios empleados para remover la mayoría de los contituyentes presentes en las aguas residuales
Tabla III.4: Eficiencias de algunos procesos y/o sistemas de tratamiento de aguas residuales
Tabla III.5: Valores de distribución normal estandarizada
Tabla III.6: Coeficiente de confiabilidad en función de Vx y el nivel de confiabilidad
Tabla III.7: Plantas compactas más utilizadas actualmente
Tabla III.8: Volumen de materias retenidas en rejillas
Tabla III.9: Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual
Tabla III.10: Dimensiones de un sistema de desbaste para distintos valores de población y caudal
Tabla III.11: Dimensiones de un sistema de desbaste para distintos valores de población y caudal, modificadas
Tabla III.12: Información geométrica usual para el diseño de desarenadores aireados
Tabla III.13: Velocidad de sedimentación libre, válidos para partículas de arena de densidad 2.65
Tabla III.14: Dimensiones de un desarenador para velocidades de sedimentación V_{S2} y diferentes valores de población, caudal máximo, para tiempo de retención 2 minutos



Tabla III.15: Dimensiones de un desarenador para velocidades de
sedimentación VS2 y diferentes valores de población, caudal máximo, para tiempo de retención 3 minutos
Tabla III.16: Volumen de aire por hora, por metro de longitud de desarenador, según área del mismo
Tabla III.17: Dimensiones y volúmenes de una fosa séptica de dos cámaras para difrentes poblaciones
Tabla III.18: Dimensiones y volúmenes de una fosa séptica de una cámaras para difrentes poblaciones
Tabla III.19: Información para el diseño de sedimentadores primarios seguidos de tratamiento secundario
Tabla III.20: Información para el diseño de sedimentadores rectángulare y circulares empleados en el tratamiento primario y secundario de aguas residuales
Tabla III.21: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 1.5 horas y 25 m³/m².d, en diferentes poblaciones
Tabla III.22: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 1.5 horas y 30 m3/m2.d, en diferentes poblaciones
Tabla III.23: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2 horas y 25 m3/m2.d, en diferentes poblaciones
Tabla III.24: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2 horas y 30 m3/m2.d, en diferentes poblaciones
Tabla III.25: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2.5 horas y 25 m3/m2.d, en diferentes poblaciones



Tabla III.26: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de
retención de 2.5 horas y 30 m3/m2.d, en diferentes poblaciones
Tabla III.27: Carga hidráulica y orgánica para filtros de alta y baja tasa 173
Tabla III.28: Características físicas de filtros percoladores
Tabla III.29: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 8 m³/m².d
Tabla III.30: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 15 m³/m².d
Tabla III.31: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 20 m³/m².d
Tabla III.32: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 30 m³/m².d
Tabla III.33: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 40 m³/m².d
Tabla III.34: Valores usuales de pérdidas de carga en difrerentes unidades de tratamiento



INDICE DE FIGURAS

Figura I.1: Impacto ocasionado por el aumento de DBO y de los Sólidos
Sedimentables en una corriente con capacidad de asimilación limitada4
Figura II.1: Diagrama de utilización del agua31
Figura II.2: Aplicaciones de los procesos de tratamiento
Figura II.3: Situación de las operaciones físicas unitarias en el diagram de flujo en una planta de tratamiento de agua residual
Figura II.4: Diagramas de flujo típicos de una planta de tratmiento de aguas residuales, incorporando homogeneización de agua: (a) en línea, (b) en derivación
Figura II.5: Esquema de los sistemas de flotación por aire disuelto (a) sin recirculación, (b) con recirculación
Figura II.6: Sedimentadores tubulares y de placas (a) módulo de tubo inclinado, (b) módulo de tubos inclinados en un sedimentador rectángular
Figura II.7: Tanques circulares de sedimentación (a) alimentación central, (b) alimentación perimetral59
Figura II.8: Tipos de filtros para la filtración de agua residual tratada63
Figura II.9: Representación esquemática de un filtro de flujo ascendente por gravedad de medio granular65
Figura II.10: Sección típica de un filtro a presión
Figura II.11: Agitadores típicos en plantas de tratamiento para aguas residuales
Figura II.12: Diagrama de un tanque séptico convencional d dos
compartimientos, con salida en forma de T94



Figura II.13: Diagrama de un tanque séptico donde se aprecian zonas de lodos,
espumas y agua clarificada94
Figura II.14: Plantas acuáticas comunes
Figura III.1: Diagrama de flujo para la selección de una planta compacta 118
Figura III.2: Esquema general de una planta de Lodos Activados
Figura III.3: Diagrama de flujo para filtros percoladores de una etapa de alta y baja carga para diferentes patrones de recirculación
Figura III.4: Diagramas de flujo de sistemas combinados de tratamiento en suspensión y película bacterial adherida
Figura III.5: Sistema compacto de separador de placas paralelas
Figura III.6: Planta compacta que involucra la floculación y sedimentación 148 $$
Figura III.7: Esquema de funcionamiento de una planta compacta con sitema de flotación con aire disuelto
Figura III.8: Planta compacta con sistema de flotación con aire disuelto 149
Figura III.9: Relación entre la población de diseño y caudal máximo producido
Figura III.10: Esquema de perfil hidráulico de una planta compacta para tratamiento de agua servida
Figura IV.1: Esquema del sistema de tratmiento propuesto para las aguas residuales de la UCAB, (a) con reutilización, (b) sin reutilización



INTRODUCCIÓN

De todos es conocido, la absoluta necesidad de construir Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas de procedencia doméstica y/o industrial, para proteger nuestro ecosistema. Ante lo imprescindible de la construcción de estas Plantas, recientemente se han popularizado las llamadas Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas Compactas, entendiéndose como tales, aquéllas que reúnen en un solo dispositivo, la ejecución de varios procesos de tratamiento, con igual o mejor eficiencia que las Plantas convencionales y, lógicamente, con mayor economía en los costos de construcción, operación y mantenimiento.

Por lo cual se considera necesario que antes de hacer una selección, es importante realizar la adecuada caracterización del vertido producido, además de conocer ampliamente los procesos aplicables para su adecuación, a fin de seleccionar aquellos que cumplan con los requisitos exigidos por la normativa, de la forma más económica posible. A raíz de este análisis se obtendrán diferentes opciones de plantas compactas para el tratamiento deseado, por lo cual otro factor determinante es considerar los costos a incurrir por la construcción, operación y mantenimiento, de cada alternativa, esto ayudará notablemente en la decisión adecuada. Aunque se debe destacar que la economía no implica únicamente menores costos, sino que también debe conllevar a una mayor eficiencia.

La escogencia de una Planta compacta en particular, dependerá, en primera instancia, del tipo de tratamiento a desarrollar y del residuo a tratar. Es obvia, la importancia que tiene efectuar una buena escogencia del tratamiento más adecuado y económico. Por lo tanto, el presente Trabajo, pretende ser una ayuda para el proyectista, al momento de realizar la selección que se plantee.

INTRODUCCIÓN

i



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A raíz, de la cada vez más exigente legislación ambiental en Venezuela, como la establecida en la "Ley Penal del Ambiente", publicada en la Gaceta Oficial Nº 4358 Extraordinario en fecha del 03/01/1992; y la normativa para controlar los rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos, establecida por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, según el Decreto 883 del 11/10/1995: "Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos", se ha hecho imprescindible solucionar la disposición y tratamiento de aguas servidas, a fin de proteger los distintos cuerpos de agua receptores en nuestro territorio.

Debido a la falta de existencia de soluciones por parte de las autoridades municipales y gubernamentales, en una escala menor se han ido proliferando distintas soluciones para el manejo de vertidos domésticos e industriales en los diferentes urbanismos habitacionales y en varios parques industriales del país. Esta situación deriva en una solución, anarquizada y sin técnica, de distintas plantas de tratamiento sin el control y la supervisión que requieren tales obras de ingeniería. Generando un problema adicional al de la contaminación de los cuerpos de agua.

Por lo cual es necesario regular y controlar el uso indiscriminado de sistemas de tratamiento que no cumplen con los requerimientos básicos para la disposición de los vertidos, ni con las condiciones del tipo de población que se va a servir del mismo.

Las plantas compactas, suelen ser una buena solución para el tratamiento de aguas residuales de centros urbanos, parques industriales, centros recreativos, zonas comerciales y centros institucionales; por su practicidad en cuanto a construcción, utilización de poco espacio y que generalmente son sencillas de



operar y mantener, sin embargo se debe hacer una serie de análisis antes de seleccionar la planta compacta adecuada a la situación que esté planteada.

En este sentido, se ha observado como se utilizan de forma inconsciente estos sistemas de tratamiento en muchos centros poblados, adaptando dispositivos que no suplen las necesidades, debido a que se copian proyectos sin hacer el control y estudio previo de los vertidos líquidos y de las condiciones de la población.

Otro parámetro es el poco aprovechamiento que se hace a los efluentes de una planta de tratamiento, siendo esta una consideración importante para la disminución de costos y la preservación de un recurso tan necesario como el agua. Las plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas ofrecen esta posibilidad, aspecto que generalmente es usado cuando hay muy poca disposición de agua, sin embargo se debiera considerar la posibilidad de reutilización siempre que sea posible.

En vista a toda esta problemática, la adecuada selección de una planta compacta para el tratamiento de aguas residuales repercutirá en mayores eficiencias, menores costos y un aprovechamiento más intensivo de los recursos hídricos con que cuente una determinada población. Aunque es importante destacar que sin la coordinación y planificación por parte de las autoridades competentes, estas serán soluciones aisladas, por lo que es necesaria la creación de estrategias que unifiquen los esfuerzos y controlen el uso de estos sistemas de tratamiento.



OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar un "Manual par la Selección de Plantas Compactas para el Tratamiento de aguas Servidas en desarrollos Urbanos, Industriales y Centros Institucionales", a fin de ordenar y guiar el proceso de toma de decisiones en la solución del problema de tratamiento y disposición de aguas servidas, que cumpla con las normas vigentes.

Objetivos Específicos

- Estudio sobre plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas, incluyendo consideraciones generales para el diseño y selección de estas plantas.
- 2. Investigación de industrias productoras de plantas compactas en Venezuela e importaciones.
- 3. Elaboración de esquemas de diagramas de flujo de los tipos de plantas compactas más utilizadas, según el proceso predominante.
- 4. Ordenamiento de la información necesaria para la selección de plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas
- 5. Elaboración de esquemas de diagramas de flujo para la selección de un planta compacta para el tratamiento de aguas servidas

OBJETIVOS



CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO



I.1 EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

La contaminación de las aguas se produce al incorporar a los cuerpos receptores elementos extraños, tales como microorganismos, residuos industriales, productos químicos o aguas residuales, entre otros, que deterioran su calidad.

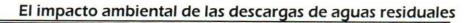
El mayor y más grave efecto que se produce con la contaminación es el inutilizar enormes volúmenes de agua para los diferentes usos, es decir, para consumo doméstico, industrial, agropecuario y recreacional, entre otros.

Al modificarse las características físico-químicas naturales de los ríos, lagos, estuarios, embalses y el mar con descargas de líquidos o sólidos, cambios de temperatura, se ocasionan daños a los ecosistemas y efectos directos e indirectos (a través de las cadenas tróficas) sobre los organismos vivos (animales y vegetales) y la salud del hombre.

La contaminación en los cuerpos de agua, se manifiestan por medio de los cambios de aspectos físicos (olor, color y temperatura), su composición química y biológica natural. En consecuencia, se altera su calidad y ya no resultan aptos para su aprovechamiento.

Las aguas provenientes del uso doméstico y desechos animales contiene, entre otros, diferentes patógenos, como ya se han especificado anteriormente; los cuales causan enfermedades que en muchos casos son peligrosas tanto para el hombre como para animales.

Los desechos industriales, tanto líquidos como sólidos, contienen sustancias químicas orgánicas como: petróleo, gasolina, aceites, plásticos, biocidas, solventes, limpiadores, detergentes y sustancias químicas inorgánicas solubles en el agua, entre las que se encuentran los ácidos, sales, el plomo, entre otros.





Las sustancias con altos niveles tóxicos, al ser consumidas o entrar en contacto con seres vivos, amenazan la salud de estos y el desarrollo de los organismos acuáticos.

1.1 Interrupción de procesos naturales y destrucción de biota en cuerpos receptores

Uno de los efectos de las descargas de aguas residuales, se relaciona con la contaminación de desechos orgánicos que usan el oxígeno disuelto en el agua. Si la población bacteriana o de algas es muy grande puede agotar el gas, lo que trae como consecuencia la muerte de peces y otras formas de vida acuática que necesitan del oxígeno para vivir.

Si determinada agua residual que contiene materia orgánica biodegradable se vierte en una corriente de agua con baja disponibilidad de oxígeno disuelto, se alcanzaran condiciones anaerobias y el agua se tornará turbia y oscura en puntos ubicados aguas debajo de la descarga. Los sólidos sedimentables, si existen, formarán depósitos en el lecho de la fuente receptora y serán degradados bajo condiciones anaerobias (Ver figura I.1). En el tramo de la corriente de agua donde la concentración de oxígeno disuelto sea cero, existirán condiciones sépticas apropiadas para la producción de sulfuro de hidrógeno, amoniaco y otros gases causantes de malos olores. Además, debido a que varias especies de peces necesitan una concentración mínima de oxígeno disuelto de 4 a 5 mg/l, no se encontraran peces en ese tramo de la fuente receptora. Aguas debajo de la zona anaerobia, la fuente continuará su Autopurificación y, como consecuencia, el oxígeno disuelto aumentará hasta que los efectos ocasionados por la descarga inicial de contaminantes sean mínimo, esto si no hay otra descarga de contaminantes aguas abajo.



De todas las sustancias contaminantes que entran en contacto con la flora y la fauna, las más peligrosas son aquellas que se degradan lentamente y que por tanto tienden a acumularse en el ambiente, así como los contaminantes que no pueden ser excretados por los animales y alcanzan concentraciones crecientes en los tejidos en función del nivel trófico que ocupa cada especie animal. Esto quiere decir que aunque su concentración sea baja en el ambiente, los herbívoros, al consumir continuamente plantas contaminadas, van concentrando estas sustancias en sus tejidos; los carnívoros las concentran aún más altas; y los animales carroñeros, que comen tanto herbívoros como carnívoros, pueden tener concentraciones tisulares aún más altas. Algunos contaminantes que se comportan de esta manera son el mercurio y el plomo, y ciertos insecticidas clorados como el DDT.

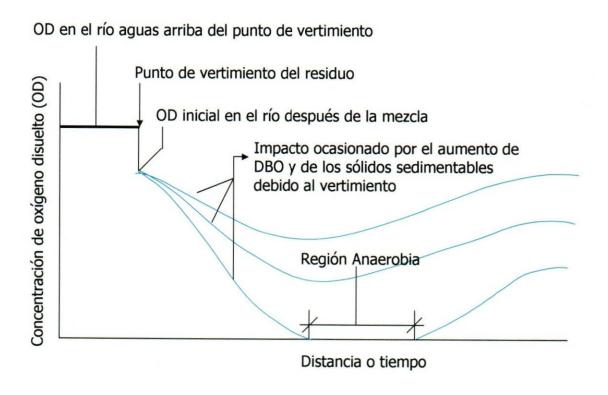


Figura I.1: Impacto ocasionado por el aumento de DBO y de los sólidos sedimentables en una corriente con capacidad de asimilación limitada



1.2 Modificación de biota en cuerpos receptores

Un efecto importante y contraproducente de las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua es la modificación de la biota existente debido a la acción de los contaminantes presentes en las aguas servidas, es decir, el problema no se reduce a la eliminación o destrucción de estas especies sino a la proliferación de aquellas que pueden causar efectos nocivos en el ambiente.

Si el contenido de oxigeno cae a cero y el curso se transforma en anaeróbico, mueren todas las formas acuáticas superiores y se desarrollan solamente las bacterias anaeróbicas y protozoos, de estos últimos de donde provienen gran variedad de enfermedades nocivas para los seres humanos. Entre los organismos causantes de enfermedades los protozoarios *Cryptosporidium parvum, Cyclospora* y *Giardia lamblia* son de gran interés debido a su impacto sobre individuos con deficiencias en su sistema inmunológico, como es el caso de niños pequeños, personas de edad avanzada, individuos con cáncer o aquellas víctimas del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida).

1.3 Eutrofización

La eutrofización, consiste en un proceso de evolución natural en el tiempo, en el que el agua se enriquece de oxígeno, provocando un aumento de plantas acuáticas, la transformación en zona pantanosa y, en última instancia, transformación en terreno seco, lo cual produce un exceso de algas y macrofitas en cuerpos de agua, principalmente en cuerpos lénticos, y esto puede ocasionar problemas en el suministro de agua potable por alteración de sus propiedades organolépticas (olor, sabor), corrosión del equipo hidroeléctrico y distintos trastornos en los procesos de tratamiento del agua por disminución del contenido de oxígeno, acumulación de amoníaco en la columna de agua y resuspensión de ciertos metales (Fe, Mn) en sedimentos bajo condiciones anóxicas.

El impacto ambiental de las descargas de aguas residuales



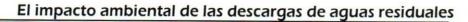
La Eutrofización es un problema de calidad del agua importante en lagos y embalses, ya que en los embalses eutrofizados, los altos niveles de sustancias orgánicas combinados con la aplicación de cloro para el suministro de agua potable podrían generar sustancias nocivas para la salud.

La muerte y sedimentación de las plantas provoca el aumento de la demanda de oxígeno de los sedimentos, lo cual tiende a reducir los niveles de oxígeno disuelto. Los efectos de la eutroficación, que pueden ser perniciosos para la vida acuática, se deben a las grandes variaciones de los niveles de oxígeno disuelto entre día y noche como consecuencia de la fotosíntesis y de la respiración.

El proceso de eutroficación y su relación con el aporte de nutrientes es complejo. En lagos y embalses, el nutriente limitante suele ser el fósforo, aunque la presencia de nitrógeno también es importante. Una hipótesis es que la rápida proliferación de algas se produce cuando las concentraciones de nitrógeno y fósforo inorgánicos superan las barreras respectivas de 0,3 mg/l y 0,01 mg/l.

El aporte de fósforo disuelto a los lagos y ríos se ve muy aumentado por la eliminación de aguas residuales industriales y domésticas, salvo cuando se adoptan medidas para eliminarlo del vertido final. Los detergentes de polifosfatos también contribuyen sustancialmente a este enriquecimiento.

Con el enturbiamiento del agua a consecuencia de la presencia de nutrientes en suspensión aumenta la producción de fitoplancton; las mayores tasas de descomposición bacteriana extraen de las aguas profundas el oxígeno disuelto a un ritmo mayor que el de reposición a partir de la atmósfera, de modo que el agua se vuelve menos habitable para los peces. Los lagos son menos atractivos y el agua embalsada exige tratamientos de potabilización más costosos. Otra





consecuencia potencial de la eutrofización es el aumento de la producción de cianobacterias tóxicas.

En los casos más graves, los lagos pierden la limpidez debido a la multiplicación de algas en suspensión y el agotamiento del oxígeno de las zonas profundas, y el agua adquiere sabor y olor desagradables. Al margen del deterioro estético, se han dañado las pesquerías, han aumentado los costos de tratamiento de potabilización y se han degradado las actividades recreativas.

La eutrofización puede invertirse frenando las cargas de fósforo, bien alejándolas de aguas frágiles, bien mediante precipitación química con sales de hierro (extracción de fosfatos) en fuentes como los vertidos de aguas de alcantarillado. Los lagos poco profundos tardan más tiempo en recuperarse, pues reciclan el fósforo mucho más eficazmente que los profundos, y se utilizan métodos que estimulan otras posibles redes tróficas (biomanipulación) para neutralizar los síntomas de eutrofización. Cuando las fuentes de nutrientes son difusas y difíciles de controlar, puede considerarse el empleo de sistemas artificiales de mezcla para frenar la proliferación de algas.

1.4 Situación en Venezuela

En Venezuela, como en muchos países de Latinoamérica, existen muchas zonas que no se sirven de un colector público o no cuentan con un sistema de tratamiento para las aguas residuales adecuado, por lo que la contaminación indiscriminada de los cuerpos de agua receptores, en muchos casos (como p.ej.: La situación actual del Lago de Maracaibo), ha llegado a niveles alarmantes.



El impacto ambiental de las descargas de aguas residuales

Según el informe presentado por el Programa de las de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)¹, se ha estimado que en Venezuela aproximadamente el 85% de la población goza de alcantarillado, de estos el 60% con redes de recolección de aguas residuales, y tan solo el 3% con sistemas de tratamiento para esas aguas servidas. Sin embargo es de importancia acotar que un poco más del 80% de la población está concentrada en los centros urbanos, es decir, que hay una distribución muy desigual de los servicios de cloacas y más de tratamiento para las aguas negras.

Estas estadísticas demuestran el poco interés que se ha tenido en la preservación de nuestro medio ambiente, en cuanto a los vertidos líquidos; por lo menos en la gran mayoría de las ciudades no se ha dado una solución importante por parte de las autoridades municipales o gubernamentales, a excepción de algunas ciudades como Valencia con la Planta La Mariposa.

¹ Informe Técnico del PEC Nº 40, 1998: "Tecnologías Apropiadas Para el Control de la Contaminación de Aguas de Alcantarillado en la Región Del Gran Caribe" http://www.cep.unep.org/pubs/techreports/tr40es/chapter5.htm



I.2 PRODUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS

2.1 Producción de aguas servidas

El análisis y diseño de unidades para reducir o eliminar constituyentes presentes en aguas residuales involucra la consideración de los factores que afectarán el dimensionamiento, el desempeño y la confiabilidad de estas instalaciones. Las etapas iniciales de un proyecto, comenzando con la planeación de instalaciones y continuando a través de las fases de diseño conceptual y preliminar, se consideran por ser factor crítico en el éxito del proceso final de análisis y diseño. Durante estas se determinan los caudales y cargas de diseño, se lleva a cabo la selección de los procesos, se desarrollan, refinan y establecen los criterios de diseño.

Un factor importante, que determina la producción de aguas servidas es la disponibilidad y los costos por el servicio del acueducto, ya que es evidente que en aquellas zonas en donde haya una gran disponibilidad del recurso aunado a unos bajos costos, hará que la dotación del agua sea mucho mayor y por ende una mayor producción de aguas residuales, mientras que en un caso contrario el nivel de producción bajará sensiblemente. Por otra parte se debe considerar la formación del usuario en cuanto al mejor usos y conservación de los recursos hídricos, puesto que donde no se haya formados esta conciencia es segura la contaminación excesiva del agua.

2.1.1 De origen urbano.

El agua residual de origen urbano vertida en los sistemas de recolección proviene de zonas residenciales, comerciales, institucionales, espacios recreacionales e instalaciones industriales.



2.1.1.1 Zonas residenciales

En zonas residenciales, el caudal de agua residual es principalmente función del número de habitantes. Si una comunidad posee sistema de abastecimiento de agua, pero no tiene recolección de agua residual, el caudal promedio de agua residual se puede estimar multiplicando la cantidad consumida por un factor igual al 80%, dependiendo del consumo en actividades particulares como riego en zonas verdes.

Para obtener el caudal de agua servida producido por zonas residenciales, se puede utilizar la fórmula²:

$$Qmax_{AN} = 2(Qmed \times K_{2C} \times R + Q_{inf})$$
 Ec. 2.1
$$Q_{inf} = 20000 \text{ I/km/d } (L_{colectores} + L_{ME})$$
 Ec.2.2 En donde.

- ✓ Qmax_{AN}: caudal de agua servida producido
 - ✓ **Q**_{med}: Gasto medio (promedio diario anual) del acueducto, que abastece la localidad
 - √ Q_{inf}: caudal de infiltración
 - ✓ R: Coeficiente de gasto de reingreso, igual a 0.80
 - ✓ L_{colectores}: longitud total de los colectores
 - ✓ L_{ME}: longitud de los malos empotramientos
 - \checkmark K_{2C} : Coeficiente que es función de la población contribuyente al tramo en estudio.

Nº de habitantes	K _{2C}
Hasta 20000	3
20001 hasta 75000	2.25
75001 hasta 200000	2
200001 hasta 500000	1.6
más de 500000	1.5

² PALACIOS, Alvaro. "Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos". Caracas, 2002.



En Venezuela las Normas Sanitarias para proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones³ establecen que para edificaciones destinadas a viviendas se estimará el gasto de aguas servidas a razón de 250 litros por persona por día.

2.1.1.2 Zonas comerciales.

El caudal de agua residual para zonas comerciales se puede estimar a partir de la información disponible en zonas similares o con ayuda de valores habituales. Para una zona comercial mixta en donde no se conoce con exactitud el uso del agua, los valores habituales expresados por unidad de agua oscilan entre 7.5 y 19 m³/ha.d. En la tabla I.1⁴ se presentan valores de caudales usuales de aguas servidas fuentes comerciales.

		Caudal, I/unidad. día	
Fuente	Unidad	Intervalo	Valor habitual
Aereopuerto	Pasajero	8-15	11
Apartamento	Persona	150-300	190
Estación de servicio	Vehículo	30-57	45
	Empleado	34-57	49
Bar	Cliente	4-19	11
	Empleado	38-61	49
Posada	Persona	95-230	150
Grandes almacenes	Baño	1500-2300	1900
	Empleado	30-57	38
Hotel	Huésped	150-230	190
Edificio Industrial			
(sólo agua sanitaria residual)	Empleado	26-61	49

Tabla I.1: Caudales habituales de agua residual de fuentes comerciales

CAPITULO I - Marco Teórico

³ Gaceta Oficial de la República de Venezuela Nº 4044 Extraordinario. 1988. Art. 515.

⁴ CRITES-TECHOBANOGLOUS. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. 2000. pag. 171



Fuente	Unidad	Caudal, I/unidad. día	
		Intervalo	Valor habitual
Lavandería	Lavadora	1700-2500	2100
(autolavado)	Lavado	170-210	190
Oficina	Empleado	26-61	49
Lavadero público	Usuario	11-23	19
Restaurante (con baño)	Comida	8-15	11
Convencional	Cliente	30-38	34
Comidas rápidas	Cliente	11-30	23
Bar	Cliente	8-15	11
Centro comercial	Empleado	26-49	38
	Parqueadero	4-11	8
Teatro	Silla	8-15	11
	Empleado	30-49	38

Tabla I.1: Caudales habituales de agua residual de fuentes comerciales. (Continuación)

2.1.1.3 Centros institucionales

Los caudales comunes para centros institucionales se presentan en la Tabla I.2⁵. Estos valores deben ser ajustados en lo posible a caudales actuales de instalaciones similares para así reflejar las condiciones locales.

2.1.1.4 Centros recreativos

Los caudales que se generan en este tipo de instalaciones varían considerablemente en función de la época del año. Si el consumo de agua por parte de los centros recreacionales proviene de una fuente continua de abastecimiento se pueden usar los valores de la Tabla I.3⁴ para estimar el caudal. Por el contrario, si la fuente de abastecimiento es limitada y se emplean

⁵ CRITES-TECHOBANOGLOUS. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. 2000. pag. 172-173

Producción y Reutilización de las aguas servidas

estrategias de ahorro de agua, se debe realizar registros actuales de consumo para estimar los caudales de agua residual.

	Unidad	Caudal, I/unidad.d		
Fuente		Intervalo	Valor habitual	
Salón de actos	Silla	8-15	11	
Hospital	Cama	470-910	630	
	Empleado	19-57	38	
Hospital psiquiátrico	Cama	280-530	380	
	Empleado	19-57	38	
Prisión	Recluso	300-570	450	
	Empleado	19-57	38	
Asilo	Residente	190-450	340	
	Empleado	19-57	38	
Colegio diurno				
✓ Con cafetería, gimnasio y	Estudiante	57-110	95	
duchas				
✓ Sólo con cafetería	Estudiante	38-76	57	
✓ Sin cafetería ni gimnasio	Estudiante	19-64	42	
Colegio, internado	Estudiante	190-380	280	

Tabla I.2. Caudales habituales de agua residual de fuentes institucionales

Fuente	Unidad	Caudal, I/unidad.d	
		Intervalo	Valor habitual
Apartamento, zona turística	Persona	190-250	230
Bolera	Pista	570-950	760
Cabaña, zona turística	Persona	30-190	150
Cafetería	Cliente	4-11	8
	Empleado	30-45	38

Tabla I.3. Caudales habituales de agua residual provenientes de centros recreativos



		Caudal, I/	unidad.d
Fuente	Unidad	Intervalo	Valor habitual
Campamento			
✓ Para excursionistas	Persona	57-110	95
✓ Para niños, con baño central	Persona	130-190	170
✓ Diurnos, sin comida	Persona	38-57	49
✓ De lujo, con baño privado	Persona	280-380	340
✓ Diurnos, con comida	Persona	38-76	57
✓ Zona para remolques	Remolque	280-570	470
Zona para acampar (desarrollada)	Persona	76-150	110
Bar	Silla	45-95	76
Cafetería lujosa	Cliente	15-30	23
	Empleado	30-45	38
Club campestre	Socio	230-490	380
	presente		
	Empleado	38-57	49
Comedor	Servicio de	15-38	26
	comida		
Dormitorio	Persona	76-190	150
Recinto ferial	Visitante	4-8	8
Hotel, zona turística	Persona	150-230	190
Zona de picnic, con baños	Visitante	19-38	30
Tienda, zona turística	Persona	4-15	11
	Visitante	30-45	38
Piscina	Cliente	19-45	38
	Empleado	30-45	38
Teatro	Silla	8-15	11
Centro de visitas	Visitante	15-30	19

Tabla I.3. Caudales habituales de agua residual provenientes de centros recreativos. (Continuación)



2.2 Reutilización de aguas servidas

De acuerdo con las definiciones de T. Asano (1996), llamamos *recuperación de las aguas residuales* al tratamiento o proceso que sufren las aguas residuales para poder ser reutilizadas, y *reutilización directa* del agua al aprovechamiento de las aguas residuales tratadas con fines beneficiosos. Además, la reutilización directa de las aguas residuales requiere la existencia de tuberías u otros medios de conducción para la distribución del agua recuperada. La *reutilización indirecta*, a través del vertido de afluentes residuales en un agua receptora, para su asimilación y retirada aguas abajo, se considera como importante pero no constituye un sistema de reutilización directa y planificada de las aguas. Al contrario de lo que ocurre con la reutilización directa del agua, el reciclado del agua normalmente supone un sólo uso o usuario y sus efluentes se recogen y son devueltos para el mismo plan de utilización.

En las últimas décadas, el interés por el aprovechamiento de las aguas residuales urbanas que han recibido tratamientos avanzados de depuración ha ido en aumento. La convicción de que estas aguas deben ser aprovechadas y no desperdiciadas, junto con la escasez creciente de aguas y los problemas de protección medioambiental, crean un entorno realista para considerar la reutilización de las aguas residuales en muchas áreas del mundo que se enfrentan a la escasez del agua. Entre los diversos destinos que pueden darse a las aguas reutilizadas, mediante actuaciones debidamente planificadas, destacan las aplicaciones a riego agrícola o de jardines, el abastecimiento para servicios higiénicos mediante sistemas dobles de distribución, el uso con fines estéticos o medioambientales y el uso para fines industriales.

La reutilización del agua requiere un estudio profundo de planificación de la infraestructura y de los recursos, el emplazamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales, la fiabilidad del tratamiento, el análisis económico y financiero, y una gestión del uso del agua que suponga una integración del



agua recuperada con otro tipo de agua no recuperada. Hoy día, existen tratamientos técnicamente probados o procesos de purificación capaces de suministrar agua de casi cualquier calidad que se desee. Así, la reutilización de las aguas residuales tiene su propio lugar y desempeña un papel importante a la hora de hacer una óptima planificación y una gestión y un uso más eficientes de los recursos hídricos en muchas áreas del mundo.

2.2.1 Disposición en cuerpos de agua

La disposición satisfactoria de las aguas negras, por dilución depende del tratamiento previo a su disposición, por lo cual se necesita un tratamiento apropiado para prevenir la contaminación de las aguas receptoras a un grado que pueda interferir con su mejor empleo, ya sea como abastecimiento, para fines recreativos, para la pesca o cualquier otro propósito.

Cuando se descargan aguas negras en una corriente, continúan la degradación y la descomposición hasta completarse. Una corriente contaminada en un punto dado tenderá a volver a un estado similar al de antes de la contaminación, como resultado de la descomposición de la materia orgánica contaminante. A esto se le designa comúnmente como proceso de *Autopurificación*.

2.2.2 Riego

Las posibilidades de reutilización de las aguas residuales tratadas son numerosas y variadas dependiendo del nivel de tratamiento a que se sometan, lo que determinará la calidad del efluente conseguido, destacando como destino mas frecuente, en la mayoría de los proyectos , el riego agrícola.

La elevada demanda de agua para riego unida al hecho de que este uso ha pasado a ocupar el tercer lugar en la prioridades de satisfacción de demanda, después del suministro urbano y el uso ecológico, convierte el aprovechamiento de las aguas residuales para riego en la agricultura constituye una alternativa



especialmente adecuada de reutilización. No obstante, ésta sólo será óptima si se cuenta con las condiciones y conocimientos necesarios para garantizar tanto la conservación de la fertilidad del suelo (características orgánicas, minerales e hidrogeológicas) como la obtención de productos que respondan a las calidades higiénicas y sanitarias exigibles según su destino, para lo cual es necesario que el aprovechamiento de aguas residuales se realice de modo controlado.

Los elementos presentes en las aguas residuales, que pueden limitar su uso en riego, son los siguientes:

- **Sólidos en suspensión:** Su acumulación da lugar a depósitos de lodos que generan condiciones anaeróbicas en el suelo, pudiendo, además, provocar obturación en sistemas de riego localizados.
- Materia orgánica biodegradable: Las proteínas, carbohidratos y grasas generan unas necesidades de oxígeno disuelto, medidas como DBO5 ó DQO (Demanda bioquímica y química de oxígeno), cuya no satisfacción da lugar al desarrollo de condiciones sépticas.
- Patógenos: La presencia de virus (enterovirus, adenovirus, rotavirus), bacterias (coliformes, etc.), protozoos o helmintos de origen humano y su posible transmisión a través de los productos cultivados puede ser origen de diversas enfermedades.
- **Nutrientes:** Los nutrientes como nitrógeno, fósforo ó potasio esenciales para el desarrollo vegetal, enriquecen las aguas para riego, pero una carga excesiva puede provocar efectos nocivos para el terreno y/o las aguas subterráneas.
- Materia orgánica no biodegradable: Determinados productos tóxicos no degradables por los sistemas de tratamientos, tales como fenoles, pesticidas y organoclorados, pueden limitar el uso en riego.



- **pH:** El pH del agua afecta la solubilidad de los metales y pueden alterar el equilibrio del suelo.
- Metales pesados: Los vertidos industriales, sobre todo, pueden aportar al agua metales como cadmio, mercurio, cinc y otros, cuya presencia reduce la aplicabilidad para riego de las aguas residuales por sus efectos tóxicos para los cultivos y la salud.
- Conductividad eléctrica: Una excesiva salinidad derivada de la presencia de iones Na, Ca, Mg, Cl, ó B, puede producir daños a los cultivos y provocar problemas de permeabilidad en el suelo (Tasa de Adsorción de Sodio SAR).
- Cloro residual: Concentraciones de radicales de cloro libre mayor que 0,5 mg/l, limitan la aplicación del agua a cultivos sensibles.

El conocimiento de todos estos parámetros nos permitirá adecuar el tratamiento a que deben someterse las aguas residuales para reutilizarlas en riego, en función del tipo de cultivo a que se apliquen.

a) Calidad física y química del agua residual para reutilización en riego

La calidad del agua de riego es especialmente importante en zonas áridas, en las que se producen altas velocidades de evapotranspiración (ET) como consecuencia de las temperaturas extremadamente elevadas y de la bajísima humedad existente.

La calidad del agua de riego puede variar notablemente en función del tipo y cantidad de sales disueltas que contenga. Las consecuencias de la evapotranspiración son la deposición y acumulación en el suelo de las sales del agua aplicada. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo como son el grado de dispersión de las partículas de suelo, la estabilidad de los agregados, la



estructura del suelo, y la permeabilidad, son propiedades sensibles a los iones intercambiables presentes en el agua de riego. Por lo tanto, en los casos en los que se pretende regar con agua residual recuperada, se deben tener en cuenta tanto las propiedades del suelo como las características de producción del cultivo.

En el Decreto 883 (normas para la aplicación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos), en el Capítulo II referente a la clasificación de las aguas, en sus artículos 3 y 4, se puede encontrar la especificación de los valores límites que debe contener el agua para uso de riego agrícola:

Artículo 3: Las aguas se clasifican en:

Tipo 2: aguas destinadas a usos agropecuarios

Las aguas del tipo 2 se desagregan en los siguientes subtipos:

☑ Sub-Tipo 2 A: Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano.

☑ Sub-Tipo 2 B: Aguas para el riego de cualquier otro tipo de cultivo y para uso pecuario.

Articulo 4: A los efectos de esta norma, se establecen los siguientes criterios para la clasificación de las aguas, así como los niveles de calidad exigibles de acuerdo con los usos que se destinen.

Las aguas Sub-Tipo 2A son aquellas cuyas características corresponden a los límites y rangos siguiente:

 En organismos coliformes totales un promedio mensual menor a 1000 NMP por cada 100 ml.

Producción y Reutilización de las aguas servidas

- En organismos coliformes fecales un valor menor a 100 NMP por cada 100 ml.
- ☑ Las aguas del Sub-Tipo 2B son aquellas cuyas características corresponden con los límites y rangos siguientes:
 - En organismos coliformes totales un promedio mensual menor a 5000
 NMP por cada 100 ml.
 - En organismos coliformes fecales un valor menor a 1000 NMP por cada
 100 ml.
- ☑ Las aguas de los Sub-Tipos 2A y 2B no deberán exceder, además, los siguientes límites:

Elementos o compuestos	Unidades	Límites
Aluminio	mg/l	1
Arsénico	mg/l	0.05
Bario	mg/l	1
Boro	mg/l	0.75
Cobre	mg/l	0.2
Cadmio	mg/l	0.005
Cianuro	mg/l	0.2
Cromo total	mg/l	0.05
Hierro total	mg/l	1
Litio	mg/l	5
Manganeso total	mg/l	0.5
Mercurio	mg/l	0.01
Molibdeno	mg/l	0.005
Níquel	mg/l	0.5
Plomo	mg/l	0.05

Tabla I.4. Valores indicados de la calidad de agua para riego.



Elementos o compuestos	Unidades	Límites
Selenio	mg/l	0.01
Sólidos disueltos totales	mg/l	3000
Sólidos flotantes	_	Ausentes
Vanadio	mg/l	10
Zinc	mg/l	5
Plata	mg/l	0.05
Biocidas		
Organofosforados	mg/l	0.1
Organoclorados	mg/l	0.2
Radiactividad		
Actividad α	Bq/I	0.1
Actividad β	Bq/l	1

Tabla I.4. Valores indicados de la calidad de agua para riego.

(Continuación)

2.2.3 Reutilización industrial de las aguas residuales

Se espera que la necesidad de agua para uso industrial vaya en aumento, debido al desarrollo que las mismas están sufriendo. Sin embargo, debido a las limitaciones establecidas para el control de contaminación de los vertidos, es de esperar que las tecnologías de gestión del agua en las propias industrias experimenten cambios, lo cual hace prever que el reciclaje de agua en las industrias aumente cada vez más.

Agua de aporte en torres de refrigeración

El agua de aporte en las torres de refrigeración representa una parte importante del agua consumida por muchas industrias. En el caso de industrias de producción de energía eléctrica, refinerías de petróleo y muchos otros tipos de industrias manufacturadas, el agua de aporte de las torres de refrigeración puede representar entre una cuarta parte y la mitad del consumo total de agua. Dado que una torre de refrigeración suele funcionar como un sistema de ciclo



cerrado, se puede considerar como un sistema de agua con necesidades de calidad propias independientes, en gran medida, de las características de la industria a la que sirve.

2.2.4 Recarga de acuíferos con agua residual recuperada

La recarga de acuíferos se ha empleado para:

- Reducir, detener, o incluso, invertir, los fenómenos de descenso del nivel del agua subterránea.
- Proteger el agua dulce de acuíferos cercanos a la costa frente a la intrusión de aguas saladas marinas.
- Almacenar agua residual recuperada y agua superficial, incluyendo aguas procedentes de inundaciones u otras aguas excedentes, para su uso futuro.
 Sin embargo, no debe ser usada para uso de consumo humano.

2.2.4.1 Tratamiento necesario previo a la recarga de acuíferos.

El tratamiento necesario previo a la recarga de acuíferos varía bastante en función del objetivo de la recarga del acuífero, de las fuentes de agua residual recuperada, de los métodos de recarga y de la ubicación del acuífero. Por ejemplo, el tratamiento previo a la aplicación de aguas residuales municipales en un sistema de tratamiento suelo-acuífero (SAT) puede constar únicamente de tratamiento primario o tratamiento en un estanque de estabilización. Sin embargo, es conveniente evitar los procesos de tratamiento previo que permitan la presencia de elevadas concentraciones de algas en el agua que se pretende emplear en la recarga. Las algas pueden provocar grandes problemas de obturación del suelo en las balsas de recarga. A pesar de que el agua renovada en los sistemas SAT es de mucha mejor calidad que el agua residual del efluente, puede ser de menor calidad que el agua del acuífero. Por lo tanto, el sistema SAT se debe diseñar y gestionar de modo que la intrusión no se realice



Producción y Reutilización de las aguas servidas

en todo el acuífero sino tan sólo en parte de él. La distancia entre balsas de infiltración y pozos o drenes debe ser lo mayor posible para que el tratamiento en el sistema suelo-acuífero sea el adecuado.

	Di	stribución en superficie
Tratamiento	✓	Control de productos químicos en origen.
	~	Sedimentación primaria o tratamiento biológico secundario.
	~	Filtración terciaria en medio granular(posiblemente
		adsorción sobre carbón activado para la eliminación de
		compuestos orgánicos)
	~	Desinfección
Porcentaje máximo de agua	~	En pozos de extracción, entre el 20 y 50% del total anual,
recuperada.		en función de la eliminación de materia orgánica.
Seguimiento	~	Detallado, incluyendo los contaminantes contemplados en
		las normativas aplicables a las aguas potables.
Profundidad hasta el nivel	✓	No aplicable (inyección directa a acuíferos subterráneos)
freático		
Tiempo de mención en el	1	12 meses
terreno		
Profundidad hasta el nivel	~	Percolación a través de una zona no saturada o de un
freático		terreno no alterado.
	1	Profundidad hasta el nivel freático entre 3 y 15m en
		función de la velocidad de percolación de los suelos.
Tratamiento	1	Control de productos químicos en fuente de origen.
	1	Sedimentación primaria o tratamiento biológico secundario.
	~	Coagulación química, clarificación y filtración en medio
		granular.
	1	Adsorción sobre carbón activado.
	√	Eliminación de compuestos orgánicos volátiles.
	1	Osmosis inversa u otro proceso de membrana.
	1	Desinfección.

Tabla I.5: Factores que hay que tomar en cuenta a la hora de formular los principios de actuación en la recarga de agua subterráneas.

Producción y Reutilización de las aguas servidas

Distribución en superficie						
Tiempo de retención del	1	6 a 12 meses, en función del tipo de pretratamiento.				
terreno						
Porcentaje máximo de agua		✓ En pozos de extracción, 20% del total anual.				
recuperada						
Distancia horizontal		✓ Entre 350 700m				
Seguimiento		✓ Bastante detallado, incluyendo los contaminantes				
		contemplados en las normativas aplicables a las aguas				
		potables				
Distancia horizontal		✓ Entre 150 350m en función del proceso de				
		pretratamiento.				

Tabla I.5: Factores que hay que tomar en cuenta a la hora de formular los principios de actuación en la recarga de agua subterráneas. (Continuación)

2.2.5 Reutilización para suministro de agua potable

La actitud frente a la reutilización de aguas residuales recuperadas para el suministro de agua potable ha sido de gran cautela, por motivos relacionados con la protección de la salud pública y por razones estéticas y de seguridad. Sin embargo, en lugares en los que la disponibilidad de recursos de agua potable alternativos es escasa, algunas comunidades están instrumentando planes de reutilización directa o indirecta de aguas residuales recuperadas para usos potables.

