

GUITAR

GUIA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO CONVENCIONALES



VLADIMIR ARANA YSA

AVINA



FORO CIUDADES PARA LA VIDA

GUITAR

**GUIA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA SELECCIÓN DE SISTEMAS
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO CONVENCIONALES**

VLADIMIR ARANA YSA

OCTUBRE 2009

PERFIL DEL AUTOR

Vladimir Arana Ysa es Urbanista (Universidad Federico Villarreal, Perú), Arquitecto Paisajista (Oklahoma State University, USA), Master of Science en Ingeniería Ambiental e Infraestructura Sostenible (Royal University of Technology, Suecia) y Ph.D. fellow en Planeamiento Urbano y Regional (McGill University, Montréal, Canada).

Ha sido Asesor Ambiental de CARE, Director Ambiental y Director Nacional de Urbanismo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú y Asesor del Ministerio del Ambiente. Es Presidente de la Sociedad de Urbanistas del Perú y Profesor Universitario.

GUITAR

GUIA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES NO CONVENCIONALES

FORO CIUDADES PARA LA VIDA

© Primera Edición

Enero 2010, Lima - Perú

Coordinación y elaboración de contenidos: Vladimir Arana Ysa

La preparación de este documento contó con la asistencia técnica de Daniel Romero Delgado.

Revisión de textos: Luis Fernando Palomino Villanueva

Foro Ciudades para la Vida

Vargas Machuca 408, Urb. San Antonio, Miraflores, Lima 18, Perú

Teléfonos: (+51-1) 241 1488 – 2425140

Email: foro@ciudad.org.pe

Web: www.ciudad.org.pe

Diseño y diagramación

A-4 Impresores

Teléfonos: 332 3964 / 652 3444 / 652 3445

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| PRESENTACIÓN | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| I ¿CÓMO FUNCIONA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?: ETAPAS DEL PROCESO | 8 |
| 1.1 Pre tratamiento | 8 |
| 1.2 Tratamiento primario | 8 |
| 1.3 Tratamiento biológico o secundario | 8 |
| 1.4 Tratamiento terciario | 9 |
| 2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO | 10 |
| 2.1 ¿Cuales son los distintos sistemas y/o tecnologías de tratamiento de aguas residuales? | 11 |
| 3 SISTEMAS URBANOS O DE MAYOR CAUDAL | 14 |
| 3.1 Lagunas de estabilización | 14 |
| 3.1.1 Tipos de lagunas | 14 |
| 3.1.2 Criterios de diseño de lagunas de estabilización | 15 |
| 3.1.3 Ubicación de la planta | 16 |
| 3.1.4 Mecanización Instrumentación y automatización | 16 |
| 3.1.5 Distribución de la planta e información de diseño | 17 |
| 3.2 Lodos activados | 18 |
| 3.2.1 Elementos básicos de las instalaciones de lodos activados | 19 |
| 3.3 Lagunas aireadas | 20 |
| 4 SISTEMAS EN ESPACIOS PÚBLICOS O DE CAUDAL MEDIO | 21 |
| 4.1 Tanques Imhoff | 21 |
| 4.2 Biofiltros | 22 |
| 4.3 Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente | 24 |

| | |
|---|----|
| 5 SISTEMAS DOMICILIARIOS O DE MENOR CAUDAL | 27 |
| 5.1 Filtro percolador | 27 |
| 5.2 Humedales artificiales | 29 |
| 5.3 Baños ecológicos | 31 |
| 5.3.1 Reciclaje de orina | 35 |
| 6 SISTEMAS ESPECIALES | 38 |
| 6.1 Aguas provenientes de plantas galvánicas y metalúrgicas | 38 |
| 7 APROVECHAMIENTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA | 40 |
| 7.1 Consideraciones especiales para reuso | 40 |
| 8 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE STAR | 42 |
| 8.1 Consideraciones Generales | 42 |
| 8.2 Consideraciones de personal calificado para la OyM..... | 44 |
| 9 INFORMACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA | 44 |
| 9.1 Fichas de tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales | 46 |
| 9.2 Planos y detalles de ingeniería | 57 |
| ANEXOS | |
| Anexo I. Políticas, definiciones e instituciones vinculadas al tratamiento de aguas residuales..... | 68 |
| Anexo II. Complemento Conceptual | 69 |
| Anexo III. Marco Legal..... | 70 |
| Anexo IV. Marco Institucional | 73 |
| Anexo V. Consideraciones sobre costos de las tecnologías | 74 |
| Anexo VI. Operadores de plantas, beneficiarios, caudales de salida y caudal tratado..... | 75 |
| Anexo VII. Tipo de plantas utilizadas en Humedales artificiales | 78 |
| Referencias bibliográficas | 84 |

PRESENTACIÓN

Uno de los mayores retos a los que se enfrentan las autoridades y funcionarios de los gobiernos locales, es cómo mejorar las condiciones y calidad de vida de los ciudadanos y ciudadanas. El acceso a los servicios de agua potable y de desagüe es uno de los puntos críticos en la mayoría de ciudades del país, por lo que se requiere buscar alternativas limpias y ecoeficientes que contribuyan al tratamiento de las aguas residuales y eviten una mayor contaminación ambiental en las ciudades.

Por lo general, las autoridades locales se enfrentan a varios problemas y dilemas con relación a los sistemas de tratamiento de aguas residuales que ya funcionan o que quieren implementar en sus distritos. La escasa información actualizada para elaborar proyectos en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), limita el desarrollo de propuestas técnicas adecuadas; la alta relación costo-beneficio de los proyectos ubicados en zonas periurbanas y rurales con escaso número de habitantes residentes, hace que estos proyectos no se consideren factibles de aprobación ni de inversión. Asimismo, los sistemas de tratamiento de aguas residuales generalmente están diseñados para grandes ciudades y poblaciones, lo que no permite su aplicación y/o viabilidad en pequeño centros poblados. A esto se suma, la dificultad de financiamiento de los costos de operación y mantenimiento de los sistemas que es asumida por lo general por los gobiernos locales, y que ante la imposibilidad de incrementar los gastos fijos, buscan otras figuras para ser finados por el SNIP, como es el equipamiento, reparación o rehabilitación de los sistemas.

En adición, la escasa información y el desconocimiento de las autoridades sobre los sistemas y tecnologías que viene operando para el tratamiento de aguas residuales, limitan la toma de decisiones de mejoras o ampliación de los sistemas; algunos de estos sistemas provienen de gestiones anteriores y no cuentan

con información técnica adecuada (características, ventajas y desventajas).

Finalmente, algunos sistemas de tratamiento a nivel nacional no funcionan adecuadamente por, i) la falta de mantenimiento (limitadas capacidades técnicas del personal para el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas), ii) La dificultad de conseguir repuestos e insumos adecuados, iii) El colapso de los sistemas por sobrecarga en su capacidad de tratamiento, y iv) La presencia de residuos no orgánicos y metales pesados de origen industrial que es dispuesto en los sistemas de alcantarillado y que dañan los sistemas de tratamiento proyectados para efluentes de origen doméstico. Por ello, la presente guía pone a disposición de las autoridades locales la información y criterios técnicos para que la toma de decisiones informada en la selección del tipo de sistema o tecnología se ajuste a las características y demandas (poblacionales, económicas, del entorno) de su localidad. Por ello, agradecemos a la Fundación Avina, cuyo auspicio y financiamiento ha posibilitado la elaboración de esta guía.

Esperamos que esta guía sea de utilidad para la gestión de las autoridades locales, pero también para la labor que realizan líderes comunitarios, técnicos y profesionales en beneficio de las poblaciones de las distintas ciudades del Perú.

Finalmente queremos agradecer a todos los que nos hicieron llegar sus opiniones y aportes a esta Guía, entre ellos los representantes de la Red de Agua Segura, IPES, Fundación SODIS, Municipalidad Provincial del Callao, Ecociudad, la Dirección General de Salud del MINSA, la Municipalidad de Yanacancha y el Centro Labor Pasco.

Liliana Miranda Sara
Directora Ejecutiva
Foro Ciudades para la Vida

INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía para la toma de decisiones, especialmente de líderes comunitarios¹, autoridades y otras personas y profesionales que tienen que tomar decisiones al momento de elegir una alternativa no tradicional de saneamiento, con especial orientación al Perú. Comprende una recopilación actualizada de los aspectos generales relacionados al diseño y construcción de las soluciones más utilizados en el tema de Tratamiento de Aguas Residuales (TAR)², especialmente del área geográfica de Lima y algunas referencias de las más exitosas a nivel Nacional e Internacional.

La exposición de tecnologías en el presente documento ha sido segmentada de acuerdo al caudal de aguas residuales que las mismas son capaces de procesar: tecnologías de menor caudal o domiciliarios, caudal medio o destinadas a espacios públicos y finalmente de gran caudal o urbanos.

Se exponen aspectos a ser considerados en los procesos de toma de decisiones, tanto a escala familiar con el fin de aprovechar las ventajas de implementación con fines de procesamiento de fluidos domiciliarios, así como también consideraciones para

centros urbanos en los cuales existe demanda de un procesamiento a gran escala, pasando por soluciones para pequeñas poblaciones.

Soluciones a escala domiciliaria, son posibles de ser implementadas a través de la presente Guía, mas, aquellas de dimensiones superiores siempre requerirán de la presencia de profesionales especialistas en el tema, sin embargo, para dar una idea de los elementos que forman parte en una planificación detallada se han incluido aspectos cualitativos minuciosos, así como ejemplos de planos de obras existentes en Lima, de infraestructuras de tratamiento de aguas residuales. No deben tomarse estos planos como modelos a construir, pero si dan una idea de que contienen.

Esta GUITAR es aplicable a zonas urbanas y rurales. A escalas micro, meso y macro. Las cuales en este caso están relacionadas al volumen de aguas residuales que se desea tratar, no necesariamente el volumen total producido por la población. En un caso extremo, si el caudal de reúso planificado de agua residual tratada de un pequeño poblado es mayor que aquel planificado para una gran ciudad, el primero deberá diseñar un sistema posiblemente orientado a escala macro, mientras que el segundo lo haría para escalas meso o micro.

Otro indicador a tener en cuenta es la demanda del nivel final de calidad del agua tratada, ya que a pesar de hacerse uso del término “agua tratada destinada a parques y jardines”, es necesario considerar que si los parques y jardines incluyen la presencia de niños y niñas que hacen uso de estos espacios, deberán exigirse niveles máximos aceptables de contaminantes, lo cual incide directamente en el diseño del sistema a ser utilizado.

Esta Guía permite tomar decisiones a escala domiciliaria y de autoridades locales sobre que

1 Para esta guía, la definición de Líder Comunitario, es aquél líder o representante comunitario elegido o designado, o aquel que puede potencialmente liderar, o lidera de facto, alguna iniciativa de desarrollo en la comunidad.

2 Vladimir Arana Ysa es el autor de esta Guía. Es urbanista (Universidad Villarreal, Lima, Perú), con estudios de Arquitectura Paisajista (Oklahoma State University, Oklahoma, USA), Master of Science en Ingeniería Ambiental e Infraestructura Sostenible (Royal University of Technology, Estocolmo, Suecia) y Doctorante en Planeamiento Urbano Regional (Mc Gill University, Montréal Canada). Ha sido asesor ambiental de CARE, Consultor de CONDESAN y el CIP (Centro Internacional de la Papa), Director Ambiental y Director Nacional de Urbanismo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Asesor principal del Ministerio del Ambiente y profesor universitario, entre otros. Para el desarrollo de esta Guía se contó con la asistencia técnica del Ing. Daniel Romero Delgado.

soluciones pueden ser aplicadas, tanto a nivel domiciliario como barrial y urbano.

El volumen de agua residual producida por unidad de tiempo es conocido como caudal y se mide en m^3/sg o lt / sg . Si bien es cierto este caudal puede ser estimado mediante formulas que dependen de la población aproximada a ser atendida,

Las soluciones a escala meso y macro, siempre requerirán de la presencia de profesionales especialistas en el tema, sin embargo, para fines

de planificación detallada se han incluido aspectos cualitativos minuciosos, así como ejemplos de planos de obras existentes en Lima, sobre infraestructuras de tratamiento de aguas residuales y presupuestos ligados a las mismas.

Finalmente, se presenta un resumen de las tecnologías presentadas a través de fichas con los parámetros más relevantes a tomar en cuenta al momento de tomar decisiones para escoger un sistema no tradicional de tratamiento de las aguas residuales o la combinación de estos.

1.