2.2.5.1 Criterios de reutilización para suministro de agua potable.

Se ha argumentado que debería existir un único criterio de calidad del agua para usos potables y que, si el agua residual recuperada cumple con él, se debería aceptar para tales usos. Sin embargo, es necesario reconocer que los actuales criterios de calidad de aguas potables han evolucionado bajo el supuesto de que las aguas de abastecimiento se obtenían de fuentes relativamente poco contaminas. A pesar de que se han realizado grandes



avances en los métodos analíticos de identificación de contaminantes químicos en el agua, sólo resulta posible identificar una pequeña parte de los contaminantes presentes, tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas. Esta limitación analítica ha frustrado los intentos de desarrollar criterios de reutilización para usos potables completos para las diferentes fuentes de origen de las aguas.

A pesar de que la implantación de planes de reutilización directa de aguas residuales municipales recuperadas se debe limitar, por razones obvias, a casos extremos.

2.2.5.2 Reutilización indirecta para suministro de agua potable.

En casi todos los casos en los que se ha considerado la posibilidad de reutilización de aguas residuales recuperadas en usos potables, se han desarrollado fuentes de recursos alternativos, lo cual ha permitido utilizar la reutilización directa (p.ej. tubería a tubería) para suministro de agua potable. Los sistemas de reutilización indirecta en usos potables que actualmente están en funcionamiento, incluyen operaciones de recarga de acuíferos.

A la hora de proponer un programa de reutilización directa de aguas residuales recuperadas, se debe considerar, cuidadosamente, si la demanda de agua es para superar una situación de emergencia de poca duración, o si la medida se adopta para el uso normal durante un largo período de tiempo. Hoy en día, la principal preocupación en torno a la reutilización para usos potables reside en los posibles efectos crónicos sobre la cual la salud pública originados por la ingestión de mezclas de contaminantes orgánicos e inorgánicos que permanecen en el agua, incluso después de someterla a los métodos de tratamiento más avanzados.



2.2.6 Reutilización domiciliaria de aguas grises

Llamaremos Aguas grises, en este ítem, a las aguas servidas domésticas, tratadas adecuadamente para su reutilización en domicilios o centros urbanos.

Cada vez más se incrementa la reutilización del agua proveniente de las diferentes actividades domésticas, refiriéndonos a escala domiciliaria, ó del efluente de la planta de tratamiento, en el ítem 2.2.3 se explicó la reutilización del agua proveniente de procesos industriales, en este aparte haremos referencia al agua proveniente de la planta de tratamiento o de las aguas servidas domésticas.

Gracias a la reutilización el agua se puede utilizar para alimentar las cisternas de los inodoros, para riego o limpieza de exteriores. Estos sistemas nos ayudan a ahorrar entre un 30 y 45% del agua potable.

Los beneficios del reciclado de aguas grises incluyen:

- Menor uso de agua potable
- Menor caudal a las fosas sépticas o plantas de tratamiento
- Purificación altamente efectiva
- Menor uso de energía para bombeo y químicos para el tratamiento
- Crecimiento de plantas donde no hay casi disponibilidad de agua
- Recuperación de nutrientes en el suelo, cuando se riega con esta agua

Aunque esta en una opción apreciable, siempre se tiene que tomar las precauciones necesarias para evitar contaminación, bajo ninguna circunstancia se debe utilizar para suministro de agua potable y se debe velar porque cumpla con las normas sanitarias correspondientes.



I.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS

En la caracterización podemos determinar las propiedades más resaltantes que pueda poseer un agua servida, proveniente de alguna actividad. Es muy importante, para una correcta selección de una planta de tratamiento compacta, o, hasta incluso, para su descarte como tratamiento adecuado el conocimiento, no sólo, las características de los vertidos, si no también, su <u>caracterización</u>.

De acuerdo a la definición dada por la Federación para el Control de la Polución del Agua (WPCF), las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñadas, construidas y operadas con el objeto de convertir el líquido cloacal proveniente del uso de las aguas de abastecimiento, en un efluente final aceptable; y para disponer adecuadamente de los sólidos ofensivos que necesariamente son separados durante el proceso.

Esta definición deja entrever, por supuesto, la necesidad, en primer término, de determinar las características de los líquidos cloacales crudos; esto es, su composición tal como aparecen antes de recibir forma alguna de tratamiento. Y en segundo lugar, el preestablecer o fijar las características que debe acusar el efluente, o sea el líquido residual descargado, una vez que haya recibido un determinado grado de tratamiento.

Una consideración importante en la caracterización, es la influencia de las costumbres y hábitos de la región en donde se esté haciendo el estudio, ya que hay zonas en que tienden a utilizar más aceites en su dieta alimenticia o reutilizan los desperdicios de los alimentos (comida para animales domésticos), con mayor frecuencia que otras, lo cual trae una sensible variación en la DBO, estos casos son un ejemplo de las múltiples variaciones que se pueden presentar en las aguas residuales debido a la cultura de la zona. El contenido



típico de materia orgánica de las aguas residuales en un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas, el pH puede variar entre 6.5 a 8.

No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales con arreglo a un rango típico de valores dados según el proceso de fabricación. La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciado el número de personas, o equivalente de población (PE), necesario para producir la misma cantidad de residuos. Este valor acostumbra a expresarse en términos de DBO₅.

La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos de traza, petróleo y productos químicos orgánicos.

Actualmente, en el Decreto 883, de fecha 18/12/1995, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, Nº 5.021: Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (Ver Anexo IV), se hace una clasificación de los constituyentes de los vertidos en dos grupos, lo cual es un importante instrumento para la caracterización de las aguas residuales, en cuanto al grado de toxicidad que estas puedan tener.

- **Grupo I**: Elementos compuestos o sustancias que, por su naturaleza, sean tóxicos o que limiten severamente el uso al cual están destinadas las aguas del cuerpo receptor.
- **Grupo II**: Elementos, compuestos, sustancias o características que, sin llegar a conferir propiedades tóxicas al agua, limiten su uso por modificar sus propiedades organolépticas o, provoquen procesos indeseables como: la eutrofización, agotamiento de oxígeno disuelto.



CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO



II.1 ADECUACIÓN DE LOS DIFERENTES VERTIDOS

De acuerdo a la definición dada por la Federación para el Control de la Polución del Agua (WPCF), las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñadas, construidas y operadas con el objeto de convertir el líquido cloacal proveniente del uso de las aguas de abastecimiento, en un efluente final aceptable; y para disponer adecuadamente de los sólidos ofensivos que necesariamente son separados durante el proceso.

Esta definición deja entrever, por supuesto, la necesidad, en primer término, de determinar las características de los líquidos cloacales crudos; esto es, su composición tal como aparecen antes de recibir forma alguna de tratamiento. Y en segundo lugar, el preestablecer o fijar las características que debe acusar el efluente, o sea el líquido residual descargado, una vez que haya recibido un determinado grado de tratamiento.

Esto, naturalmente, obliga a satisfacer ciertas normas o reglas, capaces de garantizar la preservación de las aguas de recibimiento, al límite de que su uso posterior no quede restringido o descartado, como consecuencia de una polución y contaminación incontroladas, de una magnitud mayor a la que pudiera ser absorbida a través de su fuerza natural de autodepuración.

1.1 Clasificación previa del vertido

Como ya se mencionó, es necesario identificar plenamente las características del vertido que se va a producir (dependiendo del tipo de actividad en que se desarrolle – ver Tabla II.1), antes de diseñar los tratamientos que se consideren necesarios para su adecuación, con el objetivo de obtener un efluente final que tenga un efecto nocivo mínimo sobre el ambiente según la forma en que se defina su disposición.



Este puede ser un proceso laborioso, puesto que el tipo y calidad de vertido que se obtenga va a depender de las actividades que se lleven a cabo, en donde esté involucrado el uso del agua. En la Figura II. 1 se destacan los usos más importantes que se le da al agua, así como las diferentes rutas que se pueden seguir para la disposición de la misma.

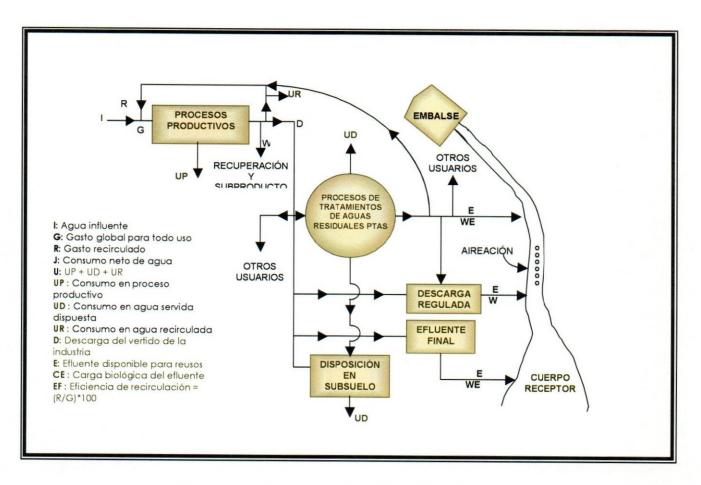


Figura II. 1. Diagrama de utilización del agua

Para desarrollar la identificación, se usaron como herramientas el Clasificador Industrial Internacional Uniforme de las Naciones Unidas, el Clasificador de la GTZ Cooperación Técnica República Federal de Alemania y del Decreto 883 (Normas para la planificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos) en cuanto a la categorización de contaminantes presentes en el agua y su efecto en la forma de disposición final de los vertidos



En la Tabla II.1¹ se presenta el tipo de industria o activad, el código dado por el Clasificador Industrial Internacional Uniforme, Código y tipo de vertido según el Clasificador de la GTZ Cooperación Técnica República Federal de Alemania y por último la caracterización por los grupos dados en el Decreto 883

TIPO DE INDUSTRIA O ACTIVIDAD	CODIGO según ONU	CÓDIGO Según GTZ ²	TIPO DE VERTIDO PROCESADO	CLASIFICACIÓN por grupo Decreto 883
PRODUCCIÓN AGOPECUARIA	11-111-1110	6629 66291 66298	ORGANICO	GRUPO II
EXPLOTACIÓN PORCINA	11-111-1111	66296	ORGANICO	GRUPO II
EXPLOTACIÓN DE MINAS DE CARBON	21-210-2110	66133 66135	INORGÁNICO	GRUPO II
PRODUCCIÓN DE PETROLEO CRUDO Y GAS NATURAL	22-220-2200	6628 66281 66282 66283	ORGANICO	GRUPO I
EXTRACCIÓN DEL MINERAL DEL HIERRO	23-230-2301	6612 66121 66122	INORGÁNICO	GRUPO I
EXTRACCIÓN DE MINERALES NO FERROSOS	23-230-2302	66126	INORGÁNICO	GRUPO I
EXTRACCIÓN DE PIEDRAS ARCILLA Y ARENAS	29-290-2901	6611 6612	INORGÁNICO	GRUPO II
EXPLOTACIÓN DE MINAS DE SAL	29-290-2903	6613	INORGÁNICO	GRUPO I

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales

¹ Informe de pasantía: Guía para el Estudio de Vertidos Líquidos Industriales. Br. Railded Girón. 2004-LABSAM

² Código tomado del Manual de Disposición de Aguas Residuales, GTZ Cooperación Técnica República Federal de Alemania



TIPO DE INDUSTRIA O ACTIVIDAD	CODIGO según ONU	CÓDIGO Según GTZ	TIPO DE VERTIDO PROCESADO	CLASIFICACIÓN por grupo Decreto 883
EXTRACCIÓN DE MINERALES PARA LA FABRICACIÓN DE ABONOS Y ELABORACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	29- 290-2902	6613 66144	INORGÁNICO	GRUPO I
EXPLOTACIÓN DE MINAS	29-290-2909	66131	INORGÁNICO	GRUPO I
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS EXCEPTO BEBIDAS	31-311-3110	6629	ORGANICO	GRUPO II
MATANZA DE GANADO PREPARACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARNES	31-311-3111	66296	ORGANICO	GRUPO II
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS LACTEOS	31-311-3112	66292	ORGANICO	GRUPOII
ENVASADO Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS	31-311-3113	66298	ORGANICO	GRUPO II
ELABORACIÓN DE CONSERVAS DE PESCADO, CRUSTÁCEOS Y OTROS PRODUCTOS MARINOS	31-311-3114	66297	ORGANICO	GRUPO II
FABRICACIÓN DE ACEITES Y GRASAS, VEGETALES Y ANIMALES	31-311-3115	66295	ORGANICO	GRUPO II

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales. (Continuación)



TIPO DE INDUSTRIA O	CODIGO	CÓDIGO	TIPO DE VERTIDO	CLASIFICACIÓN	
ACTIVIDAD	según ONU	Según GTZ	PROCESADO	por grupo Decreto 883	
FABRICA Y REFINERÍA DE AZUCAR	31- 311-3118	66291	ORGANICO	GRUPO II	
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS DIVERSOS, ENTRE ELLOS: PRODOCTOS DE MOLINERIA, PASTAS ALIMENTICIAS, Y PRODUCTOS AMILACEOS	31-311-3121	-311-3121 66299 ORGANICO		GRUPO II	
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES	31-311-3122	6629	ORGANICO	GRUPO II	
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DEBEBIDAS ESPIRITUOSAS	31- 313-3131	66294 66293 ORGANICO 66294		GRUPO II	
INDUSTRIAS VINÍCOLAS	31-313-3132	662910	ORGANICO	GRUPO II	
FABRICACIÓN DE CERVEZA	31-313-3133	66294	ORGANICO	GRUPO II	
INDUSTRIAS DE BEBIDAS NO ALCOHOLICAS Y AGUA GASEOSA	31-313-3134	66143	ORGANICO	GRUPO II	
INDUSTRIA DEL TABACO	31-314-3140	6629	ORGANICO	GRUPO II	

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales (Continuación)



TIPO DE INDUSTRIA O ACTIVIDAD	CODIGO según ONU	CÓDIGO Según GTZ	TIPO DE VERTIDO PROCESADO	CLASIFICACIÓN por grupo Decreto 883	
HILADO, TEJIDO Y ACABADO DE TEXTILES. FABRICACIÓN DE FIBRAS TEXTILES NATURALES Y SINTETICA	TTILES. FIBRAS 32-321-3211		ORGANICO	GRUPO I	
CURTIDURAS Y TALERES DE ACABADO	32- 323-3231	6625 66251	ORGANICO	GRUPO I	
INDUSTRIA DE LA PREPARACIÓN Y TEÑIDO DE PIELES	32- 323-3232	6625 66252	ORGANICO	GRUPO I	
FABRICACIÓN DE PULPA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	34-341-3411	6627 66271 66272 662723 662724 662725 662726	ORGANICO	GRUPO II	
FABRICACIÓN DE PULPA, PAPEL Y CARTON	34-341-3419	66271 662723 662724 662725 6662726	ORGANICO	GRUPO II	
FABRICACION DE SUSTANCIAS QUÍMICAS INDUSTRIALES BASICAS EXCEPTO ABONOS	35-351-3511	6614 66141 66142 66143 66145 661261 661262 661263	INORGÁNICO	GRUPO I	
FABRICACIÓN DE ABONOS Y PLAGUICIDAS	35-351-3512	66144	INORGÁNICO	GRUPO I	

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales (Continuación)



TIPO DE INDUSTRIA O ACTIVIDAD	CODIGO según ONU	CÓDIGO Según GTZ	TIPO DE VERTIDO PROCESADO	CLASIFICACIÓN por grupo Decreto 883	
FABRICACIÓNDE RESINAS SINTETICAS, MATERIAS PLASTICAS Y FIBRAS ARTIFICIALES, EXCEPTO VIDRIOS	35-351-3513	6624 66241 66242 66243	ORGANICO	GRUPO I	
FABRICACIÓN DE PINTURAS BARNICES Y LACAS	35-352-3521	6614 66141 66142	INORGANICO	GRUPO I	
FABRICACIÓNDE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS Y MEDICAMENTOS	35- 352-3522	6621 66211 66212	ORGANICO	GRUPO II	
FABRICACIÓNDE JABONES Y PREPARACIÓN DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA, PERFUMES, COSMÉTICOS Y OTROS PRODUCTOS DE TOCADOR	35-352-3523	66221 66222 6623 66231 66232	ORGANICO	GRUPO I	
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS NO ESPECIFICADOS Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES Y PLÁSTICOS	35- 352-3529	66241	ORGANICO	GRUPO I	
REFINACIÓN DE PETROLEO	35-353-3500	6628 66281 66282	ORGANICO	GRUPO I	
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DIVERSOS DERIVADOS DEL PETROLEO Y DEL CARBON	35-354-3540	66283 66284 66136 66134	ORGANICO	GRUPO II	

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales (Continuación)



TIPO DE INDUSTRIA O ACTIVIDAD	CODIGO según ONU	CÓDIGO Según GTZ	TIPO DE VERTIDO PROCESADO	CLASIFICACIÓN por grupo Decreto 883
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CAUCHO NO ESPECIFICADO	35 -354-3559	66283	ORGANICO	GRUPO I
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO	36- 354-3620	6611 INORGANICO		GRUPO II
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO	36- 369-3692	6611	INORGÁNICO	GRUPO I
INDUSTRIAS BASICAS DEL HIERRO Y DEL ACERO	37-371-3710	66121 66122 66123	INORGÁNICO	GRUPO I
INDUSTRIAS BASICAS DE METALES NO FERROSOS	37- 372 - 3720	66124	INORGÁNICO	GRUPO I
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METALICOS NO ESPECIFICADOS EXCEPTUANDO MAQUINARIAS Y EQUIPOS	38- 381-3819	66124 66126	INORGANICO	GRUPO I
CONSTRUCCIONES NAVALES Y REPARACIONES DE NAVES	38-384-3841	66122 66123	INORGANICO	GRUPO I
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS	38-384-3843	66122 66123	INORGANICO	GRUPO I

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales (Continuación)



TIPO DE INDUSTRIA O ACTIVIDAD	CODIGO según ONU	CÓDIGO Según GTZ	TIPO DE VERTIDO PROCESADO	CLASIFICACIÓN por grupo Decreto 883
GENERACIÓN Y TRANSMICIÓN DE ENERGIA ELECTRICA, INDUSTRIA TERMOELÉCTRICA	41-410-4101	66125	INORGANICO	GRUPO II
HOTELES	63-632-6320	66132	ORGANICO	GRUPO I
TRANSPORTE POR OLEODUCTOS O GASODUCTOS	71-711-7115	S/C	ORGANICO	GRUPO I
SERVICIOS RELACIONADOS CON EL TRANSPORTE POR AGUA	71-712-7123	S/C	ORGANICO	GRUPO I
DEPOSITO Y ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS Y SUS DERIVADOS	71-719-7192	66210	ORGANICO	GRUPO I
SERVICIOS DE SANEAMIENTO Y SIMILARES	92-920-9200	66132	INORGANICO	GRUPO II
SERVICIOS DE □IVERSIÓN Y ESPARCIMIENTO	94-949-9490	66132	ORGANICO	GRUPO II
ESTABLECIMIENTOS DE TEÑIDO Y PRELAVADO	94-952-9520	66262 66252	ORGANICO	GRUPO II
LABORATORIOS FOTOGRAFICOS, INCLUIDA LA FOTOGRAFIA COMERCIAL	94-959-9592	6614	INORGANICO	GRUPO I

TABLA II.1. Caracterización de Vertidos Líquidos Industriales. (Continuación)



1.2 Diseño del perfil de análisis de laboratorio

El diseño de un perfil de laboratorio adecuado va a depender del grado de especifidad que se pueda tener en la identificación del agua residual a tratar. En la tabla II.1 se puede observar que dependiendo del tipo de industria o actividad, es posible obtener una identificación, que a priori, permite ubicar rápidamente los componentes principales del tratamiento necesario para dicho efluente. Luego de cumplir con este paso en el laboratorio correspondiente se procede a desarrollar el perfil de tratamiento, ya que cada vertido posee características particulares que impiden tener un perfil único, sino que este se debe adaptar a las características presentes en el agua y al tipo de disposición final que se pueda dar.



II.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS APLICABLES AL TRATAMIENTO DE VERITIDOS

Los procesos y operaciones unitarias se combinan y complementan para dar lugar a diversos niveles de tratamiento. Estos tratamientos consisten en un proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables

Por lo cual, es necesario hacer un estudio completo de las condiciones y parámetros que caracterizan el agua servida cruda (perfil de laboratorio), es decir, antes de recibir cualquier tipo de tratamiento; además de las condiciones socioeconómicas de la población que las produce, para hacer una selección óptima de los procesos necesarios, y por consiguiente el diseño de la planta de tratamiento para esas aguas servidas que se adecue a los requerimientos exigidos y sea económicamente sustentable por los que asuman la responsabilidad de su mantenimiento

2.1 Aplicación de los métodos de Tratamiento

El propósito del tratamiento de las aguas residuales, previo a su disposición por dilución, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que queden al ser descargados a las aguas receptoras no interfieran con el mejor o más adecuado empleo de éstas, tomando en cuenta la capacidad de las aguas receptoras para asimilar la carga que se agregue. Como el mejor empleo de las aguas receptoras puede variar desde un agua para beber o para fines culinarios, la cantidad o grado de tratamiento que se dé a las aguas negras o a los desechos debe variar de acuerdo con ello. Debe procurarse un tratamiento para los sólidos y líquidos que se eliminan como lodos, y puede



también necesitarse un tratamiento para controlar los olores, para retardar las actividades biológicas o destruir los organismos patógenos.

Históricamente, los términos "pretratamiento" o "tratamiento primario" se referían a las operaciones físicas unitarias; el término "tratamiento secundario" se refería a los procesos químicos o biológicos unitarios, y se conocía con el nombre de "tratamiento terciario" o "avanzado", a las combinaciones de los tres. No obstante, estos términos son arbitrarios y, en muchos casos, carecen de valor alguno. Un enfoque más racional consiste, en primera instancia, en establecer el nivel de eliminación de contaminantes (tratamiento) necesario antes de reutilizar o verter las aguas residuales al medio ambiente. A partir de ese momento, basándose en consideraciones fundamentales, es posible agrupar las diferentes operaciones y procesos unitarios necesarios para alcanzar el nivel de tratamiento adecuado.

2.1.1 Pretratamiento de las aguas residuales.

El pretratamiento se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales, cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Como ejemplos de pretratamientos podemos citar el desbaste y dilaceración, para la eliminación de sólidos gruesos y trapos, la flotación para la eliminación de grasas y aceites, el desarenado para la eliminación de materia en suspensión gruesa que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

2.1.2 Tratamiento primario de las aguas residuales.

En este tratamiento 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 alta DBO. 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.

2.1.3 Tratamiento secundario convencional.

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. Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes, e incluye el tratamiento biológico con fangos activados, reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación.

2.1.4 Tratamiento avanzado/Recuperación del agua residual.

Redefine como tratamiento avanzado el nivel de tratamiento necesario, más allá del tratamiento secundario convencional, para la eliminación de constituyentes de las aguas residuales que merecen especial atención, como los nutrientes, los compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión. Además de los procesos de eliminación de nutrientes, otros procesos u operaciones unitarias habitualmente empleadas en los tratamientos avanzados son la coagulación química, floculación y sedimentación seguida de filtración y carbono activado. Para la eliminación de iones específicos y para la reducción de sólidos disueltos, se emplean métodos menos comunes, como el intercambio iónico o la ósmosis inversa. También se emplea el tratamiento avanzado para diversas posibilidades de reutilización de las aguas residuales para las cuales es preciso conseguir efluentes de alta calidad, como puede el



caso del agua empleada para refrigeración industrial o para la recarga de aguas subterráneas.

2.1.5 Tratamiento de fangos.

Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Mientras que en algunos cuantos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a tratamiento, generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes. Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero de éstos eliminar parcial o totalmente el agua que contiene los lodos, para disminuir su volumen en fuerte proporción y, en segundo lugar, para que se descompongan todos los sólidos orgánicos putrescibles trasformándose en sólido minerales o sólidos orgánicos relativamente estables.

Las aplicaciones referentes a los tratamientos se pueden ver en la figura II.2

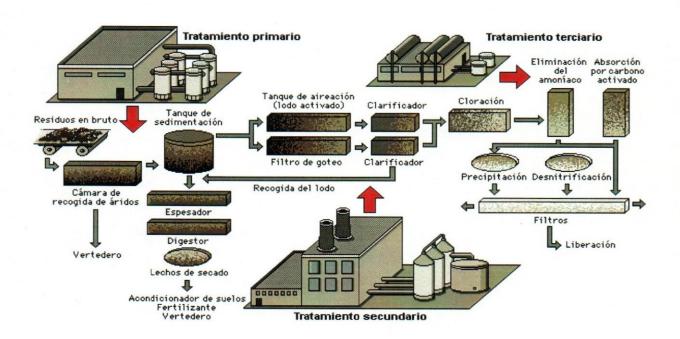


Figura II.2: Aplicación de los procesos de tratamiento



2.2 Tipos de procesos para la adecuación de líquidos

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos, biológicos y sus combinaciones entre si. Los métodos individuales suelen clasificarse en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios.

2.2.1 Operaciones Físicas Unitarias

Los métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como Operaciones Físicas Unitarias. Puesto que las operaciones llevadas a cabo en el tratamiento de aguas residuales, que producen los cambios en las características y propiedades del agua se realizan mediante la aplicación de dichas fuerzas.

En la Figura II.3 se muestra la situación y ubicación de las Operaciones Físicas Unitarias mediante el diagrama de flujo de una planta de tratamiento de agua residual.

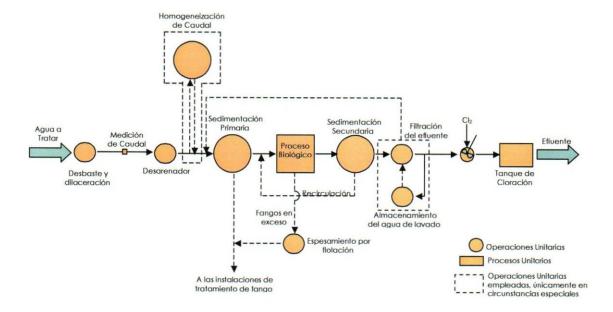


Figura II.3: Situación de las operaciones físicas unitarias en el diagrama de flujo de una planta de tratamiento de agua residual



2.2.1.1 Medición de caudales

Un aspecto crítico en la eficacia de explotación de una planta moderna de tratamiento de aguas residuales es la correcta selección, uso y mantenimiento de los aparatos de medición de caudal. Un sistema completo de medición del caudal consta de dos elementos:

- Sensor o detector
- Dispositivo convertidor

El sensor o el detector se exponen o se ven afectados por el flujo, mientras que el convertidor es el dispositivo que traduce la señal, o la lectura, desde el censor hasta el elemento en que se registran, o se leen las mediciones. En los siguientes aparatos, sólo se consideran los aspectos relacionados con el tipo de censor empleado. En la Tabla II.2³ se exponen los principales tipos de censores o detectores empleados para la medición de los caudales en las diferentes líneas de flujo de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Agua Aparato de medida residual bruta		APLICACIÓN							
	Efluente Primario	Efluente secundario	Fango primario	Fango de retorno	Fango espesado	Líquido mezcla	Agua del proceso		
Canales, flujo en lamina libre									
Carga / Área									
Canal de aforador	\square								
Vertedero									
Otros									
Magnético -insertado								\square	
Carga - Velocidad									
Conducciones cerradas									

Tabla II.2. Aplicación de los aparatos de medida de caudal. (Continuación)

³ METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Tercera edición. 1995. Pág. 225



Aparato de medida	APLICACIÓN								
	Agua residual bruta	Efluente Primario	Efluente secundario	Fango primario	Fango de retorno	Fango espesado	Líquido mezcla	Agua del proceso	
Carga/Presión									
Tubo de flujo	✓ Þ			✓ b	☑ Þ	b,c			
Orificio									
Tubo de Pitot									
Rotámetro								\square	
Venturi	✓ Þ	✓ 6	\square	✓ Þ	✓ b	✓ b			
Efectos del fluido en movimiento			_						
Magnético (tubo)	\square	\square	\square		\checkmark	\square			
Magnético -insertado						-			
Catódico									
Ultrasonido (doppler)				\square	\checkmark	✓ d			
Ultrasonido								_	
(transmisión)		\checkmark	\square				\square	\square	
Difusor de vórtice		\square	\square						
Desplazamiento positivo									
Hélice									
Turbina									

^a Basado en la práctica industrial y la buena práctica de ingeniería

Tabla II.2. Aplicación de los aparatos de medida de caudal

2.2.1.2 Desbaste

La primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento es la operación de desbaste. Una rejilla es un elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos existentes en el agua residual.

Los elementos separadores pueden estar constituidos por barras, alambres o varillas paralelas, rejillas, telas metálicas o placas perforadas, y las aberturas pueden ser de cualquier forma, aunque normalmente suelen ser ranuras

^b Se recomienda la limpieza con agua a presión o que las conexiones de diafragma sean selladas

^c No se recomienda el uso con sistemas de bombas de pistón dispuestas en línea

^d Contenido de sólidos inferior al 4%



rectangulares u orificios circulares. Los elementos formados por varillas o barras paralelas reciben el nombre el nombre de rejas de barrotes. El término tamiz se circunscribe al uso de placas perforadas y mallas metálicas de sección cuneiforme. La función que desempeñan las rejas y tamices se conoce con el nombre de desbaste, y el material separado en esta operación recibe el nombre de basuras o residuos de desbaste. Según el método de limpieza que se emplee, los tamices y rejas pueden ser de limpieza manual o automática. Los elementos de uso más frecuente para las operaciones de desbaste son los que aparecen en la Tabla II.3.

Rejas

En los procesos de tratamiento de agua residual, las rejas se utilizan para proteger bombas, válvulas, conducciones y otros elementos contra los posibles daños y obturaciones provocados por la presencia de trapos y de objetos de gran tamaño. Las plantas de tratamiento de aguas industriales pueden no precisar la instalación de rejas, dependiendo de las características de los residuos.

Tamices

Su campo de aplicación se extiende desde el tratamiento primario hasta la eliminación de sólidos en suspensión de los efluentes procedentes de los procesos de tratamiento biológico.



Tipo de dispositivo	Clasificación por tamaño	Intervalo de paso, cmª	Material	— Aplicación	
Reja de barras	Grueso	1.5 – 3.75	Acero, acero inoxidable	Pretratamiento	
Tamices:					
Inclinado (fijo)	Medio	0.025 -0.25	Malla de cuña de acero inoxidable	Tratamiento primario	
Inclinado (giratorio)	Grueso	0.075x0.225x5	Placa de bronce o de cobre pulido	Pretratamiento	
Tambor (giratorio)	Grueso	0.25 – 0.5	✓ Malla de cuña de acero inoxidable	✓ Pretratamiento	
	Medio	0.025 - 0.25	 Malla de cuña de acero inoxidable 	✓ Tratamiento primario	
	Fino	6-35 micras	✓ Mallas de poliéster y de acero inoxidable	✓ Eliminación de sólidos en suspensión residuales secundarios	
Disco giratorio	Medio	0.025 - 0.1	Acero inoxidable	Tratamiento primario	
	Fino	0.0025-0.05	Acero inoxidable	Tratamiento primario	
Centrífugo	Fino	0.005-0.05	Acero inoxidable, poliéster y diversos tipos de telas	Tratamiento primario,	
			a	tratamiento secundario con tanque de sedimentación, y	
				eliminación de sólidos en	
				suspensión residuales	
				secundarios	

Tabla II.3. Descripción de los dispositivos de desbaste empleados en el tratamiento de las aguas residuales

2.2.1.3 Homogeneización de caudales

La homogeneización consiste, simplemente en amortiguar por laminación las variaciones de caudal, con el objeto de conseguir un caudal constante o casi constante. Las principales aplicaciones están concebidas para la homogeneización:



- Caudales en tiempo seco
- Caudales procedentes de redes de alcantarillado separativas en épocas Iluviosas
- Caudales procedentes de redes de alcantarillado unitarias, combinación de aguas pluviales y aguas residuales sanitarias

La aplicación de la homogeneización de caudales en el tratamiento del agua residual se ilustra en los dos diagramas de flujo en la Figura II.4. En la disposición que recibe el nombre de "en línea" (Fig. II.4 a). La totalidad del caudal pasa por el tanque de homogeneización. Este sistema permite reducir las concentraciones de los diferentes constituyentes y amortiguar los caudales de forma considerable. En la disposición "en derivación" (Fig. II.4 b) sólo se hace pasar por el tanque un límite prefijado.

Las principales ventajas que produce la homogeneización de caudales son las siguientes:

- Mejora del tratamiento biológico, ya que eliminan o reducen las cargas de choque, se diluyen las sustancias inhibidoras, y se consigue estabilizar el pH.
- Mejora de la calidad del efluente y del rendimiento de los tanques de sedimentación secundaria al trabajar con cargas de sólidos constante
- Reducción de las superficies necesarias para la filtración del efluente, mejora de los rendimientos de los filtros y posibilidad de conseguir ciclos de lavado más uniformes.
- En el tratamiento químico, el amortiguamiento de las cargas aplicadas mejora del control de la dosificación de los reactivos y la fiabilidad del proceso

A parte de la mejora de la mayoría de las operaciones y procesos de tratamiento, la homogeneización del caudal es una opción alternativa para



incrementar el rendimiento de las plantas de tratamiento que se encuentran sobrecargadas.

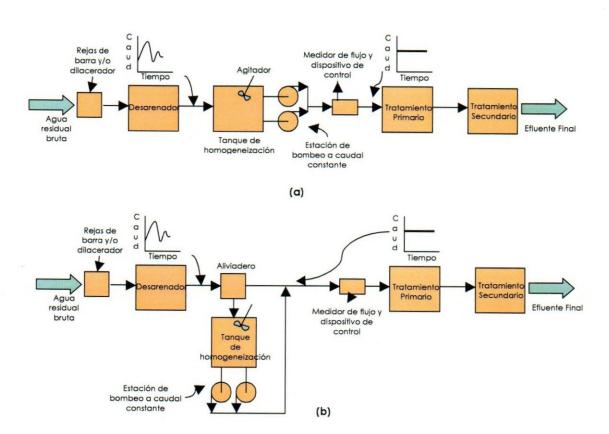


Figura II.4: Diagramas de flujo típicos de una planta de tratamiento de aguas residuales incorporando homogeneización de agua: (a) en línea, (b) en derivación

2.2.1.4 Separación por gravedad

La separación por gravedad de sustancias contaminantes en las aguas residuales, es necesaria para evitar perturbaciones en los procesos posteriores de tratamiento, así como para impedir que estas sustancias se depositen en las paredes y en el fondo de las instalaciones de tratamiento

Para la separación por gravedad, y según la densidad de los residuos, se utiliza el siguiente equipo:



a) Sistemas de flotación

Se utiliza el sistema de flotación cuando los sólidos de las aguas residuales sedimentan deficiente mente o no llega a hacerlo, debido a su bajo peso específico. La separación se consigue introduciendo burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior, como el caso del aceite en el agua.

La aplicación práctica de la flotación en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas se limita, en la actualidad, al uso del aire como agente responsable del fenómeno. Las burbujas se añaden, o se induce su formación, mediante uno de los siguientes métodos:

- Inyección de aire en el líquido sometido a presión y posterior liberación de la presión a que está sometido el líquido.
- Aireación a presión atmosférica.
- Saturación con aire a la presión atmosférica, seguido de la aplicación del vacío al líquido.

Flotación por aire disuelto

El aire se disuelve en el agua residual a una presión de varias atmósferas, y a continuación se libera la presión hasta alcanzar la atmosférica (veáse Figura II.5). En las instalaciones de pequeño tamaño, se puede presurizar a 230-275 Killo Pascal (kPa) mediante una bomba la totalidad del caudal a tratar, añadiéndose el aire el aire comprimido en la tubería de aspiración de la bomba (Figura II.5 a). El caudal se mantiene bajo presión en un calderón durante



algunos minutos, para dar tiempo a que el aire se disuelva. A continuación, el líquido presurizado se alimenta al tanque de flotación a través de una válvula reductora de presión, lo cual provoca que el aire deje de estar en disolución y que se formen diminutas burbujas distribuidas por todo el volumen de líquido.

En las instalaciones de mayor tamaño, se recircula parte del efluente del proceso de flotación por aire disuelto (entre el 15% y el 20%), el cual se presuriza y se semisatura con aire (Figura II.5 b). El caudal recirculado se mezcla con la corriente principal sin presurizar antes de la entrada al tanque de flotación, lo que provoca que el aire deje de estar en disolución y entre en contacto con las partículas sólidas a la entrada del tanque. Las principales aplicaciones de la flotación por aire disuelto se centran en el tratamiento de vertidos industriales y en el espesado de fangos.

Flotación por aireación

En estos sistemas las burbujas de aire se introducen directamente en la fase líquida por medio de difusores o turbinas sumergidas. La aireación directa durante cortos periodos de tiempo no es especialmente efectiva a la hora de conseguir que los sólidos floten. La instalación de tanques de aireación no suele estar recomendada para conseguir la flotación de las grasas, aceites y sólidos presentes en las aguas residuales normales, pero ha resultados exitosa en el caso de algunas aguas residuales con tendencia a generar espumas.



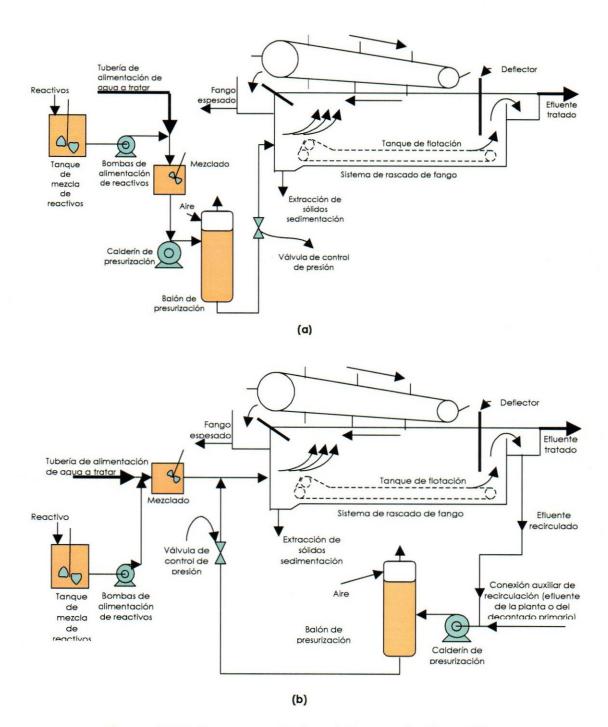


Figura II.5. Esquema de los sistemas de flotación por aire disuelto: (a) sin recirculación, (b) con recirculación



Flotación por vacío

Consiste en saturar de aire el agua residual: (1) directamente en el tanque de aireación, o (2) permitiendo que el aire penetre en el conducto de aspiración de una bomba. Al aplicar el vacío parcial, el aire disuelto abandona la solución en forma de burbujas diminutas. Las burbujas y las partículas sólidas a las que se adhiere ascienden entonces a la superficie para formar una capa de espuma que se elimina mediante un mecanismo de rascado superficial. La arena y demás sólidos pesados, que se depositan en el fondo, se transportan hacia un cuenco central de fangos para su extracción por bombeo.

b) Sistemas de sedimentación

La sedimentación, se basa en la separación de partículas suspendidas con peso específico mayor al del agua por acción de la fuerza de gravedad. Los sistemas de sedimentación consisten en estanques por los que corre un efluente cuya velocidad de flujo ha sido reducida para que las sustancias sedimentables puedan precipitar y las sustancias flotantes puedan agruparse en la superficie del agua. El objetivo del tratamiento por sedimentación es el de remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y material flotante para así disminuir la concentración de sólidos suspendidos. La sedimentación primaria se emplea como parte del Pretratamiento dentro del procesamiento integral de las aguas residuales.

Con base en la concentración de partículas y la tendencia de éstas a interactuar entre sí, se pueden presentar cuatro clases de sedimentación, los cuales están explicados en la Tabla II.4:

- Sedimentación de partículas discretas.
- Sedimentación de partículas floculentas.
- Sedimentación interferida o zonal.



Sedimentación por compresión.

Fenómeno de					
separación	Descripción	Aplicaciones/Ocurrencia			
☑ Sedimentación de	Se refiere a la sedimentación por	Remoción de arenas del agua			
partículas discretas	gravedad de partículas en una suspensión	residual.			
(Tipo1)	con baja concentración de sólidos en un				
	campo de aceleración constante. Las				
	partícula sedimentan como entidades				
	individuales y no hay interferencia				
	significativa con las partículas vecinas				
✓ Sedimentación de	Se refiere a una suspensión mucho más	Remoción de una fracción de			
partículas floculentas	diluida en partículas que se aglutinan o	los sólidos suspendidos			
(Tipo 2)	floculan durante la sedimentación. Las	presentes en aguas residuales			
	partículas al aglutinarse aumentan su	crudas en las unidades de			
	masa y sedimentan a mayor velocidad	sedimentación primaria y en la			
		parte superior de los			
		sedimentadotes secundarios.			
		También remueve los flóculos			
		químicos de los			
		sedimentadotes.			
✓ Sedimentación	Se refiere a suspensiones de	Se presenta en unidades de			
interferida o zonal (Tipo	concentración intermedia, en las cuales la	sedimentación secundaria			
3)	fuerza entre las partículas es suficiente	usadas como parte del			
	para interferir en la sedimentación de las	tratamiento biológico.			
	partículas vecinas. Las partículas tienden				
	a permanecer en posiciones relativas fijas				
	y la masa de partículas relativas fijas				
	junto con la masa de partículas se				
	sedimentan como una unidad. En la parte				
	superior de la masa que se sedimenta se				
	forma una interfaz sólida-líquida bien				
	definida.				

Tabla II.4. Clases de separación por gravedad usadas en el tratamiento del agua residual



Fenómeno de separación	Descripción	Aplicaciones/Ocurrencia
Sedimentación por	Se refiere a la sedimentación en donde la	Se presenta generalmente en la
compresión (Tipo4)	concentración de partículas es tan alta	capa inferior de lodos espesos,
	que promueve la formación de una	tal como ocurre en el fondo de
	estructura, y la sedimentación ocurre sólo	sedimentadotes y en
	por compresión de esa estructura. La	espesadores de lodo.
	compresión ocurre por el peso de las	
	partícula que se van incorporando a la	
	estructura provenientes del líquido	
	sobrenadante.	
☑ Sedimentación	Remoción de partículas en suspensión por	Remoción de arenas del agua
acelerada	sedimentación en un campo con	residual.
	aceleración	
Separación por	Remoción por flotación de partículas ene	Remoción de grasas, aceites y
flotación	suspensión con peso específico menor al	material flotante. Se emplea
	del agua.	también en espesadores de
		lodos.

Tabla II.4. Clases de separación por gravedad usadas en el tratamiento del agua residual. (Continuación)

Sedimentadores tubulares y de placas

Son tanques de poca profundidad provistos de placas paralelas o conjuntos de pequeños tubos de plástico con geometría diversa utilizados para mejorar las características de sedimentación de los sedimentadotes. Esta clase de sedimentadotes se emplean en unidades de tratamiento primario, secundario y terciario (veáse figura II.6). Es práctica común insertar los módulos de placas o tubos en sedimentadotes con suficiente profundidad, que pueden ser de sección circular o rectángular. En tales sedimentadotes, el fluido asciende dentro del tanque a través de los módulos de placas o de los tubos y sale como líquido clarificado por la parte superior. Los sólidos que se depositan en el interior de



los módulos se mueven en dirección contraria al fluido por la acción de la gravedad hasta alcanzar el fondo del tanque.

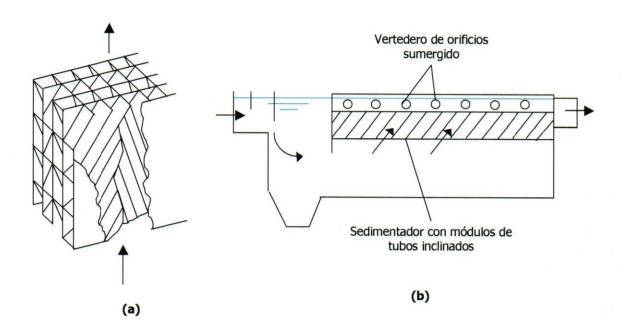


Figura II.6: Sedimentadores tubulares y de placas (a) módulo de tubo inclinado, (b) módulo de tubos inclinado en un sedimentador rectángular

Tanques rectangulares

En los sedimentadotes horizontales predomina el flujo horizontal (a diferencia del flujo radial que se da en sedimentadotes circulares). Los sedimentadotes rectangulares cuentan con sistemas para recolección de lodo sedimentado, los cuales pueden ser de barredores con cadenas o de puente móvil.

Dado que en los sedimentadotes rectangulares la distribución del caudal de entrada es crítica, la entrada de agua al sedimentador se realiza empleando uno de los siguientes diseños: canales que ocupan la totalidad del ancho del sedimentador con vertederos de entrada; canales de entrada con orificios sumergidos; canales de entrada con compuertas grandes y deflectores



Las espumas se recolectan por lo general en el extremo de salida de los sedimentadotes rectangulares, con ayuda de barredores que se mueven sobre la superficie del líquido. Existen varios métodos usados para la recolección de espuma, tales como: arrastre manual hasta una rampa inclinada; evacuación en tubería horizontal dotada de ranuras que pueden rotar mediante una manivela o un tornillo; por medio de un barredor helicoidal transversal acoplado a un eje; por los colectores de barredores superficiales con cadena; colectores de puente móvil con barredores superficiales.

Tanques circulares

El flujo en los tanques circulares es de tipo radial, a diferencia de los tanques rectangulares donde existe flujo de tipo horizontal. Para lograr ese tipo de flujo, el agua a tratar se introduce en el sedimentador por el centro o por la periferia del tanque, tal como se observa en la Figura II.7. Ambas configuraciones de flujo promueven por lo general resultados satisfactorios, aunque el sistema de alimentación central es el más usado (Fig. II.7 a).

El agua residual se distribuye uniformemente en todas las direcciones con ayuda de un vertedero circular ubicado en la zona central del tanque. Este tipo de tanque cuenta con un sistema de dos y cuatro brazos que giran lentamente, equipados con barredores de fondo para la remoción de lodos y con cuchillas superficiales para remover espuma. Los sedimentadotes circulares con alimentación perimetral (Fig. II.7 b) cuentan con un deflector circular suspendido a corta distancia de la pared de tanque, formado un espacio anular por donde se descarga el agua residual en dirección tangencial.



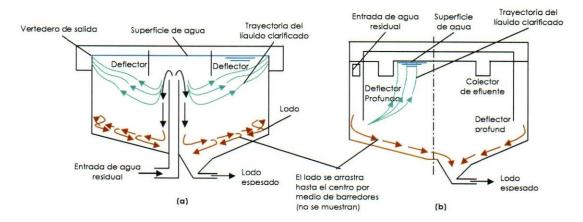


Figura II.7. Tanques circulares de sedimentación: (a) alimentación central y (b) alimentación perimetral

d) Trampas de arena o desarenadores

Son estanques para sedimentar partículas minerales cuyo tamaño varía entre 0.2 y 2 mm y que están presentes en las aguas residuales. La finalidad es separar principalmente aquellos componentes que tienen un efecto negativo en los procesos biológicos y que podrían representar una carga inútil en los estanques biológicos o de digestión.

e) Separadores de aceites y grasas

En el tratamiento de las aguas residuales municipales se presentan sustancias livianas sólidas y líquidas. Es conveniente remover estas lo más rápidamente posible, para así no perjudiquen las otras etapas del tratamiento. En el caso de volúmenes pequeños de aguas residuales, esto puede llevarse a cabo en el estanque de sedimentación; en el caso de volúmenes grandes, es necesario contar equipos especiales. Los separadores de grasa consisten en tanques, cuya construcción está normada.



2.2.1.5 Filtración en medio granular

La filtración es un proceso físico y fisicoquímico, mediante el cual las partículas suspendidas o coloidales son separadas de la fase líquida al penetrar a un medio poroso y quedar retenidas en la superficie o en los poros del medio. La operación completa de filtración consta de dos fases: filtración y lavado o regeneración (comúnmente llamada lavado a contracorriente), la cual es bastante diferente en función de si el filtro es de funcionamiento continuo o semicontinuo. En la Tabla II.5 se muestra las características físicas y de funcionamiento de los filtros de medio granular que se emplean para el tratamiento de las aguas residuales. Además, en la Figura II.8 se ilustran los esquemas de los principales filtros.

a) Operaciones de filtración semicontinuas

Tal como lo expresa su nombre en los filtros de funcionamiento semicontinuo la fase de filtración y de lavado se dan una a continuación de la otra. En el esquema de la Figura II.8 se identifica tanto la fase de filtración como de lavado de un filtro convencional de funcionamiento semicontinuo.

En la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales, el agua de lavado, que contiene los sólidos en suspensión que se eliminan en el proceso de filtración, se retorna a las instalaciones de sedimentación primaria o al proceso de tratamiento biológico.

b) Operaciones de filtración continua

En los filtros de funcionamiento continuo la filtración y el lavado se producen de forma simultánea, así como en el de puente de translación (Fig. II.8 f) o el filtro de flujo ascendente (Fig. II.8 g). Es importante señalar que al emplear filtros de funcionamiento continuo no existen los conceptos de turbiedad límite del



efluente ni de pérdida de carga máxima admisible en la circulación a través del lecho filtrante.

c) Clasificación de los sistemas de filtración

Se han proyectado y construido diversos modelos y sistemas de funcionamiento de filtros. Los principales tipos de filtros de medio granular se clasifican atendiendo a: tipo de funcionamiento, tipo de medio filtrante empleado, sentido de flujo durante la fase de filtración, procedimiento de lavado a contracorriente y método de control del flujo.

Tipo de funcionamiento

En relación con el tipo de funcionamiento, los filtros se pueden clasificar en continuos y semicontinuos. Los filtros semicontinuos se mantienen en funcionamiento hasta que empieza a deteriorar la calidad del efluente o hasta que se produce una pérdida de carga excesiva en el filtro. Cuando se alcanza este punto, se detiene el filtro y se procede a su lavado para eliminar los sólidos acumulados. En los filtros continuos, los procesos de filtración y lavado se llevan a cabo de manera simultánea.

Sentido del flujo durante la filtración

Los principales tipos de filtros empleados par la filtración de efluentes de aguas residuales se pueden clasificar en filtros de flujo ascendente y filtros de flujo descendente. El más común es el filtro de flujo descendente.

Tipos de materiales filtrantes y configuración de los lechos filtrantes

Los principales tipos de configuración de los lechos filtrantes empleados actualmente para la filtración de aguas residuales se pueden clasificar en



función del número de capas del material filtrante, lo cual da a lugar a los filtros de una capa, los de doble capa y los filtros multicapa. En los filtros de flujo descendente convencionales, los tamaños de los granos de cada capa se distribuyen, de menor a mayor, después del lavado de contracorriente. En los filtros que cuentan con más de una capa, el grado en que se mezclan los materiales de las diferentes capas depende de la densidad y de la diferencia de tamaños entre los granos del material que compone cada una de las capas.

Los lechos filtrantes de doble y triple capa, así como los de capa única profundos, se desarrollaron para permitir que los sólidos en suspensión presentes en el líquido a filtrar puedan penetrar a mayor profundidad dentro del lecho filtrante, con lo cual se aprovecha más la capacidad de almacenamiento de sólidos del filtro. En cambio, en los filtros de capa única poco profundos, se ha podido comprobar que gran parte de la eliminación de sólidos en suspensión se produce en los primeros milímetros de la capa filtrante.

Presión actuante en la filtración

Tanto la fuerza de la gravedad, como la creada por una presión aplicad, se pueden emplear para vencer la resistencia por fricción creada por el flujo que circula a través del lecho filtrante. Los filtros de gravedad del tipo indicado en la Figura II.9 son los más comúnmente empleados en la filtración de efluentes tratados en plantas de tratamiento de gran tamaño. Los filtros a presión del tipo indicado en la Figura II.10 funcionan igual que los de gravedad (ver Figura II.8) y se emplean en plantas pequeñas. La única diferencia entre ambos consiste en que, en los filtros a presión, la operación de filtrado se lleva a cabo en un depósito cerrado, bajo condiciones de presión conseguidas mediante bombeo. Los filtros a presión suelen funcionar con mayores pérdidas de carga máxima admisibles, lo cual conduce a ciclos de filtración más largos y a menores necesidades de lavado.



Características del agua a filtrar

Las características más importantes del agua a filtrar son la concentración de sólidos en suspensión, el tamaño y la distribución de las partículas, así como la consistencia de los flóculos.

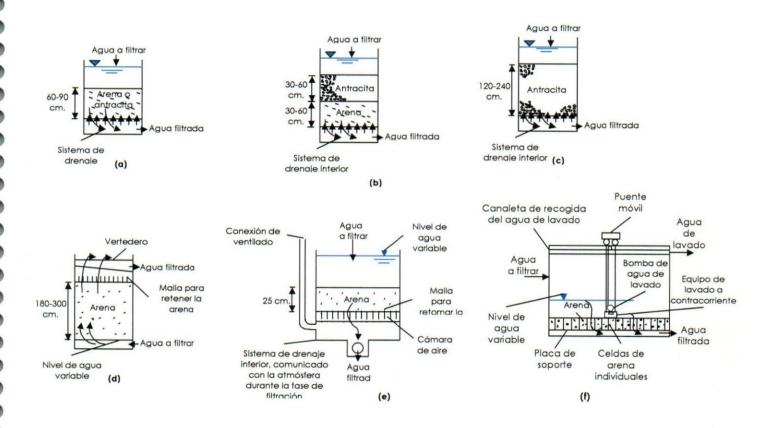
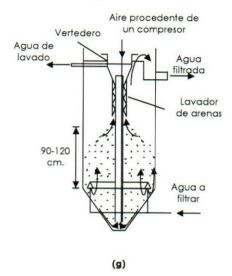


Figura II.8. Tipos de filtros empleados para la filtración del agua residual tratada: (a) filtro convencional, monomedio, flujo ascendente; (b) filtro convencional, bimedio, flujo descendente; (c) filtro convencional, monomedio, de lecho profundo, flujo descendente; (d) filtro de lecho profundo y flujo ascendente; (e) filtro de lecho pulsante; (f) filtro de puente móvil.





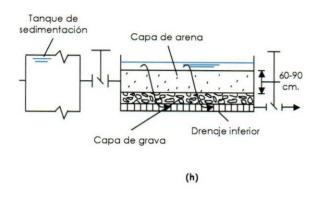


Figura II.8. Tipos de filtros empleados para la filtración del agua residual tratada: (g) filtro de lecho profundo, flujo ascendente y lavado a contracorriente continuo; (h) filtro de arena lento

Características del medio filtrante

Las características del medio filtrante que más afectan al proceso de filtración es el tamaño del grano. El tamaño del grano afecta tanto a la pérdida de carga en la circulación del agua a través del filtro como la tasa de variación de dicho aumento durante el ciclo de filtración. Si el tamaño de grano efectivo del medio filtrante es demasiado pequeño, la mayor parte de la fuerza actuante se empleará para vencer la resistencia de fricción provocada por el lecho filtrante, mientras que si el tamaño efectivo es demasiado grande, muchas de las partículas de menor tamaño presentes en el agua a filtrar pasarán directamente a través del filtro sin ser eliminadas.

Secuencia de funcionamiento del filtro:

- 1. Abrir válvula A (Permite la entrada de agua).
- Abrir la válvula B (Permite que el agua fluya a través del filtro).
- Durante la operación de filtración, todas las demás válvulas permanecen cerradas.

Operación de lavado del filtro:

- Cerrar la válvula A.
- Cerrar la válvula B cuando el nivel de agua en el filtro descienda hasta el borde del aliviadero.
- Abrir las válvulas C y D. (esto permite que el agua del tanque de lavado fluya a través del medio filtrante en sentido ascendente, expandiendo la arena y lavado los sólidos acumulándolos fuera del filtro. El agua de lavado se envía a cabeza de la plata de tratamiento).

Operación de acondicionamiento (si se utiliza)

 Abrir las válvulas A y E. Todas las demás válvulas cerradas. En ciertas ocasiones se filtra agua durante algunos minutos tras el lavado del filtro para acondicionarlo antes de su puesta su funcionamiento. El agua filtrada en esta fase se envía a la red de drenaje.

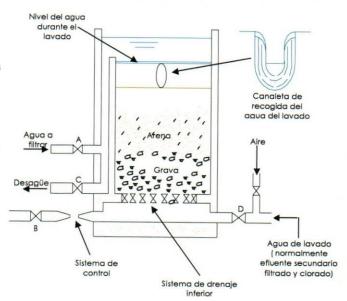


Figura II.9. Representación esquemática de un filtro de flujo descendente por gravedad de medio granular.

Velocidad de filtración

La velocidad de filtración es un parámetro importante por cuanto afecta a la superficie necesaria del filtro. Para una aplicación dad del filtro, la velocidad de filtración dependerá de la consistencia de los flóculos y del tamaño medio del grano filtrante. Por ejemplo, si los flóculos son de débil consistencia, las velocidades de filtración elevadas tenderán a romper los flóculos y a arrastrar gran parte de los mecanismos a través del filtro.

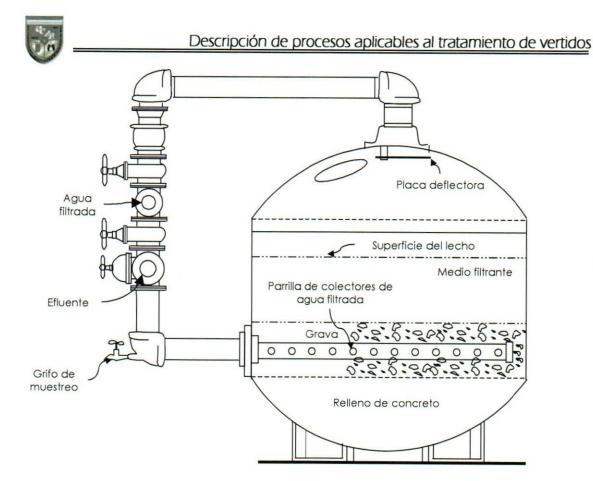


Figura. II.10. Sección típica de un filtro a presión



		Detalles		del lecho filtrante				
Funciona- miento del filtro	Tipo de filtro (nombre común)	Tipo de Iecho filtrante	Medio filtrante	Profundidad típica del medio, cm.	Dirección de flujo de fluido	Lavado a contraco- rriente	Caudal de circulación a través del filtro	Comentario
Semicontinuo	Convencional	Medio único	Arena o antracita	75	Descendente	Discontinuo	Constante/ Variable	Es el tipo de filtro más empleado
Semicontinuo	Convencional	Medio doble	Arena y antracita	06	Descendente	Discontinuo	Constante/ Variable	Filtro diseñado para aumentar la duración del ciclo
Semicontinuo	Convencional	Medio múltiple	Arena, antracita y granate	06	Descendente	Discontinuo	Constante/ Variable	Filtro diseñado para aumentar la duración del ciclo
Semicontinuo	Lecho profundo	Medio único	Arena o antracita	120-180	Descendente	Discontinuo	Constante/ Variable	
Semicontinuo	Lecho profundo	Medio único	Arena	120-180	Ascendente	Discontinuo	Constante	
Semicontinuo	Lecho profundo	Medio único	Arena	27.5	Descendente	Discontinuo	Constante	Se inyecta aire en forma intermitente para romper la capa superficial y aumentar la duración del ciclo

Tabla II.5. Características físicas de los filtro de medio granular comúnmente utilizados



		Detail	Detalles del lecho filtrante	filtrante				
Funciona- miento del filtro	Tipo de filtro (nombre común)	Tipo de lecho filtrante	Medio filtrante	Profundidad típica del medio, cm.	Dirección de flujo de fluido	Lavado a contraco- rriente	Caudal de circulación a través del filtro	Comentario
Continuo	Puente móvil	Medio único	Arena	120-180	Ascendente	Continuo	Constante	El lecho de arena se mueve en dirección contraria al flujo
Continuo	Puente móvil	Medio único	Arena	27.5	Descendente	Semicontinuo	Constante	El lavado a contracorriente de las celdas filtrantes individuales se realiza de forma secuencial
Continuo	Puente móvil	Medio doble	Arena	40	Descendente	Semicontinuo	Constante	El lavado a contracorriente de las celdas filtrantes individuales se realiza de forma secuencial

Tabla II.5. Características físicas de los filtro de medio granular comúnmente utilizados (Continuación)



2.2.1.6 Transferencia de gases

La transferencia de gases se puede definir como el fenómeno mediante el cual se transfiere gas de una fase a otra, normalmente de la fase gaseosa a la líquida. Es una esencial de gran número de los procesos de tratamiento del agua residual.

En el campo del tratamiento del agua residual, la aplicación más común de la transferencia de gases consiste en la transferencia de oxígeno en el tratamiento biológico del agua residual. Dada la reducida solubilidad del oxígeno y la baja velocidad de transferencia que ello comporta, suele ocurrir que la cantidad de oxígeno que penetra en el agua a través de la interfase aire-superficie del líquido no es suficiente para satisfacer la demanda de oxígeno del tratamiento aerobio. Es preciso crear interfases adicionales para conseguir transferir la gran cantidad de oxígeno necesaria. Para conseguir este propósito se puede introducir en el agua aire u oxígeno, o se puede exponer el líquido a la atmósfera en forma de pequeñas gotas. Los sistemas de aireación más comúnmente empleados se citan en la Tabla II.6

Clasificación	Descripción	Uso o aplicación
Sumergido:		
Difusión por aire		
Poroso (Burbujas	Burbujas generadas con tubos y placas	Todos los tipos de procesos de
finas)	cerámicas porosos, fabricados con	fangos activados
	productos cerámicos vitrificados y resinas	
Poroso (Burbujas de	Burbujas generadas con membranas	Todos los tipos de procesos de
tamaño medio)	elásticas o tubos de plástico perforados.	fangos activados
No poroso	Burbujas generadas con orificios,	Todos los tipos de procesos de
(burbujas gruesas)	inyectores y toberas.	fangos activados

Tabla II.6. Descripción de los dispositivos comúnmente utilizados para la aireación del agua residual



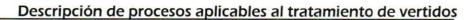
Clasificación	Descripción	Uso o aplicación
→ Mezclador estático	Tubos cortos con deflectores interiores	Lagunas de aireación y
	diseñados para retener el aire inyectado	procesos de fangos activados
	por la parte inferior del tubo en contacto	
	con el agua.	
→ Turbina sumergida	Consiste en una turbina de baja velocidad	Todos los tipos de procesos de
	y sistema de inyección de aire	fangos activados
	comprimido.	
→ Tobera a chorro	Aire comprimido inyectado en el líquido	Todos los tipos de procesos de
	mezcla al ser bombeado bajo presión a	fangos activados
	través de una tobera.	
Superficial:		
Turbina de baja	Turbina de gran diámetro utilizada para	Lagunas de aireación y
velocidad	promover la exposición de la gotas de	procesos de fangos activados
	líquido a la atmósfera.	convencionales
Aireador flotante de	Hélice de pequeño diámetro que se usa	Lagunas aireadas
alta velocidad	par promover la exposición de las gotas	
	de agua a la atmósfera.	
Aireador de rotor	Las paletas montadas sobre un eje central	Zanja de oxidación, canales de
horizontal	giran en el seno del líquido. El oxígeno se	aireación y laguna aireadas.
	introduce en el líquido por la acción de	
	salpicadura creada por las paletas y por la	
	exposición de las gotas del líquido a la	
	atmósfera	
Cascada	El agua residual fluye por encima de una	Postaireación.
	cascada de baja altura de lámina	

Tabla II.6. Descripción de los dispositivos comúnmente utilizados para la aireación del agua residual. (Continuación)

2.2.1.6 Mezclado

Es una operación unitaria de gran importancia en muchas fases del tratamiento de las aguas residuales, entre las que podemos citar:

- Mezcla completa de una sustancia con otra
- Mezcla de suspensiones líquidas





- Mezcla de líquidos miscibles
- Floculación
- Transferencia de calor

La mayoría de las operaciones de mezclado relacionadas con el tratamiento de las aguas residuales pueden clasificarse en continuas y rápidas continuas (30 segundos o menos).

Mezcla rápida continua de productos químicos

En el proceso de mezcla rápida continua, el principal objetivo consiste en mezclar completamente una sustancia con otra. La mezcla rápida puede durar desde una fracción de segundo hasta alrededor de 30 segundos. La mezcla rápida de productos químicos se puede llevar a cabo mediante diversos sistemas, entre los que se destacan:

- Resaltos hidráulicos
- Dispositivos Ventura
- Conducciones
- Por bombeo
- Mediante mezcladores estáticos
- Mediante mezcladores mecánicos

En la Figura II.11 se ilustran algunos dispositivos típicos empleados para el mezclado en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Mezcla continua en reactores y tanques de retención

En el proceso de mezcla continua, el principal objetivo consiste en mantener en un estado de mezcla completa el contenido del reactor o del tanque de retención. El mezclado continuo puede llevarse a cabo mediante diversos sistemas, entre los que se encuentran:



- Mezcladores mecánicos
- Mezcladores neumáticos
- Mezcladores estáticos
- Por bombeo.

El mezclado mecánico se lleva a cabo mediante los mismos procedimientos y medios que el mezclado mecánico rápido continuo. El mezclado neumático comporta la inyección de gases, que contribuye un factor importante en el diseño de los de aireación del tratamiento biológico del agua residual. Un canal con pantallas deflectoras es un tipo de mezclador estático que se emplea en el proceso de floculación.

Mezcladores de hélice y de turbina

En los procesos de tratamiento de aguas residuales, el mezclado suele llevarse a cabo en régimen de flujo turbulento, en el que son predominantes las fuerzas de inercia. Por regla general, cuanto mayor sea la velocidad y mayor turbulencia, mayor será efectividad del mezclado

Mezcladores estáticos

La característica principal de estos mezcladores es la ausencia de elementos dotados de movimiento. Los ejemplos típicos de mezcladores estáticos incluyen los mezcladores estáticos en línea, que contiene elementos fijos que provocan cambios bruscos en las velocidades e inversiones de los momentos (ver Fig. II.11) y canales con deflectores superiores e inferiores con poca distancia entre ellos.

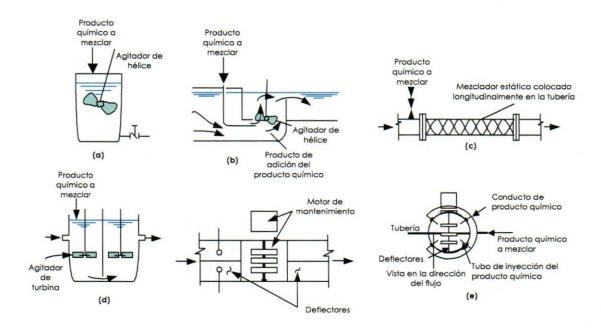


Figura II.11 Agitadores típicos en las plantas de tratamiento de aguas residuales: (a, b) agitadores de hélice, (c) mezclador estático en línea, (d) mezclador de turbina, y (e) mezclador de turbina en línea (sección y vista en la dirección de flujo)

Mezcladores neumáticos

Tanto en los tanques de mezcla como en los de floculación y en los canales aireados, la floculación se consigue introduciendo burbujas de aire en el fondo del tanque.

Agitadores de paleta

Estos suelen girar lentamente puesto que tiene una superficie grande de acción sobre el fluido. Los cuales se suelen emplear como elementos de floculación cuando deben añadirse al agua residual, o a los fangos, coagulantes como el sulfato férrico o de aluminio, o adyuvantes a la coagulación como los pilielectrolitos y la cal.



2.2.2 Procesos Químicos Unitarios

Los métodos en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más común en el tratamiento de aguas residuales. En la precipitación química, el tratamiento se lleva a cabo produciendo un precipitado que se recoge por sedimentación. En la mayoría de los casos, el precipitado sedimentado no sólo contendrá los constituyentes que puedan haber reaccionado con los productos químicos añadidos, sino que también estará compuesto por algunas sustancias arrastradas al fondo durante la sedimentación del precipitado. La adsorción es un proceso mediante el cual se eliminan compuestos específicos de las aguas residuales sobre superficies sólidas basándose en las fuerzas de atracción entre cuerpos. En la Tabla II.7. Se presentan los procesos químicos utilizados con sus respectivas aplicaciones.

Proceso	Aplicación
Precipitación química	Eliminación de fósforo y mejora de la eliminación de sólidos en
	suspensión en las instalaciones de sedimentación primaria
	empleadas en tratamientos fisicoquímicos
Adsorción	Eliminación de materia orgánica no eliminada con métodos
	convencionales de tratamiento químico y biológico. También se
	emplea para declorar el agua residual antes de su vertido final
Otros	Para alcanzar objetivos específicos en el tratamiento de las aguas
	residuales, se pueden emplear otros compuestos químicos.
Desinfección	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades
	(puede realizarse de diversas maneras)

Tabla II.7. Aplicaciones de los procesos químicos unitarios en el tratamiento del agua residual

Proceso	Aplicación
Desinfección con cloro	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades. El cloro es el producto químico más utilizado.
Decloración	Eliminación del cloro combinado residual total remanente después de la cloración (puede realizarse de diversas maneras)

Tabla II.7. Aplicaciones de los procesos químicos unitarios en el tratamiento del agua residual

2.2.2.1 Precipitación Química

La precipitación química en el tratamiento de las aguas residuales lleva consigo la adición de productos químicos con la finalidad de alterar el estado físico de los sólidos disueltos y en suspensión, y facilitar su eliminación por sedimentación.

En algunos casos, la alteración es pequeña y la eliminación se logra al quedar atrapados dentro de un precipitado voluminoso constituido, principalmente, por el propio coagulante. Otra consecuencia de la adición de productos químicos es el incremento neto en los constituyentes disueltos del agua residual. Los procesos químicos, junto con algunas de las operaciones físicas unitarias, se han desarrollado para proporcionar un tratamiento secundario completo a las aguas residuales no tratadas, incluyendo la eliminación del nitrógeno, del fósforo, o de ambos a la vez. También se han desarrollado otros procesos químicos para la eliminación del fósforo por precipitación química, y están pensados para su utilización en combinación con procesos de tratamiento biológico.

2.2.2.2 Adsorción

El proceso de adsorción consiste, en términos generales, en la captación de sustancias solubles presentes en la interfase de una solución. Esta interfase



puede hallarse entre un líquido y un gas, un sólido, o entre dos líquidos diferentes.

La necesidad de una mayor calidad del efluente de los tratamientos de las aguas residuales ha conducido a un estudio más detallado del proceso de adsorción sobre carbón activado y de sus aplicaciones.

El tratamiento del agua residual con carbón activado suele estar considerado como un proceso de refino de aguas que ya han recibido un tratamiento biológico normal. En este caso, el carbón se emplea para eliminar parte de la materia orgánica disuelta. Asimismo, es posible eliminar parte de la materia particulada también presente, dependiendo de la forma en que entran en contacto el carbón y el agua.

2.2.2.3 Desinfección

La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades. No todos los organismos se destruyen durante el proceso, punto en el que radica la principal diferencia entre la desinfección y la esterilización, proceso que conduce a la destrucción de la totalidad de los organismos.

Los requisitos que debe cumplir un desinfectante químico ideal se muestran en la Tabla II.8, en la que se puede apreciar que un desinfectante ideal debería tener una gran variedad de características.

Los métodos más empleados para llevara cabo la desinfección son:

• Agentes químicos. Los agentes químicos utilizados para la desinfección incluyen: el cloro y sus compuestos; el bromo; el yodo; el ozono; el fenol y los compuestos fenólicos; los alcoholes; los metales pesados y compuestos



afines; los colorantes; los jabones; los compuestos amoniacales cuaternarios; el agua oxigenada y ácidos y álcalis diversos.

Los desinfectantes más corrientes son los productos químicos oxidantes, de los cuales el cloro es el más universalmente empleado, aunque también se ha utilizado, para la desinfección del agua residual, el bromo y el yodo.

- Agentes físicos. Los desinfectantes físicos que se pueden emplear son la luz solar y el calor (rayos ultravioleta). El agua caliente a la temperatura de ebullición, por ejemplo, destruye las principales bacterias causantes de enfermedades y no formadoras de esporas. El calor se suele emplear con frecuencia en las industrias lácticas y de bebidas, pero su aplicación al agua residual no es factible debido al alto costo que implicaría.
 - Medios mecánicos. Las bacterias también se pueden eliminar, durante el tratamiento del agua residual, empleando medios mecánicos. En la Tabla II.9. se indican algunos rendimientos de eliminación típicos para diferentes procesos de tratamiento. Los primeros cuatro procesos están considerados como procesos físicos. Las eliminaciones conseguidas se obtiene como subproducto de la función primaria del proceso
 - Radiación. Los principales tipos de radiación son la radiación electromagnética, la acústica y la radiación de partículas. Los rayos gamma se emiten a partir de elementos radioisótopos, como el cobalto 60. Dado su poder de penetración, los rayos gamma se han utilizado tanto para la desinfección (esterilización) del agua potable como del agua residual.



Procesos	Porcentaje de eliminación
Tamices de malla gruesa	0-5
Tamices de malla fina	10-20
Desarenadotes	10-25
Sedimentación primaria	25-75
Sedimentación química	40-80
Filtros percoladores	90-95
Fangos activados	90-98
Cloración del agua residual tratada	98-99

Tabla II.9. Eliminación o destrucción de bacterias mediante diversos procesos de tratamiento

••••••••••••••••••••••••



Característica	Propiedades/	Cloro	Hipoclorito	Hipoclorito	Dióxido de Cloruro de	Cloruro de	0.0.0	Radiación
	Respuesta		de sodio	de calcio	bromo	bromo	020110	20
Toxicidad	Debe ser altamente tóxico a	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
para los	las altas concentraciones							
microorganismos								
Solubilidad	Debe ser soluble en agua o Ligera	Ligera	Alta	Alta	Alta	Ligera	Alta	N/A
	en tejido celular							
Estabilidad	La pérdida de acción Estable	Estable	Ligeramente	Relativamente	Inestable,	Ligeramente	Inestable,	Debe
	germicida con el tiempo		estable	estable	debe	inestable	debe	generarse a
	debe ser baja				generarse a		generarse a	medida que
					medida que		medida que	se consume
					se consume		se consume	
No tóxico para las	Debe ser tóxico para los Altamente	Altamente	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico	Tóxico
formas de vida	microorganismos y no tóxico	tóxico para						
superiores	para el hombre y otros	las formas						
	animales	de vida						
		superiores						

Tabla II.8. Comparación de las características ideales y prácticas de los desinfectantes químicos normalmente utilizados



Características	Propiedades/	Cloro	Hipoclorito	Hipoclorito	Dióxido de	Cloruro de	Ozono	Radiación
	Respuesta		de sodio	de calcio	cloro	bromo		3
Homogeneidad	La disolución debe ser	Homogéne	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	N/A
	uniforme en su composición	0						
Interacción con	No debe ser absorbido por	Oxida la	Oxidante	Oxidante	Alta	Oxida la	Oxida la	
materias extrañas	otra materia orgánica que	materia	activo	activo		materia	materia	
	las células bacterianas	orgánica				orgánica	orgánica	
Toxicidad a	Debe ser efectivo en el	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
temperatura	intervalo de temperaturas							
ambiente	ambiente							
Penetración	Debe tener la capacidad de	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Moderado.
	penetrar a través de las							
	superficies							
No corrosivo y no	No debe atacar los metales	Muy	Corrosivo	Corrosivo	Muy	Corrosivo	Muy	N/A
colorante	ni teñir la ropa	corrosivo			Corrosivo		Corrosivo	
Capacidad	Debe desodorizar a la vez	Alta	Moderado	Moderado	Alta	Moderado	Alta	
desodorante	que desinfectar							
Disponibilidad	Debe estar disponible en	Coste bajo	Coste	Coste	Coste	Coste	Coste	Coste
	grandes cantidades y a un		moderada-	moderada-	moderada-	moderada-	moderada-	moderada-
	precio razonable		mente bajo	Mente bajo	mente bajo	mente bajo	mente	mente
							elevado	elevado

Tabla II.8. Comparación de las características ideales y prácticas de los desinfectantes químicos normalmente utilizados. (Continuación)



2.2.2.4 Decloración

La decloración es la práctica que consiste en la eliminación de la totalidad del cloro combinado residual presente en el agua después de la cloración, para reducir los efectos tóxicos de los efluentes descargados a los cursos de agua receptores o destinados a la reutilización.

El producto químico que más se emplea para llevar a cabo la decloración, tanto si es necesaria para cumplir las limitaciones de vertidos, como si se aplica para mejorar la calidad del efluente de la cloración al breakpoint para la eliminación del nitrógeno amoniacal, es el dióxido de azufre. También se ha empleado con este fin el carbón activado.

2.2.2.5 Coagulación-Floculación

Son los procesos que convierten los sólidos suspendidos presentes en el agua en forma coloidal, en aglomerados más importantes. En estos procesos, los flóculos resultantes alcanzan un estado y tamaño que los vuelve sedimentables, flotables, permitiendo una separación casi completa de los sólidos suspendidos presentes en el agua.

La primera etapa, que suele denominarse simplemente "coagulación", se neutralizan las fuerzas que se oponen a una combinación o unificación de las partículas coloidales suspendidas en el agua, lo cual significa que se desestabiliza el sistema de dispersión para permitir la aglomeración. Este proceso ocurre inmediatamente después de la mezcla del agente de coagulación adecuado y de la subsecuente mezcla rápida (en pocos segundos). Mientras que, en el siguiente proceso de transporte se forman los flóculos los cuales lentamente van aumentando de tamaño (esta etapa suele denominarse incorrectamente como floculación).



2.2.3 Procesos Biológicos Unitarios

Los procesos de tratamiento en los que la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica se conocen como procesos biológicos unitarios. La principal aplicación de los procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto coloidal, como en disolución. Básicamente, estas sustancias se convierten en gases, que se liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación. Los tratamientos biológicos también se emplean para eliminar el nitrógeno contenido en el agua residual. Mediante un adecuado control del medio, el agua residual se puede tratar biológicamente en la mayoría de los casos. Por consiguiente, es responsabilidad del ingeniero asegurar la adecuación y control efectivo del medio.

2.2.3.1 Procesos de Biorreducción

Las aguas naturales son ecosistemas vivos con actividad biológica permanente. Cuando se vierten líquidos residuales sobre una corriente limpia, los microorganismos aerobios presentes en el agua se encargan de la descomposición de la materia orgánica; el número de microorganismos aumenta hasta equilibrar el abastecimiento de alimentos; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se incrementa y las reservas de oxígeno disuelto comienzan a agotarse. Cuando el suministro de oxígeno disuelto no puede mantener la proporción con la DBO de la carga de desechos, el agua se convierte en séptica y se activan los mecanismos de descomposición anaeróbica. A medida que avanza el proceso de descomposición, disminuye la DBO y , la velocidad de absorción de oxígeno de la atmósfera, que al principio se encontraba retrasada con respecto a la velocidad de utilización de oxígeno, se empareja con ella y finalmente la sobrepasa, el agua se aclara y se reestablece la pureza natural. Este proceso, denominado Autopurificación, nunca es rápido, y las corrientes





fuertemente contaminadas pueden recorrer grandes distancias antes de que se alcance un grado considerable de recuperación.

Si bien la Autopurificación es un proceso que ocurre de forma natural en lagos y ríos, los sistemas de tratamiento de aguas servidas son diseñados con el objetivo de lograr, en tiempo breve y espacio reducido, lo que por lo general la naturaleza realiza en sólo a través de largos períodos y en grandes distancias de recorrido o extensas áreas de dispersión. En estos sistemas, los líquidos residuales son sometidos a la acción de organismos vivientes que estabilizan la materia orgánica en condiciones aerobias o anaerobias. Esta oxidación biológica consiste en la conversión bacterial de los elementos de su forma orgánica a su forma inorgánica.

La estabilización de materia orgánica por los microorganismos en los medios acuáticos naturales, así como en los sistemas de tratamiento biológico se efectúa por una combinación de los procesos metabólicos, oxidación y síntesis. En los procesos aeróbicos, el oxígeno disuelto es el aceptor final de hidrógeno. En los procesos anaeróbicos, los aceptores finales de hidrógeno son la materia orgánica oxidada, los nitratos, los nitritos, los sulfatos y el CO₂.

Toda oxidación supone la transferencia de electrones de una sustancia reducida o donante de electrones a una sustancia oxidante o aceptor de electrones. La materia orgánica es el alimento o donante de electrones para organismos vivos. Sin embargo, algunos materiales inorgánicos reducidos como el amoniaco, los sulfuros, el hierro ferroso y el hidrógeno molecular pueden servir, para algunas bacterias, como donante de electrones, alimento o fuentes de energía.



a) Proceso Aerobio

Es un proceso de respiración de oxígeno, en el cual el oxígeno libre es el único aceptor final de electrones; el oxígeno es reducido y el carbono es oxidado, al igual que la materia orgánica o inorgánica. Todos los organismos que usan oxígeno libre como aceptor de electrones son aerobios.

Si bien las reacciones involucradas en el proceso de oxidación aerobia son complejas, es posible representarlas a modo general de la siguiente forma

En presencia de oxígeno, las bacterias aerobias convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos.

b) Proceso Anaerobio

Es la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos, en ausencia de oxígeno, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios.

La digestión anaeróbica se realiza en tres etapas. En la primera, conocida como la fase de "licuefacción", los compuestos de estructura compleja, como las proteínas, grasas y carbohidratos, son descompuestos en sustancias solubles de bajo peso molécular, como los aminoácidos y los azucares. En la segunda etapa, los nutrientes orgánicos son convertidos en ácidos grasos inferiores en una fase de "fermentación ácida", que baja el pH del sistema. Finalmente, en la etapa de

9.48 1.69

Descripción de procesos aplicables al tratamiento de vertidos

"fermentación del metano" ó "metánica" los ácidos orgánicos son convertidos en metano, anhídrido y una pequeña cantidad de hidrógeno. El medio anaeróbico permite también prosperar a los organismos reductores de sulfato, de manera que se puede formar ácido sulfhídrico.

Es precisamente este proceso de descomposición, en ausencia de oxígeno, el cual produce olores desagradables producto de los gases que dichas bacterias liberan en su proceso metabólico (H₂S, CH₄ y NH₃ entre otros).

A continuación se presentan las ecuaciones que resumen de forma general el proceso anaerobio:

Materia Orgánica + nutrientes
$$\xrightarrow{\text{Bacterias}}$$
 células + $\overset{\text{Acidos}}{\text{volátiles}}$ + alcoholes + H_2 + CO_2 $\overset{\text{Acidos}}{\text{Acidos}}$ + alcoholes + H_2 + CO_2 + nutrientes $\xrightarrow{\text{Bacterias}}$ células + CH_4 + CO_2

2.2.3.2 El proceso de biopercolación

El proceso de biopercolación se utiliza para clarificar el agua residual a través de la acción de microorganismos y la degradación de la materia orgánica. Estos microorganismos se desarrollan en un material sólido (en la superficie) en los lechos biológicos o percoladores. El agua residual pasa continuamente por la película de microorganismos, alimentándolos, de manera que se va degradando su materia orgánica.

El material de soporte de los lechos biológicos puede ser roca, piedra pomez y escorias, con grandes poros o material plástico. El agua residual se distribuye al material de soporte por medio de dispositivos distribuidos adecuadamente, y debido a la gravedad, se escurre y pasa a través del lecho. El fondo del lecho



está diseñado para asegurar el abastecimiento de aire u oxígeno al material de soporte. Se forma una especie de película sobre la superficie del material de soporte, constituida por los microorganismos que la constituyen, que se conoce también como "película biológica", adsorben y mineralizan las sustancias contenidas en el agua residual.

Los lechos biológicos generalmente, se adaptan bien a las plantas de tratamiento pequeñas, en especial los lechos de baja carga, ya que las cantidades de lodo que se producen son muy reducidas. También es adecuado el tratamiento de muchas aguas residuales industriales mediante lechos biológicos, en tanto estos sistemas puedan producir un mejor efecto de clarificación.

Los componentes de los lechos biológicos son:

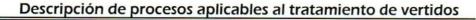
- La estructura
- El material de soporte
- El sistema de distribución del agua residual.

2.2.4 Sistemas de tratamiento con procesos biológicos unitarios

A continuación se describen sistemas de tratamiento mediante el uso de los procesos biológicos unitarios:

a) Lagunas de estabilización de agua residual

El método de tratamiento de aguas residuales por lagunas en un método a gran escala. Las lagunas de tratamiento de aguas residuales presentan la ventaja de que pueden recibir y retener grandes cantidades de líquido residual crudo. Estos períodos de retención que pueden ser de algunos días a varias semanas logran





la estabilización del agua residual, especialmente si el agua en las lagunas es aereada y recirculada.

La formación de biomasa con una gran variedad de especies es mucho más efectiva en las lagunas que en los otros sistemas de tratamiento. El requisito más importante para el tratamiento en lagunas es que la descomposición de materia orgánica no haya empezado. Cuando esto se logra y se dimensionan adecuadamente, la variación de las concentraciones y del tipo de sustratos es menor que con los otros métodos técnicos de alta carga. Ello se debe a la gran variedad de especies biológicas.

Las aguas residuales deben recibir cuando menos un tratamiento mecánico preliminar para que el tratamiento por lagunas se efectúe sin mayores problemas, como por ejemplo la producción de olores desagradables, acumulación de lodos o formación de sólidos flotantes o natas.

Se debe disponer de dos y hasta tres lagunas en serie. El agua residual generalmente pasa de una laguna a otra a través de vertederos o reboses, lo cual permite una mayor aereación.

Los efluentes de las lagunas de estabilización pueden contener cantidades considerables de lagas y vegetación (lenteja de agua, Lemna), lo cual hace que presente un color verde. Esta vegetación acuática no se sedimenta fácilmente; por tal razón sería necesario retener las algas y la vegetación acuática recurriendo a medidas suplementarias tales como la floculación química o la filtración o para usos de alimentación de animales en su crianza (tales como para los patos).



Las lagunas de agua residual se clasifican en cuatro categorías, según su aplicación:

Lagunas de sedimentación

Estas sirven especialmente para separar los sólidos sedimentables que contiene el agua residual. Por lo tanto, pueden emplearse como sistemas independientes para tratar pequeños volúmenes de agua residual. Constituyen cuando menos una solución provisional si no se cuenta con una planta de tratamiento de agua residual mecánica, o sirven como etapa de clarificación previa a las subsecuentes etapas del tratamiento.

Las lagunas de sedimentación se deben dimensionar considerando un período de retención en época de estiaje de por lo menos un día.

Lagunas de estabilización no aereadas

Reemplean para la clarificación biológica de las sustancias orgánicas no sedimentables y disueltas en el agua residual después de un tratamiento mecánico preliminar en las lagunas de sedimentación o utilizando otros medios.

El tiempo de retención varía de días a semanas. En este sentido, las lagunas son superiores a los métodos artificiales en espacios cerrados si se considera la capacidad de cargas importantes y de concentraciones que pueden tratar.

Lagunas de estabilización aereadas

Se utilizan para reducir las sustancias orgánicas que contiene el desagüe crudo tratado mecánicamente. Para el tratamiento mecánico de agua residual, se debe contar con lagunas o tanques de sedimentación.

A diferencia de las lagunas no aereadas, la aereación artificial proporciona:



- Una mayor capacidad de absorción, una mejor distribución y utilización del oxígeno.
- Una distribución más uniforme de los contaminantes y microorganismos en la laguna.
- Un control del abastecimiento de oxígeno y de la capacidad de clarificación es decir una cierta independencia de los factores naturales incontrolables.

Existe una diferencia entre las lagunas aerobias y las facultativas aerobias. El primer sistema comprende una circulación tan intensa que todo el volumen de lodo se mantiene suspendido y es transportado con el flujo del agua. Mientras que el segundo sistema está más difundido, el cual tiene una velocidad de aereación mucho más baja lo cual es suficiente para mantener el agua en circulación abasteciéndola de oxígeno, aunque esta velocidad es muy baja para mantener el lodo en suspensión. Por el contrario, el lodo se sedimenta en el fondo formando capas uniformes. Actúa entonces como lodo activo estacionario, biológicamente aerobio respecto a los nutrientes que pasan por él.

Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración (también denominadas estanques de maduración o acabado) se constituyen para una mayor clarificación después de pasar por los lechos biológicos y sistemas activados.

Lagunas de acumulación

Son una especie de lagunas de acabado que resultan necesarias cuando se tratan aguas residuales industriales. Conviene instalar este tipo de lagunas cuando, después del tratamiento, ingresan aguas residuales sumamente nocivas en el depósito receptor.



b) Sistema de lodos activados

Los sistemas de lodos activados comprenden unidades de aereación, unidades de tratamiento secundario y equipos de aereación. Los microorganismos estabilizan el agua residual, eliminan y absorben parcialmente la materia orgánica que contiene el agua residual, o la convierten en biomasa sedimentable. Este proceso hace que parte de la materia orgánica presente en el agua residual, en forma coloidal disuelta, se convierta en forma sólida, para que después se puedan separa las fases por sedimentación en el tanque secundario respectivo.