¿CÓMO FUNCIONA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?: ETAPAS DEL PROCESO

Antes de revisar los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales que existen a nivel local, es necesario saber como funcionan estos sistemas. En general los sistemas de tratamiento de aguas residuales tienen varias etapas: a) pre-tratamiento, b) tratamiento primario, c) tratamiento secundario y d) tratamiento terciario, las cuales se describen a continuación:

1.1 PRE TRATAMIENTO

Las aguas residuales son conducidas por la red de alcantarillado hasta la estación depuradora. En este momento comienza el pretratamiento, que consta de varias etapas:

- a. Desbaste.** Retención de los sólidos más gruesos, como troncos, piedras, plásticos, papeles, etc., comúnmente se usan rejas.
- b. Desarenado.** Tiene lugar en un compartimento especial, donde las arenas se depositan en el fondo por la acción de la gravedad.
- c. Desengrase.** Este procedimiento, opuesto al anterior, concentra en la superficie del agua las partículas en suspensión de baja densidad, especialmente aceites y grasas. Un procedimiento habitual consiste en introducir en el agua burbujas de aire, que se fijan en las partículas, haciéndolas flotar.

1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

El objetivo del tratamiento primario es la reducción del contenido de sólidos en suspensión del agua residual. En este proceso podemos distinguir varias operaciones:

a. Decantación propiamente dicha. Las partículas de mayor densidad se depositan en el fondo de los decantadores primarios, por la acción de la gravedad. Para facilitar este proceso se asegura una baja velocidad de circulación del agua. Los fangos depositados en el fondo se evacuan mediante purgas periódicas. La limpieza de espumas y flotantes se realiza mediante recogedores que barren la superficie del agua, como son los brazos radiales.

b. Coagulación y floculación. Las suspensiones coloidales son muy estables, debido a su pequeña dimensión y a la existencia de cargas negativas repartidas a lo largo de la superficie. Para romper la suspensión y provocar la aglomeración de partículas, se realiza la coagulación y la floculación, que permitirá su decantación. La coagulación de las partículas coloidales se consigue a través de la eliminación de sus cargas eléctricas con un coagulante. La floculación agrupa las partículas descargadas por medio de floculantes. Los flóculos resultantes, según su densidad, son extraídos del agua residual por decantación o por flotación.

c. Neutralización. Necesario para corregir la excesiva alcalinidad o acidez del agua, logrado mediante la adición de ácidos o bases. La actividad biológica óptima tiene lugar en un intervalo de pH comprendido entre 5 y 8,5, un pH demasiado alto o demasiado bajo de las aguas residuales puede obstaculizar la acción depuradora de los microorganismos.

1.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO O SECUNDARIO

El agua decantada y homogeneizada en el tratamiento primario pasa a un recinto, donde

será sometida a la acción de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos), que se alimentan de las sustancias orgánicas que quedan disueltas en el agua residual. En este proceso, los compuestos orgánicos complejos son convertidos en compuestos simples, y la demanda de oxígeno disminuye al mismo tiempo que aumenta paulatinamente su concentración.

El desarrollo de este proceso de depuración está influenciado por dos factores principales:

- a. La magnitud de la superficie de contacto entre el agua residual y los microorganismos debe ser lo más extensa posible.
- b. El aporte de oxígeno, con el fin de favorecer el desarrollo de los microorganismos que digieren la materia orgánica.

Independientemente del método utilizado a medida que se desarrolla el tratamiento biológico crece la masa de microorganismos, formando masas de lodos que deberán ser separadas del agua depurada. Para ello, el agua es conducida a otro decantador, esta vez secundario, donde los restos de materia orgánica en suspensión se depositan en el fondo. El agua superficial, más clarificada y depurada, vierte

por el borde exterior del decantador, ésta contiene sólo entre el 5 y el 10% de la materia orgánica con la que entró.

1.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

Finalizada la decantación secundaria, en muchos casos, **el agua residual se considera ya lo suficientemente libre de carga contaminante como para ser vertida a los cauces de los ríos**; no obstante, en algunos casos es conveniente afinar más la depuración, por lo que es sometida a un tratamiento terciario.

En ocasiones, **el agua pasa a una cámara de cloración, donde se eliminan los microorganismos**. El agua que entra en este último proceso no sirve para el consumo humano, pero sí para el riego.

Otras veces es necesario eliminar selectivamente ciertos componentes, como el fósforo, para evitar la eutrofización del cauce donde irán las aguas; esto se consigue mediante la combinación de reactivos químicos y el paso de las aguas a través de filtros de arena, o incluso de carbón activo.





2.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES





2.1 ¿CUÁLES SON LOS DISTINTOS SISTEMAS Y/O TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES?




Existen varios sistemas y tecnologías de tratamiento de aguas residuales, las cuales varían

entre sí dependiendo del tipo de tratamiento que realizan, sus requerimientos, costos de inversión (de acuerdo al número de personas a las que va a servir), sus impactos ambientales, así como los costos de operación y mantenimiento que demande. Todo esto lo podemos ver resumido en el siguiente cuadro:

| | Tecnología | Foto o esquema | Tipo de tratamiento | Requerimientos para aplicación | Consideraciones ambientales a tener en cuenta al elegir la tecnología (*) | Costo aproximado (mínimo y máximo) US\$ / Habitante (**) | Costos de Operación y mantenimiento |
|---|---------------------------|---|--|--|--|--|--|
| 1 | Lagunas de estabilización |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas. | Área mínima: 4ha Distancia mínima a la población: 100m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 50m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 301 1182 | Entre US\$ 15,000 /año a US\$ 40,000 |
| 2 | Lodos activados |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas. | Área mínima: 2 ha Distancia mínima a la población: 100m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 50m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 603 1104 | Desde US\$ 20,000 /año |
| 3 | Lagunas aereadas |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas. | Área mínima: 3 ha Distancia mínima a la población: 100m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 50m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 1005 6546 | Desde US\$ 20,000 año |
| 4 | Tanques Imhoff |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas. | Área mínima: 2 ha Distancia mínima a la población: 100m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 50m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 3347 928 | Entre US\$ 5,200 / año a US\$ 10,000 / año |



| | Tecnología | Foto o esquema | Tipo de tratamiento | Requerimientos para aplicación | Consideraciones ambientales a tener en cuenta al elegir la tecnología (*) | Costo aproximado (mínimo y máximo) US\$ / Habitante (**) | Costos de Operación y mantenimiento |
|---|---|---|--|---|--|--|---------------------------------------|
| 5 | Biofiltro |  | Tratamiento Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas. | Área mínima: 0,3 ha Distancia mínima a la población: 20m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 25m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 169 18210 | Desde US\$ 4,000 / año |
| 6 | Humedales Artificiales |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas | Área mínima: 0,5 ha Distancia mínima a la población: 50m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 30m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 6311 24812 | Entre US\$ 3,600/año a US\$ 8,000/año |
| 7 | Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas | Área mínima: 3 ha Distancia mínima a la población: 100m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 30m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 15013 1714 | Entre US\$ 18,750 a US\$ 20,000 / año |
| 8 | Filtro percolador |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas | Área mínima: 1 ha Distancia mínima a la población: 100m Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 30m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Limpieza de Lodos | 9215 | Desde US\$ 6,000 / año |

| | Tecnología | Foto o esquema | Tipo de tratamiento | Requerimientos para aplicación | Consideraciones ambientales a tener en cuenta al elegir la tecnología (*) | Costo aproximado (mínimo y máximo) US\$ / Habitante (**) | Costos de Operación y mantenimiento |
|-----|-----------------------------------|---|---|--|--|--|-------------------------------------|
| 9 | Baños con tratamiento posterior. |  | Primario, Secundario y Terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas | Área mínima: 50 m ² Distancia mínima a la población: < 5 ml Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 25m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Limpieza de Lodos | 20016 | Desde US\$ 200 /año |
| 10. | Baños Seco (separación en fuente) |  | Se genera compost que puede ser reutilizado | Área mínima: 10 m ² Distancia mínima a la población: Inaplicable Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 25m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores - Control de insectos y roedores - Incremento de vegetación - Limpieza de Lodos | 16217 | Desde US\$ 3,476 / año |
| 11. | Reciclaje de orina |  | Tratamiento primario | Área mínima: Inaplicable Distancia mínima a la población: Inaplicable Distancia mínima a agua superficial o subterránea: 2m | <ul style="list-style-type: none"> - Control de olores | 5018 | No aplicable |

(*) Las consideraciones ambientales son aquellos aspectos a tener en cuenta al elegir cualquier tecnología de tratamiento de aguas residuales, para adoptar medidas complementarias que reduzcan los impactos que se van a generar (ej. para el Control de Olores se pueden instalar pantallas vegetales).

(**) En cada caso, se ha señalado un costo mínimo y máximo (valorizado en US\$ / Habitante) promedio. Para obtener el monto de inversión aproximado total se debe multiplicar la cantidad señalada por el número de habitantes a servir con el sistema.

3.

SISTEMAS URBANOS O DE MAYOR CAUDAL

3.1 LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

La laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Si su largo ancho es mayor de 5, reciben el nombre de *Lagunas alargadas*. De acuerdo a la cantidad de estructuras para embalsar pueden ser denominados primaria, la siguiente secundaria; y así sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias.

3.1.1 TIPOS DE LAGUNAS

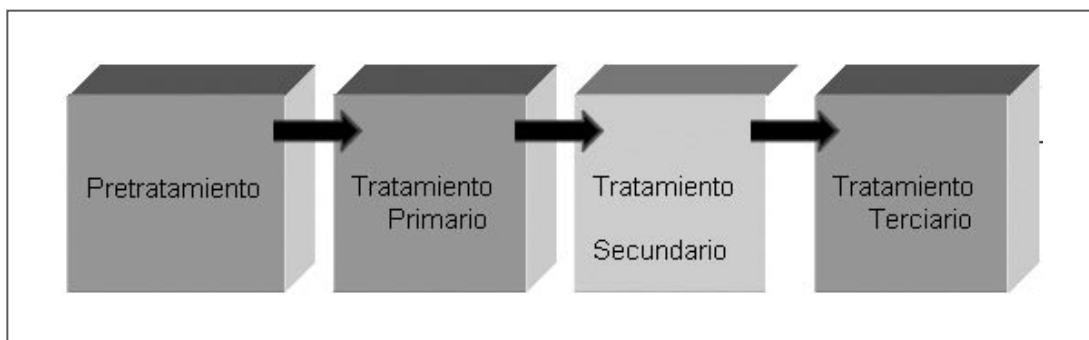
a. Lagunas facultativas.- Las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia y una zona anaerobia, situadas respectivamente en superficie y fondo. Por tanto, en estas lagunas podemos encontrar cualquier tipo de microorganismo, desde anaerobios estrictos en el fango del fondo hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Sin

embargo, los seres vivos más adaptados al medio serán los microorganismos facultativos, que pueden sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto típicas de estas lagunas a lo largo del día y del año. Además de las bacterias y protozoos, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son las principales suministradoras de oxígeno disuelto.

b. Lagunas primarias.- son las que reciben agua residual cruda. La laguna primaria desemboca en la secundaria, de donde la misma cantidad de agua servida que ingresa a la primaria impulsa la salida de agua tratada a la secundaria.

c. Lagunas secundarias.- Son las que reciben el efluente de una laguna primaria. Son laguna de estabilización diseñadas para tratar efluente secundario o agua residual previamente tratada por una laguna primaria (anaerobia - facultativa o aireada - facultativa). Originalmente concebida para reducir la población bacteriana.

FIGURA : ETAPAS GENERALES DEL TRATAMIENTO CON LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN



Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes (por, lo general de varios días).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realiza en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como auto depuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico.

Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Los parámetros mas utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que caracteriza la carga orgánica; y el número mas probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. También tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.

Generalmente, cuando la carga orgánica aplicada a las lagunas es baja (<300 Kg de DBO/ha/día), y la temperatura ambiente varía entre 15 y 30 °C estrato superior de la laguna suelen desarrollarse poblaciones de algas microscópicas (clórelas, euglenas, etc.) que, en presencia de la luz solar, producen grandes cantidades de oxígeno, haciendo que haya una alta concentración de oxígeno disuelto, que en muchos casos llega a valores de sobresaturación.

La parte inferior de estas lagunas suele estar en condiciones anaerobias. Estas lagunas con cargas orgánicas bajas reciben el nombre de facultativas.

Cuando la carga orgánica es muy grande, la DBO excede la producción de oxígeno de las algas (y de la aeración superficial) y la laguna se torna totalmente anaerobia.

3.1.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

a. Es conveniente que las lagunas de estabilización trabajen bajo condiciones definidamente facultativas o definidamente anaeróbicas ya que el oxígeno es un tóxico para las bacterias anaerobias

que realizan el proceso de degradación de la materia orgánica; y la falta de oxígeno hace que desaparezcan las bacterias aerobias que realizan este proceso. Por consiguiente, se recomienda diseñar las lagunas facultativas (a 20 °C) para cargas orgánicas menores de 300 Kg. DBO/ha/día y las lagunas anaerobias para cargas orgánicas mayores de 1000 Kg. de DBO/ha/día.