El lodo activado se produce por el desarrollo de diversas bacterias y otros microorganismos cuando el agua residual contiene cantidades suficientes de materia rica en nutrientes y existe el oxígeno necesario (es decir, bajo condiciones aerobias). Debido a que los microorganismos consumen rápidamente el oxígeno disuelto, se debe suministrar más oxígeno de la atmósfera o airear constantemente la mezcla de agua residual y lodo. El lodo está compuesto por flóculos en donde se realizan los procesos biológicos. Estos procesos son similares a los que tiene lugar en la película superficial de los lechos biológicos.

Puesto que este se compone principalmente mediante microorganismos floculantes (sobre todo, bacterias y protozoarios) y se mezcla con oxígeno disuelto y agua residual. Esto asegura que los microorganismos, en el lodo activo, se mantengan suspendidos y en contacto permanente tanto con los contaminantes orgánicos en el agua residual como con el oxígeno.



b.1) Secado de Lodos (Deshidratación)

La deshidratación es un procedimiento físico en el cual el contenido de humedad se reduce (el contenido de sólidos aumenta). La deshidratación es necesaria porque: es más eficiente el transporte del lodo (menos agua); se disminuye la manipulación y almacenamiento; se logra el contenido mínimo requerido de sólidos para el relleno de terrenos y se obtiene un menor contenido de sólidos para el compostaje o a la quema

Para deshidratar lodos se utiliza gran variedad de procedimientos y equipos. Sin embargo, para plantas pequeñas, los métodos principales son:

Lechos de secado (deshidratación natural)

Uno de los métodos más comunes para secar lodos en sistemas pequeños de tratamiento de aguas residuales es el secado del lodo con aire en lechos de arena. Estos lechos de secado de lodo son fáciles de manejar, producen un alto contenido de sólidos, son de bajo costo y requieren un mínimo de atención en su operación. Los tipos de lechos de secado son:

- Arena
- Pavimento
- Medio Artificial
- Con ayuda de vacío.

Deshidratación mecánica

Se asocia con plantas grandes de tratamiento. Los métodos principales de deshidratación mecánica son:

- Filtros a presión de banda
- Las centrífugas
- Filtros a presión de placa.



Estos equipos rara vez son rentables para sistemas pequeños.

b.2) Congelamiento de lodos

La congelación de lodos mejora enormemente la deshidratación por gravedad después de la descongelación del lodo congelado. El exceso de lodo activado, que tiene 0.6% de contenido de sólidos, incrementaría a 20% dicho contenido luego de la congelación. La congelación natural es el método más rentable de congelación de lodos.

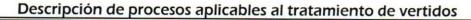
b.3) Lechos de junco

Los lechos de junco para la deshidratación de lodos tienen una apariencia similar a los humedales artificiales de flujo subsuperficial. La diferencia radica en que el lodo líquido se aplica en la superficie y el flujo se filtra a través de la grava hacia el drenaje. El lodo líquido se aplica de forma intermitente, como en los lechos de arena para secado.

b.4) Lagunas de lodos

Se utilizan mayormente para homogenizar la descarga discontinua del lodo en áreas destinadas al uso agrícola y, parcialmente, también como vaciaderos provisionales anteriores a la eliminación final.

Después de efectuada la carga, se puede observar una rápida sedimentación de los sólidos en el fondo, similar a la sedimentación en los lechos de lodo. Por lo tanto, el aspecto principal de la deshidratación es la extracción del agua acumulada. Las lagunas cuentan con pozos para retirar el agua que se acumula en la superficie de los sólidos. Se pueden diseñar lagunas de lodos con muchos propósitos incluyendo el secado de los mismos, el almacenamiento intermedio junto con la aplicación en terreno y el almacenamiento a largo plazo, entre las cuales están:





- Lagunas de secado de lodos
- Tanques de almacenamiento de lodos
- Almacenamiento a largo plazo (depósitos municipales)

c) Tanques Sépticos

Un tanque séptico se usa par recibir la descarga de agua residual proveniente de residencias individuales y de otras instalaciones sin red de alcantarilla. Estos están diseñados para mantener a las aguas residuales a una velocidad muy baja bajo condiciones anaerobias, por un período de 12 a 24 horas, durante el cual se efectúa una gran eliminación de sólidos sedimentables, Estos sólidos se descomponen en el fondo del tanque (lodos), produciéndose gases que arrastran a los sólidos y los obligan a subir a la superficie, permaneciendo como una nata o capa hasta que escapa el gas y vuelven a sedimentarse

Los tanques sépticos, como el presentado esquemáticamente en la figura II.11, son tanques prefabricados que sirven como tanque combinado de sedimentación y desnatación, como digestor anaerobio sin mezcla ni calentamiento y como tanque de almacenamiento de lodos (ver figura II.12). Un sistema que cuente con tanque séptico seguido de una instalación para disposición del efluente por absorción sobre el suelo, se conoce como sistema convencional para el manejo *in situ* de aguas residuales.

El problema más importante que se presenta en la operación del tanque séptico es el arrastre de sólidos, grasa y aceites.

Utilización de Tanques sépticos de gran tamaño

Los tanques sépticos de gran tamaño han servido también como sistemas de tratamiento de residuos líquidos provenientes de grupos de hogares,



establecimientos comerciales e incluso pequeñas comunidades. En general, los tanques sépticos se diseñan como reactores de flujo de pistón. Teniendo como regla común de diseño es que la capacidad volumétrica de estos tanques debe ser aproximadamente igual a 5 veces el caudal promedio.

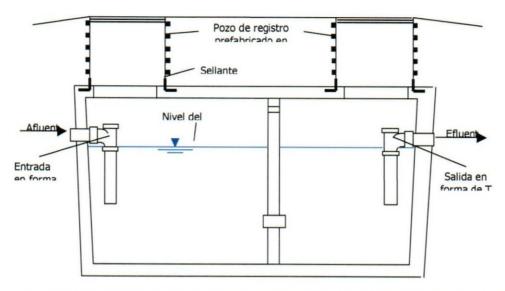


Figura II.12: Diagrama de un tanque séptico convencional de dos compartimientos, con salida en forma de T

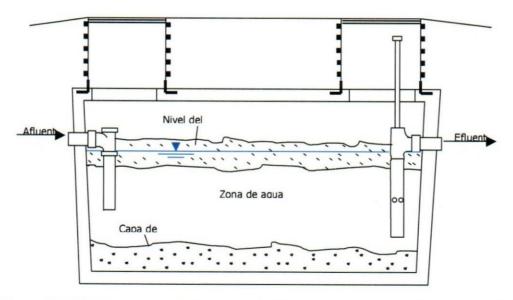


Figura II.13: Diagrama de tanque séptico donde se aprecian zonas de lodos, espumas y agua clarificada



d) Tanque de Imhoff (Tanques de doble acción)

Un tanque de Imhoff consiste en un tanque de dos pisos en el cual la sedimentación tiene lugar en el compartimiento superior, y la digestión y acumulación de lodos en el compartimiento inferior. Estos tanques se utilizan como unidad para tratamiento de aguas residuales provenientes de zonas residenciales y demás zonas que cuenten con red de alcantarillado por gravedad o sistemas de recolección a presión con bombas trituradoras. Es deseable que se pueda invertir la dirección del flujo, para evitar el depósito excesivo de sólidos en un solo extremo de la cámara de derrame continuo. Invirtiendo el flujo cada mes se logrará que los lodos se acumulen por parejo en todo el fondo del tanque.

e) Biodiscos rotatorios

Son sistemas que se utilizan en el tratamiento biológico del agua residual, en los cuales, la película biológica está fijada sobre discos colocados sobre un eje horizontal que los hace girar lentamente. Dicho eje se encuentra en el tanque que contiene el agua residual de modo tal que la mitad queda sumergida. Cuando giran los discos, la película biológica queda expuesta alternadamente al agua residual y al aire atmosférico.

Cuando los discos pasan a través del agua residual, se adhiere algo de substrato, y cuando lo hacen a través del aire, se absorbe el oxígeno necesario para los microorganismos mineralizantes.

En los tanques de filtración biológica se produce un lodo activado suspendido que interviene también en el proceso de tratamiento del agua residual. La turbulencia que se produce al rotar los discos basta para mantener a dicho lodo en suspensión y acarrearlo conjuntamente con el agua residual fuera de los



tanques. Este lodo debe ser separado del agua residual tratada en los tanques de sedimentación secundaria.

f) Humedales Artificiales

Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos (Véase Figura II.14). La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.

Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, son estas:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

Existen dos tipos de sistemas de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento de agua residual: Sistemas a Flujo Libre (FWS) y Sistemas de Flujo Subsuperficial (SFS). En los casos en que se emplean para proporcionar tratamiento secundario o avanzado, los sistemas FWS suelen consistir en balsas o canales paralelos con la superficie del agua expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por suelo relativamente impermeable o con una barrera

Descripción de procesos aplicables al tratamiento de vertidos

subsuperficial, vegetación emergente, y niveles de agua poco profundos (0.1 a 0.6 m).

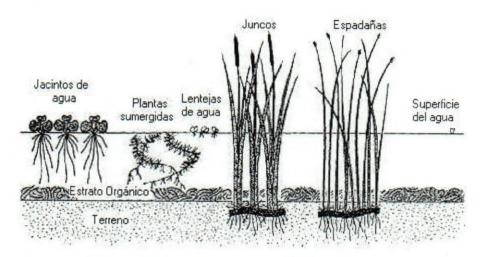


Figura II.14: Plantas acuáticas comunes

Dos aspectos convergentes propugnan para que los ingenieros consideren los procesos naturales como los sistemas de humedales artificiales. El primero es la demanda cada vez mayor de agua en un momento en que las fuentes más económicas ya están agotadas o están cerca de estarlo. El segundo aspecto es el volumen creciente de residuos biológicos y químicos que potencialmente entran en la red de aguas superficiales provenientes de las plantas de tratamiento de agua residual.

2.2.5 Eliminación de nutrientes

La eliminación y control de los nutrientes presentes en el agua residual es importante por diversas razones. Normalmente, es necesaria debido a:

 Vertido a cuerpos de agua receptores confinados, en los que se pueda crear o acelerar los procesos de eutroficación.



Descripción de procesos aplicables al tratamiento de vertidos

- Vertidos a cursos de agua en los que la nitrificación pueda limitar los recursos de oxígeno o en los que puedan proliferar el arraigamiento de plantas acuáticas.
- Recarga de aguas subterráneas que puedan ser usadas, indirectamente, para el abastecimiento público de agua.

Numerosos proyectos de investigación han llegado a la conclusión de que un crecimiento ilimitado de la vegetación sólo es posible cuando se produce un equilibrio óptimo entre todos los componentes celulares (carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, azufre, elementos traza), las condiciones climáticas (intensidad de la luz, temperatura, viento) y otros factores naturales del ambiente (área de captación, erosión, profundidad, corriente, zonas ribereñas, flujos de entrada y salida de un lago).

Sin embargo, puesto que no es posible tomar medidas contra la mayoría de los elementos de la naturaleza, los esfuerzos generalmente se concentran en restringir las sustancias producidas por la actividad humana. Se ha descubierto que uno de los factores principales que limitan el crecimiento es la concentración de los elementos carbono, nitrógeno y fósforo, y algunas veces también del hierro; por lo que la restricción de fósforo y nitrógeno constituye una buena opción.

Para lograr esta restricción se utilizan los siguientes métodos de eliminación:

- a) Eliminación de nitrógeno
 - Mediante procesos microbiológicos
 - Nitrificación
 - Desnitrificación



Descripción de procesos aplicables al tratamiento de vertidos

- En sistemas activados
- Reactores de lecho fijo
- Lagunas de estabilización
- Mediante procesos fisicoquímicos
 - Disorción en amoníaco
 - Intercambio iónico
 - Cloración hasta el punto de quiebre
- b) Eliminación de fósforo.
 - Mediante procesos de tratamiento biológico
 - Procesos convencionales de activación de lodos
 - Tratamiento en lagunas
 - Eliminación de algas y fosfatos
 - Mediante procesos fisicoquímicos
 - Precipitación de los fosfatos férricos
 - Precipitación del fosfato de aluminio
 - Precipitación de fosfato de calcio



II.3 COMERCIALIZACIÓN DE PLANTAS DE AGUAS SERVIDAS EN VENEZUELA

La comercialización en Venezuela tiene gran variedad de opciones, puesto que se encuentran varias empresas nacionales que se encargan de generar plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas; así como también aprovechando los servicios dados por empresas en otros países a través de sus páginas Web.

Los datos más importantes que debe aportar el cliente, al momento de solicitar un producto o un servicio, son:

- Tipo de zona (residencial, comercial, industrial)
- Población a servir
- Tipo de vertido
- Caracterización del vertido
- Tipos de disposición final posible
- Posibilidad de reutilización del efluente

Algunas empresas se encargan de hacer el estudio completo, por lo que no necesitan que se les dé toda esta información, sin embargo es importante conocer y manejar estos parámetros.

3.1 Fabricas nacionales

En Venezuela existe una variedad de empresas que se especializan en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas servidas, en cualquiera de sus tipos. A continuación se presenta la información concerniente a este tema de varias de estas empresas, dichos datos se obtuvieron a través de entrevistas realizadas y por los diferentes sitios web.



VENEAGUA, C.A.

Empresa de amplia trayectoria en el mercado venezolano, cuentan con su laboratorio para la caracterización e identificación del vertido. Su oferta de servicios va desde la conceptualización del diseño de las plantas, fabricación de varios de sus componentes (tanto equipos especiales, como recipientes), construcción hasta el mantenimiento y operación de las mismas.

También cuenta con un conjunto completo de servicios de ingeniería, para el tratamiento de aguas servidas. Dentro de ese alcance general, se pueden señalar los siguientes:

- Ante proyectos y estudios de factibilidad.
- Ingeniería de Proceso.
- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalles
- Procura
- Supervisión de Construcción
- Obras civiles y montaje
- Puesta en marcha y formación del personal de operación

Estos servicios se aplican a todo lo que a tratamiento de aguas se refiere, es decir:

- Tratamiento de aguas residuales urbanas
- Tratamiento de aguas superficiales y/o subterráneas, para consumo humano.
- Tratamiento de aguas para uso industrial: abastecimiento de calderas, aguas de proceso industrial, lavado de gases, inyección de yacimientos petrolíferos



 Tratamiento de efluentes industriales: refinerías, industrias petroquímicas, agro-alimenticias, químicas, metalúrgicas, etc.

VENEAGUA puede suministrar sistemas metálicos compactos desde 15 m³/d, adecuados para pequeñas comunidades tales como plataformas marinas, hoteles, clubes e industrias.

La empresa ha desarrollado diferentes sistemas de reutilización en donde los efluentes son aceptables para riego de áreas verdes, enfriamiento, servicios industriales y calderas; debido a la poca disponibilidad de agua y a la creciente concientización sobre el mayor aprovechamiento que se le debe dar a este invalorable recurso. (Ver anexo VIII)

CHACAO, CARACAS-VENEZUELA TELF. 58 212 2760800 FAX 58 212 2646858 WWW.VENEAGUA.COM

APROAGUA, C.A.

Empresa venezolana, especializada en el desarrollo de plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas, destacándose en una considerable variedad de proyectos realizados a lo largo del país. Ofreciendo un producto a costos razonables, su alcance como empresa va desde los análisis de los vertidos, diseño del tipo de planta, puesta en obra hasta la operación y mantenimiento.

Las plantas de tratamiento diseñadas y construidas por la empresa son para poblaciones de hasta 20000 habitantes con una carga hidráulica de 5×10^6 l/día. Realizan plantas que involucren todos los procesos (físicos, químicos y biológicos), tanto de forma individual como combinados, trabajan con todo tipo de vertidos (doméstico, comercial, industrial). Una de las características que



ofrecen estas plantas es la facilidad en el montaje in situ y la comodidad en el transporte de sus componentes.

El tipo de realización de los efluentes de la planta que más han desarrollado, es el riego, tanto agrícola como de zonas verdes en zonas residenciales.

LAS ACACIAS, CARACAS-VENEZUELA
TELF. 58 212 6626139

WWW.APROAGUA.COM

TECNICA PENSA, C.A.

Empresa de extensa experiencia en la fabricación y construcción de plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas y de plantas compactas para la potabilización de aguas naturales. Una de sus características más resaltantes es el diseño y construcción de dispositivos que involucran más de un proceso dentro de la misma unidad (Ver anexo IX)

Entre sus servicios más importantes se encuentra:

- Diseño de las plantas de tratamiento
- Fabricación en el país de los equipos y unidades para los procesos de tratamiento, con una amplia variedad de dispositivos en cuanto a dimensiones y capacidad hidráulica, en diferentes materiales.
- Puesta en obra, bien sea con la instalación en el sitio o por partes
- Operación y mantenimiento
- Entrenamiento de personal para el manejo de la planta.
- Tratamiento y acondicionamiento de lodos.

CHACAO, CARACAS-VENZUELA
TELF. 58 212 263.53.70 /261.42.78/261.57.69
FAX 58 212 2614745
E-MAIL: <u>TPENSA@CANTV.NET</u>



EQUIPOS Y SISTEMAS HIDROCAVEN, C.A.

Empresa venezolana, cuyo enfoque es generar las soluciones en el manejo y tratamiento de aguas y efluentes, saneamiento ambiental. La ejecución de los proyectos se hace bajo la modalidad llave en mano, lo cual se refiere al: Diseño, suministro/procura, montaje, arranque y puesta en marcha de Proyectos de Inversión de capital en las áreas de tratamiento, manejo y bombeo de aguas y saneamiento ambiental.

CHACAO, CARACAS-VENEZUELA
TELF.:
WWW.HIDROCAVEN.COM

SANEAVEN VENEZOLANA DE SANEAMIENTO, S.A.

Empresa especializada en el desarrollo de plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas y para potabilización. Desarrolla y ejecuta los proyectos bajo la modalidad llave en mano.

LA CANDELARIA, CARACAS-VENEZUELA
TELF.: 58 212 576.21.86

WWW.SANIVEN.COM

3.2 Importaciones

Debido a los avances tecnológicos, sobre todo en el área de la comunicación, cada vez es más fácil obtener información sobre los avances en los procesos de tratamiento y equipos que se estén fabricando por empresas que se encuentran fuera de los límites de las fronteras venezolanas. Lo cual creó la necesidad de dar información de dichas empresas, de sus productos y servicios.



La información dada en este ítem fue obtenida mediante la investigación de diferentes sitos en la Web, referentes al tema concerniente de aguas servidas. Por lo tanto se presentan algunas empresas, existen muchas otras que ofrecen servicios similares.

URSO SERVICIOS MEDIDAMBIENTALES, S.L.

Empresa española, dedicada dar soluciones para el tratamiento de aguas servidas y potabilización. Se cuenta con gran variedad de dispositivos para el agua residual, sin embargo, en cuanto a plantas compactas actualmente utilizan dos sistemas para el tratamiento del agua residual:

SISTEMA BIOX (Depuradora Compacta de Oxidación Total)

Estación depuradora de aguas residuales compacta, construida en poliéster reforzado con fibra de vidrio o acero al carbono por el sistema de oxidación total, que es una variante del proceso de lodos activados. Este equipo se dispone, de forma estándar, para poblaciones equivalentes de 50 a 2500 habitantes (según la norma actual Española, Real Decreto 509/1996).

Los componentes de la Planta compacta son los siguientes:

- Desbaste
- Reactor biológico
- Decantador secundario
- Recirculación de lodos

Este tipo de planta puede reducir su impacto ambiental, hasta ser nulo, si su instalación se hace enterrada.



DEPURADORA COMPACTA DDL (Decantador-Digestor y Filtro Biológico)

El sistema se compone de una sedimentación primaria con digestión anaerobia de lodos, seguido mediante un tratamiento mediante un filtro biológico. El aporte de aire se realiza mediante tiro, disponiendo de las condiciones adecuadas para que ello tenga lugar. En caso contrario debe instalarse ventilación forzada. Se disponen de equipos estándar, para una población equivalente de 10 a 500 habitantes (según la norma actual Española, Real Decreto 509/1996).

SEVILLA-ESPAÑA TELF.: 34 95 440.15.54 FAX: 34 95 440.05.87 WWW.URSO-SM.COM

USFILTER'S DAVIS PRODUCTS

Empresa norteamericana, con tres décadas de experiencia en el desarrollo y diseño de sistemas de separación por gravedad para el tratamiento de aguas residuales o para potabilización, cuenta con una gran variedad de tecnología para la clarificación, tanto para efluentes urbanos como industriales.

Para obtener más información sobre los servicios y productos ofrecidos por la empresa ver anexo X.

ESTADOS UNIDOS
TELF.: 912.226.5733
FAX: 912.228.0312
WWW.DAVCOPRODUCTS.COM



VEOLIA WATER SYSTEMS

Empresa internacional con reconocida trayectoria en la elaboración de plantas de tratamiento para aguas servidas y para potabilización de aguas, tanto para pequeñas comunidades e industrias como para ciudades. En Venezuela se especializan en plantas para la industria petrolera.

Sus servicios son bajo la modalidad llave en mano, en donde involucra todos los procesos desde el diseño hasta la puesta en marcha de la planta.

Los sistemas de reutilización de los efluentes de la planta de tratmiento, que han implementado involucran casi todas las formas conocidas:

- Riego agrícola y de zonas verdes
- Para torres de enfriamiento y calderas
- Recarga de acuíferos
- Aguas grises para baños (pocetas), esto se ha hecho en industrias.

También se destacan por el uso de diversos materiales en las plantas compactas de tratamiento de aguas servidas, siendo el más usado la fibra de vidrio.

EL ROSAL, CARACAS-VENEZUELA TEFL.: 58 212 9525016 FAX: 58 212 9524758 WWW.VELIAWASTERSYSTEMS.COM



CAPÍTULO III

MANUAL PARA LA SELECCIÓN DE PLANTAS COMPACTAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS



Hace más de 50 años, en Inglaterra los industriales empezaron a clamar por sistemas de tratamiento muy eficientes y que ocuparán la menor cantidad de área posible, para no interferir con las actividades propias de la industria. Fue entonces cuando algunos investigadores se dieron a la tarea de encontrar nuevas alternativas para cumplir con los requisitos. Las investigaciones se centraron en la clarificación especialmente porque los procesos demandaban gran cantidad de espacio. A partir de aquí se originan y continúan las investigaciones para minimizar espacios y maximizar las eficiencias, dando origen a las plantas compactas. El avance fue tan importante que además de reducir las dimensiones de las unidades de los procesos de tratamiento, se consiguió hacer que en un mismo dispositivo se llevaran a cabo más de un proceso.

La selección de plantas de compactas requiere de un mínimo conocimiento de algunos de los sistemas existentes, en especial sus rangos de funcionamiento, tanto de caudal, como de características de la fuente a tratar y de los procesos necesarios para adecuar el agua residual. Casi todos los sistemas utilizan metodologías similares, o combinación de las mismas para lograr menores dimensiones y mejores eficiencias



III.1 SELECCIÓN DE LOS PROCESOS APLICABLES Y SU COMBINACIÓN.

La selección de procesos, para conocer con certeza los requerimientos del tratamiento, es afectada por numerosos factores, que incluyen: la disposición de los lodos y el área disponible para ello, proximidad a los centros poblados, topografía versus requerimientos hidráulicos, cantidad y calidad de los lodos procedentes de cada proceso y la disponibilidad de personal calificado para la operación y mantenimiento de la planta. Como el tema concerniente a este manual es la selección adecuada de plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas y partiendo de la definición inicial dada sobre lo que se conoce como una planta compacta, se tiene que destacar que para este tipo de plantas, se pueden combinar en un mismo dispositivo procesos que sean aireado.

Pero uno de los factores más importante es la evaluación de los costos, tanto de diseño, construcción, terreno, entre otros, como de la operación y mantenimiento. Para hacer una buena comparación entre distintas alternativas, es recomendable colocar todos estos costos de forma anual, lo cual permitirá ver cuál de ellas es la más económica (entendiéndose por ello, aquella que ofrece los mejores beneficios dentro de las posibilidades, no la más barata). Dentro de este factor es importante estudiar las posibilidades financieras del ente que estará a cargo del sostenimiento de la planta (comunidad, industria, municipio, etc.), ya que no se puede adoptar una solución que exceda los límites establecidos por dicho ente.

Un punto importante es determinar el nivel de tratamiento, el cual vendrá fundamentalmente definido por la normativa según el tipo de medio a utilizar para la descarga del efluente y por las exigencias del cliente, ya que puede surgir la necesidad de reutilización del agua residual tratada. Determinar el nivel de tratamiento va a facilitar la selección de los procesos, ya que estos se



derivan de las características del agua residual y los requisitos que esta debe cumplir para su adecuada disposición. Por lo tanto en al tabla III.1 se presenta un resumen de las características que distinguen a cada uno de estos niveles

Nivel de tratamiento	Descripción				
Preliminar	Remoción de constituyentes del agua residual que puedan causar problemas operacionales o de mantenimiento con los procesos y operaciones de tratamiento, y sistemas auxiliares				
Primario	 Remoción de parte de los sólidos y materia orgánica suspendida presenta en el agua residual. 				
Primario avanzado	Remoción intensiva de sólidos suspendidos y materia orgánica presente en el agua residual, en general llevada a cabo mediante la adición de insumos químicos o filtración				
Secundario	Remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos. La desinfección también se incluye dentro del concepto de tratamiento secundario convencional.				
Secundario con remoción	 Remoción de compuestos orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos y nutrientes (nitrógeno o fósforo por separado o en conjunto) 				
Terciario	Remoción de sólidos suspendidos residuales, en general por filtración en medio granular. La desinfección hace siempre parte del tratamiento terciario, incluyéndose a menudo en esta definición la remoción de nutrientes				
Avanzado	Remoción de materiales disueltos o en suspensión que permanecen después del tratamiento biológico convencional. Este nivel se aplica en casos donde se requiere utilizar el agua tratada o en el control de eutrofización de fuentes receptoras				

Tabla III.1: Niveles de tratamiento del agua residual

Como ya se mencionó la disposición de los lodos es un parámetro importante en la consideración de la selección de procesos para el tratamiento de las aguas servidas, es necesario determinar según el sistema de disposición las



operaciones o sistemas de tratamiento que involucra a estos, lo cual se puede observar en la tabla III.2.

	Operación unitaria, proceso unitario o						
	sistema de tratamiento						
Procesos/método de	Sistemas pequeños						
disposición							
Operaciones preliminares	✓ Bombeo de lodos						
	✓ Trituración de lodos						
Espesamiento	✓ Espesamiento por gravedad						
	✓ Espesamiento con filtro de banda						
	✓ Lagunas						
Estabilización	✓ Digestión aerobia						
	✓ Almacenamiento en tanques						
	✓ Compostaje						
Desinfección	✓ Compostaje						
	✓ Estabilización con cal						
	✓ Almacenamiento por tiempo prolongado						
Deshidratación	✓ Filtro de banda						
	✓ Lechos de secado de lodos						
	✓ Lagunas						
	✓ Lechos de cañas						
Compostaje	✓ Pila estática aireada						
	✓ Pilas volteadas						
Disposición final	✓ Aplicación en el suelo						
	✓ Relleno sanitario						

Tabla III.2: Métodos de tratamiento y disposición de lodos



Los procesos de acondicionamiento, secado térmico y reducción térmica no se consideran para poblaciones pequeñas puesto que se incurren en altos costos que no resultan rentables y difíciles de sostener.

A continuación, en la tabla III.3, se presentan los procesos de tratamiento que se pueden aplicar al agua residual según los constituyentes que esta presenta:

	Operación unitaria, proceso unitario o sistema de				
	tratamiento				
Constituyente	Sistemas pequeños				
Sólidos suspendidos	 Sedimentación-floculación, cámara de filtración para efluente de filtros de lecho empacado intermitentes y con recirculación Procesos naturales (p.ej.: humedales artificiales) 				
Compuestos orgánicos biodegradables	 Proceso de lodo activado con aireación extendida y variantes Filtros de lecho empacado intermitentes y con recirculación Proceso de lagunas de estabilización Procesos naturales 				
Compuestos orgánicos volátiles	Procesos naturales				
Patógenos	 Cloración Hipocloración Radiación UV Procesos naturales 				
Nitrógeno	Nitrificación-desnitrificaciónProcesos naturales				
Fósforo	Remoción biológica de fósforoProcesos naturales				
Materia orgánica refractaria	Procesos naturales				
Metales pesados	Precipitación químicaProcesos naturales				
Sólidos disueltos	Intercambio iónicoÓsmosis inversa				

Tabla III.3: Operaciones y procesos unitarios empleados para remover la mayoría de los constituyentes presentes en aguas residuales



III.2 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS

En la elección de los procesos de un sistema de tratamiento se consideran como factores importantes el desempeño de la planta y la consistencia con el cumplimiento de las normas de vertimiento; lo cual se refiere al la eficiencia de la planta de tratamiento como conjunto, ya que cada proceso tiene un rango de eficiencia, bajo condiciones de buena operación y mantenimiento (véase tabla III.4), pero es necesario evaluar si la secuencia de procesos elegidos producen los resultados esperados en la planta.

Proceso/Sistema de tratamiento	Remoción de DBO (%)	Remoción de SST (%)
Sedimentación	20-40	40-60
-Floculación-Coagulación		> 80
Flotación		75
Lodos activados	60-85	
Lagunas de estabilización	75-85	
Biofiltro	85	
Tanque séptico	20-30	60

Tabla III.4: Eficiencias de algunos procesos y/o sistemas de tratamiento de aguas residuales

La confiabilidad de un proceso puede definirse como la probabilidad de conseguir un desempeño adecuado por lo menos durante un período de tiempo específico bajo condiciones determinadas; o en términos de desempeño de la planta de tratamiento, como el porcentaje de tiempo durante el cual se consiguen las concentraciones esperadas en el efluente para cumplir con las normas para su disposición final.



En los casos en que se emplee el concepto de confiabilidad, debe evaluarse los niveles de confiabilidad, incluyendo los costos de los elementos requeridos para adquirir ciertos niveles de confiabilidad, los costos asociados con la operación y el mantenimiento, y el costo de los impactos ambientales negativos producidos por el vertimiento bajo condiciones de incumplimiento de las normas.

La cuestión a resolver es la concentración del constituyente del efluente para el diseño, o proveniente de un proceso, que garantice el cumplimiento de la normativa, con determinado nivel de confiabilidad. Esto se puede resolver a través del uso del *Coeficiente De Confiabilidad* (Niku, et al 1979). En el método CDC, la concentración media de constituyente (valor de diseño) se relaciona con los valores límites a cumplir basándose en un análisis de probabilidad. El valor medio, m_x , se puede obtener empleando la siguiente relación:

$$m_x = (CDC) X_s$$

Donde, m_x = concentración media del constituyente X_s = valor establecido por la norma

CDC = coeficiente de confiabilidad

El coeficiente de confiabilidad se determina mediante la siguiente ecuación:

$$CDC = (V_X^2 + 1)^{1/2} \times \exp\left\{-Z_{1-\alpha} \left[\ln(V_X^2 + 1)\right]^{1/2}\right\}$$

Donde, $V_X =$ coeficiente de variación, cuyo valor es el coeficiente entre la desviación estándar (σ_x) y la media (m_x) de la distribución existente.

 $Z_{1-\alpha}=$ diferencia entre el valor determinado y la media de la distribución normal, expresada en número de desviaciones estándares.



 $1-\alpha$ = probabilidad acumulada de ocurrencia (nivel de confiabilidad)

Valores de $Z_{1-\alpha}$ para varios niveles de probabilidad acumulada, $1-\alpha$, se pueden consultarse en la tabla III.5 y en la tabla III.6 se presentan los valores del CDC que se emplean para determinar las concentraciones en los efluentes para diferentes valores de los coeficientes de variación asociados a diferentes niveles de confiabilidad.

Probabilidad acumulada (1-α)	Percentil Z _{1-α}
99.9	3.090
99	2.326
98	2.054
95	1.645
92	1.405
90	1.282
80	0.842
70	0.525
60	0.253
50	0

Tabla III.5: Valores de la distribución normal estandarizada

Otro método para determinar las condiciones de diseño que garanticen el cumplimiento de las normas de disposición final, es el método gráfico de probabilidad, que consiste en utilizar el análisis del desempeño de una cantidad representativa de plantas de tratamiento con procesos y condiciones similares a la que está en estudio y de allí obtener las conclusiones sobre las eficiencias de los procesos



V _x	Confiabilidad, %							
	50	80	90	92	95	98	99	99.9
0.3	1.04	0.81	0.71	0.69	0.64	0.57	0.53	0.42
0.4	1.08	0.78	0.66	0.63	0.57	0.49	0.44	0.33
0.5	1.12	0.75	0.61	0.58	0.51	0.42	0.37	0.26
0.6	1.17	0.73	0.57	0.54	0.47	0.37	0.32	0.21
0.7	1.22	0.72	0.54	0.50	0.43	0.33	0.28	0.17
0.8	1.28	0.71	0.52	0.48	0.40	0.30	0.25	0.15
0.9	1.35	0.70	0.50	0.46	0.38	0.28	0.22	0.12
1.0	1.41	0.70	0.49	0.44	0.36	0.26	0.20	0.11
1.2	1.56	0.70	0.46	0.41	0.33	0.22	0.17	0.08
1.5	1.80	0.70	0.45	0.39	0.30	0.19	0.14	0.06

Tabla III.6: Coeficiente de confiabilidad en función de Vx y el nivel de confiabilidad



III.3 FUNDAMENTOS GENERALES PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

Aunque este manual tiene como objetivo, dar las herramientas necesarias para hacer la mejor selección de un tipo de planta compacta para el tratamiento de un efluente específico, se dan algunos parámetros importantes para el diseño de plantas de tratamiento, ya que si se tiene un diseño adecuado (que incluya todas las consideraciones necesarias para obtener los resultados esperados) se podrá elegir verdaderamente la planta que resulte más conveniente tanto para los procesos de tratamiento como para una construcción y mantenimiento más económico.

Por consiguiente en este ítem, no se persigue enseñar a profundidad todos los parámetros de diseño, sino dar una guía de los criterios a tomar en cuenta para la verificación del mismo. En la figura III.1 se presenta el esquema a seguir para la selección de los proccesos

3.1 Consideraciones Generales

Las Plantas de Tratamiento comerciales prefabricadas conocidas como compactas, las cuales se han definido en este trabajo, como aquéllas que reúnen en un solo dispositivo la ejecución de varios procesos de tratamiento, se han utilizado con mayor frecuencia para el tratamiento de aguas residuales de propiedades individuales y comunidades pequeñas. Aunque esto no limita a dichas plantas a suplir a comunidades de gran tamaño.

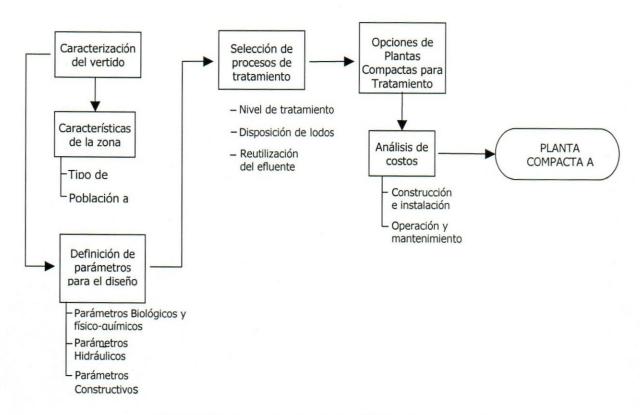


Figura III.1: Diagrama de flujo para la selección de una planta compacta

3.1.1 Consideraciones básicas para el diseño y selección1.

Las plantas de tratamiento están diseñadas para convertir las aguas servidas crudas en un efluente final aceptable, así como también para disponer los sólidos removidos durante el proceso. Por lo tanto es fundamental, determinar primero las características del agua residual cruda, es decir la identificación y mayor especificidad posible que se pueda hacer al agua, y las características que ha de requerir el efluente para su disposición, lo que conllevará a el tratamiento necesario; todo esto antes de proceder con el diseño de la planta de tratamiento.

CAPÍTULO III – La Propuesta

¹ Sewage Treatment Plant Design (WPCF Manual of Practice N°8). Water Pollution Control Federation. 1967.



Una vez que se han determinado las características y tratamiento necesario, aunque no debe asumirse que estos son fijos sin posibilidad de cambio, se puede proceder al diseño de la planta de tratamiento a utilizar. Por lo tanto, es necesario un equilibrio apropiado entre las características del influente, los requerimientos que debe tener el efluente y el grado de tratamiento, debe ser lo primero que se logre antes de realizar el diseño. Lograr este alance, con la economía óptima, obligarán al uso de análisis racionales así como otras herramientas reconocidas para diseñar.

3.1.1.1 Regulaciones sobre los cuerpos de agua receptores

Es necesario obtener la aprobación de los organismos pertinentes, antes de proceder a la construcción de cualquier planta de tratamiento, a fin de proteger el cuerpo receptor del agua residual tratada. De allí la importancia de conocer las normativas que disponen las características que debe cumplir el efluente a ser vertido (veáse anexo I).

Generalmente las autoridades establecen las características que debe tener el vertido según el posterior uso que pueda tener el cuerpo receptor, para establecer el grado de contaminación posible que se pueda aceptar, sin afectar el aprovechamiento del cuerpo de agua, suelo o mar.

Finalmente, es necesario destacar, que las autoridades competentes generalmente tienen una actitud razonable ante cambios propuestos sobre las regulaciones ya establecidas en las normas, siempre y cuando estos estén plenamente justificados y se demuestre que no van a afectar el uso ulterior del cuerpo receptor.



3.1.1.2 Área a servir

La máxima área a servir incluida en el estudio para el periodo de diseño, puede estar basada en el área del drenaje natural, en los límites de la propiedad o una combinación de las dos condiciones.

En comunidades muy desarrolladas, tales como las ciudades hay que considerar áreas que pueden estar fuera de los límites de la ciudad que drenan sus aguas residuales a ella, así como otras que en el futuro puedan incorporarse a la ciudad. Es importante considerar este punto puesto que generalmente las comunidades tienden a expandirse y crecer, por lo cual hay que tomar las previsiones en el diseño de la planta de tratamiento.

3.1.1.3 Población a servir

En este caso hay que considerar el crecimiento que puede sufrir la población a servir, durante el período de funcionamiento de la planta; las estimaciones se deben hacer con mucho cuidado puesto que de ella se obtiene el caudal de agua residual a tratar y de haber una proyección equivocada la planta no cumplirá con la eficiencia requerida los procesos de tratamiento, lo cual puede incidir en mayores costos para corregir el diseño inicial.

Entre los informes que se pueden utilizar para hacer una estimación del crecimiento de la población en una zona determinada, se puede recurrir a:

- Censos realizados en el estado o municipio, donde está ubicada la zona a servir; aunque en Venezuela no es una práctica común o no se hace con una regularidad adecuada para obtener una información confiable, lo cual representa una desventaja.
- Censos de la población de estudiantes en los colegios, escuelas y universidades.



Permisos de construcción (sobre todo de urbanismos) otorgados.

También es importante hacer una evaluación de los factores que afectan los cambios en el crecimiento de una población, tales como: el grado de industrialización, facilidades de transporte y condiciones de las vías de comunicación, posibilidades de desarrollo de actividades que promuevan la instalación de nuevas industrias.

Existen varios métodos para estimación de la población, entre los más utilizados encontramos:

- Incremento aritmético.
- Crecimiento a tasa constante.
- Extensión grafica, por censos pasados.
- Comparación con ciudades de características similares que tengan una mayor población.
- Crecimiento exponencial.
- Crecimiento geométrico.

3.1.1.4 Caudal de aguas servidas

Los métodos básicos para la estimación del caudal para el diseño de la planta de tratamiento son:

- a) Monitoreo del caudal existente, tomando en cuenta las correcciones futuras necesarias debido al incremento de caudal que se pueda experimentar.
- Estimando y totalizando los diversos componentes que puede tener el agua servida.

Donde ya existe un sistema de aguas servidas, el primer método es más confiable.



Donde no existe una red para las aguas servidas, debido a la complejidad para la toma o empotramientos, limitaciones hidráulicas u otras razones válidas, no es posible calcular el caudal existente. Por lo tanto es necesario recurrir a estimaciones de otros componentes que contribuyen al caudal de aguas servidas o a valores per cápita dados por estudios realizados, dependiendo de las actividades económicas y el tipo de zona en estudio (residenciales, comerciales, institucionales, espacios recreacionales e instalaciones industriales), en las tablas I.1, I.2 y I.3 se pueden observar valores referenciales per cápita de producción de aguas residuales, provenientes de fuentes comerciales, fuentes institucionales y centros recreativos, y con las ecuaciones 2.1 y 2.2 se pueden obtener el caudal máximo de aguas servidas en zonas residenciales.

3.1.1.5 Caudal de fuente domestica y comercial

Donde existe una dotación de agua por medio de un acueducto se puede determinar con facilidad el caudal de agua servida generada, puesto que se considera que un 70 a 80% del agua doméstica consumida pasará a ser descargada en la cloaca. Esta proporción disminuirá si se utiliza parte del agua para el riego de zonas verdes.

En aquellas comunidades, en donde la zona comercial es bastante pequeña se puede incluir en el caudal de aguas residuales domésticas, mientras que si la zona comercial está compuesta por grandes comercios, centros comerciales, etc. este caudal requerirá un estudio aparte.

3.1.1.6 Caudal de fuente industrial

El agua residual industrial se determina por medio de un estudio específico, de acuerdo con el tipo de industria. Cada industria, dependiendo de las actividades que desarrolla durante sus procesos, necesitará una cantidad específica de agua para su funcionamiento, de allí la necesidad hacer un análisis particular. Pero es



importante hacer un estudio, durante un lapso de tiempo significativo, de los caudales máximos de aguas residuales.

3.1.1.7 Control o monitoreo de las salidas de flujo

Las mediciones de flujo normalmente se hacen a través de equipos que registren la información, en un lapso de 24 horas. Otra forma es por medio del uso de tintes y flotadores, que indican la trayectoria y puntos de salida de un efluente. Las medidas deben tomarse tanto en la estación seca como en la húmeda, teniendo siempre en cuenta los ajustes necesarios por aumento de población o posibles desarrollos industriales, que puedas verter sus aguas residuales.

3.1.1.8 Agua de Iluvias

Donde existen sistemas unitarios o que haya indicaciones de que ocurren lluvias de altas intensidades, no es recomendable hacer el diseño de la planta de tratamiento en función de una parte de la intensidad de la lluvia, más bien es recomendable usar un valor de caudal máximo, de dos a cuatro veces el caudal promedio en tiempo seco. Aunque este factor va a depender de factores locales e incluso de la población.

3.1.1.9 Infiltración a aguas subterráneas

La infiltración aumenta con debido a altos niveles freáticos, condiciones de porosidad del subsuelo, defectos estructurales en las tuberías, utilización de material pobre en las juntas, material inapropiado para la fundación, mano de obra inadecuada durante la instalación de la tubería. Otro aspecto son los escapes o infiltraciones debido a los malos empotramientos.



La obtención de la infiltración en el subsuelo, está basada en la determinación de una serie de condiciones que la afectan y por la experiencia del ingeniero en la evaluación de sus efectos. Entre los criterios utilizados se encuentran:

- a) Por milla de tubería: 2000 a 200000 gpd
- b) Por pulgada de diámetro en cada milla: 500 a 2000 gpd
- c) Per cápita: 25 a 200 gpd
- d) Por acre de área servida por la cloaca: 300 a 1500 gpd

3.1.2 Característica del efluente servido

Este punto se ha explicado anteriormente en los capítulos I y II (ítems I.3, II.1, respectivamente), sin embargo hay que acotar otros factores que pueden facilitar la caracterización de las aguas servidas en una zona determinada, entre ellos se observan:

- a) Población equivalente: este es un parámetro importante ya que relaciona la carga orgánica (DBO, SST y organismos coliformes) con una población, capaz de producir los valores correspondientes. En las Normas para la planificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, se establece en su Articulo 1, la conversión de carga orgánica a PE se basará en una contribución de 54 g DBO_{5,20}/ persona/día.
- b) Análisis necesarios para el agua servida: Los cuales brindan los datos necesarios sobre las condiciones en que se encuentra el agua residual antes y después del tratamiento.

3.1.3 Efectos de los desechos industriales

Los desechos industriales, son a menudo, un componente importante de las aguas residuales, tanto en volumen como en composición. Es importante que el ingeniero liste todos los establecimientos que producen los desperdicios



industriales y la cantidad, períodos de producción y sus características, mientras que se construye el sistema de tratamiento para las aguas servidas.

3.1.3.1 La aceptabilidad y efecto de los desechos industriales

Las plantas de tratamiento están normalmente diseñadas (en caso de ser necesario), para manejar de forma segura los desechos industriales. Los desechos que pueden causar daños a la estructura o equipos, así como los que pudiesen tener efectos adversos sobre la efectividad de los procesos de tratamiento, generalmente se prohíbe que sean descargados a la cloaca pública.