- b. Cuando la carga orgánica aplicada se encuentra entre los dos límites antes mencionados se pueden presentar problemas con malos olores y la presencia de bacterias formadoras de sulfuros.
- c. El límite de carga para las lagunas facultativas aumenta con la temperatura.
- d. Las lagunas de estabilización con una gran relación largo ancho (Largo/Ancho >5) reciben el nombre de lagunas alargadas. Estas lagunas son muy eficientes en la remoción de carga orgánica y bacterias patógenas, pero deben ser precedidas por dos o más lagunas primarias que retengan los sólidos sedimentables. Estas lagunas primarias evitan tener que sacar de operación a las lagunas alargadas para llevar a cabo la remoción periódica de lodos.
- e. Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias.
- f. Las lagunas que reciben el efluente de una primaria se llaman secundarias; y así sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, quíntenas, etc.
- g. A las lagunas de grado más allá del segundo también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento.
- h. Siempre se deben construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con el objeto de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra. El proceso que se lleva a cabo en las lagunas facultativas es diferente del que ocurre en las lagunas anaerobias. Sin embargo, ambos son útiles y efectivos en la estabilización de la materia orgánica y en la reducción de los organismos patógenos originalmente presentes en las aguas residuales.
- i. La estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo a través de la acción de organismos aerobios cuando hay oxígeno disuelto; éstos últimos aprovechan el oxígeno originalmente presente en las moléculas de la materia orgánica que están degradando.



- j. Existen algunos organismos con capacidad de adaptación a ambos ambientes, los cuales reciben el nombre de facultativos.
- k. La estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales se puede realizar en forma aeróbica o anaeróbica según haya o no la presencia de oxígeno disuelto en el agua.

Una planta de tratamiento de aguas residuales influye en la administración de la calidad de todo el sistema hidrológico en la que se ubica. Este impacto debe tomarse en cuenta en el proceso de planeamiento en todos los niveles: hidrológico, sanitario, legal y político.

Dentro de los confines específicos de los sistemas de aguas residuales que se vayan a diseñar, se deberán determinar en relación óptima, la posición, la naturaleza y el tamaño de las plantas de tratamiento respecto a:

- a) La fuente y calidad del agua que se va a tratar
- b) El origen y la composición de las aguas residuales producidas
- c) La naturaleza de las aguas receptoras en las que se van a dispersar las aguas residuales
- d) La configuración y topografía de la comunidad y zonas circundantes
- e) El crecimiento poblacional e industrial esperado

3.1.3 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La topografía, las cimentaciones y los riesgos físicos son los determinantes clave de la ubicación en la infraestructura de las plantas. Los costos de aquellas que operan con mucha pérdida de carga son posibles de aminorar si se ubican en laderas de cotas altas.

Las condiciones de la cimentación son importantes tanto durante la construcción de la planta como después de ella. Los sitios húmedos se deben deshidratar mientras se efectúa la construcción y las estructuras terminadas pueden requerir lastre para contrarrestar el levantamiento hidrostático. Cuando las cimentaciones son pobres, las estructuras se deben colocar sobre pilotes o placas de revestimiento. Los sitios rocosos se pueden aprovechar solo a costa de presupuestos elevados.

Las inundaciones son un peligro común que comparten las plantas de tratamiento de aguas residuales. Frecuentemente las fuentes se encuentran

próximas y pueden, en ocasiones, conducir flujos de inundación de magnitudes considerables. Entre las distintas formas de proteger las plantas vulnerables se encuentran:

- a) Construcción por encima del nivel máximo de las aguas
- b) Circunscripción por medio de diques
- c) Construcción de estructuras herméticas para sótanos
- d) Ubicación de equipos sobre nivel de inundación

3.1.4 MECANIZACIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN

La mecanización reemplaza a las operaciones manuales y frecuentemente sustituye funciones que no se pueden desempeñar a mano.

La instrumentación ayuda a guiar y registrar los flujos y comportamientos de la planta. Los instrumentos mecanizados registran las condiciones observadas en forma continua o a intervalos específicos de tiempo u horas del día.

La automatización combina la instrumentación y la mecanización para efectuar controles específicos. Son ejemplos comunes los controles ejercidos en respuesta a las señales proveniente de los flotadores, electrodos, diafragmas y barboteadores, así como los otros sensores electrónicos mas complicados.

La mecanización, instrumentación y automatización son más económicas y más generales conforme las urbes atendidas son de mayor población. La economía de escala es mas pronunciada cuando los encargados, en vez de atender las maquinas individuales, operan y reparan los dispositivos que eliminan tales deberes rutinarios.

La información registrada se emplea para operar las plantas y en planear las ampliaciones y mejoramientos. Por lo general, en las plantas de tratamiento de aguas residuales, se registran los flujos entrante y saliente; los niveles de agua las operaciones de las bombas, sopladores de aire y motores de gas; los flujos y pesos de los lodos; los flujos y presiones del gas; las temperaturas de las aguas residuales, los lodos y los productos de los lodos; y las pruebas químicas y biológicas, incluyendo las de DBO y en poca frecuencias se hacen pruebas de azul de metileno en sus sitios específicos.

Se pueden instalar tableros gráficos centrales para exponer a la vista las operaciones y las condiciones de operación. En circunstancias apropiadas estos tableros se pueden convertir en mesas consola de operación. A continuación, la telemetría reporta la información y proporciona instrucciones al equipo automatizado. El muestreo centralizado es útil, pero las líneas necesarias se deben purgar antes de muestrear y mantenerse libres de limos y depósitos. No se debe permitir que afecten la calidad de la muestra que se transmite.

3.1.5 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA E INFORMACIÓN DE DISEÑO

La distribución es una base útil en los análisis de las actividades de los operadores de la planta. Entre otras cosas, ellos identifican las arterias de comunicación óptima: caminos, pasadizos, escaleras, túneles, elevadores, grúas, conductores y troles.

Las distribuciones unitarias comprenden el tratamiento en unidades auto contenidas. Produciéndose ahorros en los siguientes casos:

- a) Diseñando los muros para que sirvan en común a las unidades adyacentes
- b) Por reducción de las válvulas y las tuberías a un mínimo

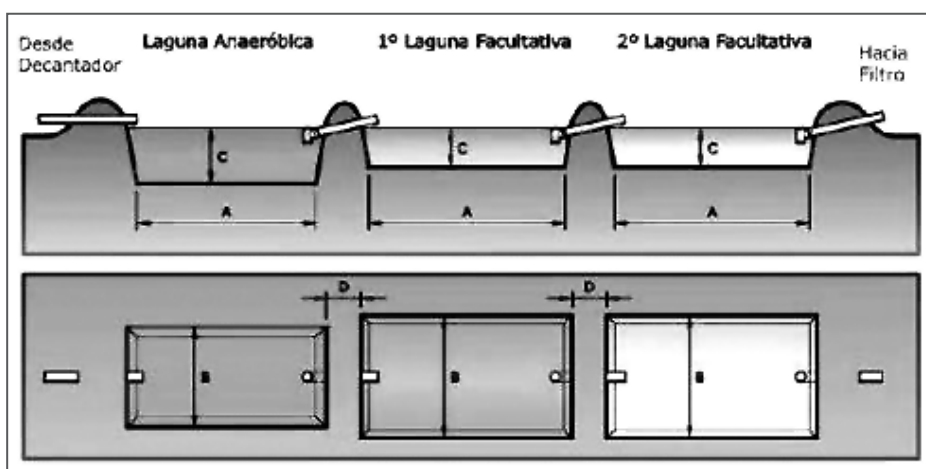
- c) Por conservación del espacio y eliminación de los pasos innecesarios

Las instalaciones eléctricas requieren generalmente el trazado de planos que muestren las unidades principales, la carga total para alumbrado y fuerza, la demanda máxima estimada y el tamaño del motor más grande. Es suficiente una sola fuente de alimentación, excepto cuando aun una breve interrupción de corriente puede tener consecuencias serias (sistemas de misión crítica). En estos casos se puede introducir alimentadores de reserva con transferencia manual o automática de la carga o generadores de emergencia. Se puede recurrir a servicios primarios de energía (alto voltaje) en las plantas grandes donde se encuentren operando motores de mas de 200 hp. En los planos deben incluirse los transformadores y subestaciones.

El alumbrado general normalmente es alumbrado directo mediante dispositivos elevados. Generalmente se instala alumbrado indirecto en las oficinas y laboratorios. En las salas de servicio de los digestores y similares, los riesgos por efecto del gas requieren accesorios a prueba de explosiones y posiblemente también para el control de la humedad debido a que generalmente estos dispositivos no son a prueba de vapor.

Los caminos, pasadizos, entradas a edificaciones, escaleras deberán encontrarse bien alumbrados.

FIGURA . MODELO DE LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN CON UNA LAGUNA ANAERÓBICA Y DOS FACULTATIVAS.



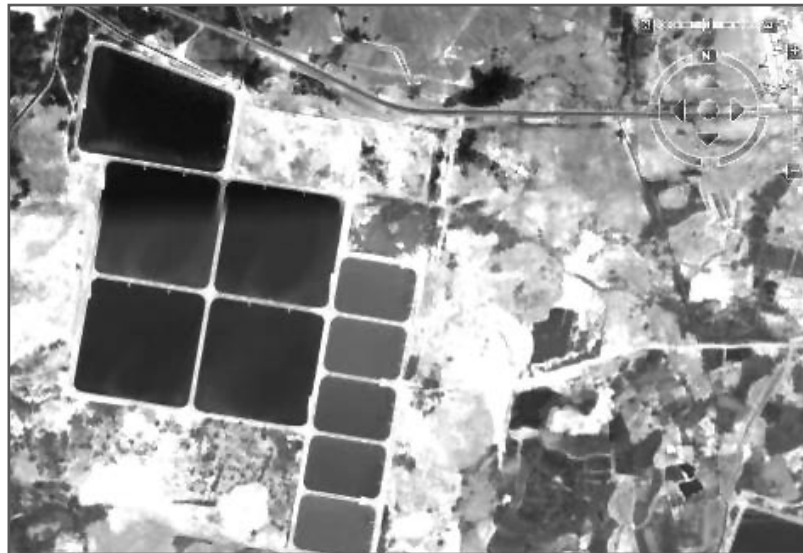
Fuente: <http://www.inta.gov.ar>. Consultado el 4 Nov 2009.



FIGURA . VISTA DE UNA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN.



FIGURA . VISTA AÉREA DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE CHICLAYO, USANDO EL GOOGLE EARTH. CONSULTADO EL 4 NOV 2009.



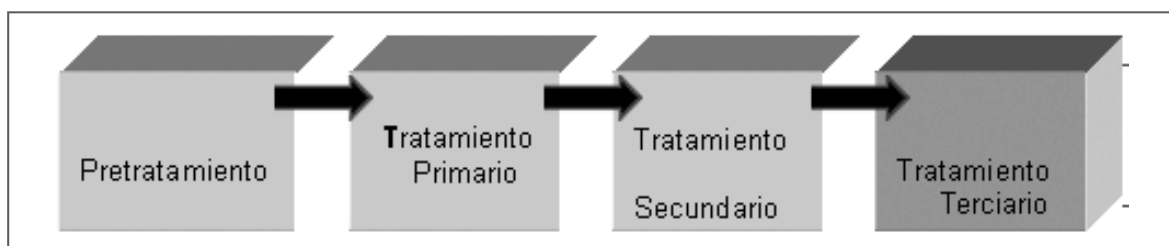
Fuente: <http://www.enziclean.com>. Consultado el 4 Nov 2009.

3.2 LODOS ACTIVADOS

Los lodos activados es un tratamiento biológico en el cual se agita y aérea una mezcla de agua de desecho y un lodo de microorganismos, y de la cual los sólidos se remueven y recirculan posteriormente al proceso de aireación, según se requiera. Así, el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aerados en un tanque denominado

aerador, los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al tanque aerador o de aeración. El pase de burbujas de aire a través de las aguas de desecho coagula los coloides y la grasa, satisface parte de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y reduce un poco el nitrógeno amoniacal.