3.1.3.2 Sólidos gruesos

Los desechos industriales contienen sólidos que por sus características pueden llegar a obstruir conductos o causar daños al equipo de bombeo, estos generalmente requieren un pretratamiento.

3.1.3.3 Altos DBO, sólidos suspendidos y cloro residual

Los altos valores de concentraciones en sólidos suspendidos, DBO y cloro residual son aceptados cuando se ha considerado en el diseño de la planta de tratamiento el manejo de estos desechos.

3.1.3.4 Aumento y disminución del pH

Estas variaciones pueden afectar la estructura física y los procesos biológicos del tratamiento, normalmente se requieren correctivos para desechos industriales que generan disminuciones de pH de hasta 5.5 y aumentos de 9.0, en el influente que va a pasar a la planta de tratamiento.

3.1.3.5 Desechos químicos y de metales

Muchos metales son tóxicos y producen efectos adversos en el los procesos del tratamiento biológicos, sobre la supervivencia de los peces que habitan en el



cuerpo de agua receptor y en el uso que se le de aguas abajo al curso de agua donde se descargan las aguas servidas (p. ej.: aguas de abastecimiento potable).

Los límites aceptables para estos desechos en la planta de tratamiento, van a depender del grado de tratamiento y del uso posterior que se dé al cuerpo receptor.

3.1.3.6 Grasas y aceites

Las grasas provenientes tanto de fuente mineral como animal, pueden tener efectos dañinos en los procesos de tratamiento de aguas servidas. El mayor inconveniente que pueden presentar estas sustancias, es la disposición final, aunque se haya tenido una remoción satisfactoria de las mismas en el tratamiento primario. La cantidad de grasas y aceites en desechos industriales está limitada a 100 mg/l.

3.1.4 Efecto del uso de los trituradores de basura en los hogares

En algunos países, es cada vez más frecuente el uso de los trituradores de basura, los cuales disponen los desperdicios en la red de cloacas, esta tendencia debe tomarse en cuenta ya que no es lo mismo disponer de los desperdicios de los comestibles en forma sólida, por separado, que molerlos y colocarlos en el sistema de cloacas, ya que cada forma repercutirá de manera distinta en las características del agua servida, puesto que la concentración de sólidos suspendidos puede aumentar en un promedio del 60%, pero puede llegar a tener un incremento del 100%, de manera similar la DBO puede aumentar en promedio en un 30%, pudiendo ser de hasta un 65%. De una forma parecida se ven afectados los procesos del tratamiento debido a la probabilidad de un alto aumento de lodos en las unidades.



3.1.5 Grado de tratamiento

El grado de tratamiento está basado en la habilidad del medio receptor de asimilar los contaminantes a ser agregados, sobre todo si se trata de un cuerpo de agua. Para esta determinación, es necesario tomar en cuenta: las condiciones del cuerpo receptor, el caudal del mismo, la existencia o posible existencia de un uso del cuerpo de agua y las variaciones que implica cada temporada.

En general, en los grandes cuerpos de agua que reciben la descarga de desechos, estos reciben un tratamiento limitado para la remoción de los sólidos gruesos, pero en aquellos cuerpos que tiene una capacidad limitada para recibir mas contaminantes se le debe dar un tratamiento mucho más profundo, si no se puede utilizar otro medio de disposición.

Otro parámetro que determina el grado de tratamiento es la disposición final que se le vaya a dar al efluente de la planta:

- Disposición en cuerpos de agua: la desinfección con cloro es requerida cuando las aguas van a recibir un uso posterior para abastecimiento público de agua potable.
- Disposición en el suelo: esta se utiliza cuando el posible cuerpo de agua receptor está ubicado a una distancia tal que resulta anti-económico, para ello se debe disponer de extensiones de terreno suficientes, que tengan un nivel freático bajo, con el fin de permitir la percolación necesaria. Para este tipo de disposición se necesita la remoción de los sólidos suspendidos y sedimentables.(Ver anexo I)



Reutilización del efluente: este aspecto ha sido ampliamente discutido en el ítem I.4, en donde se especifican los requerimientos que deben cumplir los efluentes con respecto al tipo de reutilización que se les dé.

3.2 Parámetros de diseño hidráulicos²

El diseño hidráulico de una planta de tratamiento, determina en gran magnitud la efectividad del funcionamiento de los procesos del tratamiento, además de suministrar la capacidad para el caudal máximo de diseño, que va a transportarse de una unidad a otra.

Para que la planta funcione correctamente, es necesario, que exista una diferencia de altura entre el influente y el efluente descargado, con el fin de superar las pérdidas producidas dentro de la planta. Esta diferencia de altura, generalmente es la disponible por la topografía, pero si esta es menor a la requerida o se necesita que el caudal recircule, se va a requerir una estación de bombeo intermedio. A excepción de requerir bombeo, el flujo debe circular a través de la planta por gravedad.

Para obtener la altura mínima necesaria, se calcula la elevación que necesita el influente para vencer todas las pérdidas generadas dentro de la planta y llegar a la descarga, por lo cual se divide la altura disponible, en elevaciones en donde se ha calculado el nivel del agua.

Generalmente, las elevaciones del agua, se obtiene usando el caudal máximo promedio, para el final del período de diseño y el mínimo inicial. Estos valores se grafican y se obtiene un perfil hidráulico. Estos perfiles se construyen tomando en cuenta el recorrido que ha de hacer el flujo a través de la planta y se

CAPÍTULO III – La Propuesta

² Sewage Treatment Plant Design (WPCF Manual of Practice N°8). Water Pollution Control Federation. 1967.



compara con la topografía, con la finalidad de obtener la altura de la entrada a la planta de tratamiento.

Uno de los componentes de una planta, donde ocurren las más grandes pérdidas son los sedimentadores, tanto dentro del mismo como en la entrada.

3.2.1 Caudal de diseño

Las plantas se calculan para cumplir con unas condiciones de caudal durante todo el período de diseño, en donde no sólo se debe contemplar el agua servida a producir por la población, sino las posibles descargas de las industrias, lluvias u otros factores que aumenten el caudal que debe manejar la planta, de lo cual se debe obtener el pico de aguas servidas que puede entrar la planta (véase los ítems 3.1.1.4 al 3.1.1.6, del presente capítulo)

En cuanto al caudal de aguas servidas domésticas, los valores más importantes son el máximo, mínimo y promedio.

El incremento en el caudal, desde el comienzo hasta el final del periodo de diseño, puede ser tan grande como para requerir que las unidades de la planta de tratamiento sean construidas por etapas, debido a razones económicas, por lo cual se tienen que tomar las previsiones futuras para la expansión.

La relación entre el caudal pico y el promedio a el final de periodo para el cual los trabajos de tratamiento son diseñados, determina la capacidad y necesidad de los sistemas de rebose y del bypass. El uso de sistemas de rebose protegerá las unidades de tratamiento, controlará que no se exceda el caudal pico.

El caudal promedio es de mucha relevancia en la determinación de las funciones de las unidades de tratamiento, en la estimación de los costos de operación y en



la determinación de los tamaños más económicos de las tuberías. Por otra parte el caudal pico va a incidir en la capacidad hidráulica que deben tener las estructuras, mientras que el caudal mínimo de aguas servidas da una referencia de la capacidad mínima que deben tener los equipos, también se debe considerar por la deposición de sólidos en las tuberías.

3.2.2 Velocidad límite

Este parámetro viene dado por la existencia de sólidos sedimentables en las aguas servidas, los cuales si se depositan en los conductos generarían severos problemas en el transporte de las aguas, posibles daños en las entradas o salidas de las unidades de tratamiento y en la disposición del vertido. Por lo tanto se han establecido rangos de velocidades en los que el agua se transporta adecuadamente en los conductos y se garantiza el arrastre de dichos sólidos, los valores de velocidades están entre los 0.6 m/s y 1.5 m/s.

3.2.3 Pérdidas hidráulicas

Como ya se ha explicado el flujo necesita la suficiente energía para superar las perdidas de carga producidas por los diferentes componentes de la planta, a su paso por ella. Por lo cual para obtener este parámetro se debe partir del caudal máximo.

Las pérdidas se pueden subdividir de la siguiente manera:

- Pérdidas por el paso del agua residual a través de sus distintos componentes de tratamiento.
- Pérdidas propias de las unidades de tratamiento, que son necesarias para su buen funcionamiento.
- Pérdidas inherentes a los equipos involucrados en el tratamiento (p.ej.:
 Las bombas)

En la circulación del agua residual entre los elementos de los procesos de tratamiento, las pérdidas de altura pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Resistencia por fricción en las tuberías o conductos
- Perdidas asociadas a las características de las tuberías, tales como cambios de dirección, válvulas, contracciones, conexiones, etc.
- Alturas requeridas por dispositivos de control en la descarga, así como de otros dispositivos de control hidráulico.
- Provisión para las pérdidas a futuro, debido a la expansión de la planta.
- Pérdidas por la descarga (caída libre)

Las pérdidas a través de la planta de tratamiento son asumidas, ya que se pueden obtener las pérdidas de los equipos, unidades, elementos, dispositivos de control, etc, antes del diseño estructural, luego este se concibe tomando en cuenta el efecto del flujo y se determinan de forma más precisa el perfil hidráulico y las elevaciones de las estructuras son modificadas de acuerdo con dicho perfil.

3.2.4 Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica está definido como la división entre el caudal que entra al reactor y el volumen del mismo. Este tiempo se refiere al tiempo promedio que permanece un volumen de aguas en el sistema, para su tratamiento.

Este parámetro es de suma importancia, puesto que cada proceso requiere un tiempo mínimo para garantizar los resultados en el efluente.

3.3 Parámetros biológicos y físico-químicos de diseño

Los parámetros biológicos para el diseño de una planta de tratamiento, son aquellos que definen las características que debe poseer el efluente al salir de la CAPÍTULO III - La Propuesta 131



planta. Sus valores límites van a variar dependiendo del sistema de disposición y del uso ulterior que se le pueda dar al agua residual.

3.3.1 Sólidos Suspendidos

Tanto fijos como volátiles determinan las características del lodo a manejar en la planta y el grado necesario del tratamiento.

3.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Afecta el grado de tratamiento requerido. Las diferencia entre la demanda requerida y las porciones presentes en el agua pueden ser significativas.

3.3.3 pH, acidez y alcalinidad

Indica los cambios químicos sufridos, por los contaminantes agregados al agua residual.

3.3.4 Oxígeno Disuelto

Indica la frescura del agua servida y se puede detectar por medio del olor emitido.

3.3.5 Contenido de grasa y aceites

Pueden afectar el manejo de las grasas y aceites contenidos en el agua residual y el tipo de disposición final que pueda darse a los lodos.

3.3.6 Demanda de cloro

Influye en la cantidad de cloro necesaria para la desinfección del efluente.

3.3.7 Demanda Química de Oxígeno

Por representar una medida de la cantidad de materia carbonosa contenida en los diferentes tipos de materia orgánica presentes en las aguas residuales, es



utilizada, al igual que la DBO, como una expresión del poder polucional de un agua

3.3.8 Características microbiológicas

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano (fiebre tifoidea y paratifoidea, cólera, disentería colibacilar y amibiana; poliomielitis y hepatitis infecciosa; bilharziarsis), y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Otras determinaciones como las necesarias para el nitrógeno pueden ser importantes dependiendo de los constituyentes del agua residual, métodos de tratamiento a utilizar y de los usos posteriores de las aguas receptoras. Algunos elementos metálicos, como el cobre, puede ser nocivo para el tratamiento secundario de las aguas residuales. (p.ej.: la digestión de lodos).

3.4 Parámetros para la construcción de una planta de tratamiento

A continuación, se describen los parámetros más importantes a considerar en la construcción de una planta de tratamiento:

3.4.3 Ubicación

Es recomendable, localizar la planta en un sitio donde la topografía permita que todo o la mayor parte del efluente llegue tanto a la planta como al cuerpo receptor, por gravedad, es decir, tanto la facilidad para que el efluente entre en la planta, como la oportunidad para la disposición de productos finales, son consideraciones importantes. Esta condición limita la ubicación de la planta, en el punto más bajo del área a servir y que esté más cerca del cuerpo receptor. CAPÍTULO III – La Propuesta



También es necesario que la planta tenga una vía de fácil acceso y que esté lo suficientemente aislado de la zona comercial o residencial, para evitar problemas con los malos olores y contaminaciones por contacto con los poluentes.

Si la localización de la planta es en la pendiente de una colina, es conveniente que las estructuras puedan ser colocadas en la secuencia normal del flujo, a fin de evitar grandes rellenos y excavaciones. Generalmente, es mejor ajustar el diseño de la planta a la topografía disponible, en lugar de hacer un diseño que requiera una topografía particular, de difícil acceso. Los sitios que son bastante nivelados son muy convenientes para la colocación del bombeo intermedio (en caso de ser necesario).

Otros factores que se deben considerar son:

- <u>La posibilidad de inundaciones:</u> las plantas de tratamiento que se ubiquen cerca de ríos o quebradas, deben estar debidamente protegidas contra posibles inundaciones, tanto las unidades en donde se realizan los procesos de tratamiento como la estructura donde se ubican los equipos y tableros de control. Incluso en algunos casos el necesario colocar la planta a un nivel superior al de la posible creciente y cuando esto no es suficiente o no es posible, se deben hacer diques a fin de proteger la planta.
- Factores económicos: en cuanto a la ubicación, estos están muy relacionados con el tipo de suelo con que se cuente, ya que de las características del mismo dependerá el tipo de fundaciones a utilizar, si es necesario equipos especiales para evitar flotación (donde exista un alto nivel freático), entre otros elementos a considerar. También es importante tomar en cuenta el costo de las estructuras para la protección de la planta en contra de inundaciones u otros factores ambientales.



3.4.4 Fundaciones

El diseño de las fundaciones para una planta de tratamiento, no es muy diferente al de una estructura cualquiera; sin embargo, la elección de un sitio adecuado, para la fundación, tiene una mayor incidencia para plantas de tratamiento que para otros tipos de estructuras.

Otra particularidad a considerar, es que la tolerancia con respecto a los asentamientos diferenciales que puede sufrir la fundación, es más restringida que para una estructura independiente, debido a la existencia de conductos para transportar las aguas servidas a la planta de tratamiento, los cuales no deben sufrir fracturas por dichos asentamientos.

3.4.5 Drenaje

El drenaje, generalmente, va a depender de la topografía y de la distribución de las estructuras de la planta.

Tomar esta provisión es necesario para disponer los escurrimientos producidos por las lluvias y para eliminar las lagunas que se puedan formar en el sitio. La capacidad del drenaje debe ser suficiente para lluvias de 5 a 15 años de periodo de retorno.

Los costos para un drenaje superficial, se pueden minimizar, sin afectar la efectividad del mismo, si se planifica bien el sitio para su ubicación en el diseño. Se considerará como un sistema de drenaje superficial, las calzadas, y se debe cuidar que las estructuras de la planta estén localizadas de tal forma que no interfieran con el.



3.4.6 Estructura de la Planta

En cuanto a las consideraciones necesarias para el diseño de las estructuras que componen la planta de tratamiento, se exponen los siguientes criterios:

3.4.6.1 Distribución

El diseño se debe realizar de tal forma que las estructuras estén ubicadas en una secuencia con respecto a los procesos de tratamiento. En la verificación hidráulica del diseño, se obtienen las cotas necesarias para el funcionamiento de cada unidad de la planta, a partir de un datum fijado.

Una consideración importante, que se debe tomar en cualquier diseño, es que la distribución sea de tal forma que facilite la operación y mantenimiento, ofreciendo toda la comodidad posible. Por lo tanto hacer un diagrama de las actividades y movimientos que realiza el operador, puede ser útil al momento de hacer la ubicación de cada unidad de tratamiento.

Es recomendable plantearse más de una distribución, ya que eso permitirá la evaluación de cuál permite la mejor operación, flexibilidad y economía, permitiendo elegir la mejor disponible. La relación entre el diseño y la distribución viene dada por la determinación del número de unidades involucradas en cada fase del proceso. Por lo cual es necesario definir las dimensiones de la planta para que se sitúe adecuadamente según la topografía y la geografía del sitio. También se deben considerar las variaciones de flujo en el periodo de diseño, la necesidad de mantenimiento o reparaciones sin interferir en los procesos de tratamiento, los límites económicos en los tamaños y su conformidad para la expansión de la planta, variaciones en los parámetros hidráulicos en el tiempo, flexibilidad y conveniencia en la operación.



3.4.6.2 Red de tuberías

El diseño y distribución de las tuberías tiene un peso importante en la ubicación de cada unidad para el tratamiento, puesto que estas, generalmente, transportan el agua de un proceso a otro a medida que transcurre el tratamiento. Estas se deben colocar paralelas y adyacentes entre si, utilizando el menor espacio posible para su instalación e incurriendo en el menor costo. Una conveniente operación, accesibilidad para el mantenimiento, el acceso a conexiones futuras o agregar otras redes de tuberías, son parámetros que se deben tener presentes en la fase de diseño de la red de tuberías.

Un factor importante en la efectividad de la red de tuberías es la simplicidad de su distribución, se debe evitar distribuciones complicadas y complejas, en lo posible. Otro factor de mucha influencia es la exactitud de la determinación de los parámetros hidráulicos durante el diseño.

3.4.6.3 Uso de Bypass y overflows

En las normas se exige el uso de bypass (desviaciones), para el mantenimiento de las unidades, de forma tal que estas puedan sacarse de servicio sin afectar a las otras. Al colocar los bypass se persigue proteger los equipos, así como salvaguardar los cuerpos receptores de recibir aguas que no hayan tenido el tratamiento completo. Normalmente no se colocas bypass a unidades de desinfección con cloro, lo que se hace, en algunos casos, es colocar duplicados.

Los Overflows (sistemas de rebose), se utilizan para prevenir sobrecargas en las unidades, debido a lluvias que aumentan el caudal.



3.4.6.4 Adaptación a futuras expansiones

Debido a los cambios en la población y las posibilidades de desarrollo, se tiene que considerar las expansiones de la planta, tanto en capacidad como en la necesidad de agregar procesos de tratamiento adicionales, lo cual afectará necesariamente la red de tuberías.

Normalmente, elementos como los equipos de medición, desarenadores, unidades de cloración, sedimentadores y otras unidades que deben retener, mientras realizan su proceso, grandes volúmenes de agua (con respecto a las demás), se diseñan de tal forma que no requieran cambios considerables.

La flexibilidad es un requerimiento esencial al diseñar una planta de tratamiento, debido a los posibles cambios y variaciones que puede sufrir los parámetros iniciales de diseño, por lo cual siempre se debe hacer una proyección de los mismos según sea el caso; entre los dispositivos de especial atención, en cuanto a la adaptabilidad que deben tener, encontramos: instalación de válvulas y tuberías, futuras conexiones para que puedan hacerse las extensiones en la planta sin interrumpir su funcionamiento.

3.4.6.5 Mantenimiento

Las provisiones necesarias para el mantenimiento deben estar detalladas en el diseño de todas las unidades, así como en el de la planta en general. Todas las unidades están diseñadas con dispositivos par ser quitadas del servicio, bien sea para la reparación o mantenimiento, lo que hace que requieran de un sistema de vaciado para la limpieza. En cuanto a los equipos mecánicos, siempre se debe contar con una unidad extra (bombas, aireadores, etc), para que no se interrumpa el proceso, cuando uno esté en mantenimiento, también deben contar con suficiente espacio para realizar la inspección y operaciones de mantenimiento.



3.4.6.6 Disposición de los efluentes

Los requerimientos que se deben considerar para los conductos de descarga, son:

- Capacidad hidráulica para el caudal máximo a descargar
- Integridad estructural para soportar la carga
- Que produzca una buena mezcla entre el efluente de la planta y el cuerpo receptor (en caso de disposición en cuerpos de agua).
- Una provisión adecuada para el mantenimiento y para la toma de muestras del efluente a fin de mantener el control sobre sus características.

3.5 Los tipos de plantas compactas más utilizadas

Hacer una clasificación detallada de todos lo tipos de plantas compactas existentes que pueden ser utilizadas, puesto que para un mismo efluente, bajo unas condiciones topográficas, una determinada población con proyecciones de crecimiento y desarrollo definidas, se pueden plantear toda una diversidad de soluciones viables y factibles, las cuales están sujetas al criterio del ingeniero a cargo del diseño, lo que nos conduce a que no existe un diseño único para cada tipo de agua servida. Por lo cual en este manual se colocan sólo los tipos más utilizados según el tratamiento predominante. En la tabla III.7 se muestra de forma resumida estas plantas de tratamiento.

Proceso	Planta Compacta
	➡ Planta de lodos Activados
	→ Filtros por goteo o Biofiltros
	 Sistemas biológicos rotatorios de contacto
	Biofiltro Activado
Biológico	 Filtro percolador y contacto de sólidos
	 Filtro desbastador y lodos activados
	 Biofiltro y lodos activados
	 Filtros percoladores en serie y lodos activados
Físico-Químico	 Sistema Floculación-Sedimentación
i isico-Quillico	⇒ Sistema Flotación con aire disuelto

Tabla III.7: Plantas Compactas más utilizadas actualmente

3.5.1 Según procesos biológicos.

Estas plantas de tratamiento se basan en la actividad que tienen las bacterias y otros microorganismos para descomponer y estabilizar la materia orgánica, bien sea a través de la formación de lodos (conformados por dichos microorganismos o bacterias) o por películas biológicamente activas.

3.5.1.1 Proceso de lodos activados

Es uno de los procesos más comunes en el tratamiento de aguas residuales. Las aguas negras que provienen de un tratamiento primario de sedimentación pasan a un tanque de aireación en donde se hace burbujear aire en algunos casos oxígeno por medio de unos difusores desde el fondo del tanque para favorecer el rápido crecimiento de las bacterias y otros microorganismos. Las bacterias utilizan el oxígeno para descomponer los desechos orgánicos de las aguas negras. Los sólidos en suspensión y las bacterias se coagulan formando una especie de lodo conocido como lodo activado, el cual se deja sedimentar y luego

es llevado a un tanque digestor anaeróbico para que sea degradado. Finalmente el lodo activado puede ser incinerado, llevado a un relleno sanitario, arrojado al mar o secado para ser utilizado como fertilizante en los campos de cultivo.

Con caudales situados en el rango de los 3.8 a 760 m³/d, el proceso de lodos activados con aereación extendida. En la figura III.2 se puede observar el esquema de una planta de lodos activados.

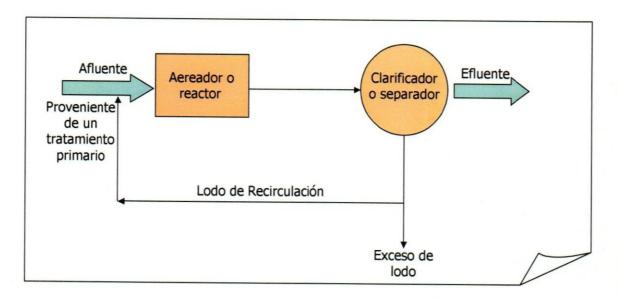


Figura III.2: Esquema general de una Planta de Lodos

3.5.1.2 Filtros por goteo o Biofiltros

En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso, que al entrar en contacto con el líquido se va cubriendo de una película biológicamente activa donde los microorganismos realizan transformaciones que desdoblan la materia orgánica. La filtración por goteo, cuando va precedida de sedimentación, puede reducir inclusive más de un 85% la DBO₅. En la figura III.3 se presenta el esquema de un Biofiltro.



Este tipo de sistema de tratamiento es muy conveniente para poblaciones que generan una carga variable, tales como las de zonas turísticas, ya que ellas reciben en épocas específicas del año grandes cantidades de personas que aumentan bruscamente la carga y luego esta disminuye cuando pasa la temporada. Una de sus ventajas son los bajos costos de operación y mantenimiento, sobre todo para zonas residenciales y turísticas.

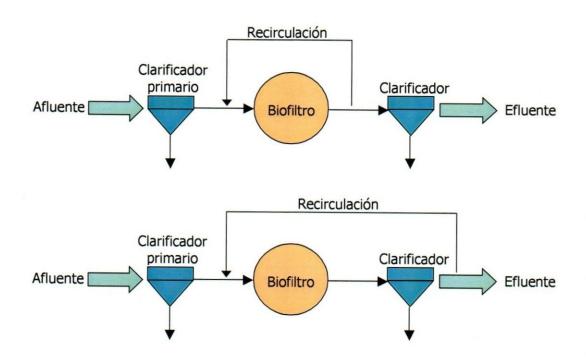


Figura III.3: Diagrama de flujo para filtros percoladores de una etapa de alta y baja carga para diferentes patrones de recirculación

3.5.1.3 Sistemas combinados de tratamiento aerobio de crecimiento en suspensión y película bacterial adherida³

Este tipo de sistema híbrido se ha ido incrementando en el transcurrir de los año, entre los más comunes se incluyen:

CAPÍTULO III – La Propuesta

³ CRITES, Ron & TECHOBANOGLOUS, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.Mc Graw Hill. 2001



a) Sistemas biológicos rotatorios de contacto (biodiscos).

En los procesos biológicos rotatorios de contacto (RBC) se montan varios discos circulares de plástico sobre un eje central. Estos discos se sumergen (de 40 a 80%) y se hacen girar en un tanque que contiene el agua residual que va a ser tratada. Los microorganismos responsables del tratamiento se adhieren a los discos y giran entrando y saliendo del agua residual. El oxígeno que se necesita para la conversión de la materia orgánica que se va pegando al disco a medida que éste gira, se obtiene por adsorción desde el aire en el momento en que la capa bacterial rota fuera del líquido.

b) Biofiltro activado

El proceso de Biofiltro activado (BA) es similar al de un filtro percolador de carga alta, exceptuando la recirculación de los lodos secundarios al filtro percolador. Por lo general, no se utiliza un proceso separado de crecimiento en suspensión, aunque una modificación incorpora la aireación a corto plazo antes de la sedimentación secundaria (ver Figura III.4a).

c) Proceso de filtro percolador y contacto se sólidos (FP/CS)

Consta de un filtro percolador, un tanque de contacto aerobio y un clarificador final (ver Figura III.4b). Algunas modificaciones tales como un tanque de aereación para el lodo de retorno y los clarificadores floculadotes se han hecho a este sistema. Los sólidos biológicos que se forman en el filtro percolador son arrastrados y se concentran en el lodo que está recirculando en el tanque de contacto. En dicho tanque se airea el crecimiento en suspensión por menos de una hora, lo cual causa la floculación de los sólidos suspendidos y la posterior remoción de la DBO soluble.



d) Proceso de filtro desbastador y lodos activados (FD/LA)

La configuración de este sistema es similar a la del sistema FP/CS. Sin embargo, el sistema FP/CS opera con cargas orgánicas totales altas. El filtro percolador retira una parte de la DBO y brinda estabilidad al proceso, particularmente cuando ocurren cargas pico. Se requiere tanques de aireación para tratar la carga orgánica no removida por los filtros percoladores.

e) Proceso de Biofiltro y lodos activados (BF/LA)

Es similar al proceso BA, excepto porque usa un tanque de aireación después del filtro percolador (ver Figura III.4c). El lodo activado de retorno se recircula a través del filtro percolador. La carga orgánica promedio y el tiempo de retención hidráulica del tanque de aireación son similares a los del sistema FD/LA.

f) Procesos de filtros percoladores en serie y lodos activados

El proceso de filtros percoladores seguidos de lodos activados (ver Figura III.4d) se utiliza con frecuencia para mejorar un sistema existente de lodos activado añadiendo un filtro percolador aguas arriba.

Los principales factores de diseño y operacionales que afectan el desempeño de Los principales factores de diseño y operacionales que afectan el desempeño de las plantas compactas que emplean el tratamiento biológico incluyen:

- Cargas hidráulicas pico causadas por las grandes variaciones de flujo debidas al uso de bombas sobredimensionadas que bombean el agua residual.
- Fluctuaciones muy grandes tanto en el flujo como en la carga de DBO.
- Flujos muy pequeños que hacen muy difícil el diseño de conductores y canales de autolimpieza.



- Retorno adecuado o positivo de los lodos, requiriendo provisiones para una tasa de recirculación de hasta 3:1 para los sistemas de aireación extendida que cumplen con todas las condiciones normales.
- Recursos adecuados para la remoción correcta de espuma y grasa del clarificador final.
- Denitrificación en el clarificador final, con un remanente de sólidos.
- Remoción y provisión inadecuadas en el manejo y disposición de los lodos residuales.
- Medidas preventivas de formación de espumas.
- Cambios grandes y rápidos de temperatura.
- Control adecuado de la velocidad de suministro de aire.
- Diseño adecuado bajo cargas orgánicas y de lodos, lo cual puede causar un desempeño pobre en el tratamiento y problemas relacionados con los olores.

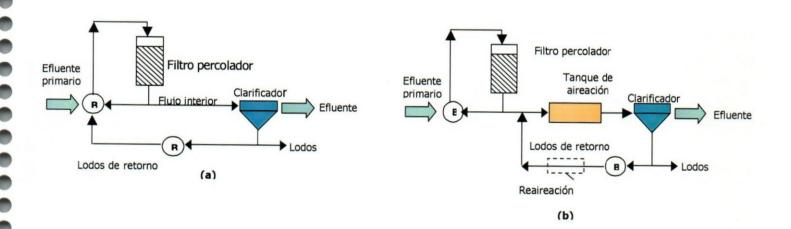


Figura III.4: Diagramas de flujo de sistemas combinados de tratamiento en suspensión y película bacterial adherida: (a) Biofiltro activado, (b) filtro percolador de contacto de sólidos y filtro de desbaste combinado con lodos activados, (c) Biofiltro combinado con lodos activados y (d) filtros percoladores en serie con lodos activados.



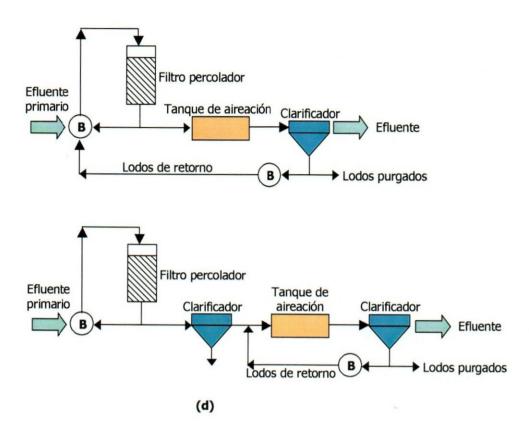


Figura III.4: Diagramas de flujo de sistemas combinados de tratamiento en suspensión y película bacterial adherida: (a) Biofiltro activado, (b) filtro percolador de contacto de sólidos y filtro de desbaste combinado con lodos activados, (c) Biofiltro combinado con lodos activados y (d) filtros percoladores en serie con lodos activados (Continuación)

Aunque los factores mencionados se relacionan más específicamente con plantas compactas que emplean tratamiento biológico, muchos de ellos también se aplican a plantas compactas que emplean tratamiento físico y químico.

Para los sistemas representados en la figura III.4, se pueden colocar en una misma unidad el tanque de aireación y el clarificador, para cumplir con el principio de planta compacta



3.5.2 Según Procesos físico-químico

Los procesos físico-químicos se basan en la clarificación, la cual es una serie de operaciones diseñadas para remover los sólidos suspendidos y sus contaminantes asociados del agua. Esta separación se basa en la diferencia del peso específico de las partículas suspendidas con respecto al del agua. Ello consiste en la sedimentación y la flotación, se procederá a una alternativa u otra, dependiendo de la posibilidad de sedimentación del sólido, de no ser así se inducirá la flotación de los mismos para ser removidos en la superficie.

3.5.2.1 Sistemas de Floculación y Sedimentación

Este tipo de sistemas está conformado por un separador (separador de palcas paralelas, para el tratamiento primario), un tanque de sedimentación y floculación. La utilidad fundamental que presentan, es la remoción de sólidos coloidales, los cuales no pueden ser eliminados con un sedimentador convencional, por lo que se agregan coagulantes químicos para provocar la aglomeración de estos en flóculos, produciendo así la sedimentación. En las figuras III.5 y III.6, se pueden observar un separador de placas paralelas y una planta compacta que involucre floculación y sedimentación.

3.5.2.2 Sistemas de Flotación con Aire Disuelto.

Estos sistemas son de uso común para remover sólidos suspendidos y sólidos coloidales, aceites y grasas del agua residual. Su funcionamiento consiste en un tanque de mezcla para los reactivos químicos, luego pasa al tanque de flotación en donde se mezcla el agua con el aire disuelto y allí es en donde se remueven los sólidos y las grasas, una parte del efluente se recircula a un tanque presurizado, para volver a entrar en el tanque donde se hace la flotación. Ver figura II.4b y III.7, en la figura III.8 se observa una planta compacta con sistema de flotación por aire disuelto.



Este tipo de planta también se utiliza para industrias de alimentos, refinerías, minería, producción de papel, productos químicos, entre otras.

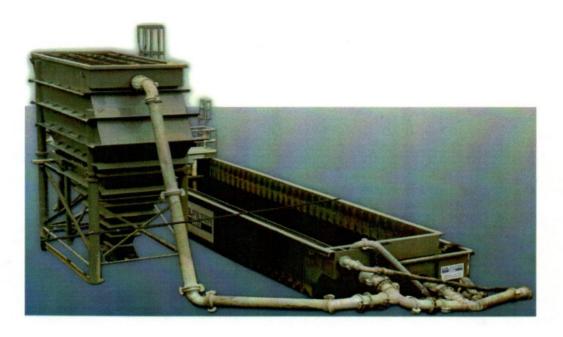


Figura III.5: Sistema compacto de separador de placas paralelas

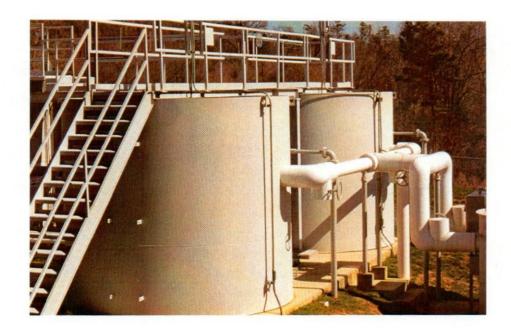


Figura III.6: Planta compacta que involucra la floculación y sedimentación



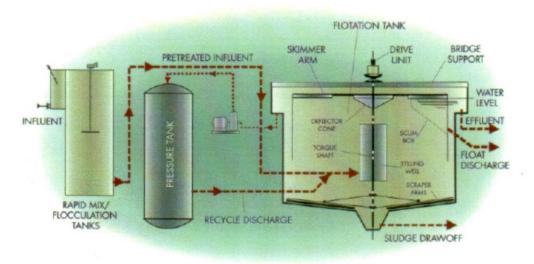


Figura III.7: Esquema de funcionamiento de una planta con sistema de flotación con aire disuelto

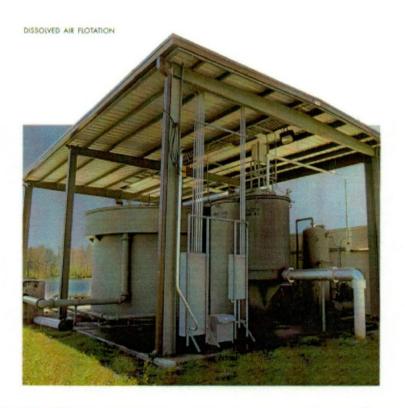


Figura III.8: Planta compacta con sistema de flotación con aire disuelto



III.4 DIMENSIONES Y VOLÚMENES DE LOS COMPONENTES DE UNA PLANTA COMPACTA.

En este aparte se presenta, en forma de tablas, las dimensiones y volúmenes de las distintas unidades para el tratamiento, a fin de dar una guía en cuanto a las dimensiones posibles que se pueden obtener para diferentes caudales y poblaciones de diseño, es importante destacar que esto va a proveer es una noción de los rangos de dimensiones y volúmenes, puesto que hay variantes como la longitud de los colectores, longitud de los malos empotramientos que dependerán del proyecto en si.

4.1 Datos Utilizados

Para realizar los cálculos concernientes a las dimensiones y volúmenes de las unidades de tratamiento, se consideró para aguas servidas de origen doméstico, con una dotación de 250 l/hab/d

La DBO_5 utilizada es la suministrada por la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Universidad Central de Venezuela (PETA-UCV), en donde se expone que las aguas municipales tiene una carga que oscila entre 120 a 150 mg./l, por lo que se tomó el valor de 150 mg./l.

La relación entre la población de diseño y el caudal máximo de aguas servidas, se puede ver en la figura III.9, este resultado se obtuvo utilizando la fórmula 2.1 (Capítulo I). Para obtener el caudal de infiltración se tomó para las longitudes tanto del colector como de malos empotramientos 1 metro.



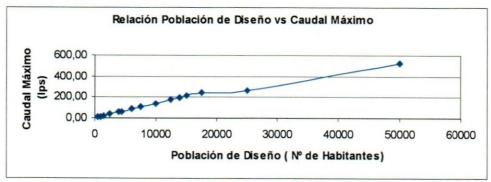


Figura III.9: Relación entre la población de diseño y el caudal máximo producido.

4.2 Rejas de desbaste

De la elección correcta de estos dispositivos, dependerá en gran parte la efectividad de los procesos subsecuentes de tratamiento, puesto que si este sistema permite la entrada de sólidos que obstruyan las tuberías, o entradas a las unidades de tratamiento, generaran severos problemas y hasta interrupciones temporales en los procesos. Estos dispositivos pueden existir de limpieza manual y de limpieza mecánica.

La separación entre las rejas va a depender de el volumen de sólidos que se deseen retener, mientras mayor sea este menor debe ser la separación. En la tabla III.8 se presentan estos valores en función del volumen retenido.

Separación libre entre barras (mm)	Volumen retenido (I/hab. Año)
3	15-25
20	5-10
40-50	2-3

Tabla III.8: Volumen de materias retenidas en rejillas



En cuanto a la velocidad de paso del flujo, a caudal medio se recomienda lo siguiente⁴:

- Vr >0.6 m/s
- Vr < 1 m/s (con limpieza a favor de la corriente)
- Vr > 1.2 m/s (con limpieza en contracorriente)

Otros parámetros considerar se muestran la tabla en III.9 (TECHOBANOGLOUS-BURTON, 1991), los cuales son útiles para dimensionamiento del canal donde se ubicaran las rejas de desbaste y el área de la sección de las barras.

Parámetro	Unidad	Limpieza	Limpieza
		manual	mecánica
Tamaño de la sección de la barra:			
Ancho	mm	5-15	5-15
Alto	mm	25-37.5	25-37.5
Inclinación con la vertical	Grados	30-45	0-30
Velocidad de aproximación del flujo	m/s	0.3-0.60	0.60-1
(V _a)			
Pérdidas admisibles	m	0.15	0.15

Tabla III.9: Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual

Para obtener las dimensiones se asumió un ancho de sección de barras de 15mm, una separación libre entre barras de 20 mm, la velocidad de aproximación se tomó entre los 0.6 (V_{a1}) y 1 m/s (V_{a2}), ya que involucra los dos sistemas de limpieza. En el canal se asumió una relación entre el ancho y la altura de 1:2. Todos los resultados de los dispositivos del desbaste, para

CAPÍTULO III – La Propuesta

⁴ Diseño y cálculo de tratamientos blandos. MILIARIUM Ingeniería Civil y Medio Ambiente. www.milarium.com



Dimensiones y volúmenes de los componentes de una planta compacta

diferentes poblaciones y caudales máximos, se muestran en la tabla III.10. Sin embargo debido a los valores de ancho obtenidos, se modificaron estos valores, debido a que se tiene que considerar el espacio que necesita una persona para realizar las operaciones de mantenimiento necesarias, por lo cual se adoptó una ancho mínimo en el canal de entrada de 45 cm, obteniendo así los valores dados en la tabla III.11.



0,06 0,12 0,12 0,09 0,08 0,17 0,17 0,13 0,10 0,20 0,22 0,16 0,13 0,26 0,28 0,28 0,17 0,33 0,36 0,28 0,18 0,35 0,38 0,29 0,20 0,41 0,45 0,34 0,23 0,46 0,50 0,38 0,26 0,53 0,58 0,45 0,29 0,53 0,58 0,45 0,29 0,59 0,65 0,50 0,31 0,65 0,65 0,53 0,31 0,65 0,65 0,53
0,17 0,17 0,22 0,26 0,28 0,33 0,36 0,35 0,38 0,41 0,45 0,50 0,58 0,58 0,59 0,65 0,59 0,65 0,65 0,65 0,65 0,65 0,65 0,65 0,65
0,20 0,22 0,26 0,28 0,33 0,36 0,35 0,38 0,41 0,45 0,46 0,50 0,59 0,65 0,62 0,69
0,26 0,28 0,33 0,36 0,35 0,38 0,41 0,45 0,46 0,50 0,53 0,58 0,62 0,65
0,33 0,36 0,35 0,38 0,41 0,45 0,46 0,50 0,53 0,58 0,59 0,65
0,35 0,38 0,41 0,45 0,46 0,50 0,53 0,58 0,59 0,65 0,62 0,69
0,41 0,45 0,46 0,50 0,53 0,58 0,59 0,65 0,69 0,65 0,69
0,46 0,50 0,53 0,58 0,59 0,65 0,62 0,69
0,53 0,58 0,59 0,65 0,62 0,69
0,59 0,65 0,69 0,65
0,62 0,69
100
0,05
72,0 07,0
0,72 0,80

¹ Ancho del canal de entrada para V_{a1}

 2 Altura del canal de entrada para $V_{a1},\,$ relación longitud-ancho = 2:1 3 Ancho del canal de entrada para V_{a2}

 5 Ancho del canal en zona de rejillas para V_{a1} 6 Ancho del canal en zona de rejillas para V_{a2} 4 Altura del canal de entrada para V_{a2}

Tabla III.10: Dimensiones de un sistema de desbaste para distintos valores de población y caudal

154



Población de Diseño	Qmáx (lps)	Qmáx Qmáx (lps) (m³/s)	a _{C1,} para V _{a1} (m) ¹	h _{C1,} para V _{a1} (m) ²	a _{C2} , para V _{a2} (m) ³	h _{C2} , para V _{a2} (m) ⁴	a _{R1} , para V _{a1} (m) ⁵	a _{R2} , para V _{a2} (m) ⁶	Número de barras, para V _{a1}	Número de barras, para V _{a2}
200	6,95	0,01	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
1000	13,89	0,01	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
1500	20,83	0,02	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
2500	34,72	0,03	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
4000	55,56	90'0	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
4500	62,50	90'0	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
0009	83,33	80'0	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
7500	104,17	0,10	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
10000	138,89	0,14	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
12500	173,61	0,17	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
14000	194,45	0,19	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
15000	208,33	0,21	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
17500	243,06	0,24	0,45	06'0	0,45	06'0	0,77	0,77	22	22
20000	260,42	0,26	0,47	0,93	0,45	06'0	0,80	0,77	22	22
20000	520,83	0,52	99'0	1,32	0,51	1,02	1.14	0.88	32	75

 1 Ancho del canal de entrada para $V_{a1}^{}$ Altura del canal de entrada para $V_{a1}^{}$ relación longitud-ancho = 2:1 3 Ancho del canal de entrada para $V_{a2}^{}$

 4 Altura del canal de entrada para V $_{\rm a2}$ 5 Ancho del canal en zona de rejillas para V $_{\rm a1}$ 6 Ancho del canal en zona de rejillas para V $_{\rm a2}$

Tabla III.11: Dimensiones de un sistema de desbaste para distintos valores de población y caudal, modificadas

155



4.3 Desarenadores aireados

Las arenas se remueven en un desarenador aireado por causa del movimiento en espiral que realiza el agua residual. Debido a su masa, las partículas de arena se aceleran y abandonan las líneas de flujo hasta que en últimas alcanzan el fondo del tanque, ya que el flujo en espiral es un campo con aceleración variable inducido por el aire inyectado.

Entre las ventajas de este tipo de desarenador encontramos:

- Mínimo desgaste en los equipos
- No se requiere una unidad independiente para el lavado de arenas

Para realizar el dimensionamiento, se ha hecho uso de los valores dados en la tabla III.12 (TCHOBANOGLOUS-BURTON, 1991), en donde se puede encontrar información usual para el diseño de estos dispositivos.