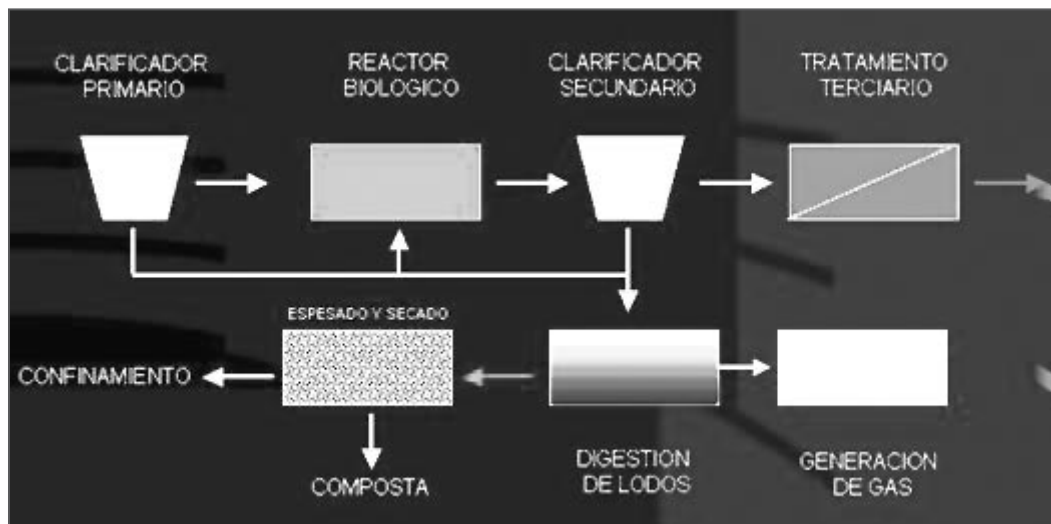
FIGURA . ETAPAS GENERALES EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES A TRAVÉS DE LODOS ACTIVADOS



En el proceso de lodos activados los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual de manera que ésta les sirve de alimento para su producción. Es importante indicar que la mezcla

o agitación se efectúa por medios mecánicos (aeradores superficiales, sopladores, etc.) los cuales tiene doble función 1) producir mezcla completa y 2) agregar oxígeno al medio para que el proceso se desarrolle.

FIGURA . ESQUEMA DISEÑO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS Y LAGUNAS AIREADAS



Fuente: www.tratamientointegral.com.mx/ (Consultado el 12 Enero 2009)

FIGURA : MODELO DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS



Fuente: <http://www.wtechtransfer.com/images/clarificadores%2520secundarios.jpg> (Consultado el 22 Enero 2009)

3.2.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE LAS INSTALACIONES DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS:

- Tanque de aireación.- Estructura donde las aguas residuales y los microorganismos (incluyendo retorno de los lodos activados) son mezclados. Se produce reacción biológica.
- Tanque Sedimentador.- El desagüe mezclado procedente del tanque aireador es sedimentado separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.
- Equipo de Aireación.- Inyección de oxígeno para activar las bacterias heterotróficas.

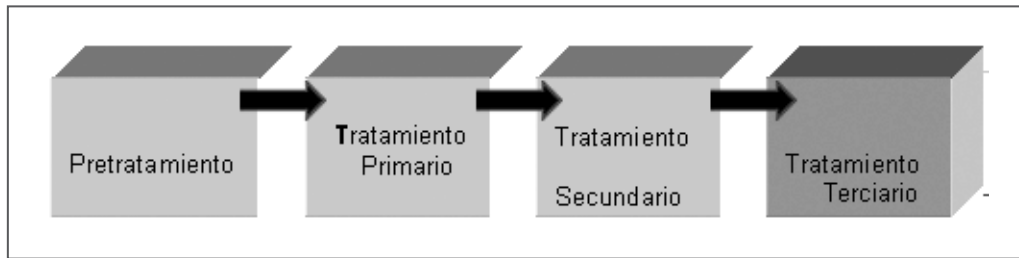


d. Sistema de Retorno de lodos.- El propósito de este sistema es la de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aireación. Una gran parte de sólidos biológicos sedimentables en el tanque sedimentador son retornados al tanque de aireación.

e. Exceso de lodos y su sedimentación.- El exceso de lodo, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aireación, es eliminado, tratado y dispuesto.

3.3 LAGUNAS AEREADAS

FIGURA : ETAPAS GENERALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE LAGUNAS AEREADAS



Estanque natural o artificial de tratamiento de aguas residuales en el cual se suple el abastecimiento de oxígeno por *aireación mecánica* o *difusión de aire comprimido*. Es una simplificación del proceso de lodos activados y según sus características, se distinguen cuatro tipos de lagunas aireadas: a) Laguna aireada de *mezcla completa*; b) Laguna aireada *facultativa*; c) Laguna *facultativa con agitación mecánica*; d) Laguna de *oxidación aireada*.

a cabo la circulación de los lodos como forma de controlar la cantidad de lodo biológico en el reactor de aireación. Las lagunas aireadas son sistemas sin reciclado de lodos. La concentración de sólidos en las lagunas es función de las características del agua residual y del tiempo de residencia. Dicha concentración esta comprendida entre 80 y 200 mg/l, esto es, mucho menor que la que se utiliza en las unidades de lodos activos convencionales (2000 – 3000 mg/l).

La principal diferencia entre la tecnología de lagunas aireadas y lodos activados es que en el último se lleva

TABLA : CRITERIOS DE SELECCIÓN POR TIPO DE TRATAMIENTO

| CONCEPTO | TRATAMIENTO | LAGUNA DE AERACION | BIODISCOS | CONVENCIONAL LODOS ACTIVADOS CON AREACION EXTENDIDA | SBR / FAST |
|---|-------------|--------------------|-----------|---|------------|
| Fuerte inversión Inicial | | SI | SI | SI | |
| Disponibilidad de extensas áreas | | SI | SI | SI | |
| Tecnología compleja | | NO | SI | SI | |
| Alto costo de operación | | NO | SI | SI | |
| Personal de operación las 24 Hrs. | | SI | SI | SI | |
| Malos olores durante el proceso | | SI | SI | SI | |
| Contaminación visual | | SI | SI | SI | |
| Gran cantidad de lodos generados | | SI | SI | SI | |
| Alto consumo de energía eléctrica | | SI | SI | SI | |
| Requiere de Productos Químicos | | SI | SI | SI | |
| Soporta alta variación de Caudal y Carga Orgánica del Influyente. | | SI | NO | NO | |
| Diseño Modular expandible | | NO | NO | NO | |

Fuente: www.tratamientointegral.com.mx/ (Consulta: 12 Enero 2009)

4.

ESPACIOS PÚBLICOS O DE CAUDAL MEDIO

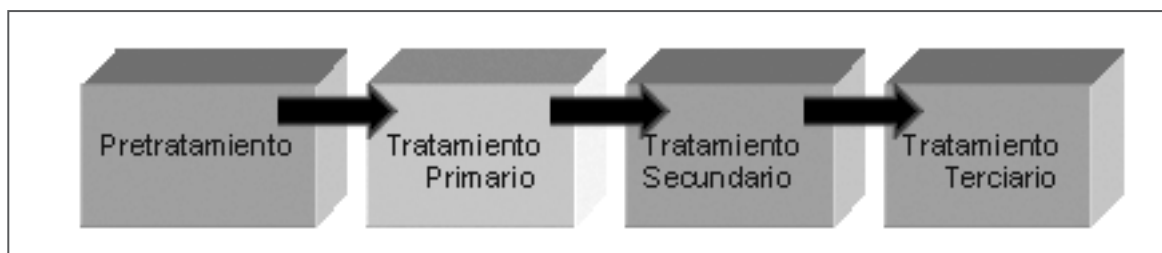
4.1 TANQUES IMHOFF

Constituyen una unidad de tratamiento de aguas residuales destinado a la remoción de sólidos suspendidos.

Son ideales para el tratamiento de aguas domesticas en poblaciones de menos de 5,000 habitantes.

Los tanques Imhoff no poseen partes mecánicas por lo que su operación es simple.

FIGURA : ETAPAS GENERALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE TANQUES IMHOFF



El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de Digestión de Lodos
- Área de ventilación ya acumulación de natas

Se adjunta plano de diseño de "Tanque Imhoff" en el anexo correspondiente con detalles de dimensionamiento y diseño estructural.

Cabe resaltar que esta alternativa resulta adecuada en caso no se cuente con grandes áreas de terreno para poder construir un sistema de tratamiento de aguas domesticas, como es el caso de las lagunas de estabilización, además que el tanque Imhoff deberá ser instalado alejado de la población, debido a la producción de malos olores.

El Tanque Imhoff elimina del 40% al 50% de los sólidos suspendidos y reduce la DBO del 25% a 30%.

Los lodos acumulados se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. Debido a la

baja remoción de la DBO y coliformes, lo que se recomendaría es enviar el efluente hacia una laguna facultativa para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.

El tiempo para la digestión de lodos varía de acuerdo a la temperatura del medio ambiente circundante.

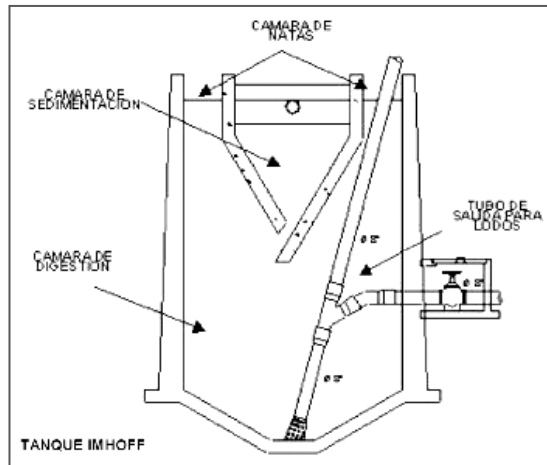
TABLA : TIEMPO DE DIGESTIÓN DE LODOS SEGÚN LA TEMPERATURA

| Temperatura °C | Tiempo de digestión en días |
|----------------|-----------------------------|
| 5 | 110 |
| 10 | 76 |
| 15 | 55 |
| 20 | 40 |
| >25 | 30 |

Fuente: "Guía para el diseño de tanques sépticos tanques Imhoff y lagunas de estabilización", Organización Panamericana de la Salud, 2005.



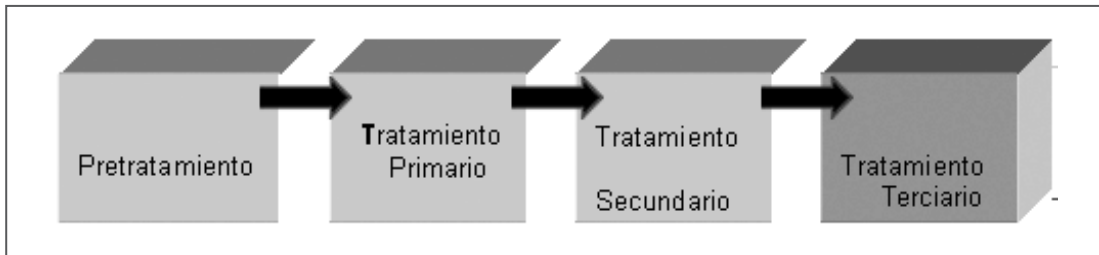
FIGURA . ESQUEMA DESCRIPTIVO DE UN TANQUE IMHOFF



Fuente: OPS. 2005. Guia para diseño de tanques septicos tanques imhoff y lagunas de estabilización. OPS, Lima

4.2 BIOFILTROS

FIGURA: ETAPAS GENERALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE BIOFILTROS



Son sistemas que están compuestos por diferentes estratos filtrantes. En el estrato superior se encuentra

alojadas lombrices y bacterias, las cuales efectúan una degradación de los residuos sólidos y líquidos orgánicos.

FIGURA . MODELO DE BIOFILTRO.

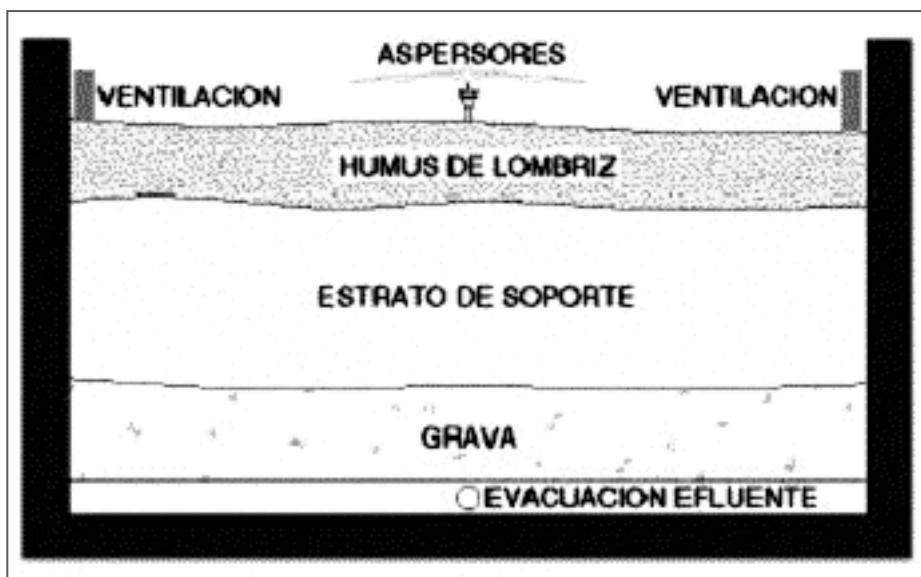


Fuente: Campas de Lombrifiltro AGV Ingeniería Ambiental 2003

Los procesos utilizados en el funcionamiento de los biofiltros son:

- El efluente es enviado a una planta elevadora, para luego ser impulsado y asperjado en la superficie del Biofiltro, compuesto por los distintos estratos, conteniendo en los superiores un alto número de lombrices.
- El RIL (Residuo Industrial Líquido) o agua servida escurre por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica.
- La materia orgánica del efluente es consumida por las lombrices, oxidándola y transformándolas en anhídrido carbónico y agua, pasando una parte menor de ella a constituir masa corporal de las lombrices y otra mayor de deyecciones de las mismas; estas últimas, constituyen el llamado humus de lombriz.
- Los microorganismos presentes en el agua servida, son reducidos en dos órdenes de magnitud, debido a sustancias que son generadas por las lombrices y los demás microorganismos consumidores de materia orgánica que viven junto con las lombrices.

FIGURA : SECCIÓN LONGITUDINAL GENERAL DE BIOFILTRO



Fuente: Sistema Toha, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Los Sistemas Biofiltro tienen importantes ventajas en relación a los sistemas convencionales, entre estas se encuentran³:

a) No produce lodos inestables. El Biofiltro degrada los sólidos orgánicos del RIL (Residuo Industrial Líquido), sin producir lodos inestables como el resto de los sistemas de tratamiento. No necesita decantador de sólidos orgánicos como tratamiento previo; sólo es necesario instalar una cámara de rejillas o canastillo para retener sólidos inorgánicos que son erróneamente descargados en el RIL o agua servida y sólidos grandes que pudieran tapan las cañerías o los sistemas de riego de los filtros.

b) Altos índices de eficiencia: Se ha comprobado científicamente que el sistema de biofiltro posee grados altos de eficiencia en reducir una serie de parámetros, como son: los sólidos suspendidos totales y volátiles, DBO5 y Coliformes fecales.

c) El lecho filtrante no se permeabiliza. A diferencia de otros sistemas de filtros, nunca se colmata o impermeabiliza. Esta característica se debe principalmente a la acción de las lombrices que, con su incansable movimiento, crean túneles y canales que aseguran en todo momento la alta permeabilidad del filtro. Los materiales sólidos orgánicos presentes en el agua servida, que colmatan o tapan otros filtros, en este caso son digeridos por las lombrices.

³ Resumido de Biofiltro: Sistema ecológico y eficiente. <http://www.biofiltro.cl/biofiltro.html> (Consultado el 19 de Enero del 2009)



d) Bajos costos de operación, manutención y limpieza. El Biofiltro sólo requiere de la construcción de las obras civiles e instalación del relleno. Los costos operacionales son mínimos (energía para funcionamiento de bombas) y su manutención es muy simple. Los costos de operación, manutención y limpieza, se reducen a 1/3 respecto a los sistemas existentes en el mercado.

TABLA . EFICIENCIA DEL BIOFILTRO SEGÚN DISTINTOS PARÁMETROS

| Parámetros | Eficiencia |
|-------------------------------|------------|
| Coliformes fecales | 99% |
| DBO5 | 95% |
| Sólidos Totales | 95% |
| Sólidos suspendidos volátiles | 93% |
| Nitrógeno Total. | 60 a 80% |
| Aceite y Grasas | 80% |
| Fósforo Total | 60 a 70% |

Fuente: <http://www.biofiltro.cl/biofiltro.html> (Consultado el 19 de Enero del 2009)

e) Sistema modulares ampliables. El sistema funciona por unidad de superficie, sistema modular, por lo que se puede ir ampliando de acuerdo a las necesidades.

f) Sistema ecológico, que reutiliza el agua tratada. El sistema de Biofiltro Dinámico y Aeróbico permite reutilizar el agua tratada para regadío, lo cual, en un escenario donde el agua sea escasa, puede ser un importante ahorro para los usuarios. El proceso de tratamiento de riles y aguas servidas, es natural, por tanto, no incorpora elementos químicos. Como no utiliza químicos ni sustancias tóxicas, no existe riesgo en dañar el medio ambiente.

g) Produce un subproducto que puede ser utilizado como abono natural. La materia orgánica del afluente es convertida en masa corporal de lombrices y en humus de lombriz. Cada cierto tiempo, pueden extraerse los excesos de humus y así, reconstituir la estratigrafía inicial del Biofiltro para ser utilizados como excelente abono agrícola.

h) Los períodos de puesta en marcha son relativamente rápidos. El comportamiento permanente de la planta se establece en un par de semanas, a diferencia de los sistemas existentes en el mercado, los que pueden tardar a lo menos 2 meses.

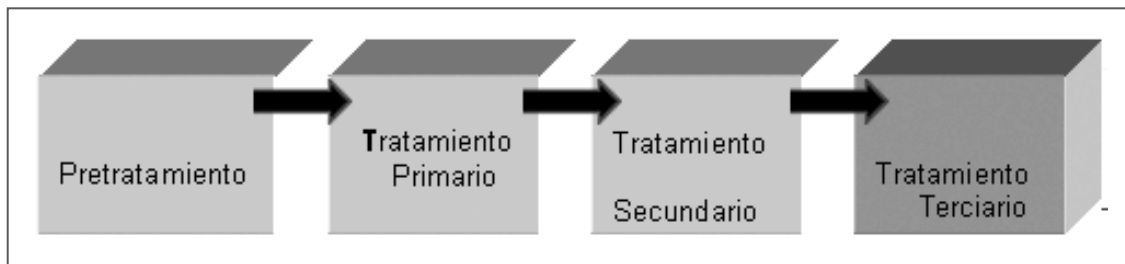
i) Genera un valor en su proceso de tratamiento. El sistema contiene lombrices que se reproducen constantemente, generándose un aumento poblacional, las que pueden ser utilizadas como alimento de aves o como fuente de materia rica en proteínas.

El biofiltro puede ser considerado como el único sistema de tratamiento de riles y aguas servidas que genera un ingreso, porque genera: lombrices, humus y agua, los que tienen un valor en el mercado.

4.3 REACTORES ANAERÓBICOS DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

Los Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente, en adelante denominados RAFA, consisten en estaciones compactas de tratamiento anaeróbico, de reciente aparición en América Latina, luego de investigaciones realizadas en Holanda, y posteriormente en Colombia alrededor del año 1980. En términos generales, los RAFA consisten en tanques cuyo caudal afluente ingresa por su sección inferior, recolectándose el agua tratada en su sección superior.

FIGURA : ETAPAS GENERALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON RAFA



El período de retención hidráulica (normalmente de unas 18 horas o mayor dependiendo de la temperatura de operación, tipo de desecho y otras

variables), permite que el material contaminante sea estabilizado parcialmente por bacterias anaeróbicas, con la consecuente producción de biogás. Es por ello

que se denominan "reactores", ya que en ellos se lleva a cabo la reacción bioquímica o biodegradación.

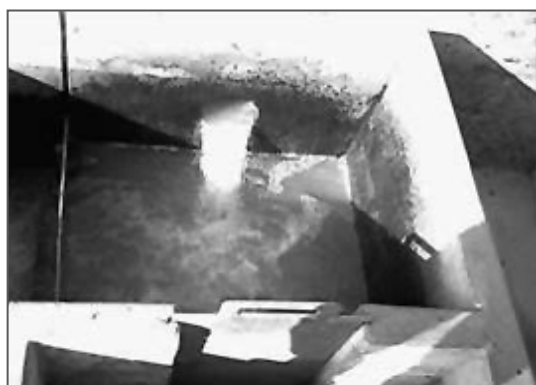
Se han propuesto distintas versiones de RAFA, destacando entre ellas las siguientes: manto de lodos, lecho expandido, lecho fluidizado, y filtro anaeróbico de flujo ascendente.

Se han propuesto distintas versiones de RAFA, destacando entre ellas las siguientes: manto de lodos,

lecho expandido, lecho fluidizado, y filtro anaeróbico de flujo ascendente.

El tratamiento a través del RAFA es apto para aguas residuales y aguas grises domésticas convencionales; tratamiento de aguas residuales centralizado o descentralizados pero normalmente no a nivel doméstico, sino a nivel comunidad.

FIGURA . ETAPAS BÁSICAS DEL TRATAMIENTO A TRAVÉS DEL RAFA



15.a. Captación



15.b. Pretratamiento



15.c. RAFA



15.d. Laguna secundaria



15.e. Lecho de secado de lodos



15.f. Laguna terciaria



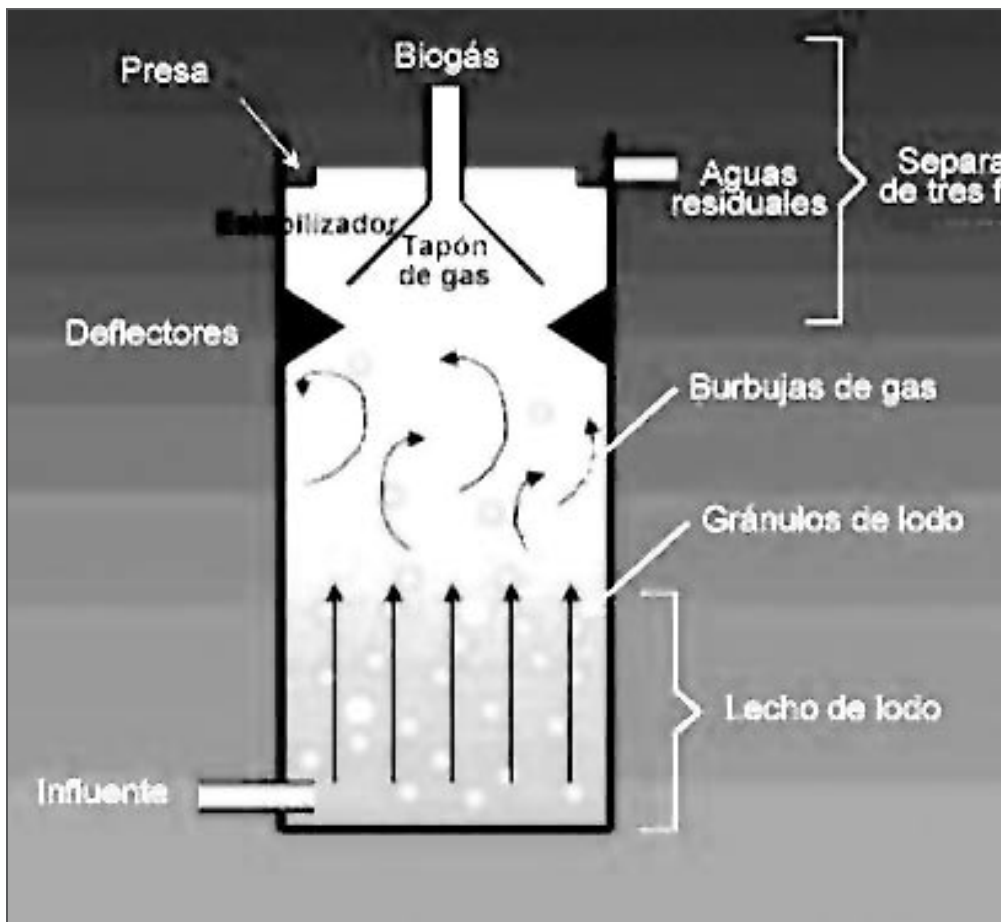
El RAFA es un depósito lleno de lodo floculante o granular anaeróbico con unas buenas características de asentamiento (la bacteria se puede aglomerar espontáneamente para formar gránulos). Las aguas residuales influentes son distribuidas en la parte inferior del reactor y viaja de una forma ascendente a través del manto de lodos. La degradación anaeróbica de los sustratos orgánicos se lleva a cabo en este manto de lodo, en donde se produce biogás. Los gases que producen bajo condiciones anaeróbicas

metano y dióxido de carbono sirven para mezclar los contenidos del reactor según suben a la superficie.⁴

Los elementos más críticos del diseño del reactor son los siguientes:

- Sistema de distribución influente
- Separador de gas-sólidos
- Diseño de eliminación de vertidos

FIGURA . ESQUEMA DEL RAFA Y MANTO DE LODOS.