Característica	Unidad	Intervalo
Tiempos de retención para caudal pico	min.	2-5
Dimensiones:		
Profundidad	m	2-5
Longitud	m	8-20
Ancho	m	2.5-7
Relación largo-ancho	-	2:1-5:1

Tabla III.12: Información geométrica usual para el diseño de desarenadores aireado

Además se consideró que la partícula más pequeña a sedimentar fuera de un tamaño de 0.20 mm. Los valores de velocidad de sedimentación de dicha partícula se pueden observar en la tabla III.13, en donde los cálculos obtenidos se hicieron para los tres valores de velocidad dados en dicha tabla.



d (cm)	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0
Vs ₁ (cm/s)	0.2	0.7	2.3	4	5.6	7.2	15	27	35	74	74
Vs ₂ (cm/s)	0	0.5	1.7	3	4	5	11	21	26	33	-
V _h (cm/s)	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190

Tabla III.13: Velocidades de sedimentación libre, válidos para partículas de arena de densidad 2.65.

d: Diámetro de la partícula de arena

Vs₁: Velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal cero

Vs₂: Velocidad de sedimentación para un fluido de velocidad horizontal V_h

V_h: Velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada

La relación utilizada de Longitud-Ancho fue de 2:1. En la tabla III.14 y III.15 se presentan diferentes valores de dimensiones y volúmenes, para el valor de velocidad de sedimentación (V_{S2}) que aparece en la tabla III.13 y las variaciones geométricas se observan en la tabla III.12, con tiempos de retención de 2 y 3 min., además de tomarse diferentes valores de población con sus respectivos caudales.



A _{tran} Obtenida (m²)	89'0	1,00	1,50	1,88	2,68	2,85	3,29	3,68	4,24	4,75	5,02	5,20	5,61	5,81	8,22
A _{tran} para V _h (m²)	0,03	0,05	80'0	0,13	0,21	0,23	0,31	0,39	0,51	0,64	0,72	0,77	06'0	96'0	1,93
Volumen de Diseño (m³)	0,83	1,67	2,50	4,17	6,67	7,50	10,00	12,50	16,67	20,83	23,33	25,00	29,17	31,25	62,50
Volumen de cálculo (m³)	1,01	2,00	3,00	4,69	98'9	7,72	10,29	12,87	17,16	21,45	24,02	25,74	30,02	32,17	64,34
Profundidad (m)	06'0	1,00	1,50	1,50	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Longitud (m)	1,50	2,00	2,00	2,50	2,56	2,71	3,13	3,50	4,04	4,52	4,78	4,95	5,35	5,54	7,83
Ancho (m)	0,75	1,00	1,00	1,25	1,28	1,36	1,57	1,75	2,02	2,26	2,39	2,48	2,67	2,77	3,91
A_{Sup} para V_{S2} (m^2)	1,13	2,00	2,00	3,13	3,27	3,68	4,90	6,13	8,17	10,21	11,44	12,25	14,30	15,32	30,64
Q _{máxAN} (m³/s)	0,007	0,014	0,021	0,035	0,056	0,063	0,083	0,104	0,139	0,174	0,194	0,208	0,243	0,260	0,521
Q _{máxAN} (Ips)	6,95	13,89	20,83	34,72	55,56	62,50	83,33	104,17	138,89	173,61	194,45	208,33	243,06	260,42	520,83
Población de Diseño	200	1000	1500	2500	4000	4500	0009	7500	10000	12500	14000	15000	17500	25000	20000

Tabla III.14: Dimensiones de un desarenador, para velocidad de sedimentación V_{S2} y diferentes valores de población, caudal máximo, para un tiempo de retención de 2 min

••••••••••••••••••••••••••••••••



6,95 0,007 13,89 0,014 20,83 0,021 34,72 0,035 55,56 0,056 62,50 0,063 83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243		1,00 1,25 1,25 1,50 1,50	2.00	(m)	de Calculo (m³)	ue Diseno (m³)	$V_h (m^2)$	Obtenida (m²)
13,89 0,014 20,83 0,021 34,72 0,035 55,56 0,056 62,50 0,063 83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243		1,25 1,25 1,50		0,80	1,60	1.25	0.03	0.80
20,83 0,021 34,72 0,035 55,56 0,056 62,50 0,063 83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243		1,25	2,50	1,00	3,13	2,50	0.05	1.75
34,72 0,035 55,56 0,056 62,50 0,063 83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243		1,50	2,50	1,50	4,69	3.75	0.08	1.88
55,56 0,056 62,50 0,063 83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243		1.75	3,00	1,50	6,75	6,25	0.13	2.25
62,50 0,063 83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243		0 . /-	3,50	2,00	12,25	10,00	0.21	3.50
83,33 0,083 104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243	6,13	1,75	3,50	2,00	12,25	11,25	0,23	3,50
104,17 0,104 138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243	6,13	1,75	3,50	2,50	15,31	15,00	0,31	4.38
138,89 0,139 173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243	6,13	1,75	3,50	3,10	19,00	18,75	0.39	5.43
173,61 0,174 194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243	8,17	2,02	4,04	3,10	25,33	25,00	0.51	6.77
194,45 0,194 208,33 0,208 243,06 0,243	10,21	2,26	4,52	3,10	31,66	31,25	0.64	7.01
208,33 0,208 243,06 0,243	11,44	2,39	4,78	3,10	35,46	35,00	0.72	7.41
243,06 0,243	12,25	2,48	4,95	3,10	37,99	37,50	0,77	7.67
	14,30	2,67	5,35	3,10	44,32	43,75	06'0	8.29
25000 260,42 0,260 15,3	15,32	2,77	5,54	3,10	47,49	46,88	96'0	8.58
50000 520,83 0,521 30,6	30,64	3,91	7,83	3,10	94,98	93,75	1,93	12,13

Tabla III.15: Dimensiones de un desarenador, para velocidad de sedimentación V_{S2} y diferentes valores de población, caudal máximo, para un tiempo de retención de 3 min



4.3.1 Desarenadores-Desengrasadores⁵

Existen dispositivos que tienen depósito único para el desarenador y para la eliminación de las grasas, para estos no hay diferencia en las velocidades de sedimentación de las arenas, considerando que la velocidad ascensional de burbujas de grasa en el desarenador mediante aireación es de 3 a 4 mm/s. La arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia por acción del aire comprimido añadido en la desemulsión para impedir la sedimentación de partículas de fango.

La inyección de aire en desarenadores-desengrasadores para evitar la sedimentación de materia orgánica (C), cuya velocidad de sedimentación es de 3 a 4 cm/s, se expresa en función de la superficie transversal del desarenador (S). En la tabla III.16 se muestran varios de estos valores.

S (m ²)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C (m³/h/m)	10.5	11.5	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	25

Tabla III.16: volumen de aire (m³), por hora, por metro de longitud de desarenador, según el área (m²) del mismo

Imhoff sugiere que el volumen de aire inyectado sea ¼ del volumen de agua a depurar, para misión de desarenado, impidiendo la sedimentación de materia orgánica.

CAPÍTULO III – La Propuesta

⁵ Diseño y cálculo de tratamientos blandos.MILIARIUM Ingeniería civil y medio Ambiente. <u>www.miliarium.com</u>



4.4 Fosas Sépticas

Estas unidades son recomendadas para poblaciones menores a 300 habitantes, su mayor incomodidad es la extracción y eliminación de sólidos, la posible generación de malos olores y el colmatado.

Para obtener los valores de las dimensiones y volúmenes se utilizó lo estipulado en las *Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones*, Gaceta Oficial de la república de Venezuela Nº 4044 Extraordinario en sus artículos 500 y 503; en donde dadas diferentes poblaciones se presenta el volumen necesario que debe tener el tanque, al cual se le ha anexado el caudal y tiempo de retención del tanque.

Aunque en las normas se dan los valores mínimos, diversos autores han investigado referente a los tanques sépticos y se han desarrollado otras reglas generales para el dimensionamiento de los mismos. A continuación se muestran algunos criterios para determinar el volumen⁶:

- Con caudales menores de 6000 l/d, la cámara séptica deberá ser como mínimo igual a la aportación de aguas negras durante un día y medio.
- Para caudales entre 6000 y 40000 l/d, la capacidad útil mínima del tanque (volumen) deberá ser de 4500 litros mas el 75% del efluente diario de aguas residuales (caudal).
- Con caudales mayores a 45000 l/d se recomienda utilizar tanques de decantación-digestión.
- La relación entre la longitud-altura es de 2:1 a 3:1
- Profundidad útil de 1.2 a 1.7 m
- Resguardo mínimo sobre niveles del agua mayor a 30 cm

CAPÍTULO III – La Propuesta

⁶ HERNANDEZ MUÑOZ. Manual de depuración URALITA: Sistemas de depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 Habitantes. 1996. www.milarium.com



Dimensiones y volúmenes de los componentes de una planta compacta

Para tanques de dos compartimientos el 66% del volumen útil para el primero, para los de tres compartimiento el 50% del volumen útil para el primero y el 25% para las otras dos.

Puesto que este tipo de tanques puede ser utilizado tanto para una vivienda, como para pequeñas comunidades, es posible encontrarlos en varios tamaños. Las dimensiones y volúmenes obtenidos para tanques sépticos que se aprecian en la tabla III.17 y III.17, son para tanques rectangulares.

En este tipo de dispositivo es muy importante hacer el mantenimiento (remoción de lodos) en el tiempo para el que fue diseñado, ya que un abuso en la unidad generará graves problemas que pueden afectar la salud.



oblación	QmáxAN	QmáxAN	Volumen		ت	L,	9	ᄕ	Cámara	H
de Diseño	(sdl)	(m ₃ /d)		útil (m³)	$(m)^1$	$(m)^2$	(m) ₃	útil (m)⁴	de aire (m)	(días)
30	0,418	36	0006	00'6	2,45	1,20	1,70	1,5	0,4	0,25
35	0,487	45	10500	10,50	2,75	1,30	1,80	1,5	0,4	0,25
40	0,556	48	12000	12,00	2,80	1,35	2,00	1,5	0,4	0,25
20	0,695	09	15000	15,00	3,15	1,55	2,20	1,5	0,4	0,25
09	0,834	72	18000	18,00	3,25	1,60	2,40	1,6	0,4	0,25
70	0,973	84	21000	21,00	3,50	1,70	2,60	1,6	0,4	0,25
80	1,112	96	24000	24,00	3,85	1,85	2,70	1,6	0,4	0,25
06	1,251	108	27000	27,00	4,20	2,00	2,80	1,6	0,4	0,25
100	1,390	120	30000	30,00	4,20	2,10	3,00	1,6	0,4	0,25

Longitud de la primera cámara
 Longitud de la segunda cámara
 Ancho del tanque
 Altura útil de las cámaras

Tabla III.17: Dimensiones y volúmenes de una fosa séptica de dos cámaras, para diferentes poblaciones

163

T _{ret} (días)),25),25),25),25),25),25),25),25),25
Cámara de aire (m)									
r jiji (Li									
d (m)	1,41	1,53	1,63	1,83	2,00	2,16	2,31	2,45	2,58
(m)	4,24	4,58	4,90	5,48	00'9	6,48	6,93	7,35	7,75
Volumen útil (m³)	00'6	10,50	12,00	15,00	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00
Volumen (I)	0006	10500	12000	15000	18000	21000	24000	27000	30000
Q _{máxAN} (m³/d))	36	45	48	09	72	84	96	108	120
Q _{máxAN} (Ips)	0,418	0,487	0,556	0,695	0,834	0,973	1,112	1,251	1,390
Población de Diseño	30	35	40	50	09	70	80	06	100

Φ La relación longitud-ancho fue de 3:1

Tabla III.18: Dimensiones y volúmenes de una fosa séptica de una cámara, para diferentes poblaciones

164



4.5 Unidades de Floculación-Sedimentación

En las plantas compactas para el tratamiento de aguas servidas es de común uso de un mismo dispositivo para la sedimentación y floculación (en aquellos casos donde sea necesaria), generalmente la floculación se utiliza más para industrias, que agregan una cantidad mayor de contaminantes lo cual hace que las dimensiones y volúmenes de un sedimentador sean mucho mayores Las dimensiones a mostrar son para sedimentadores rectangulares, aunque se presenta información para el diseño de sedimentadores circulares en las tablas III. 19 y III.20 (CRITES-TCHOBANOGLOUS, 2001).

		Val	or
Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor usual
Sedimentador	seguido por tratar	niento secundari	0
Tiempo de retención	h	1.5-2.5	2
Carga superficial	$m^3/m^2.d$	20-30	30
Carga sobre vertedero	$m^3/m^2.d$	407.4-1629.6	612
Sedimentación prima	aria con retorno de	lodo activado de	e purga
Tiempo de retención	h	1.5-2.5	2
Carga superficial			
Para caudal promedio	$m^3/m^2.d$	25-33	29
Para caudal pico	$m^3/m^2.d$	49-69	61
Carga sobre el vertedero	$m^3/m^2.d$	407.4-1629.6	815

Tabla III.19: Información para diseño de sedimentadores primarios seguido de tratamiento secundario



		Valor	según tip	oo de tratamie	ento
		Prima	ario	Secun	dario
Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor	Intervalo	Valor
			usual		usual
Rectángular:					
Profundidad	m	3-5	4.3	3-7	5.5
Longitud	m	15-92	25-40	15-92	25-40
Ancho	m	3-24.5	5-10	3-24.5	5-10
Longitud-ancho	-	1.5:1-7.5:1	4.5:1	1.5:1-7.5:1	4.5:1
Longitud-profundidad	-	4.2:1-25:1	11.5:1	4.2:1-25:1	11.5:1
Velocidad del barredor	m/min	0.61-1.22	0.91	0.61-1.22	0.91
Circular:					
Profundidad	m	3-5	4.3	3-7	5.5
Diámetro	m	3-61	12-46	3-61	12-46
Pendiente de fondo	cm/m	6-16	8	6-16	8
Velocidad del barredor	rpm	0.02-0.05	0.03	0.02-0.05	0.03

Tabla III.20: Información usual para diseño de sedimentadores rectangulares y circulares empleados en el tratamiento primario y secundario de aguas residuales

En las tablas III.21, III.22, III.23, III.24, III.25 y III.26 se presentan las dimensiones obtenidas para diferentes tiempos de retención de 1.5, 2 y 2.5 horas, utilizando una carga superficial de 25 y 30 m³/m².d para cada tiempo de retención, con una relación longitud-ancho de 3:1. Todos estos valores están dados para diferentes poblaciones y caudales, a fin de dar una guía en cuanto al dimensionamiento que pudiera tener un sedimentador bajo dichas características.



Población de Diseño	Q _{máxAN} (Ips)	Q _{máxAN} (m³/d)	$A_{sup} (m^2)$	Ancho (m)	Longitud (m)	Profundidad (m)	Volumen de Diseño (m³)
200	6,95	009	24	2,8	8,5	1,56	38
1000	13,89	1200	48	4,0	12,0	1,56	75
1500	20,83	1800	72	4,9	14,7	1,56	113
2500	34,72	3000	120	6,3	19,0	1,56	188
4000	55,56	4800	192	8,0	24,0	1,56	300
4500	62,50	2400	216	8,5	25,5	1,56	338
0009	83,33	7200	288	8'6	29,4	1,56	450
7500	104,17	0006	360	11,0	32,9	1,56	563
10000	138,89	12000	480	12,6	37,9	1,56	750
12500	173,61	15000	009	14,1	42,4	1,56	938
14000	194,45	16800	672	15,0	44,9	1,56	1050
15000	208,33	18000	720	15,5	46,5	1,56	1125
17500	243,06	21000	840	16,7	50,2	1,56	1313
25000	260,42	22500	006	17,3	52,0	1,56	1406
20000	520,83	45000	1800	24,5	73,5	1,56	2813

Tabla III.21: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 1.5 h y 25 $m^3/m^2.d$, en diferentes poblaciones.



(lps) (m³/d) 6,95 600 13,89 1200 20,83 1800 34,72 3000 55,56 4800	20 40 60 100 160		(m) 7,7 11,0 13,4 17,3 21,9	Profundidad (m) 1,88 1,88 1,88 1,88 1,88	de Diseño (m³) 38 75 113 188 300
5400	180	7,7	23,2	1,88	338
9000	300	10,0	30,0	1,88	563
15000	200	12,9	38,7	1,88	938
18000	009	14,1	42,4	1,88	1125
21000	700	15,3	45,8	1,88	1313
22500	750	15,8	47,4	1,88	1406
45000	1500	22.4	67.1	1.88	2813

Tabla III.22: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 1.5 h y 30 m³/m².d, en diferentes poblaciones.

••••••••••••••••••



DISCILO	Q _{máxAN} (Ips)	Q _{máxAN} (m ³ /d)	$A_{sup}(m^2)$	Ancho (m)	Longitud (m)	Profundidad (m)	Volumen de Diseño (m³)
200	6,95	009	24	2,8	8,5	2,08	50
1000	13,89	1200	48	4,0	12,0	2,08	100
1500	20,83	1800	72	4,9	14,7	2,08	150
2500	34,72	3000	120	6,3	19,0	2,08	250
4000	55,56	4800	192	8,0	24,0	2,08	400
4500	62,50	5400	216	8,5	25,5	2,08	450
0009	83,33	7200	288	8'6	29,4	2,08	009
7500	104,17	0006	360	11,0	32,9	2,08	750
10000	138,89	12000	480	12,6	37,9	2,08	1000
12500	173,61	15000	009	14,1	42,4	2,08	1250
14000	194,45	16800	672	15,0	44,9	2,08	1400
15000	208,33	18000	720	15,5	46,5	2,08	1500
17500	243,06	21000	840	16,7	50,2	2,08	1750
25000	260,42	22500	006	17,3	52,0	2,08	1875
20000	520,83	45000	1800	24,5	73,5	2,08	3750

Tabla III.23: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2 h y 25 m^3/m^2 .d, en diferentes poblaciones.

•••••••••••••••••



Población de Diseño	Q _{máxAN} (lps)	Q _{máxAN} (m³/d)	$A_{sup} (m^2)$	Ancho (m)	Longitud (m)	Profundidad (m)	Volumen de Diseño (m³)
200	6,95	009	20	2,6	7,7	2,50	50
1000	13,89	1200	40	3,7	11,0	2,50	100
1500	20,83	1800	09	4,5	13,4	2,50	150
2500	34,72	3000	100	2,8	17,3	2,50	250
4000	55,56	4800	160	7,3	21,9	2,50	400
4500	62,50	5400	180	7,7	23,2	2,50	450
0009	83,33	7200	240	6'8	26,8	2,50	009
7500	104,17	0006	300	10,0	30,0	2,50	750
10000	138,89	12000	400	11,5	34,6	2,50	1000
12500	173,61	15000	200	12,9	38,7	2,50	1250
14000	194,45	16800	260	13,7	41,0	2,50	1400
15000	208,33	18000	009	14,1	42,4	2,50	1500
17500	243,06	21000	200	15,3	45,8	2,50	1750
25000	260,42	22500	750	15,8	47,4	2,50	1875
20000	520,83	45000	1500	22,4	67,1	2,50	3750

Tabla III.24: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2 h y 30 m^3/m^2 .d, en diferentes poblaciones

170

••••••••••••••••••••••••



Poblacion de Diseño	Q _{máxAN} (Ips)	Q _{máxAN} (m³/d)	$A_{sup} (m^2)$	Ancho (m)	Longitud (m)	Profundidad (m)	Volumen de Diseño (m³)
200	6,95	009	24	2,8	8,5	2,60	63
1000	13,89	1200	48	4,0	12,0	2,60	125
1500	20,83	1800	72	4,9	14,7	2,60	188
2500	34,72	3000	120	6,3	19,0	2,60	313
4000	55,56	4800	192	8,0	24,0	2,60	200
4500	62,50	5400	216	8,5	25,5	2,60	563
0009	83,33	7200	288	8'6	29,4	2,60	750
7500	104,17	0006	360	11,0	32,9	2,60	938
10000	138,89	12000	480	12,6	37,9	2,60	1250
12500	173,61	15000	009	14,1	42,4	2,60	1563
14000	194,45	16800	672	15,0	44,9	2,60	1750
15000	208,33	18000	720	15,5	46,5	2,60	1875
17500	243,06	21000	840	16,7	50,2	2,60	2188
25000	260,42	22500	006	17,3	52,0	2,60	2344
20000	520,83	45000	1800	24,5	73,5	2,60	4688

Tabla III.25: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2.5 h y 25 m³/m².d, en diferentes poblaciones

•••••••••••••••••••••••••••••



de Diseño	Q _{máxAN} (Ips)	Q _{máxAN} (m ³ /d)	A_{sup} (m ²)	Ancho (m)	Longitud (m)	Profundidad (m)	Volumen de Diseño (m³)
200	6,95	009	70	2,6	1,7	3,13	63
1000	13,89	1200	40	3,7	11,0	3,13	125
1500	20,83	1800	09	4,5	13,4	3,13	188
2500	34,72	3000	100	2,8	17,3	3,13	313
4000	55,56	4800	160	7,3	21,9	3,13	200
4500	62,50	2400	180	1,7	23,2	3,13	563
0009	83,33	7200	240	6'8	26,8	3,13	750
7500	104,17	0006	300	10,0	30,0	3,13	938
10000	138,89	12000	400	11,5	34,6	3,13	1250
12500	173,61	15000	200	12,9	38,7	3,13	1563
14000	194,45	16800	260	13,7	41,0	3,13	1750
15000	208,33	18000	009	14,1	42,4	3,13	1875
17500	243,06	21000	200	15,3	45,8	3,13	2188
25000	260,42	22500	750	15,8	47,4	3,13	2344
20000	520,83	45000	1500	22,4	67,1	3,13	4688

Tabla III.26: Dimensiones y volúmenes de un sedimentador para un tiempo de retención de 2.5 h y 30 m³/m².d, en diferentes poblaciones



4.6 Biofiltro

Este tipo de unidad para el tratamiento de aguas servidas, como medio único para el tratamiento de aguas servidas ha ido declinando en el tiempo, sin embargo se han ido creando los sistemas híbridos descritos en el ítem 3.5.1 de este Capítulo.

En cuanto a los datos utilizados para obtener las dimensiones necesarias de un Biofiltro, los valores de carga orgánica y carga hidráulica se muestran en la tabla III.27. Estos filtros se utilizan convencionales y en torre, en la tabla III.28 se dan datos adicionales para su diseño.

	Filtros de baja tasa	Filtros de alta tasa
Carga Hidráulica (m³/m².d)	1-4	8-40
Carga Orgánica (Kg DBO/m³.d)	0.08-0.4	0.4-4.80

Tabla III.27: Carga Hidráulica y Orgánica para filtros de alta y baja tasa

		Tipo de Filtro	Percolador
Parámetro	Unidad	Convencional	Torre
Tipo de lecho	-	Grava o escoria	Plástico
Tamaño de partícula	mm	50-100	-
Área superficial específica	m^2/m^3	40-100	80-200
Profundidad del lecho o altura del filtro	m	6-9	4.5-12
DBO5 y concentración de SST del efluente	mg/l	20	>30

Tabla III.28: Características físicas de Filtros Percoladores



Dimensiones y volúmenes de los componentes de una planta compacta

A continuación se muestran valores relacionados a las dimensiones de un Biofiltro de alta carga, para aguas residuales domésticas, en las tablas III.29, III.30, III.31, III.32 y III.33. Suponiendo que el afluente al filtro proviene de un tratamiento primario, que produce una reducción de la DBO del 20% (120 mg/l) utilizando diferentes valores de carga hidráulica, con una recirculación del 50% del caudal y para una DBO del efluente del filtro de 50 mg/l. De todos estos datos iniciales se obtiene que la eficiencia del Biofiltro es igual al 58% y el factor de recirculación de 1.36.

Población de Diseño	Q _{AN} (lps)	Q _{AN} (m³/d)	A _{sup} (m ²)	Radio útil (m)	Carga Orgánica Kg _{DBO} /d	Volumen (m³)	Carga Organica (Kg/m³/d)	Altura (m)
500	10,42	900,12	112,5	5,98	108,01	30,54	3,54	0,27
1000	20,83	1800,12	225	8,46	216,01	61,07	3,54	0,27
1500	31,25	2700,12	337,5	10,37	324,01	91,60	3,54	0,27
2500	52,08	4500,12	562,5	13,38	540,01	152,67	3,54	0,27
4000	83,33	7200,12	900	16,93	864,01	244,27	3,54	0,27
4500	93,75	8100,12	1013	17,95	972,01	274,80	3,54	0,27
6000	125,00	10800,1	1350	20,73	1296,01	366,40	3,54	0,27
7500	156,25	13500,1	1688	23,18	1620,01	458,00	3,54	0,27
10000	208,33	18000,1	2250	26,76	2160,01	610,67	3,54	0,27
12500	260,42	22500,1	2813	29,92	2700,01	763,34	3,54	0,27
14000	291,67	25200,1	3150	31,67	3024,01	854,94	3,54	0,27
15000	312,50	27000,1	3375	32,78	3240,01	916,00	3,54	0,27
17500	364,58	31500,1	3938	35,40	3780,01	1068,67	3,54	0,27
25000	390,63	33750,1	4219	36,65	4050,01	1145,01	3,54	0,27
50000	781,25	67500,1	8438	51,82	8100,01	2290,01	3,54	0,27

Tabla III.29: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 8 m³/m².d



								and the same of th
Población de Diseño	Q _{AN} (lps)	Q _{AN} (m³/d)	A _{sup} (m ²)	Radio útil (m)	Carga Orgánica Kg _{DBO} /d	Volumen (m³)	Carga Organica (Kg/m³/d)	Altura (m)
500	10,42	900,12	60	4,37	108,01	30,54	3,54	0,51
1000	20,83	1800,12	120	6,18	216,01	61,07	3,54	0,51
1500	31,25	2700,12	180	7,57	324,01	91,60	3,54	0,51
2500	52,08	4500,12	300	9,77	540,01	152,67	3,54	0,51
4000	83,33	7200,12	480	12,36	864,01	244,27	3,54	0,51
4500	93,75	8100,12	540	13,11	972,01	274,80	3,54	0,51
6000	125,00	10800,1	720	15,14	1296,01	366,40	3,54	0,51
7500	156,25	13500,1	900	16,93	1620,01	458,00	3,54	0,51
10000	208,33	18000,1	1200	19,54	2160,01	610,67	3,54	0,51
12500	260,42	22500,1	1500	21,85	2700,01	763,34	3,54	0,51
14000	291,67	25200,1	1680	23,12	3024,01	854,94	3,54	0,51
15000	312,50	27000,1	1800	23,94	3240,01	916,00	3,54	0,51
17500	364,58	31500,1	2100	25,85	3780,01	1068,67	3,54	0,51
25000	390,63	33750,1	2250	26,76	4050,01	1145,01	3,54	0,51
50000	781,25	67500,1	4500	37,85	8100,01	2290,01	3,54	0,51

Tabla III.30: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga $hidráulica\ de\ 15\ m^3/m^2.d$



						 		
Población de Diseño	Q _{AN} (lps)	Q _{AN} (m³/d)	A_{sup} (m^2)	Radio útil (m)	Carga Orgánica Kg _{DBO} /d	Volumen (m³)	Carga Organica (Kg/m³/d)	Altura (m)
500	10,42	900,12	45	3,78	108,01	30,54	3,54	0,68
1000	20,83	1800,12	90,01	5,35	216,01	61,07	3,54	0,68
1500	31,25	2700,12	135	6,56	324,01	91,60	3,54	0,68
2500	52,08	4500,12	225	8,46	540,01	152,67	3,54	0,68
4000	83,33	7200,12	360	10,70	864,01	244,27	3,54	0,68
4500	93,75	8100,12	405	11,35	972,01	274,80	3,54	0,68
6000	125,00	10800,1	540	13,11	1296,01	366,40	3,54	0,68
7500	156,25	13500,1	675	14,66	1620,01	458,00	3,54	0,68
10000	208,33	18000,1	900	16,93	2160,01	610,67	3,54	0,68
12500	260,42	22500,1	1125	18,92	2700,01	763,34	3,54	0,68
14000	291,67	25200,1	1260	20,03	3024,01	854,94	3,54	0,68
15000	312,50	27000,1	1350	20,73	3240,01	916,00	3,54	0,68
17500	364,58	31500,1	1575	22,39	3780,01	1068,67	3,54	0,68
25000	390,63	33750,1	1688	23,18	4050,01	1145,01	3,54	0,68
50000	781,25	67500,1	3375	32,78	8100,01	2290,01	3,54	0,68

Tabla III.31: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 20 m³/m².d



Población de Diseño	Q _{AN} (lps)	Q _{AN} (m³/d)	A _{sup} (m ²)	Radio útil (m)	Carga Orgánica Kg _{DBO} /d	Volumen (m³)	Carga Organica (Kg/m³/d)	Altura (m)
500	10,42	900,12	30	3,09	108,01	30,54	3,54	1,02
1000	20,83	1800,12	60	4,37	216,01	61,07	3,54	1,02
1500	31,25	2700,12	90	5,35	324,01	91,60	3,54	1,02
2500	52,08	4500,12	150	6,91	540,01	152,67	3,54	1,02
4000	83,33	7200,12	240	8,74	864,01	244,27	3,54	1,02
4500	93,75	8100,12	270	9,27	972,01	274,80	3,54	1,02
6000	125,00	10800,1	360	10,70	1296,01	366,40	3,54	1,02
7500	156,25	13500,1	450	11,97	1620,01	458,00	3,54	1,02
10000	208,33	18000,1	600	13,82	2160,01	610,67	3,54	1,02
12500	260,42	22500,1	750	15,45	2700,01	763,34	3,54	1,02
14000	291,67	25200,1	840	16,35	3024,01	854,94	3,54	1,02
15000	312,50	27000,1	900	16,93	3240,01	916,00	3,54	1,02
17500	364,58	31500,1	1050	18,28	3780,01	1068,67	3,54	1,02
25000	390,63	33750,1	1125	18,92	4050,01	1145,01	3,54	1,02
50000	781,25	67500,1	2250	26,76	8100,01	2290,01	3,54	1,02

Tabla III.32: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga $hidráulica\ de\ 30\ m^3/m^2.d$



Población de Diseño	Q _{AN} (lps)	Q _{AN} (m³/d)	A _{sup} (m ²)	Radio útil (m)	Carga Orgánica Kg _{DBO} /d	Volumen (m³)	Carga Organica (Kg/m³/d)	Altura (m)
500	10,42	900,12	23	2,68	108,01	30,54	3,54	1,36
1000	20,83	1800,12	45	3,78	216,01	61,07	3,54	1,36
1500	31,25	2700,12	67,5	4,64	324,01	91,60	3,54	1,36
2500	52,08	4500,12	112,5	5,98	540,01	152,67	3,54	1,36
4000	83,33	7200,12	180	7,57	864,01	244,27	3,54	1,36
4500	93,75	8100,12	202,5	8,03	972,01	274,80	3,54	1,36
6000	125,00	10800,1	270	9,27	1296,01	366,40	3,54	1,36
7500	156,25	13500,1	337,5	10,36	1620,01	458,00	3,54	1,36
10000	208,33	18000,1	450	11,97	2160,01	610,67	3,54	1,36
12500	260,42	22500,1	562,5	13,38	2700,01	763,34	3,54	1,36
14000	291,67	25200,1	630	14,16	3024,01	854,94	3,54	1,36
15000	312,50	27000,1	675	14,66	3240,01	916,00	3,54	1,36
17500	364,58	31500,1	787,5	15,83	3780,01	1068,67	3,54	1,36
25000	390,63	33750,1	843,8	16,39	4050,01	1145,01	3,54	1,36
50000	781,25	67500,1	1688	23,18	8100,01	2290,01	3,54	1,36

Tabla III.33: Dimensiones y volúmenes de un Biofiltro con una carga hidráulica de 40 m³/m².d



III.5 DIAGRAMA HIDRÁULICO DE UNA PLANTA COMPACTA

Los perfiles hidráulicos se realizan para condiciones de caudal promedio y caudal máximo. Las pérdidas de carga en las diferentes unidades de tratamiento se calculan por tres razones:

- a) Asegurar que el gradiente hidráulico es el adecuado en las diferentes unidades de tratamiento.
- b) Establecer las alturas manométricas de los equipos de bombeo en casos donde se requieran bombas
- c) Optimizar en términos hidráulicos la ubicación de las unidades de tratamiento.

Los valores usuales de la pérdida de carga a través de las diferentes unidades de tratamiento se registran en la tabla III.34 y en la figura III.10 se muestra el diagrama hidráulico de una planta de tratamiento.

Unidad de tratamiento	Intervalo de pérdida de carga (m) ¹		
Rejas de barra	0.15-0.3		
Desarenador			
Aireado	0.45-1.2		
De velocidad controlada	0.45-0.9		
Sedimentación primaria	0.45-0.9		
Filtro percolador			
Baja carga	3-6		
Alta carga, medio de grava	1.8-4.8		
Alta carga, medio plástico	4.8-12		
Tanque aireación	0.2-0.6		

¹ adaptado en parte de Qasim (1985) y WPCF (1991)

Tabla III.34: Valores usuales de la pérdida de carga en las diferentes unidades de tratamiento



Unidad de tratamiento	Intervalo de pérdida de carga (m)
Sedimentación secundaria	0.45-0.9
Filtración	3-4.8
Adsorción sobre carbón	3-6
Tanque de cloración	0.2-1.8

¹ adaptado en parte de Qasim (1985) y WPCF (1991)

Tabla III.34: Valores usuales de la pérdida de carga en las diferentes unidades de tratamiento. (Continuación)

En el desarrollo de este diagrama se consideró que el punto en donde se realiza la descarga va a estar a una cota 1.2 msnm (suponiendo que el punto más bajo de la estación de bombeo esté a 0 msnm). Como ya fue explicado en el ítem 3.1.2 de este capítulo, es necesaria la diferencia de altura entre en punto de la entrada del agua residual y de su salida para ser descargado. En este caso se va a considerar una descarga en un cuerpo de agua. En este diagrama se utilizarán los valores promedios para los intervalos dados en la tabla III.34 para las pérdidas que se generan en las unidades de tratamiento, además se incrementarán en un 30% debido al efecto de las pérdidas por fricción de las tuberías así como de las perdidas localizadas que esta genere. En cuanto a la descarga se supondrá una altura mínima de 3 m para que el efluente pueda mezclase debidamente con el cuerpo de agua.

Para este sistema se consideró necesario utilizar una estación de bombeo compacta con las características descritas en el anexo II.



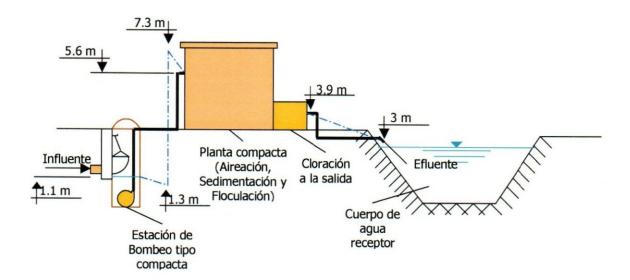


Figura III.10: Esquema de perfil hidráulico de una planta compacta para tratamiento de agua servida



III.6 FACTORES QUE INCIDEN EN LOS COSTOS A CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DE UNA PLANTA COMPACTA

En la realización de un proyecto, bien sea en el tipo de zona que sea, la parte concerniente a el diseño y construcción de la planta de tratamiento requiere de un porcentaje apreciable del presupuesto total (entre el 15 y 20%, si es un urbanismo con viviendas). Por lo cual una selección adecuada de los procesos y el sistema de tratamiento incidirá sensiblemente en el aumento o máximo aprovechamiento de los recursos.

Hay diversidad de factores que se deben tomar en cuenta para la selección de una planta compacta, sin embargo los criterios más importantes se describen a continuación:

6.1 Empotramiento

Los primeros costos a considerar cuando se realiza un proyecto de urbanismo, industria, comercios u otro; en cuanto al tratamiento del agua (sea para potabilización o para tratar aguas servidas) es el poder empotrarse a los sistemas públicos (acueducto o colector de aguas servidas). Generalmente, se decide construir una planta para el tratamiento de aguas servidas cuando los costos para lograr empotrar el sistema de aguas negras al colector público son excesivamente altos, ó en aquellos casos en donde ni siquiera exista esa posibilidad. Es por esta razón que, generalmente, se busca que los costos a incurrir por la construcción de la planta de tratamiento no sean mayores que los generados por el empotramiento al colector público.

6.2 Materiales de construcción

Actualmente existe una variedad de materiales con los que se elaboran las unidades que conforman las plantas de tratamiento, entre los que se



encuentran: concreto, PVC, acero al carbono, fibra de vidrio, etc. Por lo cual es posible establecer diferentes opciones de un mismo diseño con diferentes materiales, para comparar la alternativa más conveniente y que genere tanto la resistencia, durabilidad y funcionamiento esperado. Sin embargo no se puede pasar por alto, que independientemente del material a utilizar, el mantenimiento a los dispositivos es fundamental para garantizar la efectividad del mismo

6.3 Tipo de sistema de instalación

En cuanto a la instalación de las unidades de tratamiento, se debe definir el sistema más conveniente, según sean las condiciones específicas del proyecto, puesto que hay casos en los que será más eficiente llevar los elementos prefabricados y ensamblarlos en el sitio de la obra, ó si es el caso construirlos directamente en el lugar de su ubicación, esto último se hace generalmente cuando no hay un modelo prefabricado existente en el mercado, que cumpla con las características necesarias exigidas.

6.4 Nivel de tratamiento

El nivel de tratamiento va a depender de varios factores, los cuales han sido explicados ampliamente en los ítems 3.1.5 y III.1 de este capítulo, sin embargo, hay que considerar el tipo de zona a abastecer, por ejemplo hay ciertas industrias que exigen un alto nivel de tratamiento por el tipo de reutilización a dar a efluente o por el medio en que se descargaran las aguas residuales. Actualmente, es una práctica notable la reutilización de los efluentes en las industrias, zonas residenciales y comerciales; lo cual, en muchos casos, requiere de un tratamiento más exigente por parte de las normativas referentes a la calidad que debe tener el agua.



6.5 Costos de operación y mantenimiento

Es evidente que al realizar cualquier proyecto, no se debe estar ajeno de las condiciones socioeconómicas de la población a beneficiar, ya que de esta va a depender el buen funcionamiento de la planta de tratamiento después de realizado el proyecto. Por lo cual los costos a incurrir para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento deben ser consecuentes con las posibilidades del ente o población a responsabilizarse por ellos; puesto que de nada sirve tener una planta con la mejor tecnología si esta no se va a poder mantener adecuadamente



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

Una vez presentada la clasificación de vertidos y efluentes y de las aguas residuales según su fuente de producción y su caracterización, vistas las normativas nacionales e internacionales, la descripción de los procesos aplicables al tratamiento de vertidos y los diversos parámetros que intervienen en el diseño de plantas, tenemos a la mano, una excelente orientación para llegar a seleccionar la Planta de Tratamiento compacta que más se adapte a las necesidades específicas de cada caso en particular.

Para gastos pequeños, actualmente se ofrecen, tanto en el mercado nacional como internacional, una serie de Plantas compactas prefabricadas para diversas necesidades de tratamiento, lo cual, ante la diversidad de características propias en cada uno de ellos, hace bastante improbable seleccionar una que cumpla en un 100% con todas las características buscadas.

Ante esta situación, muchas veces queda a juicio del fabricante la implementación de soluciones a problemas específicos de tratamiento, que no siempre son los óptimos, con la consiguiente adaptación de sus plantas, previamente diseñadas bajo puntos de vista netamente comerciales.

Obviamente, se hace recomendable, que el responsable del Proyecto, instale, por lo menos en cuanto a los procesos aplicables que en ella intervienen, la Planta Compacta que más se ajuste a las necesidades del diseño previamente efectuado, realizando las combinaciones de dispositivos de procesos más apropiadas, para lograr el esquema compacto más económico y eficiente. Por tal motivo, el proyectista debe documentarse muy bien sobre las características mecánicas de los diversos dispositivos de procesos disponibles en el mercado, no descartando, soluciones particulares propias para determinados dispositivos, lo cual redundaría en una mayor eficiencia en el tratamiento.



En conclusión, este Trabajo Especial de grado, nos transmite lo siguiente:

- a) No hay en el mercado "soluciones exactas" para cada situación; esto supone la necesidad de diseñar dispositivos de proceso (módulos) específicos para cada caso, y procurar su construcción y montaje, alejándonos del abuso comercial.
- b) Es de vital importancia considerar la incidencia en costos de operación de estas plantas, de los requerimientos de energía y de químicos. En este sentido el proyectista deberá ingeniárselas para optimizar el uso de traslación por gravedad y un uso más intensivo de procesos físicos y biológicos.
- c) En el transcurso de Este Trabajo, se pudo verificar que en el Campus de la Universidad católica Andrés bello, no hay control sobre la calidad y volúmenes del efluente de aguas servidas, el cual es vertido en el colector de la Avenida Intercomunal La Vega-Montalbán.



RECOMENDACIONES

1. En vista de todos los aspectos referentes a las características de las plantas compactas, así como los relacionados a su adecuada selección, citados en este Trabajo Especial de Grado, y de la problemática sobre la disposición de los vertidos líquidos procedentes de la Universidad Católica Andrés Bello, se recomienda para dar solución a dicha situación la instalación de una planta compacta.

Debido a que en la Universidad no se lleva un registro de los análisis realizados sobre las aguas residuales producidas en la misma, no se puede citar las características del mismo, sin embargo, por ser una institución educativa y estudiando las actividades que en ella se realizan, es posible deducir que su efluente debería contar con características muy similares a las del agua residual de origen doméstico, por lo que se recomienda que la planta de tratamiento involucre solamente procesos físicos, tales como: Aireación, Sedimentación, Filtración y Cloración. En todo caso, el efluente final deberá considerar como lo indica la *Normativa para la Planificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos*, especificada en el Decreto 883

2. En el caso en que se desee la reutilización del efluente para riego y para los inodoros de los baños (red de aguas grises) es recomendable instalar una unidad de Filtro con Carbón Activado, ya que este medio es sumamente eficiente para remover el cloro, mal olor y sabor del agua, así como sólidos pesados (plomo, mercurio). Este sería un aporte importante para el desarrollo del campus, puesto que aparte de disminuir los costos por el consumo de agua potable para dichas actividades, se contribuiría notablemente en la formación de una conciencia en beneficio de nuestro medioambiente, en el aprovechamiento de un recurso tan valioso. La instalación de una planta para

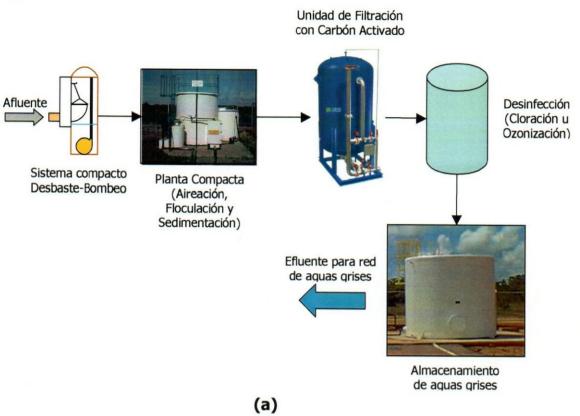


el tratamiento de aguas servidas, que involucre un sistema de reutilización de los efluentes puede ser un importante instrumento para la formación académica de los estudiantes de ingeniería de esta Ilustre Universidad.

En la figura IV.1 se muestra un esquema de la distribución de una planta compacta que utilize los procesos antes mencionados, tanto con reutilización como sin reutilización.

- 3. Es importante no copiar modelos de plantas compactas, sin haber hecho un estudio previo de las condiciones del proyecto en particular, ya que se puede cometer el error de utilizar un sistema que no se adapte a las necesidades y características del efluente, generando con el tiempo mayores costos bien sea para la adaptación de la misma o para la construcción de otra que sea la adecuada.
- 4. Se hace necesario ahondar más en la técnica del diseño de estas Plantas, ya que la Ingeniería nos da como herramientas soluciones foráneas, principalmente de USA, cuya efectividad no ha sido ni estudiada ni comprendida en nuestro país. De esta manera se recomienda la continuidad del presente Trabajo, en el sentido de verificar formulas y parámetros utilizados comúnmente.
- **5.** Se recomienda como guía de apoyo en el diseño y selección de Plantas compactas, el manual elaborado en el presente Trabajo especial de Grado, el cual resume los pasos y determinaciones necesarias. Se hace la salvedad de que el manual anexo no pretende establecer nuevas normas de diseño, sino sólo simplificar la ruta para el ingeniero proyectista.





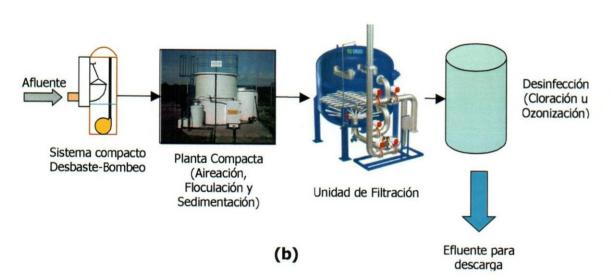


Figura IV.1: Esquema del sistema de tratamiento propuesto para las aguas residuales de la UCAB, (a) con reutilización, (b) sin reutilización.



BIBLIOGRAFÍA

Consideraciones para el Diseño de Sistemas para Aguas grises http://www.oasisdesing.net

Contaminación de las Aguas de Corrientes y Lagos
http://www.monografias.com/trabajos/contamaqua/contamaqua.shtml

CRITES, Ron & TECHOBANOGLOUS, George. "Sistemas de Manejo de Aguas Residuales, para Núcleos Pequeños y Descentralizados". Editorial M^c Graw Hill. Boston, 2000.

"Curso de Tratamiento de Aguas". Tomo II. Consejería de Transportes y Obras Públicas. Eusko Jaularitza – Gobierno Vasco.

Diseño y Cálculo de Tratamientos Blandos http://www.miliarium.com

METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales. Editorial M^{ac} Graw Hill. Tercera edición. Madrid, 1995

"Manual de Disposición de Aguas Residuales". Cooperación Técnica República Federal de Alemania. Programa de Salud Ambiental, Tomos I y II. Lima, 1991

"Manual de Tratamiento de Agua Negras". Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Editorial Limusa. México, 2000.

PALACIOS, Alvaro. "Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos". Caracas, 2002

BIBLIOGRAFÍA 190

191



Principales Problemas Ambientales en Venezuela. Fundación de Educación Ambiental (FUNDAMBIENTE). Segunda edición. Caracas, 1998.

RIVAS, Gustavo. "Tratamiento de Aguas Residuales". Ediciones Vega. Segunda Edición. Caracas, 1978.

SEOANEZ, Mariano. "Aguas Residuales Urbanas Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento". Editorial MUNDI-PRENSA. Madrid, 1999. Segunda edición revisada.

"Tecnologías Apropiadas para el Control de la Contaminación de Aguas de Alcantarillado en la Región Del Gran Caribe". Informe Técnico del PEC Nº 40 1998.

http://www.cep.unep.org/pubs/techreports/tr40es/chapter5.htm

WPCF, "Sewage Treatment Plant Design. Manual of Practice N° 8". Water Pollution Control Federation. Washington DC, 1967.

BIBLIOGRAFÍA



ANEXOS



ANEXO I

DECRETO 883

(NORMAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LÍQUIDOS)



1 Clasificación de los constituyentes en los vertidos líquidos

El Decreto 883, de fecha 18/12/1995, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, Nº 5.021, clasifica los constituyentes de los vertidos líquidos en dos categorías (Sección II, Artículo 9, de este Decreto):

GRUPO I: Sustancias para las cuales existe evidencia teórica o práctica de su efecto tóxico, agudo o crónico:

- Compuestos organohalogenados y sustancias que puedan dar origen a compuestos de este tipo en el medio acuático.
- Compuestos organofosfóricos.
- Sustancias cancerígenas.
- Mercurio y compuestos de mercurio.
- Cadmio y compuestos de cadmio.
- Aceites minerales persistentes e hidrogenados derivados del petróleo, de lenta descomposición.
- Metaloides, metales y sus compuestos de la siguiente lista: Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio, Telurio, Titanio, Uranio, Vanadio y Zinc.
- Biocidas y sus derivados.
- Compuestos organosilísicos tóxicos o persistentes.
- Cianuros y Fluoruros.
- Sustancias radiactivas.
- Sustancias sintética persistentes que puedan flotar, permanecer suspendidas o sedimentar perjudicando cualquier uso de las aguas.

GRUPO II: Sustancias o parámetros que aún cuando no se conozca de su efecto tóxico, agudo o crónico, generan condiciones en el cuerpo receptor que afectan la biota o perjudican cualquier uso potencial de sus aguas:



- Aceites naturales e hidrocarburos degradables o poco persistentes.
- Materia orgánica carbonácea expresada en términos de demanda bioquímica de oxigeno (DBO 5,20) y demanda química de oxígeno (DQO).
- Compuestos inorgánicos del fósforo y fósforo elemental.
- Compuestos orgánicos no tóxicos del fósforo.
- Compuestos orgánicos e inorgánicos del nitrógeno.
- Cloruros.
- Detergentes.
- Dispersantes.
- Sólidos suspendidos que no contengan elementos tóxicos.
- Color.
- Temperatura.
- pH.
- Parámetros biológicos.

1.1 Clasificación de vertidos según la caracterización de los mismos

En el mencionado Decreto 883 en sus Secciones III, IV, V, VI, respectivamente, se establecen rangos límites máximos de calidad en las descargas a diferentes medios receptores. A continuación se señalan tales rangos y límites.

1.1.1 Descargas a cuerpos de agua

A los efectos de dicho Decreto se establecen los siguientes rangos y límites de calidad de vertidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses:



Parámetros Físico-Químico	Límites máximos o rangos		
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l		
Aceites, grasas vegetales y animales	20 mg/l		
Alkil Mercurio	No detectable ¹		
Aldehídos	2,0 mg/l		
Aluminio total	5,0 mg/l		
Arsénico total	0,5 mg/l		
Bario total	5,0 mg/l		
Boro	5,0 mg/l		
Cadmio total	0.2 mg/l		
Cianuro total	0.2 mg/l		
Cloruros	1000 mg/l		
Cobalto total	0.5 mg/l		
Cobre total	1 mg/l		
Coloréela	500 Unidades de Pt-Co		
Cromo total	2 mg/l		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	60 mg/l		
Demanda Química de Oxígeno (DBO)	350 mg/l		
Detergentes	2 mg/l		
Dispersantes	2 mg/l		
Espuma	Ausente		
Estaño	5 mg/l		
Fenoles	0.5 mg/l		
Fluoruros	5 mg/l		
Fósforo total (expresado como fósforo)	10 mg/l		
Hierro total	10 mg/l		
Magnesio total	2 mg/l		
Mercurio total	0.01 mg/l		
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l		
Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno)	10 mg/l		
рН	6 – 9		
Plata total	0.1 mg/l		
Plomo total	0.5 mg/l		

Tabla I. Límites máximos de Parámetros Físico-Químicos, para descargas a cuerpos de agua

¹ Según los métodos aprobados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables



Parámetros Físico-Químico (cont.)	Límites máximos o rangos		
Sólidos Flotantes	Ausentes		
Sólidos suspendidos	80 mg/l		
Sólidos sedimentables	1 mg/l		
Selenio	0.05 mg/l		
Sulfatos	1000 mg/l		
Sulfitos	2 mg/l		
Sulfuros	0.5 mg/l		
Zinc	5 mg/l		

Tabla I. Límites máximos de Parámetros Físico-Químicos, para descargas a cuerpos de agua

Biocida	Límites máximos
Organo Fosforado y Carbamatos	0.25 mg/l
Organo Clorados	0.05 mg/l

Tabla II. Límites máximos de Biocidas, para descargas a cuerpos de agua

Radiactividad	Límites máximos
Actividad α	0.1 Bq/l
Actividad β	1 Bq/l

Tabla III. Límites máximos de Radioactividad, para descargas a cuerpos de aqua

1.1.2 Descargas al medio marino-costero

Las descargas al medio marino-costero, sólo podrán efectuarse en zonas donde se produzca mezcla rápida del vertido con el cuerpo receptor y cumplirán con los rangos y límites máximos establecidos en la siguiente lista:



Parámetros Físico-Químico (cont.)	Límites máximos o rangos
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites y grasa vegetales y animales	20 mg/l
Alkil mercurio	No detectable (*)
Aluminio total	5 mg/l
Arsénico total	0.5 mg/l
Bario total	5 mg/l
Cobalto total	0.5 mg/l
Cadmio total	0.2 mg/l
Cianuro total	0.2 mg/l
Cobre total	1 mg/l
Color	500 Unidades de Pt/Co
Cromo total	2 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	60 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DBO)	350 mg/l
Detergentes	2 mg/l
Dispersantes	2 mg/l
Espuma	Ausente
Fenoles	0.5 mg/l
Fluoruros	5 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo)	10 mg/l
Mercurio total	0.01 mg/l
Níquel total	2 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
pH	6 – 9
Plata total	0.1 mg/l
Plomo total	0.5 mg/l
Selenio	0.2 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sulfuros	2 mg/l
Zinc	10 mg/l

Tabla IV. Límites máximos de Parámetros Físico-Químicos, para descargas a medio marino-costero.



Biocida	Límites máximos
Organo Fosforado y Carbamatos	0.25 mg/l
Organo Clorados	0.05 mg/l

Tabla V. Límites máximos de Biocidas, para descargas a medio marinocostero.

Radiactividad	Límites máximos					
Actividad α	0.1 Bq/l					
Actividad β	1 Bq/l					

Tabla VI. Límites máximos de Radioactividad, para descargas a medio marino-costero.

1.1.3 Descargas a redes cloacales.

Los parámetros de calidad de los vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados a redes cloacales, no deberán ser mayores a los rangos y límites establecidos en la siguiente lista

Parámetros Físico-Químico	Límites máximos o rangos
Aceites minerales	20 mg/l
Aceites y grasa vegetales y animales	150 mg/l
Alkil Mercurio	No detectable (*)
Aluminio total	5 mg/l
Arsénico total	0.5 mg/l
Bario total	5 mg/l
Cadmio total	0.2 mg/l
Cianuro total	0.2 mg/l
Cobalto total	0.5 mg/l
Cobre total	1 mg/l
Cromo total	2 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5,20)	350 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	900 mg/l
Detergentes	8 mg/l

Tabla VII. Límites máximos de Parámetros Físico-Químicos, para descargas a medio redes cloacales.



Parámetros Físico-Químico	Límites máximos o rangos
Dispersantes	8 mg/l
Fenoles	0.5 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo)	10 mg/l
Hierro total	25 mg/l
Magnesio total	10 mg/l
Mercurio total	0.01 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
pH	6-9
Plata total	0.1 mg/l
Plomo total	0.5 mg/l
Selenio	0.2 mg/l
Níquel total	2 mg/l

Tabla VII. Límites máximos de Parámetros Físico-Químicos, para descargas a medio redes cloacales.(Continuación)

Biocida	Límites máximos
Organo Fosforado y Carbamatos	0.25 mg/l
Organo Clorados	0.05 mg/l

Tabla VIII. Límites máximos de Biocidas, para descargas a redes cloacales.

Radiactividad	Límites máximos
Actividad α	0.1 Bq/l
Actividad β	1 Bq/l

Tabla IX. Límites máximos de Radioactividad, para descargas a redes cloacales.

1.1.4 Descargas o infiltraciones en el subsuelo.

Se prohíbe la descarga, infiltración o inyección en el suelo o en el subsuelo de vertidos líquidos tratados o no, cuyo contenido de sustancias pertenecientes al GRUPO I, descrito en la *Clasificación de los Constituyentes de los Vertidos Líquidos*



(especificados en el artículo 9 del Decreto 883), superen los límites establecidos para las descargas a cuerpos de agua (descritos en el artículo 10 del Decreto 883).

Sin embargo se exceptúa de lo antes dispuesto, a las actividades de inyección asociadas a la exploración y explotación de hidrocarburos en acuíferos no aprovechables y yacimientos petrolíferos, en los siguientes casos:

- En acuíferos no aprovechables.
- En yacimientos petrolíferos y acuíferos asociados.



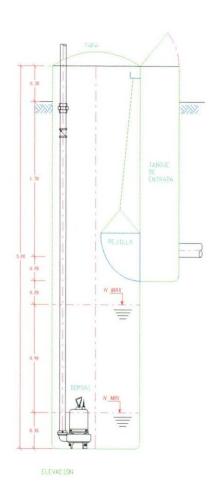
ANEXO II SISTEMA COMPACTO DESBASTE BOMBEO

(TECNICA PENSA, C.A.)



1.-Descripción General de la Unidad:

Cuando no existe la posibilidad de conectar la descarga cloacal a la Planta de Tratamiento debido a diferencias en las respectivas cotas, se hace necesario elevar el agua tratada mediante una estación de bombeo.



Sistema Compacto Desbaste- Bombeo

Técnica Pensa, C.A. propone una solución que consiste en un sistema prefabricado listo para operar, que ofrece las siguientes ventajas:

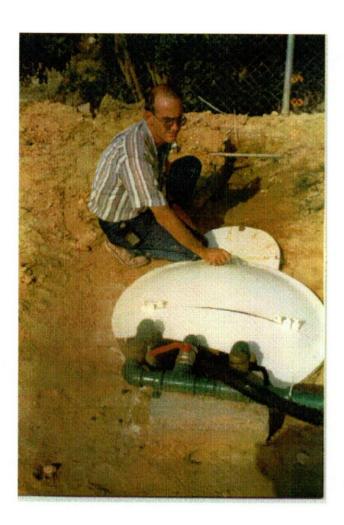




- La estación de bombeo prefabricada es de muy rápida ejecución. Solo requiere la apertura de un hueco en la tierra, la conexión al tubo de alimentación y luego rellenar en forma adecuada.
- La estación de bombeo es de tipo compacta, fabricada en Fibra de vidrio reforzada con resina Poliester (FVRP), de forma cilíndrica, tapada, y con acceso por la parte superior (Ver figura anexa). Bajo el punto de vista estético, pasa desapercibida debido a su reducido tamaño.
- El equipo es de gran calidad. Todos los elementos metálicos sumergidos o en contacto con agua son de acero inoxidable, de tal manera que con un adecuado mantenimiento se pueda garantizar una vida útil mínima de mas de 20 años.



La Estación de Bombeo ya viene dotada con todos los elementos necesarios para poder operar. Es el caso de la cesta de desbaste la cual es fabricada en acero inoxidable y está instalada sobre rieles que permiten izarla fácilmente



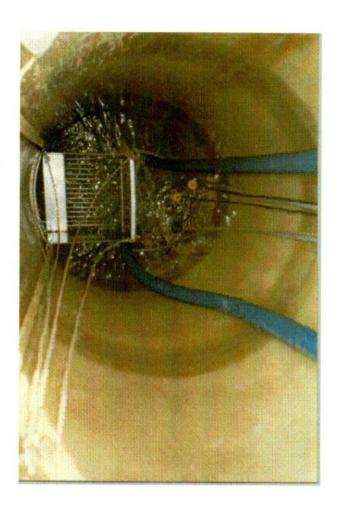
2.- Principio de Funcionamiento:

El funcionamiento de las bombas será controlado por un conjunto de peras de nivel máximo/mínimo y súper - máximo.

Dada la calidad del efluente, el bombeo se deberá hacer mediante dos bombas sumergibles para aguas negras de 1 HP de potencia, cuyo caudal nominal es de



18 m3/h a una presión de 6 metros de columna de agua (ver cuadro de especificaciones colocado al final).



3.- Redundancia de equipos

Para garantizar una operación a prueba de fallas de equipos, es recomendable agregar una bomba gemela que trabaje en forma alternada con la bomba que viene instalada en forma estándar (incluido).



4.- Condiciones de Entrega

Esta unidad se entrega lista para ser conectada hidráulicamente (entrada de aguas servidas y descarga a la planta de tratamiento) y eléctricamente (acometida al tablero de control).

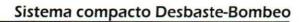
La unidad se entrega con la certificación de calidad del taller de fabricación, la cual incluye la prueba hidrostática de los reactores y la prueba de operabilidad completa.

Para protección de la bomba contra fluctuaciones de corriente, el equipo estará dotado con un relé falla de fase.

5.- Características del sistema de bombeo

Planta y corte de una fosa de bombeo típica. Ficha técnica de la bomba sumergible.

Nota: El material anexo tiene carácter ilustrativo y no indica como exactamente en definitiva serán los equipos ya que a esos diseños se les ha aportado y/o se les seguirá aportando modificaciones para mejoras. La excelencia es un proceso de búsqueda permanente.





Datos de bomba sumergible:

Datos	Descripción
Marca	MALMEDI
Serie	Robusta
Modelo	ROB 702M
Ejecución:	Doble sello mecánico
Material del sello	Carbón cerámica
Sistema de protección	Cámara de aceite
	Sensor de humedad.
Factor de servicio del motor	1,15
Tipo de Servicio	Continuo
Potencia	1 HP
Volt	110/220
Amperios	15/7,5
Fases	Monofásica
RPM	1800
Manejo de sólidos	Hasta 2 "
Diámetro de descarga	2"
Peso de la unidad	35 kg



ANEXO III CATALOGOS DE EMPRESAS

Técnical PenSa c.a.

SEPARADORES DE ACEITES Y GRASAS

1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	
1	-
1	_
4	
1	
1	
1	
1	
1	-
١	ш
1	_
1	
1	
1	
ı	
١	
1	
١	
1	
1	
1	
ı	
1	
1	-
1	1.00
١	
1	
1	
1	
1	
ı	
1	
1	
ı	
١	
ł	
ı	\mathbf{r}
1	
ı	
ı	
ı	-
ı	
ł	Ι-
ı	-
ı	
ı	
ĺ	
ł	
۱	
١	
ı	
١	1 100
ı	-
۱	1
۱	
ı	
ı	-
ı	1
ſ	
١	1
١	
ı	-
١	LU.
ı	1
ſ	

8,75 25.395 9,90 29.007	-		
DIAME	7.9	2	2079
DIAME	6,75	2	2068
	HORIZONTALES DE	TANQUES	SERIE
	7,9	1,6	1679
	6,75	1,6	1668
	5,6	1,6	1656
	4,45	1,6	1845
4,90 8.780	3,3	1,6	1633
	2,15	1,6	1622
		1,6	1610
		1.6	-

		DITMAN. 500 L
	800	
3950	05.5	SCA SE VERTIA EST
	800	
		#1500 300

Av. Fco. De Miranda, Centro Perù, Torre A, PH 7 & 8 Chacao, Caracas 1062ª, telf. (02) 2614278/ 5769/ 6793

••••••••••••••••••••••••••••••

TANQUES VERTICALES

3106	3095	3083	3072	3060	3049	3037	3026	3014	SERIE TANO	2095	2083	2072	2060	2049	2037	2026	2014	SERIE TANG	1660	1649	1637	1626	1614	SERIE TANG
ω	ω	ω	ω	w	w	ω	ω	w	UES DE 3 N	2	2	2	N	2	N	N	N	NES DE 21	1,6	1,6	1,6	1,6	1.6	JUES DE 1,6
10,6	9,45	8,3	7,15	03	4,85	3,7	2,55	1.4	METROS DE	9,45	8,3	7,15	0	4,85	3,7	2,55	1.4	METROS DE	6	4,85	3,7	2,55	1.4	METROS DE
74.927	66.798	58.669	50.540	42.412	34.283	26.154	18.025	9.896	DIÁMETRO	29.688	26.075	22.462	18.850	15.237	11.624	8.011	4.398	DIÁMETRO	12,064	9.752	7.439	5.127	2.815	EDIÁMETRO
construidos en partes y ensamblados en sitio	* NOTA: Estos		8035	8026	8014	ASEF	CON	SERIE TAN			6035	6026	6014	SERIE TANG		5035	5026	5014	SERJE TAN		4035	4026	4014	SERIE TANQUES DE
partes y ensar	NOTA: Estos tanques pueden ser		8	00	00	A SER ENSAMBLADOS EN EL SITIO	CONSTRUIDOS EN DOS PARTES	ERIE TANQUES DE 8 METROS DE DIÁMETRO			0	o	0	QUES DE 6 M		cn	O	O	QUES DE 5 N		4	4	4	4
mblados en si	90 Ser		3,5	2,55	1,4	DOS EN EL	N DOS PAR	ETROS DE			3,5	2,56	1,4	ETROS DE		3,5	2,55	1,4	ETROS DE		3,5	2,55	1.4	ETROS DE DIÁMETRO
itio.			175.929	128.177	70.372	SITIO	TES	DIÁMETRO			98.960	72.100	39.584	DIÁMETRO		68.722	50.069	27,489	DIÁMETRO		43.982	32.044	17.593	DIÁMETRO

Técnica PenSa ca.



Técnica PenSa c.a.

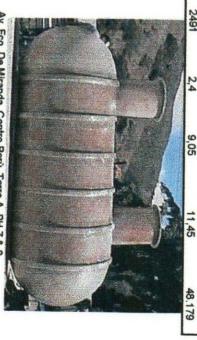
	DIAMETRO	LONGITUD CIL MORO	LONGITUDITOTAL	MANAGEMENT
		DIAMETRO 1,60 METROS	08	
1610	1,6	1,00		4.155
1622	1,6	2,15	3,75	6.467
1633	1,6	3,30	4,90	8.780
1645	1,6	4,45	6,05	11.092
1656	1,6	5,60	7,20	13.404
1668	1,6	6,75	8,35	15.716
1679	1,6	7,90	9,50	18.029
		DIAMETRO 2,00 METROS	8	
2010	2	1,00	3,00	7.330
2022	2	215	4.15	10.943
2033	2	3,30	5,30	14.556
2045	2	4,45	6,45	18.169
2056	N	5,60	7,60	21.782
2068	2	6,75	8,75	25.395
2079	N	7,90	9,90	29.007
2091	N	9,05	11,05	32.620
		DIAMETRO 2,40 METROS	35	
2410	2,4	1,00	3,40	11.762
2422	2,4	2,15	4,55	16.965
2433	2,4	3,30	5,70	22.167
2445	2,4	4,45	6,85	27.370
2456	2,4	5,60	8,00	32.572
2468	2,4	6,75	9,15	37.775
2479	2,4	7,90	10,30	42.977
		9.05	11 45	48 179



Av. Fco. De Miranda, Centro Perù, Torre A, PH 7 & 8 Chacao, Caracas 1062ª, telf. (02) 2614278/ 5769/ 6793

Técnica PenSa c.a.

-	-	-	The state of the s	
	TA	TANQUES SÉPTICOS	PTICOS	
MODELO	DIAMETRO	LONGITUDIL	TOT GUTIENO	LI VOLUME
SERIE TANG	UES HORIZ	RIE TANQUES HORIZONTALES DE	1,6 METROS DE	E DIÁMETRO
1610	1,6	1,00	2,60	4.155
1622	1,6	2,15	3,75	6.467
1633	1,6	3,30	4,90	8.780
1645	1,6	4,45	6,05	11.092
1656	1,6	5,60	7,20	13.404
1668	1,6	6,75	8,35	15.716
1679	1,6	7,90	9,50	18.029
SERIE TANQUES HORIZONTALES	IUES HORIZ	DE	2 METROS DE	DIÁMETRO
2010	2	1,00	3,00	7.330
2022	N	2,15	4,15	10.943
2033	2	3,30	5,30	14.556
2045	N	4,45	6,45	18.169
2056	2	5,60	7,60	21.782
2068	2	6,75	8,75	25.395
2079	2	7,90	9,90	29.007
2091	2	9,05	11,05	32,620
SERIE TANQUES	UES SEPTIO	SEPTICOS DE 2,4 METROS	TROS DE DIÁMETRO	METRO
2410	2,4	1,00	3,40	11.762
2422	2,4	2,15	4,55	16.965
2433	2,4	3,30	5,70	22.167
2445	2,4	4,45	6,85	27.370
2456	2,4	5,60	8,00	32.572
2468	2,4	6,75	9,15	37.775
2479	2,4	7,90	10,30	42.977
2491	2.4	905	11 45	48 170



Av. Fco. De Miranda, Centro Perù, Torre A, PH 7 & 8 Chacao, Caracas 1062ª, telf. (02) 2614278/ 5769/ 6793

••••••••••••••••••••••••••••••

SISTEMAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN FIBRA DE VIDRIO SISTEMA COMPACTO PTP-C

Es un sistema de tratamiento biologico de aguas residuales, en el cual, las diferentes unidades de proceso (aireación, sedimentación y cloración), se encuentran distribuidas dentro un solo tanque cilindrico el cual esta fabricado en Fibra de Vidrio



SISTEMA SEPARADO PTP-S



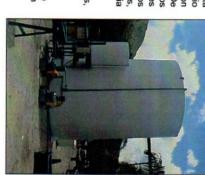
El sistema de tratamiento biológico de aguas residuales PTP-S consiste en combinar una serie de elementos estandarizados entre sí para así conformar un modelo con una capacidad determinada. El sistema está basado en tanques de Fibra de Vidrio Reforzada con resina Poliéster (FVRP), los cuales están diseñados y predispuestos para que se les instalen los equipos necesarios para el tratamiento de aguas residuales.

SISTEMAS POR CARGAS (SBR)

El efluente líquido descargado

por muchas industrias está circunscrito a un horario estrechamente relacionado con la operación de la misma. De esta forma tenemos períodos de descarga de efluentes seguidos de períodos en los que no se producen descargas, al menos, de poca importancia relativa.

Estas características pulsantes al nivel de la descarga, permiten aplicar la técnica de tratamiento denominada por sus siglas en ingles "SBR", de Secuential Batch Reactor, o en español, Reactor por Cargas Secuenciales, en un solo reactor,



ALMACENAMIENTO Y POTABILIZACIÓN

TANQUES DE FIBRA DE VIDRIO





Usos: Almacenamiento, separadores de grasas, sépticos y otros

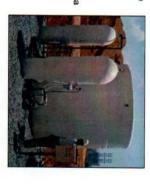
SISTEMAS DE DESALINIZACION POR O/I



Proceso que se utiliza para la obtención de agua potable ó alta pureza, a partir de agua con un contenido inaceptable de sólidos disueltos , mediante el sistema de osmosis inversa, el cual hace pasar el agua a través de membranas semipermeables (alta presión)

SISTEMAS DE POTABILIZACION

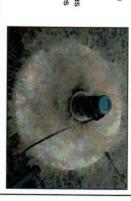
Consiste en la combinación de equipos, tales como clarifloculadores, sedimentadores y/o filtros y desinfección, para lograr la remoción de sólidos suspendidos, obteniéndose una mejor calidad del agua, tanto para consumo humano como industrial



EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS

AIREADORES

Equipos utilizados para mantener una mezcia completa y al mismo tiempo introducir al sistema cantidades altas de oxigeno provenientes del aire



TAMICES GIRATORIOS



El Tamiz Giratorio es un dispositivo rotativo, que sirve para separar materiales y partículas sólidas del agua u otro liquido, o sólidos de sólidos, seleccionando las partículas por su tamaño.

Se recomienda su uso en Cochineras,

Se recomienda su uso en Cochineras Mataderos, Tenerías y en general en todos aquellos efluentes que presentan partículas sólidas de tamaño superior a los 2-3 mm.

PUENTES BARRELODO

Equipo utilizado para separar y concentrar lodos y natas en procesos de separación solido-liquido, tales como sistemas de flotación, sedimentación y cualquier otra aplicación



Sistema Compacto PTP-C

Sistema Separado PTP-S	
40.000 lts/dia	PTP-40
30.000 lts/dia	PTP-30
20.000 lts/dia	PTP-20
15.000 lts/dia	PTP-15
10.000 lts/dia	PTP-10
5.000 lts/dia	PTP-5
2.500 lts/dia	PTP-U
Capacidad para tratar	Modelo

Modelo SAE Capacidad para tratar PTP-S-16 16.890 lts/dia PTP-S-26 26.390 lts/dia PTP-S-33 33.510 lts/dia PTP-S-42 42.410 lts/dia PTP-S-50 50.270 lts/dia PTP-S-63 59.380 lts/dia PTP-S-63 63.620 lts/dia PTP-S-78 78.540 lts/dia PTP-S-95 95.030 lts/dia PTP-S-95 95.030 lts/dia PTP-S-113 113.100 lts/dia		
AE Capacid	113.100 lts/di	PTP-S-113
AE Capacid	95.030 lts/d	PTP-S-95
AE Capacidad para 16.890 26.390 33.510 42.410 59.380 63.620	78.540 lts/d	PTP-S-78
AE Capacidad para 16.890 26.390 33.510 42.410 59.380	63.620 lts/d	PTP-S-63
AE Capacidad para 16.890 26.390 33.510 42.410 50.270	59.380 lts/d	PTP-S-59
ĀE	50.270 lts/d	PTP-S-50
ĀE	42.410 lts/d	PTP-S-42
AE	33.510 lts/d	PTP-S-33
	26.390 lts/d	PTP-S-26
	16.890 lts/d	PTP-S-16
	Capacidad para trata	Modelo SAE

4

PTP-S-475
PTP-S-353
PTP-S-286
PTP-S-267
PTP-S-254
PTP-S-213
PTP-S-176
PTP-S-143
PTP-S-113
PTP-S-95
PTP-S-75
PTP-S-67
PTP-S-52
Modelo SC

4

Sistema SBR Prefabricado en FVR

Para caudales superiores el sistema puede ser	Para caudales sun
42.410 lts/dia	SBR-84-P
35.640 lts/dia	SBR-71-P
29.450 lts/dia	SBR-58-P
23.860 lts/dia	SBR-47-P
18.850 lts/dia	SBR-37-P
15.270 lts/dia	SBR-30-P
10.600 lts/dia	SBR-21-P
15.900 lts/dia	SBR-31
12.570 lts/dia	SBR-25
10.180 lts/dia	SBR-20
7.070 lts/dia	SBR-14
Capacidad para tratar	Modelo SAE

instalado en lagunas y/o tanques australianos

- 4 Equipos de secado de lodos: Baterías por módulos. modulares de filtro manga, de uno a seis filtros
- 4 Fabricación en fibra de vidrio reforzada con Plantas prefabricadas para aguas domésticas resina poliéster Capacidades entre 2.500 y 475.000 litros/día.
- comprendidas entre 15.000 y 750.000 litros de concreto Diseños normalizados (procesos y estructuras tratamiento de aguas servidas domesticas Conjunto de armado) equipos para para capacidades plantas de

POTABILIZACION

- calibrados (arena, antracita). filtros a presión con medios granulados gravedad con retrolavado automático, Pre-tratamiento del agua cruda: Filtros a
- sedimentadores circulares y de tipo vaivén. floculadores, Unidades de Clarificación puentes del preparación de químicos, agua barrelodos pre-filtrada para
- 4 tanques de almacenamiento en fibra de vidrio con sistema de recirculación y desinfección por Sistemas de desinfección y conservación del agua tratada: Unidades de Cloración,
- Plantas de potabilización portátiles de tipo compacta: Plantas prefabricadas montadas en

4

Técnical PenSa c.a.

CAMPOS PRINCIPALES DE ACTIVIDADES

* TRATAMIENTO DE AGUAS

Aguas Residuales

- Domesticas
- Industriales
- Petroleras
- **Aguas Blancas**

- Potabilización
- Ablandamiento
- Acondicionamiento
- * TRATAMIENTO DE LODOS
- * OPERACION Y MANTENIMIENTO
- * CONSULTA, PROYECTOS, ETC.

EQUIPOS AGUAS RESIDUALES

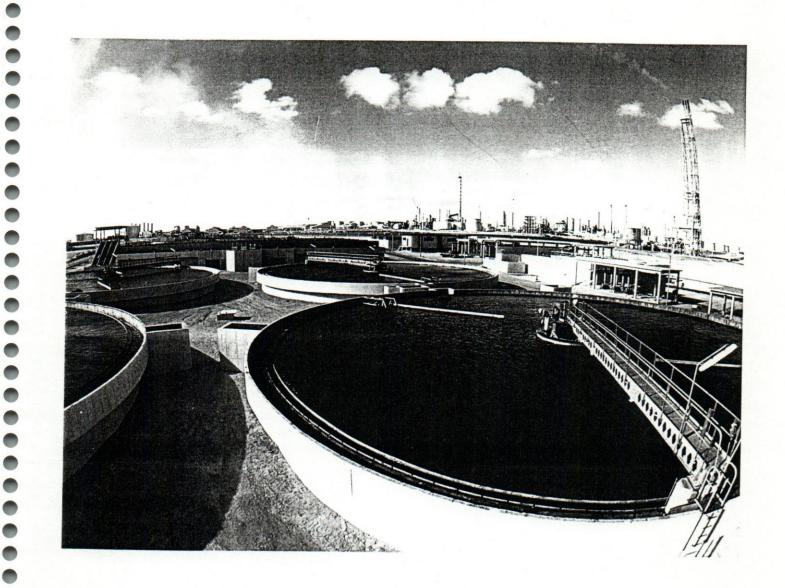
- separadores, clarificadores sedimentadores primarios, DAF de fases sólidas/liquidas/liquidas (desbastes, Equipos de pre-tratamiento físico: Separación
- air-lift, vertederos, etc..). secundarios (puentes circulares, puentes vaivén inyección), equipamiento de sedimentadores superficiales (turbinas rápidas, lentas, de Equipos para tratamiento biológico: Aireadores
- bombas de tornillo de Arquímedes. Equipos de transferencia hidráulica: Fosa de bombeo de aguas residuales prefabricadas,
- < Sistemas de desinfección
- Sistemas de acondicionamiento de lodos: floculadores Unidades de preparación de químicos,

4

4 Ablandamiento

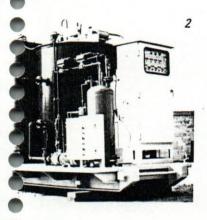
Por medio de resinas de intercambio iónico ó por osmosis inversa

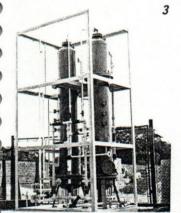
Técnica Pensa C.A. Av. Fco. de Miranda Edif.. Centro Perú-PH-8 – Chacao – Caracas – Telf.: 2635370, 2614278, 2615769, Fax: 2614745 –



LA EMPRESA







A partir del año 1977, VENEAGUA inicia sus actividades como Empresa de Ingeniería y Ejecución de Proyectos, en la disciplina específica del Tratamiento de Agua y obras conexas.

Motivado al amplio campo de trabajo que abarca el tratamiento de las aguas, a partir de 1982 se estableció un convenio comercial y tecnológico con la firma DEGREMONT, de Francia, hoy día la mayor Empresa a nivel mundial dedicada también al exclusivo desarrollo e investigación en tratamiento de agua. Este convenio permitió a VENEAGUA la asimilación e integración del "Know How" de DEGREMONT, adaptándolo a los requerimientos de Venezuela.

Nuestras actividades empiezan por la identificación del

tratamiento necesario y la conceptualización del diseño de las Plantas. Tomamos y analizamos en nuestro laboratorio muestras del agua a tratar, con el fin de optimizar el tamaño de las unidades de proceso así como el consumo de productos químicos. Para ciertos proyectos especiales llevamos a cabo pruebas en plantas piloto, previo al diseño definitivo.

La ingeniería básica y de detalles es realizada por nuestros profesionales, apoyándose sobre la amplia experiencia adquirida en el país. A este efecto, se implementaron sistemas computarizados adaptados a nuestras necesidades (Autocad, Planificación y Control, etc...).

La Empresa presta también sus servicios para la gestión de procura, fabricando y ensamblando en sus propios talleres los equipos especiales de proceso y para la gerencia de construcción, pudiendo también ejecutar esos trabajos bajo la modalidad llave en mano.

La puesta en marcha, que incluye actividades de ajuste de equipos, ensayos de laboratorio, programación de PLC, entrenamiento de personal, permisología y seguridad industrial, es realizada por nuestros propios especialistas, con el fin de asegurar al cliente, la calidad del agua tratada según las bases de diseño especificadas.







AREAS DE ACTIVIDAD

VENEAGUA presta un conjunto completo de Servicios de Ingeniería, aplicados al Tratamiento de Agua. Dentro de ese alcance general, podemos señalar las siguientes áreas:

- Anteproyectos y estudios de factibilidad.
- Ingeniería de Proceso.
- · Ingeniería Básica.
- Ingeniería de Detalles.
- · Procura.
- Supervisión de Construcción.
- Obras civiles y montaje.
- Puesta en marcha y formación del personal de operación.

Dichos servicios aplican a todo lo que a tratamiento de agua se refiere, o sea, básicamente:

- Tratamiento de aguas residuales urbanas.
- Tratamiento de aguas superficiales y/o subterráneas, para consumo humano.
- Tratamiento de aguas para uso industrial: abastecimiento de calderas, aguas de proceso industrial (industrias papeleras, textiles, alimenticias, etc.), lavado de gases, inyección de yacimientos petrolíferos.
- Tratamiento de efluentes industriales: refinerías, industrias petroquímicas, agro-alimenticias, químicas, metalúrgicas, etc.

LIDERES EN EL MERCADO

Desde su creación, la Empresa se ha mantenido siempre a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos en materia de tratamiento de agua, asegurando la formación continua de sus profesionales e implementando medios informáticos adaptados a sus propias necesidades.

La organización desarrollada en los últimos quince años, aunada a la amplia lista de referencias en Plantas realizadas, ubica a VENEAGUA como la primera Empresa venezolana en su especialidad.





1- Laboratorio de análisis de agua.

2 - Planta piloto de flotación.

3 - Planta piloto de filtración.

4/5 - Oficinas de la Empresa.

6 - Sala de dibujo.

7/8 - Sala de AUTOCAD.







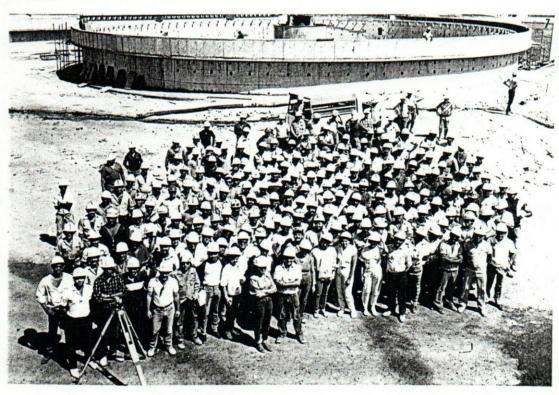






La necesidad de ofrecer a nuestros clientes equipos adaptados a cada necesidad, de la mejor calidad y a costos razonables, nos ha llevado a expandir nuestras actividades, creando un taller metalmecánico el cual tiene la capacidad y tecnología para fabricar equipos especiales de tratamiento de agua, así como también recipientes y estructuras metálicas .

En nuestro taller preensamblamos igualmente los equipos de grandes dimensiones y los arreglos de tuberías, con el fin de asegurar en sitio el menor trabajo posible de montaje. De esta manera, se minimiza la intervención de terceros, concentrando las responsabilidades y facilitando así la supervisión de nuestros clientes. Cuando se requiere desarrollar Proyectos bajo la modalidad llave en mano, la Empresa dispone de suficientes recursos humanos y técnicos para los trabajos a ser realizados en campo.



1/2/3/4 - Taller metalmecánico.

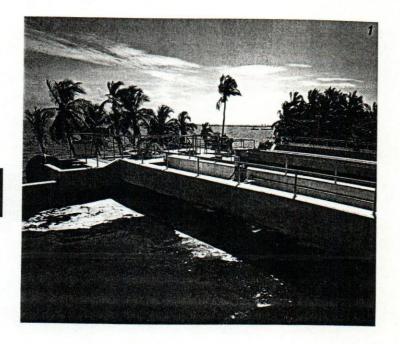
5 - Planta compacta de aguas negras.

6 - Filtro de bandas prensadoras.

7- Equipo de obras civiles.



EFLUENTES URBANOS



Los efluentes urbanos o aguas negras, como comúnmente se denominan, representan un importante problema ya que, en general, la autodepuración de los ríos y lagos no es suficiente para mantener el equilibrio ecológico natural.

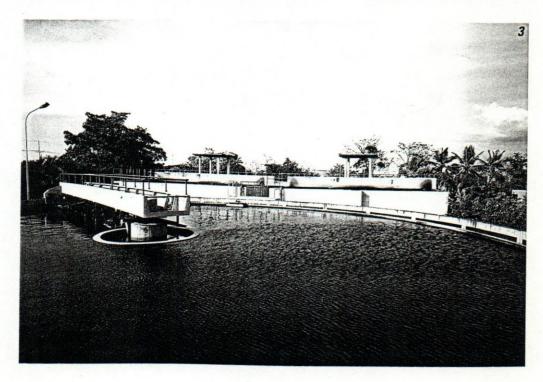
Los sistemas de tratamiento consisten normalmente en procesos biológicos aeróbicos, en los cuales se promueve el desarrollo de microorganismos, los cuales retienen la contaminación orgánica biodegradable y se alimentan

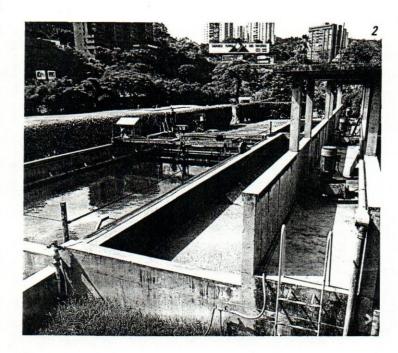
de ella, depurando por consiguiente los efluentes. Los lodos producidos se separan por decantación y luego, se deshidratan.

El sistema de tratamiento generalmente usado en Venezuela es el de lodos activados, en el cual la parte central de tratamiento es el tanque de aereación, en donde se instalan turbinas lentas o sopladores con el fin de aportar el oxígeno requerido para las necesidades de las bacterias depuradoras y también para evi-

tar la sedimentación.
Dependiendo del diseño, el sistema puede ser de aereación prolongada, a media carga o a carga alta.

En el diseño, aparte del caudal y de la carga másica, también se debe tomar en cuenta otros factores tales como la salinidad del agua, la temperatura ambiente y la altura sobre el nivel del mar. Con nuestra tecnología y bajo nuestra supervisión directa, fabricamos los equipos requeridos, tales como turbinas lentas de





aereación, puentes barrelodos, rejas de desbaste automático, plantas compactas, difusores tipo Vibrair, etc.

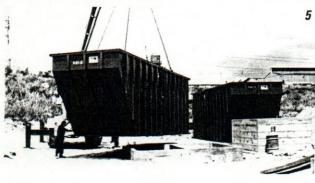
VENEAGUA puede suministrar sistemas metálicos compactos a partir de 15 m3/d, adecuados para pequeñas comunidades tales como plataformas marinas, clubes, hoteles, industrias y Plantas muy especializadas para grandes ciudades de más de

250.000 habitantes.

Debido a la poca disponibilidad de agua, cada día se están encontrando más usos a las aguas negras tratadas.

VENEAGUA ha concebido sistemas de reutilización en donde estos efluentes son aceptables para riego de áreas verdes, enfriamiento, servicios industriales y calderas.





1 - Planta I.C.L.A.M. de Santa Rita 22.500 habitantes.

2 - Planta del Club Valle Arriba en Caracas 6.500 habitantes.

3/4 - Planta de MARAVEN en Lagunillas 31.000 habitantes.

5 - Planta de Sidetur en Puerto Ordaz 1.000 empleados.

PLANTA T.A.S.

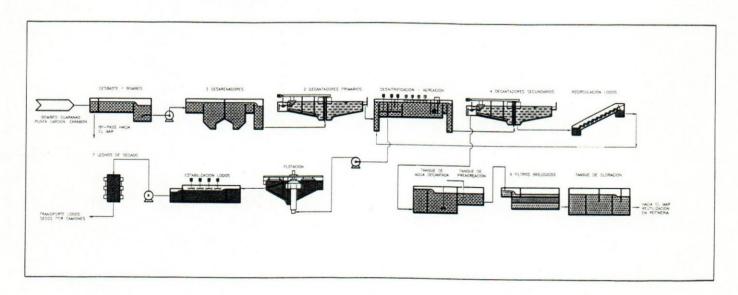
VENEAGUA, en conjunto con su empresa asociada DEGREMONT, diseñó y construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas más grande de Venezuela, la cual tiene un caudal de diseño de 38.400 m3/d, equivalente a una población de 200.000 habitantes. Puesta en servicio en 1988, es una de las más importantes y modernas de América Latina y para su diseño y construcción se necesitaron más de 1.500.000 horas-hombre.

Situada dentro del área de la Refinería de Maraven Cardón, esta Planta trata los efluentes urbanos de Punto Fijo, Punta Cardón y Comunidad Maraven, a través de diferentes unidades que se muestran en el diagrama anexo.

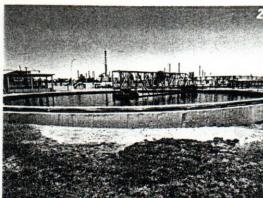
Entre algunas de las particularidades de esta Planta, se incluyen dos decantadores primarios, un sistema de anoxia para desnitrificación, un flotador tipo DAF para espesamiento de lodos, un raspador mecánico autónomo para la recogida de lodos secos y una filtración biológica final, la cual permite que el efluente tratado tenga menos de 5 ppm de DBO y de sólidos suspendidos.