Fuente: Programa Train-Sea-Coast GPA. En www.training.gpa.unep.org. (Consultado el 4 de Noviembre del 2009)

⁴ Fuente: www.training.gpa.unep.org (Consultado el 4 de Noviembre del 2009)

5.

DOMICILIARIOS O DE MENOR CAUDAL

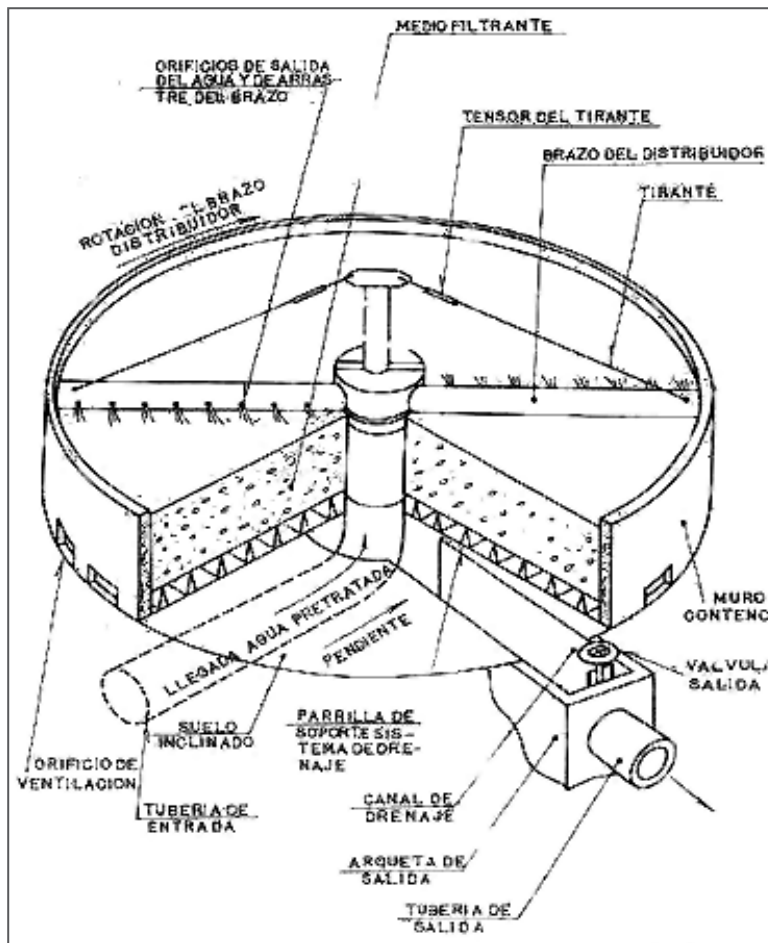
5.1 FILTRO PERCOLADOR

Tanque normalmente cilíndrico relleno de un material inerte sobre el que se rocía el agua a tratar. Se efectúa una ventilación por tiro natural o forzado para favorecer el aporte del oxígeno necesario para mantener la microflora en un medio aerobio. Sobre

el material inerte se forma una película bacteriana, que según el espesor puede desarrollar bajo la capa aerobia otra capa anaerobia adicional a la primera.

Medio filtrante de piedra gruesa o material sintético, se desarrolla una película de microorganismos que degradan la materia orgánica del agua residual.

FIGURA : ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR



Fuente: Procesos para el tratamiento de las aguas residuales en plantas galvánicas y metalúrgicas <<http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=777>> (Consultado el 19 Enero 2009)



FIGURA . MODELO DE FILTRO PERCOLADOR EN ZONA URBANA

FIGURA . MODELO DE FILTRO PERCOLADOR EN ZONA AGRÍCOLA



Fuente: www.pantarewater.com. (Consultado el 4 de Noviembre del 2009)

Fuente: www.egevasa.es (Consultado el 4 de Noviembre del 2009)

TABLA . DISEÑO DE BIODISCOS O BIOCILINDROS

| Parámetros normales de diseño | Valores |
|---|--|
| Carga hidráulica | < 0.2 m ³ /m ² .d |
| Carga orgánica | 0.03 - 0.15 kg DBO ₅ /m ² .d |
| Tiempo de retención | > 0.5 horas por etapa (1.5 - 3.0 total) |
| Diámetro máximo con biodiscos | < 3.60 m |
| Longitud útil biodisco | < 8.0 m |
| Submergencia | 40 % del diámetro del biodisco |
| Superficie útil | 90 - 95 % |
| Velocidad máxima tangencial | < 0.12 m/s |
| Producción de fangos | 0.3 - 0.7 kg SS/kg DBO |
| Velocidad ascensional en el decantador secundario | < 1.35 m ³ /m ² .d |

Fuente: www.miliarium.com (Consultado el 6 de noviembre del 2009)

Deben considerarse los siguientes elementos y materiales en la construcción de un filtro percolador:

a. Rellenos del filtro

- o Tradicionales
 - Puzolana
 - Coque metalúrgico
 - Piedras silíceas trituradas
- o Modernos
 - Plástico

b. Construcción de filtros

- Lecho de filtros entre 1,50 y 3 metros de altura

- Una altura menor a 1,5 m provoca el peligro que el líquido residual crudo atraviese la capa sin depurarse
- Los filtros suelen ser de forma circular
- Los filtros de baja carga se suelen construir para poder ser inundados por partes o totalmente con funciones de limpieza.
- Los filtros están normalmente a la intemperie. El funcionamiento del filtro depende del tiro natural que se deje desde la parte inferior de la salida a la parte superior y no es necesario, normalmente, el tiro forzado.

c. Distribución del caudal

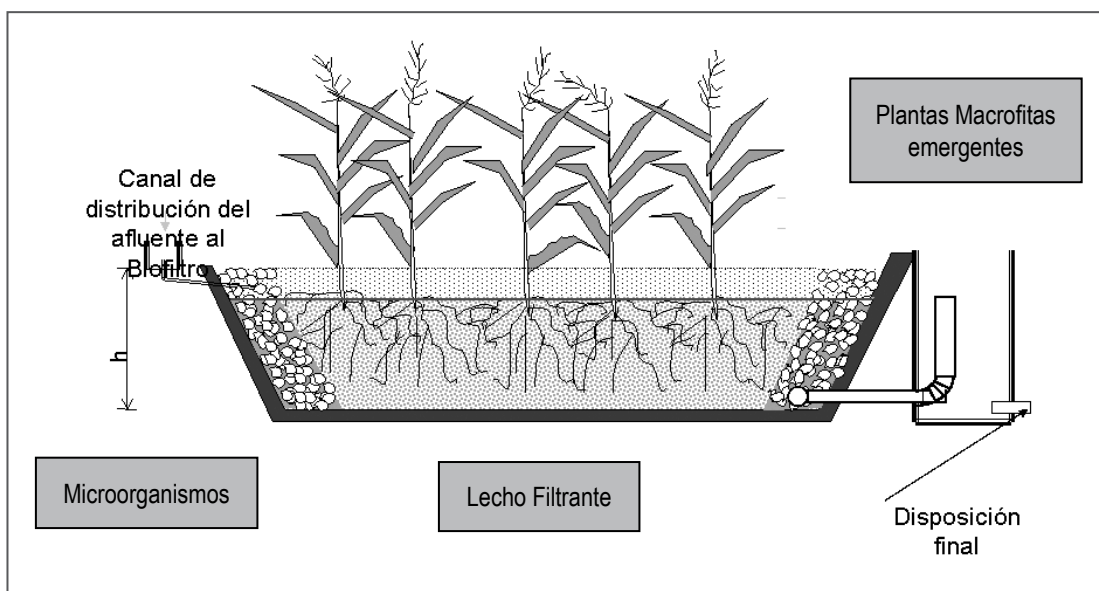
- Depende de la construcción del filtro y de las boquillas que se utilicen

- Generalmente se usan filtros circulares con brazos giratorios (entre 2 y 4)
- El giro de los brazos se efectúa gracias a la carga hidráulica del agua a filtrar y la pérdida de carga puede oscilar de 45 a 75 cm
- En los filtros rectangulares suelen utilizarse canales desplazables longitudinalmente para la distribución
- Las salidas de líquido suelen estar entre 15 y 20 cm sobre el lecho filtrante

5.2 HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales conocidos también como biofiltros, 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 (Ver Figura 20). 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.

FIGURA . MODELO DE BIOFILTRO.



Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

Los humedales construidos consisten en el diseño correcto de una cubeta que contiene agua, sustrato, y la mayoría normalmente, plantas emergentes. Estos componentes pueden manipularse construyendo un humedal. Otros componentes importantes de los humedales, como las comunidades de microbios y los invertebrados acuáticos, se desarrollan naturalmente.

5.2.1 ELEMENTOS DE LOS HUMEDALES

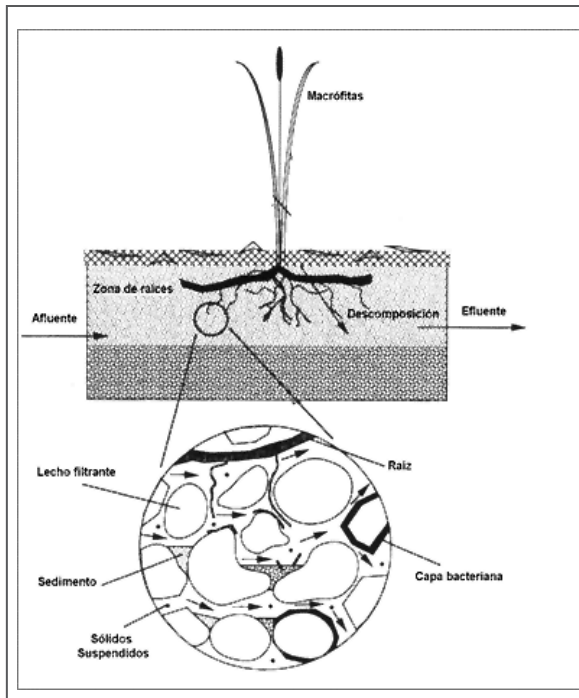
Es importante que ciertos elementos clave de los humedales y sus características estén bien definidos

para tener una mejor idea en su implementación. Estos elementos son:

- Sustrato.**- Es el soporte para el crecimiento de las plantas, suministrándoles parte del alimento necesario para su crecimiento. La granulometría del sustrato permite una buena remoción de sólidos suspendidos y de la parte orgánica. Es el lugar de desarrollo de bacterias. Los tipos de sustrato son: arena gruesa (2 mm), arena gravosa (8 mm), grava fina (16 mm), grava media (32 mm), piedra partida (128 mm).
- Microorganismos: (Bacterias).**- Actúan en la descomposición de materia orgánica y la degradación y en la transformación de compuestos tóxicos. Pueden ser aerobios y anaerobios



FIGURA .- ESQUEMA DE CAPAS DE DEPURACIÓN DE EN UN BIOFILTRO



Fuente: Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

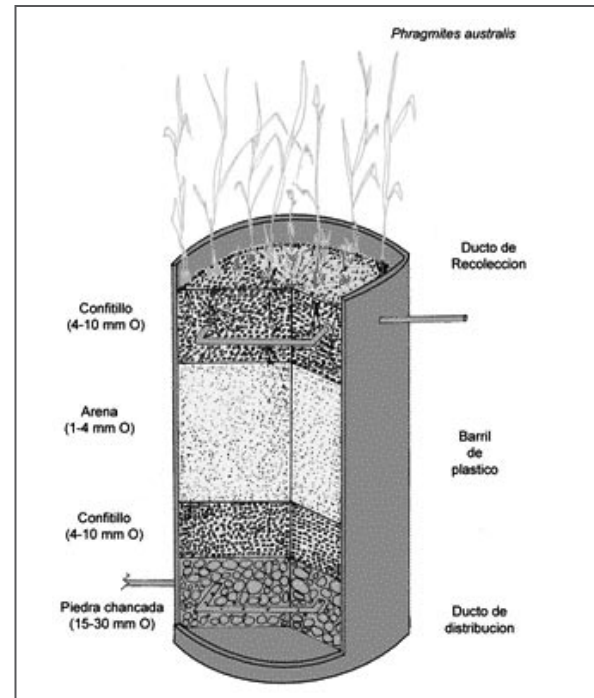


Figura 22.- Sección transversal del sustrato en barril
Fuente: Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

c. Plantas.- Suministran oxígeno al suelo y mantienen un ambiente adecuado para el crecimiento de bacterias. La superficie de las raíces ofrece protección a los

microorganismos. Mantienen la capacidad hidráulica del suelo. Consumen de nutrientes (N y P) y concentran en sus tallos y hojas ciertos metales pesados.

FIGURA. PLANTAS USADAS COMO BIOFILTRO EN CAMPO DEPORTIVO



Fuente: Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

El biofiltro puede aplicarse en el tratamiento de los siguientes tipos de aguas residuales:

- Aguas residuales domésticas y municipales
- Aguas negras
- Aguas grises
- Aguas residuales agroindustriales
- Granjas
- Producción de alimentos (lecheras, queseras,..)
- Aguas residuales industriales
- Industria minera
- Industria petroquímica
- Industria papelera
- Tratamiento de lodos

FIGURA. PLANTAS USADAS COMO BIOFILTRO EN PARQUE



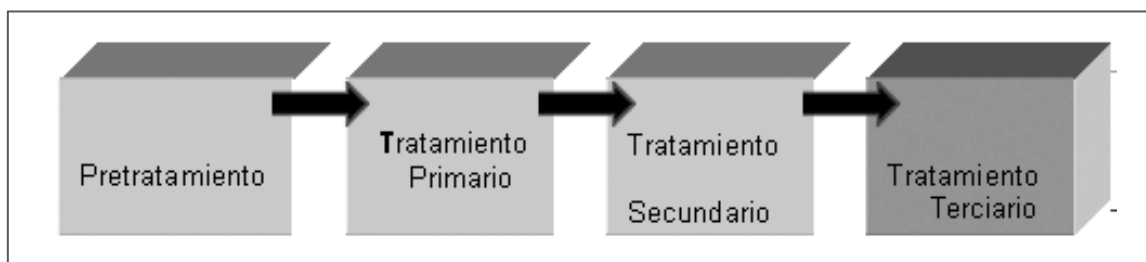
Fuente: Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

La selección de la vegetación es especialmente clave en el funcionamiento del humedal artificial pues son sus propiedades las que permiten la depuración de las aguas residuales y las que constituyen las características del humedal artificial.

Es un sistema de disposición de excretas con fines de reutilización. Lo novedoso es que la tubería de desagüe de este módulo deriva las excretas y las aguas residuales a un "biodigestor" de 600 litros, con una zanja de infiltración para el reuso de las aguas tratadas. Este biodigestor es autolimpiante y completamente hermético, cuyo efluente y lodo residual no contaminan el medio ambiente, permitiendo así reducir focos de contaminación y la propagación de enfermedades.

5.3 BAÑOS CON TRATAMIENTO POSTERIOR.

FIGURA : ETAPAS GENERALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE BAÑOS CON SISTEMA DE ARRASTRE Y TRATAMIENTO.





Este sistema considera los siguientes componentes:

- Construcción de un ambiente con piso de concreto,
- Paredes de ladrillo y tabiques de madera con plancha de cemento,
- Techo de plancha ondulado de plástico,
- Inodoro con tanque,
- Lavadero de una poza con pedestal,
- Tanque de agua de 250 litros con capa interior antibacteriana y una ducha para acceder al aseo personal diario.

FIGURA. MODELO DE UN BAÑO ECOLÓGICO.



Fuente: Ing. Roger Agüero Pittman. 2008. "Baños Ecológicos", Asociación SER. Presentación realizada en el Congreso PERUSAN

Mediante el biodigestor se le da tratamiento a las aguas servidas del domicilio y luego las aguas ya tratadas salen a través de un tubo al campo de absorción, de manera que puedan ser reusadas en el riego de áreas verdes. Cada 18 ó 24 meses se retiran del biodigestor los lodos por medio de una válvula instalada especialmente para este fin y se convierten en abonos orgánicos. Para el funcionamiento del módulo se requiere del abastecimiento de agua a través de una manguera conectada a una pileta pública. De esta manera el agua se mantendrá en condiciones apropiadas en el tanque de polietileno. Estas instalaciones son definitivas porque podrán conectarse al sistema de alcantarillado cuando exista factibilidad de servicio en la zona.

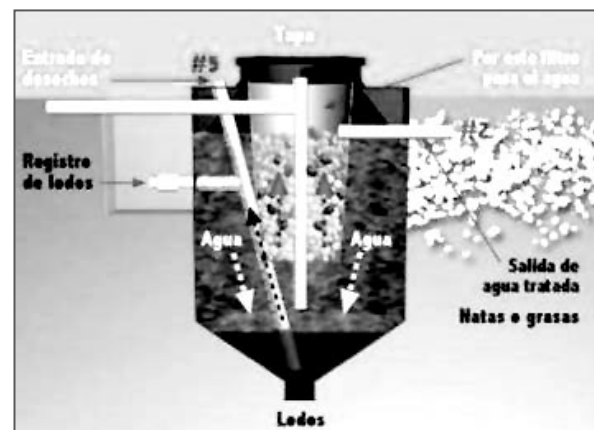
FIGURA. ESQUEMA DE BAÑO ECOLÓGICO CON TECNOLOGÍA DE BIODIGESTOR



Fuente : Ing. Roger Agüero Pittman. 2008. "Baños Ecológicos", Asociación SER. Presentación realizada en el Congreso PERUSAN.

En noviembre del 2006, esta propuesta de Módulos denominada como Baños Ecológicos recibió el premio a la Creatividad Empresarial de la Universidad Peruana de Ciencias (UPC), el diario El Comercio, el Grupo Radial RPP y de la televisora ATV, por ser una propuesta y solución creativa en beneficio de las poblaciones pobres del Perú.

FIGURA . DETALLE DE BIODIGESTOR



Fuente: Ing. Roger Agüero Pittman. 2008. "Baños Ecológicos", Asociación SER. Presentación realizada en el Congreso PERUSAN

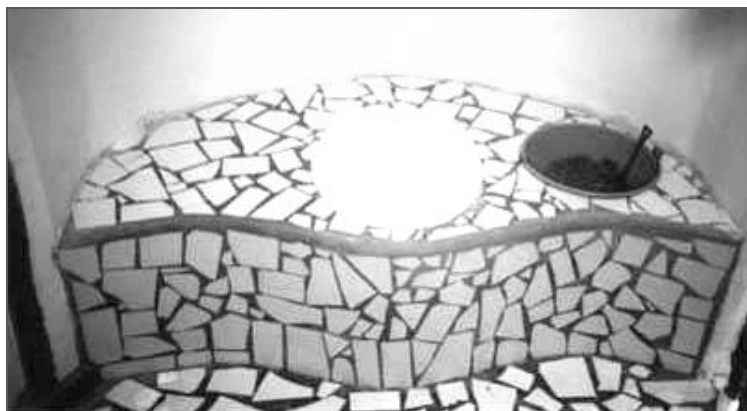
5.1.1 BAÑO SECO

Baño seco es un sistema que se basa en la separación de excretas (heces y orinas) desde la fuente, no utiliza agua para su evacuación, generando a partir de los desechos compost, orinas y aguas grises que pueden

ser reaprovechados. El sistema del baño seco se ha desarrollado mucho durante los últimos años. El tratamiento de las aguas residuales es un problema que va adquiriendo importancia día a día y este sistema

al no conectarse a la red de aguas residuales, es muy eficaz biológicamente, ya que aprovechan los residuos humanos y favorecen la economía doméstica, ahorrando dinero y energía.

FIGURA. MODELO DE BAÑO SECO



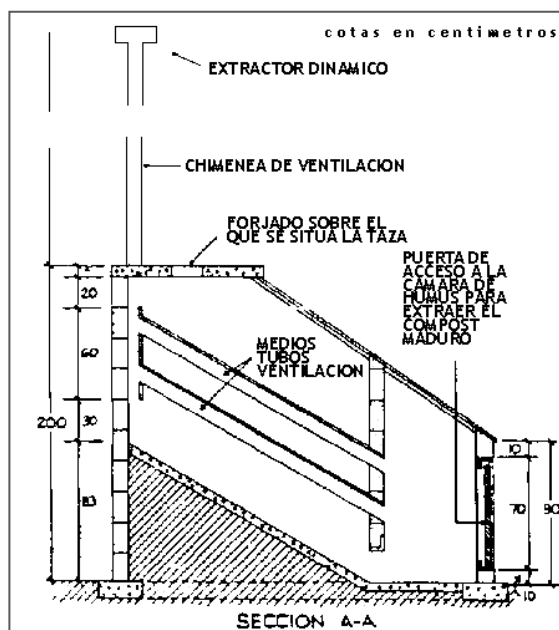
Fuente: WC SECO / LETRINA ABONERA SECA / INODORO COMPOSTERO / BAÑO SECO/ COMPOSTING TOILET Artículo publicado en el nº6 de la revista ReHabitat, Otoño 2,002. Escrito por la Asociación Permacultura Aldehuela, Noblejas (Toledo)

Para aspectos de sistemas autoconstruidos tomaremos el Diseño del Baño-Seco Compostero tipo CLIVUS-MINIMUS, el cual esta compuesto por:⁵

- Cimentación
- Solera de fondo con mezcla basada en cal
- Cámaras de compostaje y humus, fabricadas con muro de ladrillo macizo de un medio pie y mortero de cal y arena, con revestimiento de cal y arena en el interior y exterior. La separación entre las cámaras se construye con el mismo muro sobre dintel de acero en perfil L50.50.4
- Rampa de la cámara de compostaje 30° de mezcla de cal sobre base de piedras
- Acabados realizados con bóveda de ladrillo en tres rosas
- Cubierta de teja
- Puerta de madera con hueco de ventilación y malla anti-insectos.
- Cuatro medias tuberías de polipropileno de 110 mm. de diámetro.
- Chimenea de tubería de polipropileno de 200 mm de diámetro y 3 metro de altura.
- Extractor dinámico

- Un inodoro, taza o asiento especial con separador para orina (para las personas que prefieren hacerlo en cuclillas puede instalarse una placa al ras del suelo adaptada)
- Tapa de taza de madera

FIGURA. SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN BAÑO SECO

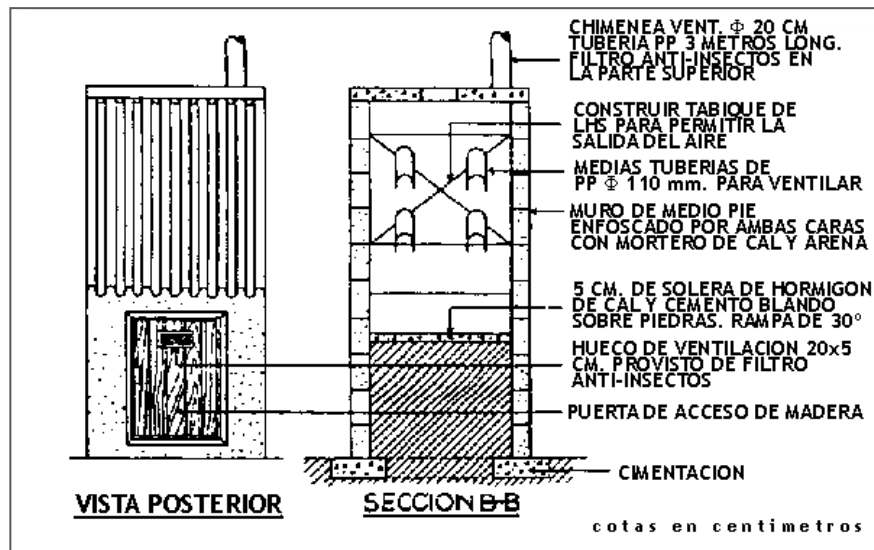


Fuente: "BAÑO SECO COMPOSTERO", < <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/20-arquitectura-ecologica/89-bano-seco-compostero.html> > (Consultado el 15 febrero 2009)

5 <http://llamadoalaconciencia.wordpress.com/2009/10/17/banos-secos-limpios-ecologicos-y-sin-necesidad-de-agua/>

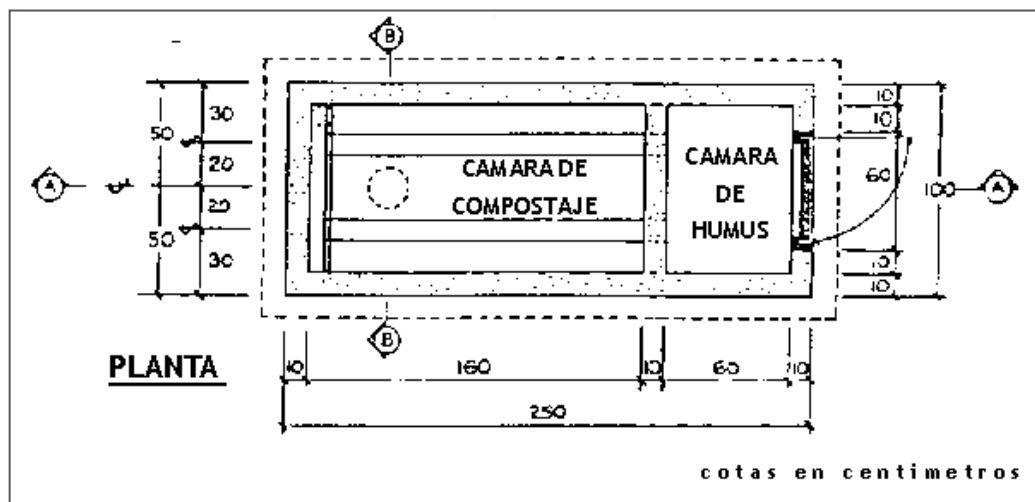


FIGURA . VISTA POSTERIOR DE UN BAÑO SECO



Fuente: "BAÑO SECO COMPOSTERO", < <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/20-arquitectura-ecologica/89-bano-seco-compostero.html> > (Consultado el 15 febrero 2009)

FIGURA. PLANTA DE UN BAÑO SECO



Fuente: "BAÑO SECO COMPOSTERO", < <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/20-arquitectura-ecologica/89-bano-seco-compostero.html> > (Consultado el 15 febrero 2009)

El hueco de la puerta de la cámara de humus permite la ventilación cruzada a través de las medias tuberías, y así oxigenan el compost, pasando después a la chimenea y al exterior.

Es conveniente que la chimenea tenga un filtro para que no entren insectos. La puerta también debe tener una malla, tanto para insectos, como para ratas u otros animales.

Por su propio peso, la parte más descompuesta del compost va cayendo hacia la salida. Cada tres meses

se vacía la cámara de humus para permitir un buen funcionamiento de la cámara de compostaje.

El sistema de funcionamiento de este diseño se produce mediante una fermentación aeróbica (en presencia de aire) de los residuos orgánicos heterogéneos; excrementos, papel, restos de cocina y necesariamente material estructurante para que la masa esté aireada.

FIGURA . APARATO PARA BAÑO SECO. OBSÉRVESE LA SEPARACIÓN PARA ORINAS



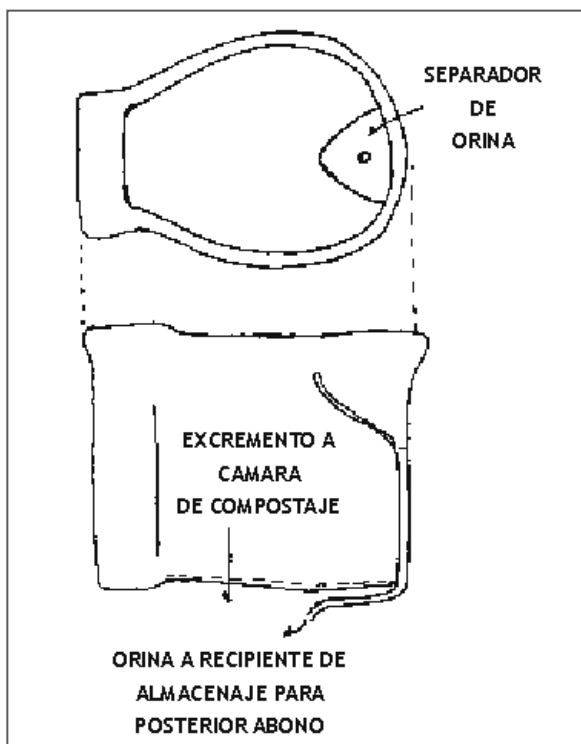
Fuente: "BAÑO SECO COMPOSTERO", < <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/20-arquitectura-ecologica/89-bano-seco-compostero.html> > (Consultado el 15 febrero 2009)

FIGURA . MODELO DE APARATO SANITARIO PARA BAÑO COMPOSTERO TIPO CLIVUS MINIMUS



Fuente: "BAÑO SECO COMPOSTERO", < <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/20-arquitectura-ecologica/89-bano-seco-compostero.html> > (Consultado el 15 febrero 2009)

FIGURA . PLANTA Y SECCIÓN DE APARATO PARA BAÑO SECO.



Fuente: "BAÑO SECO COMPOSTERO", < <http://www.redpermacultura.org/articulos-categorias/20-arquitectura-ecologica/89-bano-seco-compostero.html> > (Consultado el 15 febrero 2009)

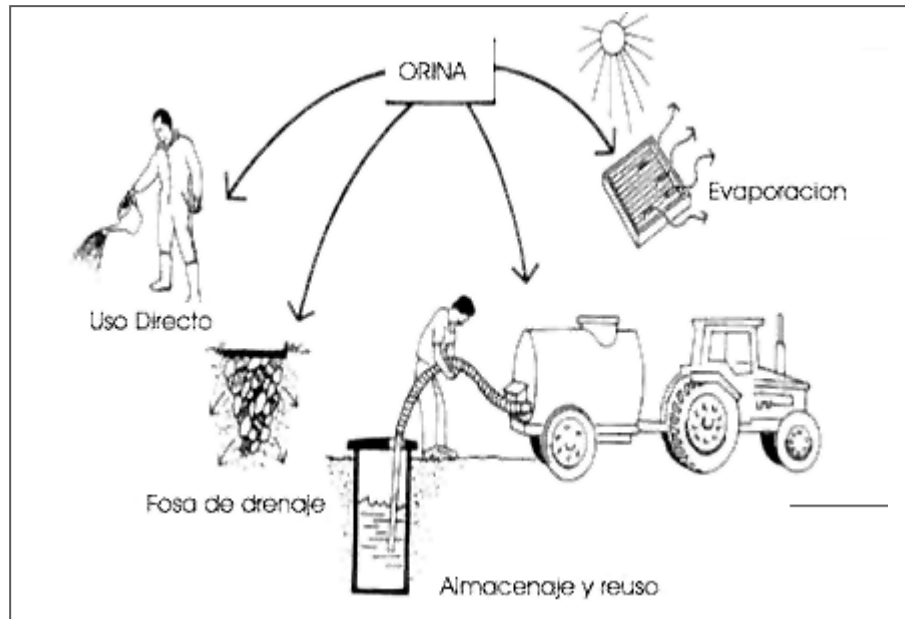
5.3.1 RECICLAJE DE ORINA

Los seres humanos producen cada uno a través de la orina 6 Kg. de nitrógeno (N), 1 Kg. de fósforo (P) y 1 Kg. de potasio (K) anualmente, que pueden proporcionar soporte nutricional a 500 metros cuadrados de tierra cultivada (que pueden cubrir el 75% de las necesidades nutricionales de una persona).

En Suecia la producción total anual de orina humana conteniendo N, P y K fue equivalente al 15-20% de la cantidad de estos nutrientes usados como fertilizantes minerales para la agricultura en 1993.



FIGURA . ALTERNATIVAS DEL REUSO DE LA ORINA



Fuente: Guillén, Huga. 2003. Saneamiento Ecológico: Desde Estocolmo hasta Yajalon. Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas.

Criterios generales de reuso

- Mantener separada la orina de otros residuos corporales.- La orina es limpia y es necesario mantenerla en este estado. Orinar en botellas es una alternativa valida
- Nuevos usos.- El olor fuerte de la orina es amoniaco, que esta originalmente unido al nitrógeno, el mismo que se volatiliza al paso de las horas. Cuanto mas fuerte el olor sea, menor es la cantidad de nitrógeno que posee.
- Uso siempre de forma diluida.- La orina es demasiado fuerte en sus componentes como para ser utilizada sin dilución. Diluya en una solución 5:1 (cinco partes de agua por 1 de orina), para plantas tiernas (almácigos) y semillas es posible hacer uso de una solución 10:1 (10 partes de agua por una de orina).
- Regar en las raíces.- Es una buena practica no regar las hojas, mas bien dirigir el riego a la base de las plantas. Esta práctica genera ahorros de agua así como también previene que las hojas se humedezcan, estado no deseable que favorece el desarrollo de hongos.
- Regar de forma uniforme.- La orina es salada y acida y regar demasiada en una misma planta puede ser perjudicial para la misma (sobredosis). Por ello, se recomienda regar de forma uniforme en toda el área seleccionada para este fin (jardín o parcela de cultivo) y hacer uso de la misma en toda faena de riego.
- Riego de plantas y cultivos de alta demanda de nitrógeno.- Las plantas serán mayormente beneficiadas del uso de orina como fertilizante serán aquellas que de forma natural tienen mayor demanda de "nitrógeno". La "Col", "Coliflores", maíz en general cultivos de rápida cosecha.
- Otros usos.- La orina en estado "puro" no es recomendable para su uso directo sobre las plantas, mas puede ser usado como "herbicida" o "eliminador de hierba mala", especialmente si es usado en días calurosos.
- También es posible su uso para prevención de enfermedades fúngicas en árboles frutales mediante su uso en forma de "spray"
- Activador de Compostaje⁶.- Un uso final para el jardín es como "activador" de compostaje. El nitrógeno en la orina será un factor acelerante el proceso de compostaje.

⁶ El compostaje o "composting" es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura.

A. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO DE CAPTACIÓN DE ORINA

En el mundo de los baños secos (sistemas sanitarios para que no hace uso de agua potable), hay un rango de dispositivos y diseños que van desde un simple bidón-compostero hasta avanzados sistemas con

contenedores rotatorios, detectores de temperatura y control electrónico.

Para tener un baño seco en casa, es posible construirlo o instalar uno prefabricado. Para la segunda opción hay muchos fabricantes y distribuidores, a continuación algunos ejemplos de estas opciones comerciales:

FIGURA . RECIPIENTES PARA LA CAPTACIÓN DE ORINA



6. SISTEMAS ESPECIALES

En los áreas urbanas además de las aguas residuales de origen doméstico, existen aguas residuales o efluentes de origen industrial de escala local que es dispuesta de tener acceso a las redes de alcantarillado o en cuerpos de agua cercanos, estos efluentes están compuestos por químicos y metales que además de afectar y dañar las tuberías de arrastre, pueden dañar los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticos.

El manejo de efluentes de origen no domestico es regulado entre otros por los Ministerios de Energía, Minas e Hidrocarburos – MINEM, Producción e Industria- PRODUCES, Ambiente-MINAM, Salud-DIGESA.

<http://www.minem.gob.pe/descripcion.php?idSector=2&idTitular=597&idMenu=sub596&idCateg=330> ,
<http://www.minem.gob.pe/descripcion.php?idSector=2&idTitular=597&idMenu=sub596&idCateg=330>

<http://www.produce.gob.pe/portal/portal/apsportalproduce/industria?ARE=2> y http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=103:estandares-ambientales,

En este documentos de presentan algunas indicaciones generales para los efluentes provenientes de plantas galvánicas y metalúrgicas.

6.1 AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE PLANTAS GALVÁNICAS Y METALÚRGICAS

El volumen y la concentración en las aguas residuales es función principalmente: del volumen de producción, del sistema de operación (manual, semiautomático, automático) y fundamentalmente del sistema de enjuague (en contracorriente doble, triple; enjuague en serie, etc.). Las piezas al ser retiradas de cada baño galvánico arrastran consigo

cantidades apreciables de solución, siendo el volumen arrastrado tanto mayor cuanto más compleja es la forma de las piezas a recubrir.

Otros factores que también influyen son: concentración y temperatura del baño galvánico; posición, número y tamaño de las piezas en los baños galvánicos; temperatura del agua de enjuague; agitación en el tanque de enjuague; tiempo para el escurrimiento de las piezas en el baño galvánico; tiempo de contacto de las piezas con el agua de enjuague, etc., requiriéndose de esta manera un mayor volumen de agua de enjuague.

Por otro lado, las variaciones en las aguas residuales, tanto cualitativas como cuantitativas son comunes debido a la gran variedad de procesos de recubrimiento galvánico que se dan a la superficie de un metal (cromado, plateado, dorado, niquelado, etc.), es por ello que los desechos generados, antes de ser sometidos a los procesos de desintoxicación o de tratamiento, requieren una previa igualación para la estabilización del caudal y de las características físico-químicas, principalmente pH y concentración de metales pesados.

Investigaciones realizadas en el tratamiento de dichas aguas, han demostrado que es importante que las aguas residuales galvánicas sean clasificadas en las siguientes cuatro categorías en función de las necesidades de segregación para efectos de su tratamiento posterior:

- a) Aguas residuales alcalinas que contienen cianuros.
- b) Aguas residuales ácidas que contienen cromo.
- c) Aguas residuales alcalinas exentas de cianuros que contienen otros aniones.
- d) Aguas residuales ácidas exentas de cromo que contienen otros metales pesados.

Es de suma importancia la segregación de los desechos que contienen cianuros de los desechos ácidos por la posible formación del ácido cianhídrico. Así mismo, es necesario segregar los desechos con cianuros de los desechos que contienen cromo, porque además de formarse el ácido cianhídrico, sería imposible conseguir la oxidación de cianuros y la reducción del cromo en el desecho.

Finalmente, es importante separar las aguas cianuradas de las que contienen níquel