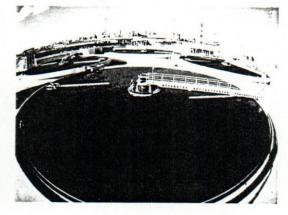
Lo moderno y sencillo de esta Planta hace que su operación sea muy cómoda, utilizándose una cantidad mínima de operadores. Actualmente, el agua tratada se está usando para riego en la Comunidad de Maraven, en parques, plazas, clubes náuticos y de golf, así como también en la Refinería para ciertos servicios industriales. Sin embargo, se están elaborando estudios para su reutilización industrial a gran escala, ya que la Península de Paraguaná sufre de escasez de agua.

En las fotos anexas se pueden observar vistas generales y detalles de la Planta T.A.S. (Tratamiento de Aguas Servidas), la cual puede servir de modelo para comunidades de población similar.

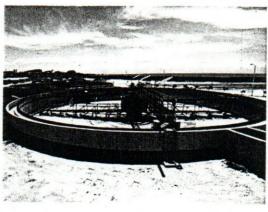




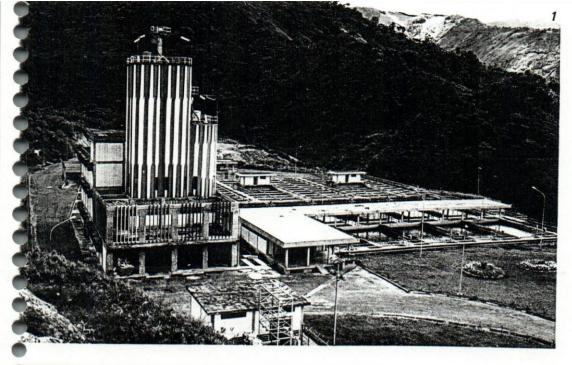


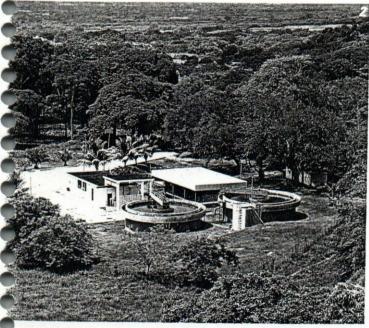






- 1 Vista general.
- 2 Decantador primario.
- 3/5 Decantadores secundarios.
- 4- Flotador de lodos.





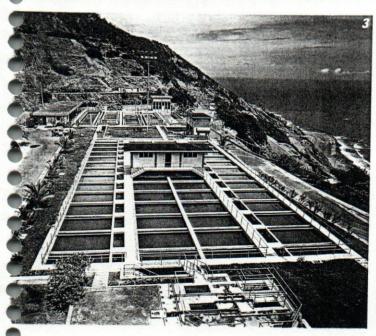
Por tratarse de un problema de salud pública, las normas en materia de calidad de agua potable son muy estrictas.

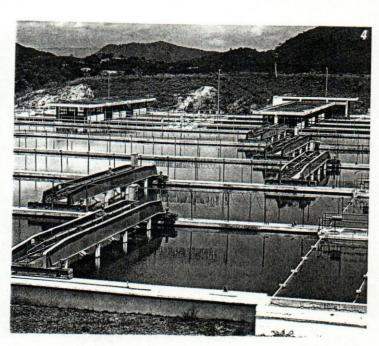
Los distintos parámetros que deben ser analizados y controlados en permanencia son la calidad organoléptica del agua (color, turbiedad, temperatura), los factores físico-químicos (pH, salinidad, etc...), los factores orgánicos (fenoles, hidrocarburos, detergentes) y microbiológicos (coliformes, bacterias, gérmenes patógenos), así como los elementos tóxicos (arsénico, mercurio, pesticidas, etc...).

En nuestro país, la mayor parte del agua utilizada para consumo humano proviene de aguas superficiales, o sea ríos, lagos y embalses, expuestos a todo tipo de contaminación.

Los tratamientos aplicados a las aguas de consumo humano son básicamente destinados a mejorar sus calidades organolépticas, físico-químicas y microbiológicas.

Al respecto, cabe notar que en Estados Unidos y Europa, el proceso clásico de desinfección del agua por cloro tiende a ser reemplazado por otras técnicas (ozono,





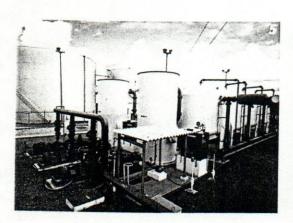
EL AGUA POTABLE

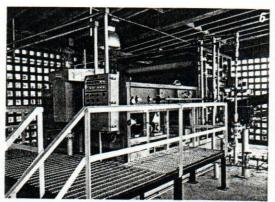
por ejemplo) por haberse comprobado que el cloro origina productos y/o derivados sospechosos de ser cancerígenos.

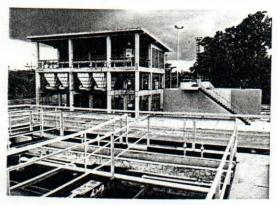
Los sistemas tradicionales para Plantas de grandes comunidades constan de floculadores de paletas de madera, puentes barrelodos rectangulares y filtros de lavado superficial. Los sistemas modernos son más acelerados y permiten menor volumen de obras civiles así como área requerida. Estos pueden incluir sistemas con placas, recirculación de lodos, filtros de lavado continuo, espesamiento y deshidratación de lodos.

Sin embargo, de manera general, todos los sistemas requieren de inyección de productos químicos (cal, sulfato de aluminio, polímero, cloro, etc.).

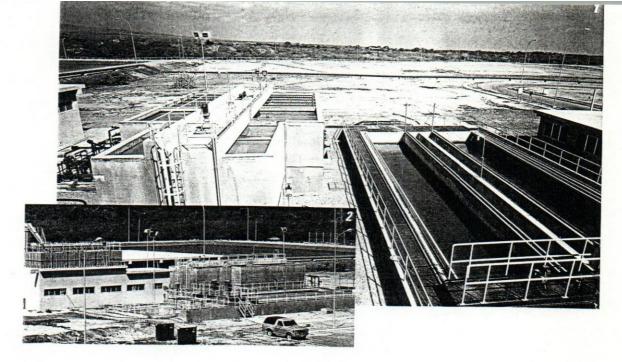
VENEAGUA diseña y fabrica equipos especiales tales como floculadores, puentes barrelodos, espesadores, filtros de bandas prensadoras, filtros metálicos abiertos o presurizados (arena, carbón o antracita) y equipos compactos tipo Accelator, Densadeg, Turbocirculator, Sifones, Filtros ABW.







- 1 Planta INOS de San Cristóbal - 14.400 m3/h.
- 2 Planta INOS de Cocorote en el Edo. Yaracuy 360 m3/h.
- 3 Planta INOS de Picure en el Litoral Central 5.400 m3/h.
- 4 Planta INOS El Rincón en Barcelona 18.000 m3/h.
- 5 Planta CORPOVEN en Anaco 400 m3/h.
- 6/7 Planta CORPOVEN de Río Neverí - Deshidratación de lodos 870 m3/d.



Cada tipo de industria requiere generalmente cantidades de agua muy importantes y produce efluentes contaminantes.

Por lo tanto, en cada industria se debe estudiar una verdadera economía del agua, considerando sus distintos usos, la optimización de la red de distribución, los tratamientos comunes y las recirculaciones factibles.

En la Industria, las funciones elementales más frecuentes son las siguientes :

 Producción de energía por vaporización, en centrales térmicas, que exigen agua de alta calidad.

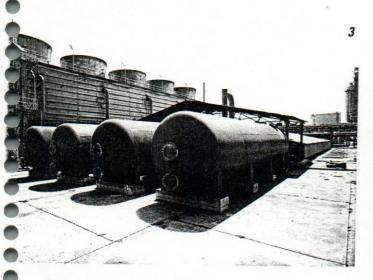
- Producción de calorías para la condensación de vapor, el enfriamiento de fluidos y de máquinas.
 Requiere generalmente caudales importantes de agua de calidad mediana.
- Procesos de fabricación (papeleras, industrias textiles y alimenticias, etc...) para las cuales existen normas estrictas, específicas de cada caso.
- Lavado de productos (industrias agrícolas, tratamiento de superficies, semiconductores), que exigen, según los casos, una calidad de agua potable, una esterilidad absoluta o, incluso, una desmineralización total.
- Lavado de gases, proceso en plena expansión utilizado en la

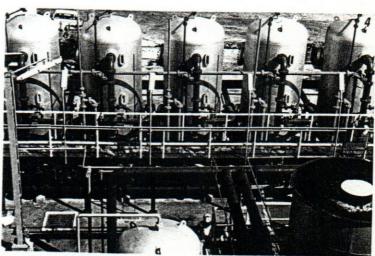
industria metalúrgica y en las industrias químicas.

 Mantenimiento de presión en los yacimientos petrolíferos por inyección de aguas previamente tratadas y acondicionadas contra la corrosión, los lodos y las incrustaciones.

En una industria compleja como, por ejemplo, una Refinería o una Petroquímica, es común encontrar los siguientes sistemas de tratamiento:

- Para servicios generales : Floculación, precipitación, decantación, filtración lenta.
- Torres de enfriamiento : Filtración abierta o presurizada.



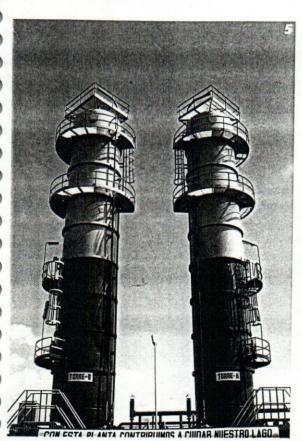


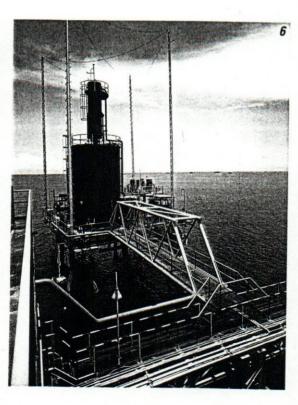
AGUAS INDUSTRIALES



- Calderas de baja presión : Ablandamiento, filtración (arena, carbón o antracita) y suavización.
- Calderas de alta presión: Intercambio iónico, eliminación de C02, desmineralización, pulimento y desaereación.
- Procesos Especiales : Ultrafiltración y ósmosis inversa.

Estos procesos pueden complicarse si se reutilizan efluentes. VENEAGUA ha participado en proyectos donde efluentes aceitosos provenientes de la industria petrolera (agua de formación) se depuran y se vuelven a inyectar al subsuelo y/o en otros proyectos donde efluentes aceitosos y con gran contenido de sales disueltas se usan para alimentación de calderas.





1/2 - PEQUIVEN

Complejo Petroquímico de
Oriente. Floculación,
decantación y filtración.
2.160 m3/h.

- 3 PEQUIVEN Morón. Filtración derivada de agua de enfriamiento. 1000 m3/h.
- 4 MARAVEN Refinería de Cardón. Desmineralización y desoxigenación. 480 m3/h.
- 5 MARAVEN
 Punta de Palmas Desaereación de agua de
 reinyección. 280.000 BPD.
- 6 MARAVEN Plataforma de inyección. Filtración y desgasificación. 20.000 BPD.



Con raras excepciones, la mayor parte de las industrias producen efluentes líquidos altamente contaminantes, los cuales deben ser tratados antes de ser devueltos a la naturaleza, o recirculados en la misma industria.

Además, cada tipo de industria constituye un caso específico que debe ser estudiado exhaustivamente, considerando el tipo y grado de contaminación, así como las normas de vertido y la disposición o uso final del agua tratada producida.

Básicamente, se distinguen los siguientes sectores industriales :

 Las Industrias Agro-Alimenticias que producen efluentes que requieren un tratamiento similar al tratamiento aplicado a los efluentes domésticos.

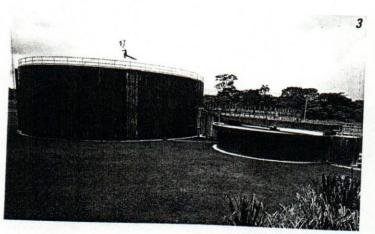
- Las Industrias de Producción de Papel cuyos efluentes son generalmente biodegradables.
- Las Industrias Automotrices que producen contaminantes a base de metales y minerales disueltos, que requieren tratamiento químico y también elementos orgánicos disueltos o en emulsión.
- Las Refinerías e Industrias Petroquímicas cuyos efluentes contienen un alto porcentaje de hidrocarburos que se pueden eliminar por medios físicos y químicos, junto con otros contaminantes que pueden ser tratados por vía biológica o por absorción.
- Las Industrias Metalúrgicas que producen efluentes con alto contenido de materias en suspensión así como de minerales

disueltos.

• Las Industrias Textiles, Farmacéuticas y Químicas cuyos efluentes contienen a la vez materias minerales y orgánicas; en este campo, las técnicas evolucionan rápidamente y el tratamiento debe ser adaptado a cada caso particular.

Igualmente, las técnicas de tratamiento conocidas permiten producir agua que no solamente cumpla con las normas de vertido, sino que, también, pueda ser utilizada como agua de proceso industrial.

VENEAGUA dispone de una experiencia apreciable (Ingeniería y realizaciones) en varios campos industriales, como por ejemplo, la Industria Siderúrgica



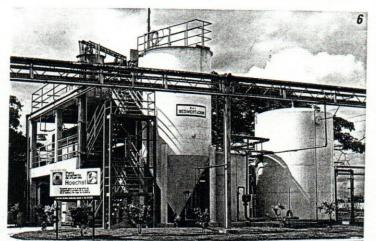


EFLUENTES INDUSTRIALES

1

(Sidetur), Agro-alimenticia (Matadero Centro-Occidental), Licorera (Licorerías Unidas, Pampero), Metalúrgica (Rualca, Covenal), Textil (Alfombras Inca), Química (Petrolite, Hoechst Remedia, Venterminales), pero principalmente en la Petroquímica (Sodas Gastadas, Olefinas, PVC/MVC, Parcelamiento Industrial Cardón) y en la Petrolera (Refinerías de Amuay, Cardón y Puerto La Cruz, Crudos Pesados de la Faja del Orinoco, Crudos de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo, Patios de Tanques de Crudo y Productos, etc...).









1/2 - PEQUIVEN
El Tablazo - Tratamiento
físico-químico de
efluentes de PVC/MVC.

- 3 Licorerías Unidas -Digestión anaeróbica de vinazas.
- 4 Petrolite Tratamiento físico-químico y biológico.
- 5 Matadero Centro-Occidental - Tratamiento físico y biológico.
- 6 Química Hoechst Remedia - Tratamiento físico-químico.

7/8 - CORPOVEN Refinería de Puerto La Cruz - Tratamiento físicoquímico y biológico.



EFLUENTES REFINERIA DE AMUAY

En la Refinería Amuay de Lagoven se diseñaron los Sistemas de Tratamiento de Efluentes con el fin de descargar a la bahía, bajo las nuevas regulaciones del Ministerio del Ambiente.

Tomando en cuenta que esta Refinería es una de las más grandes del mundo y de gran

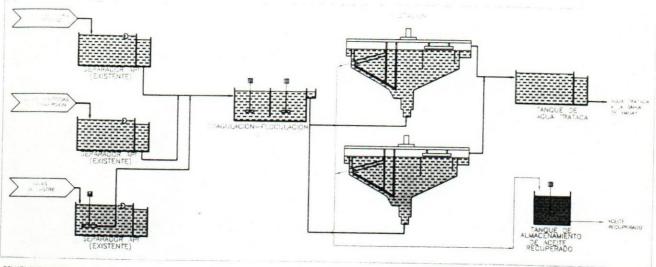
complejidad, debido a las unidades de conversión profunda que posee, se previeron dos sistemas generales de efluentes. Uno para las aguas aceitosas (Planta TSAY) y otro para los efluentes agrios y de proceso (Planta TRAY). La Planta TSAY trata las aguas contaminadas con hidrocarburos las cuales provienen de los Separadores API de la Refinería, mediante un proceso de Flotación por Aire Disuelto (DAF) previa Coagulación-Floculación. El aceite separado es reprocesado en las unidades de destilación.

La Planta TRAY trata los efluentes de todas las unidades de la Refinería, plantas de destilación atmosférica y al vacío, despojadoras, flexicoquer, flexigas, etc. El proceso seleccionado es físico-

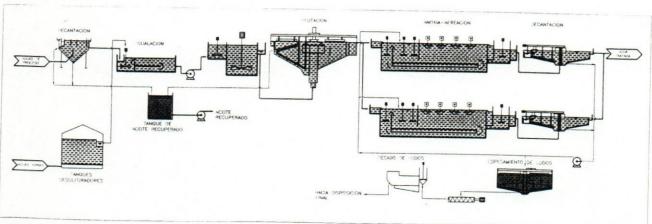
químico (desulfuración, decantación, coagulación, flotación) y biológico (anoxia-aereación, decantación y tratamiento de lodos, incluyendo espesamiento y secado). Estos efluentes,

además de cumplir con las Normas Ambientales, pueden ser reutilizados directamente en algunos servicios de la Refinería y, con tratamiento adicional, en calderas de alta presión.

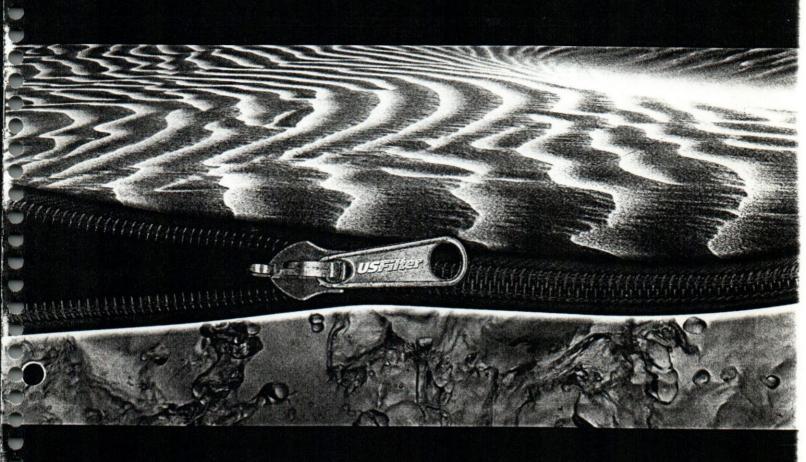
DIAGRAMAS DE PROCESO



EFLUENTES ACEITOSOS



EFLUENTES AGRIOS DE PROCESO



USFILLE

LIQUID/SOLID SEPARATION SYSTEMS USFilter's Davis Products has been a leader in liquid/solid separation for more than three decades and has provided the full spectrum of clarification technology for literally thousands of systems in both the municipal and industrial sectors.

Today, we provide

practical, cost-effective

solid separation

analytic evaluation



approach to liquid/
and can provide the

necessary to establish

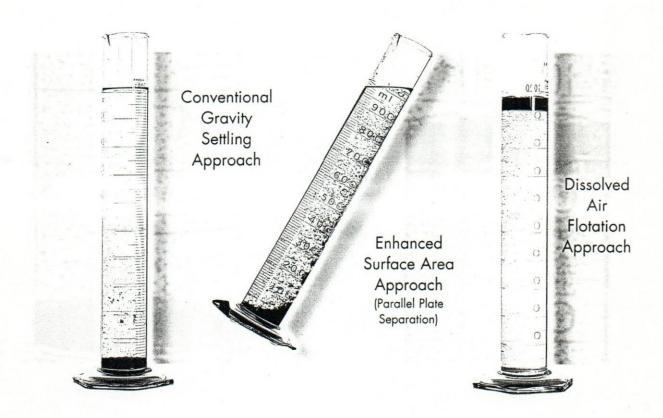
your specific separation equipment requirements. Simply,

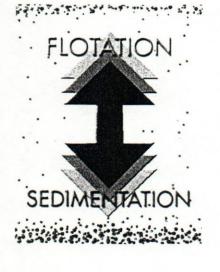
Davis Products' experience and know-how can save most

installations a significant amount of time and money—as

well as frustration. Davis Products provides design, pilot

testing, and field installation as well as on-site training.

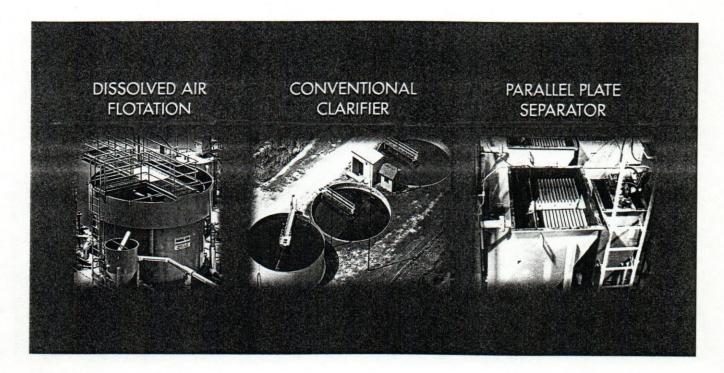




Conventional gravity settling is based on the tendency of heavier particles to settle in a quiescent liquid medium. This approach is typically referred to as conventional clarifiers. Parallel plate separators—or lamella type separators as they are sometimes called—are based on the principal that it is the settling rate of a particle—not the depth—which determines the size of the settling device. By utilizing evenly spaced plates as settling surfaces, it is possible to place large settling volumes in a relatively small area. Dissolved air flotation is a process by which the density of the suspended solids is reduced to less than that of the liquid medium, thus causing the solids to float to the surface.

The process of clarification is a series of operations designed to remove suspended solids and their associated pollutants and contaminants from a water or wastewater stream. These separations are typically based on the differences in specific gravity between the suspended particles and the water or wastewater being treated. They consist of gravity sedimentation (or settling) and flotation, depending on whether the solids settle to

the bottom or are induced to float to the top of a quiescent liquid medium. Currently, there are a wide variety of technologies available to achieve each type of separation. For this reason, the expertise and experience of USFilter's Davis Products is critical for the selection, manufacture, and installation of the optimum clarification equipment for each individual application.



USFilter's Davis Products is an industry leader in liquid/solid separation technologies and can provide specific recommendations for individual applications. The following generalized chart is provided as a "rule-of-thumb" tool to aid in the discussion and review of liquid/solid separation issues.

WHEN TO USE WHAT

	Process Selection Guide			
INFLUENT CHARACTERISTICS	DAF	CLARIFIER	SOUDS CONTACT CLARIFIER	PARALLEL PLATE SEPARATOR
SURFACE WATERS: Silt and turbidity removal, color removal with chemical pretreatment.	1	1	2	1
INORGANIC SOLIDS REMOVAL: Non scaling materials (Hydroxide precipitates).	1	1	2	1
INORGANIC SOLIDS REMOVAL: Scaling, post- precipitation, positive Langlier Indexes.	2	2	1	3
FATS, OILS, AND GREASE REMOVAL: Free oils or emulsified with chemical pretreatment.	1	3	3	3
ALGAE REMOVAL	1	2	3	3
HIGH BOD INFLUENT: Biologically active.	1	2	3	3
BIOSOLIDS: May require chemical pretreatment.	1	1	3	3
VARIABLE SUSPENDED SOLIDS INFLUENT LOADING: Poor or difficult to control chemical pretreatment.	1	2	2	3
1 = Excellent	2 - Fair	3 - Poor		

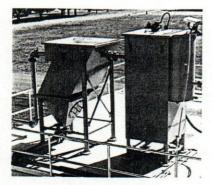


BENCH TOP SIMULATOR

TEST OPTIONS

SMALL PILOT PLANTS

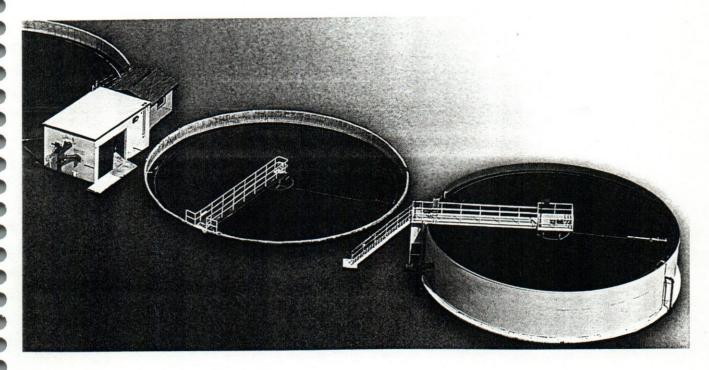
USE ACTUAL FLOW



Parallel Plate Separator Pilot Plants allow testing with actual processing streams.

Davis Products developed the Bench Top Simulator (BTS) to provide a means for testing all three liquid/solid separation devices on actual representative samples. This testing provides the unique opportunity to simulate processing conditions, pretreatment chemistry, and develop design parameters specific to each wastewater treatment application. These parameters are unique to each application. This testing also provides an opportunity to obtain samples of the anticipated effluent as well as the type and quality of sludge that would be generated by the respective process.

Davis Products also has small Parallel Plate Separator Pilot Plants available which can be utilized on actual processing streams to determine hydraulic loading rates and anticipated performance criteria. These units contain sixteen square feet of effective settling area and are typically used with flow rates of two to sixteen gallons per minute. They are complete with Rapid Mix and Flocculation chambers to allow various pretreatment chemical regimes to be tested to determine their impact on the resulting rates and hydraulic design parameters.



PRIMARY CLARIFIERS

CLARIFIERS FOR

SECONDARY TREATMENT

THICKENER CLARIFIERS



Davis Products manufactures mechanical gravity clarifiers that are efficient, compact, and designed to truly minimize installed cost.

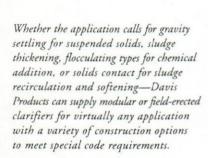
Applications include primary settling for heavy solids, secondary settling for suspended and biological solids, flocculating clarifiers for chemical additions, solids contact clarifiers for sludge recirculation and softening, and thickeners for solids concentration, as well as a selection of other specialized clarifying arrangements.

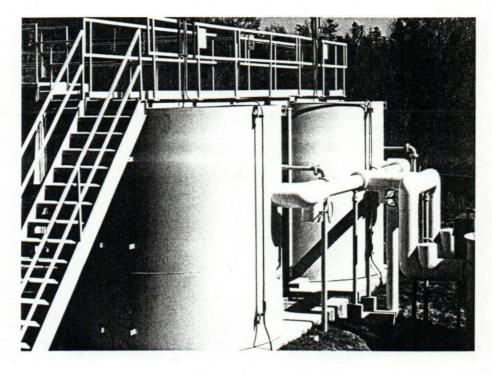
Specific configurations include:

■ Conventional Center Feed Clarifiers utilize an inlet pipe, which feeds a central stilling well to dissipate the influent velocity and create a hydraulic flow pattern directed radially outward. These clarifiers are

provided with a rotating mechanical scraper for settled sludge removal.

- Solids Contact Clarifiers are utilized when the overall process efficiency is enhanced by intimate contact of the pretreated influent with sludge generated in the process and where post-precipitation is likely. Lime softening is one such common application.
- Peripheral Feed Clarifiers are often used for secondary clarification in biological treatment systems. These clarifiers offer enhanced solids separation and removal.
- Flocculating Clarifiers incorporate flocculation zones integral to the clarifier basin. They are utilized where the floc formed is delicate, and can not be readily transferred from conventional flocculators to the clarifier basin without breaking up the floc.



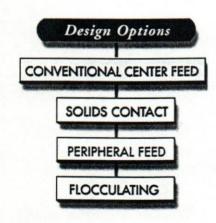


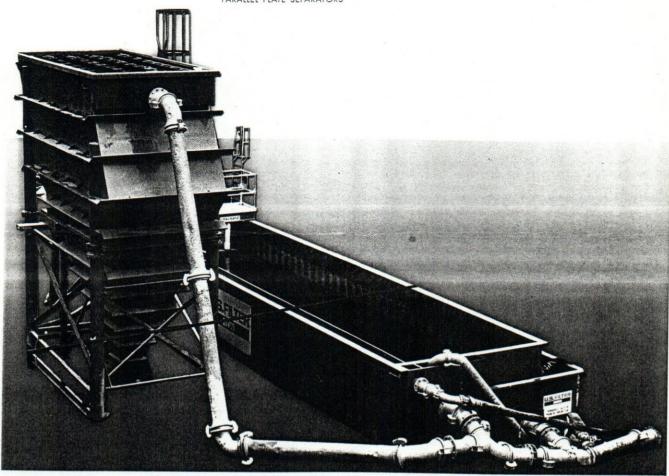
Davis Products' modular clarifiers are available in diameters from eight to thirty-two feet. Clarifiers under twelve feet in diameter are shipped to the job-site as a single piece. Installation for these consists of running the electrical supply to the control panel, attaching the inlet, effluent and sludge piping, and then filling. The clarifier is complete and ready to run.

For clarifiers greater than twelve feet in diameter, components are shipped in two or three sections, dependent on size and shipping restrictions. Minimal site work is required and only consists of welding two or three seams to seal the sections, installation of sloped grout bottom, minimal touch up painting, and the electrical and piping connections.

DAVCO™ field-erected clarifiers from USFilter offer optimum flexibility relative to size, flow rates, design options and site requirements. These plants may also be partially or fully buried offering earth as insulation in cold climates or reducing their visible profile where aesthetics are a concern. These clarifiers are partially preassembled in the factory with field erection consisting of welding the components together and cleaning and coating the entire system.

USFilter's installation team is the industry's most experienced, relative to field-erected treatment plant assembly methods, quick start-up procedures and provide sole-source responsibility.





ENHANCED SURFACE

AREA SETTLING

Products' Parallel Separators provide a large settling area for suspended solids in considerably less space than do conventional gravity circular clarifiers. Systems range in capacity from 15 gpm to several mgd, using multiple units. Hydraulic loading rates used in design of the parallel plate separator are similar to those used for conventional clarification. Performance is equal to or better than conventional clarification and provides distinct parallel plate advantages. Units utilize minimal floor space, provide for low maintenance, installation and capital costs.

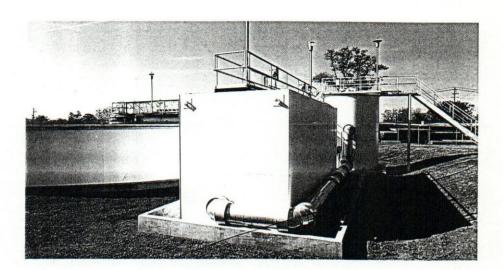
The parallel plate separator consists of an epoxy coated carbon steel vessel, FRP parallel plates, inlet, outlet, and sludge nozzles, sludge collection hopper, influent feed and distribution zone, effluent launder, and an access manhole in the sludge hopper. Plates are inclined at a 60-degree angle to enhance rapid settling. Typical hydraulic loading rates vary from 0.25 gpm per square foot effective area for light hydroxide type precipitates to 0.5 gpm per square foot effective area for surface water clarification.

There are many optional accessories and features for parallel plate separators. Flash mixing and flocculation basins are available for systems requiring the use of coagulants and/or flocculants. Variable speed flocculator drives are standard on the flocculation basins. Chemical pretreatment systems, sludge pumping systems, stainless steel construction of wetted parts, tank covers, and special coatings are also available.





Parallel plate technology requires far less space than conventional gravity clarification systems.



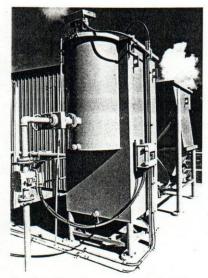
Incorporating the physical chemical processes of coagulation and flocculation can significantly enhance the performance and efficiency of most liquid/solid separation processes. The Rapid Mix and Flocculation units from USFilter's Davis Products are designed as stand alone units independent of the liquid/solid separation unit utilized. This allows for greater flexibility in selecting the proper detention times necessary for each particular application, and minimizes chemical consumption cost.

Many process streams contain significant quantities of colloidal solids. Colloidal solids can be defined as small solids that do not settle naturally. They are kept in solution by their electrostatic repulsive forces. Coagulant chemicals are often used to negate these forces and agglomerate the solids. Flocculating long chain polymers can then be used to gather the agglomerated solids together so that they can be removed more readily.

The quantities of chemicals and reaction times required for coagulation and flocculation are specific to each application. Generally speaking, however, coagulation is a much more rapid reaction and requires the rapid dispersion of the

coagulating chemical. A rapid mix tank with a high speed mixer is generally used for this addition. Typically, rapid mix reaction times of one minute are recommended.

Flocculation is a much slower chemical reaction and the floc formed is much more delicate. Mixing with high-shear impellers will break up the floc which seldom re-forms to their optimum size for removal. Typical flocculation detention times of ten minutes are generally recommended with mixing accomplished with specially designed low-shear impellers driven by a variable speed controller. This allows adjustment of the mixing energy for optimum floc formation.



Parallel Plate Separator with Rapid Mix and Flocculation



Davis Products' Dissolved Air Flotation (DAF) system separates and removes suspended and colloidal solids, as well as fats, oils, and grease from liquid. It is designed to meet the needs of a wide variety of industrial markets including food processing, refining, metals, mining, pulp and paper, chemicals, tanning, and others. The DAF system is also used in municipal applications as a sludge thickener.

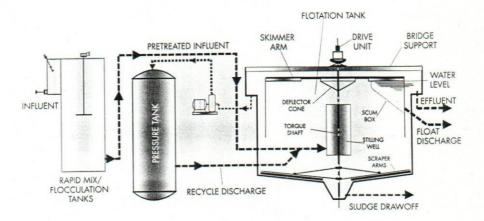
Davis Products' circular DAF units are available as packaged, modular, or field-erected systems. Packaged and modular units are available from eight feet to twenty feet in diameter. Packaged units are prefabricated in the shop and shipped to the customer. Modular units are prefabricated but are shipped to the job-site in two or three sections to minimize field installation costs. Field-erected units are partially assembled and then erected and painted at the job-site. Internal components are also available for concrete flotation basins.

Davis Products' standard DAF systems

are fabricated of A-36 steel with wetted surfaces coated with coal tar epoxy. Stainless steel construction is available. The ASME code designed recycle pressurization tank operates under both air and water pressure providing true dissolved air. Davis Products offers field installation of the components and systems, providing the end-user with true single source responsibility. Start-up and operator training are provided by USFilter technical service representatives who train personnel on the safe, efficient, and cost-effective operation and maintenance of the equipment.



Packaged and modular units are available.



Flotation unit include a recycle/pressurization system, a NEMA 3R control panel, interconnecting piping and valves. This system contains several features and additional benefits. The collector assembly in the flotation unit serves a dual purpose as a bottom sludge scraper and a surface skimmer. The collector assembly does not utilize difficult to maintain underwater bearings. Instead, it is suspended from a top mounted flange block bearing. The collector mechanism drive is coupled directly to a variable speed motor with protection against overload. The recycle/pressurization unit contains a pressure tank that provides optimum saturation of air into the recycle water, a recycle pump, and an air injection system. Finally, the specially designed pressure control valve releases the pressure immediately prior to discharge into the mixing well, preventing the premature release of dissolved air. Fine bubbles are released in the mixing well to attach to solid

particles for flotation.

The principal parts of a Dissolved Air

All working components requiring periodic maintenance, such as bearings, drives, etc., are located above water or outside the vessel for ease of maintenance.

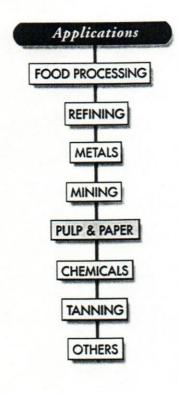
Several functional options for the DAF include:

Rapid Mix: When chemical dosing is necessary for solids coagulation, a high speed mixer and tank can be supplied.

Flocculator: To insure proper flocculation time following the rapid mix cycle, a flocculation tank with a variable speed flocculator can be provided.

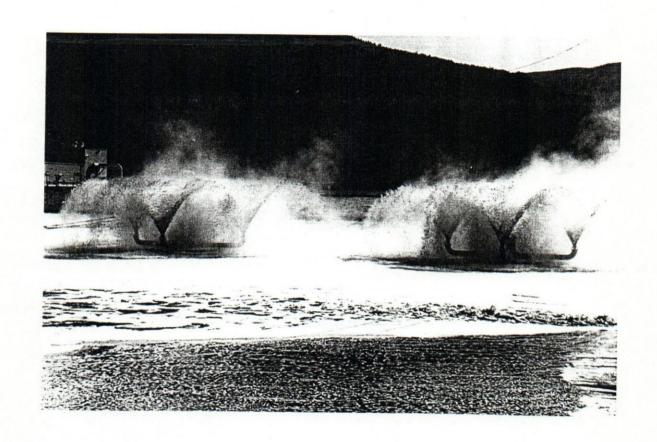
Chemical Feed System: Single or multiple chemical feed systems may be required for the conditioning of an industrial waste liquid or for sludge thickening. Chemical feed systems can be supplied based on the design requirements of the project.

Float Holding Tank: The float holding tank can be used for float handling or float conditioning prior to discharge.





AERATORS INC.



AQUA-LATOR® FLOATING SPRAY COOLERS

AQUA-LATOR SPRAY COOLER

OPTIMIZED DESIGN FOR PEAK HEAT TRANSFER EFFICIENCY WITH LOW POWER CONSUMPTION AND DRIFT LOSS.

WHEN COOLING IS REQUIRED...

Wastewater may require cooling to achieve the ost favorable biological activity. Process water may need cooling to reach permitted discharge levels or when it is recycled and put back to work to cool intake process water.

...SELECT THE AQUA-LATOR SPRAY COOLER AS AN ALTERNATIVE OR SUPPLEMENT TO COOLING PONDS OR COOLING TOWERS.

<u>Cooling Ponds</u> can require as much as 20 times the land space as ponds equipped with spray coolers.

<u>Cooling Towers</u> have a higher initial cost; are more expensive to maintain; and usually require chemicals for the prevention and removal of scaling.

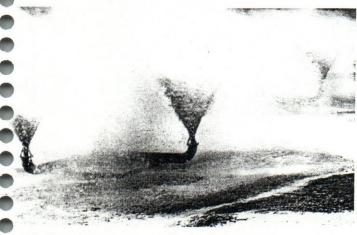
AQUA-LATOR SPRAY COOLER--DESIGNED TO MEET A RANGE OF COOLING NEEDS

Model	Horsepower	# of Nozzles	Model	Horsepower	# of Nozzles
ESC-25-4	25	4	FSC-75-4	75	4
SC-50-4	50	4	FSC-75-12	75	12

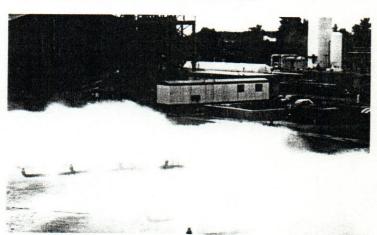
PRODUCT FEATURES

- State of the art clog-free nozzles.
- Totally Enclosed Non Ventilated Water Spray Cooled (TENVWSC) motor with space heaters.
- Vacuum impregnated insulation.
- State of the art axial flow propeller pump.
- Simple installation.
- Simple maintenance.
- Economical alternative to cooling towers and ponds.

TYPICAL SPRAY COOLER INSTALLATIONS



Pulp Mill

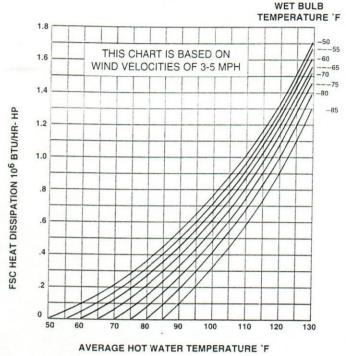


Steel Mill

CALCULATING SPRAY COOLER EQUIPMENT REQUIREMENTS

Flow rates and heat dissipation requirements, and consequently horsepower, vary broadly from one application to another. In addition, land area availability will vary from ponds to canals or to cooling lakes. In some cases, the Spray Coolers will handle the total heat dissipation requirements. In other cases, Spray Coolers can be used as auxiliary cooling equipment, particularly during peak loadings.

Performance Chart Aqua-Lator Spray Cooler (Figure 1)



The Performance Chart was plotted based upon performance of the Model FSC-50-4 (50 horsepower 4-nozzle). The thermal performance of the 4-nozzle configuration is inverse to the horsepower rating. Therefore, in employing the use of a single Performance Chart use selection factors which are designated as θ Factors.

Sample Calculations To Determine Spray Cooler Horsepower Requirements For Heat Dissipation Via Spray Coolers Only

GIVEN:

a. Average Water Flow Rate	=10,000 GPM
b. Inlet Water Temperature (T Inlet)	= 110° F
c. Outlet Water Design Temperature(^T Outlet)	= 90° F
d. Design Air Wet Bulb Temperature	$= 80^{\circ} F$

- 1. DETERMINE Total Heat to be Dissipated in BTU/HR
 BTU/HR = (Avg water flow in GPM) (8.34 lb/gal) (60 min/hr)
 x(^T inlet °F-^T Outlet °F) (1 Btu/lb-°F)
 = (10,000) (8.34) (60) (110-90) (1)
 - $= 100 \times 10^6 BTU/HR$

- 2. CALCULATE Average Hot Water Temperature = (110+90) ÷ 2 =100° F
- 3. ENTER Performance Chart (Figure 1) at 100° F
 Average Hot Water Temperature to intersect 80° F Wet
 Bulb Temperature and read a FSC Heat Dissipation
 Rate of .41x10⁶ BTU/HR-HP
- 4. CALCULATE Spray Cooler Horsepower Requirement per Performance Chart
 =(Heat to be Dissipated via FSC) ÷ (FSC Heat Dissipation Rate)
 =(100x10⁶ BTU/HR) ÷ (.41x10⁶ BTU/HR-HP)
 = 244 Horsepower
- 5. AFTER determining the FSC Horsepower Requirement in Step 4 above, and based upon the fact that the Thermal Performance varies with the FSC Model Design, apply one of the following FSC Model Selection Factors (θ Factor) to adjust the Horsepower to relate to the preferred FSC Model:

 Model
 θ Factor
 Model
 θ Factor

 FSC-25-4.
 .845
 FSC-75-4
 1.281

 FSC-50-4
 1.000
 FSC-75-12
 .845

6. Adjusting the horsepower for the thermal efficiency of each of the SC Models:

Model FSC-25-4 = 206 hp (244x.845) Model FSC-50-4 = 244 hp (244x1.000) Model FSC-75-4 = 313 hp (244x1.281) Model FSC-75-12 = 206 hp (244x.845)

7. Number of Units

Units
$$(25-4) = \frac{206}{25} = 8.24 - 9$$
 $9X25 = 225 \text{ HP}$
Units $(50-4) = \frac{244}{50} = 4.88 - 5$ $5x50 = 250 \text{ HP}$
Units $(75-4) = \frac{313}{75} = 4.17 - 5$ $5x75 = 375 \text{ HP}$
Units $(75-12) = \frac{206}{75} = 2.75 - 3$ $3x75 = 225 \text{ HP}$

The economical choice would probably be either five FSC 50-4 units or three FSC-75-12 units depending upon available land and materials handling equipment. The nine FSC-25-hp units would involve a larger basin and much higher equipment cost. The five FSC-75-4 units would result in a higher capital and operation cost.

NOTE: Aerators Inc. has an experienced staff of professionals to assist you in the determination of your exact Spray Cooler equipment requirements, layout and mooring arrangements.

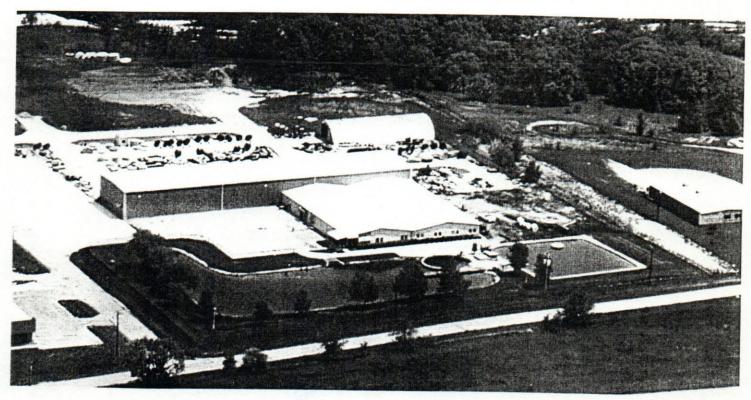
Aqua-Lator products represent our commitment to be a leader in domestic and worldwide markets by employing the best technology, the best materials, and the best people. We realize the immense challenge that awaits us in markets that know no national boundaries, and where success depends on our ability to produce the highest quality products at a competitive price. At Aerators, Inc., we are meeting that challenge.

AQUA-LATOR Aerators

AQUA-LATOR Direct Drive Mixers

AQUA-LATOR Floating Spray Coolers

AQUA-LATOR Fountain Aerators





11765 Main St. Roscoe, IL 61073 Phone: 815/623-2111 Fax: 815/623-6416

Represented by: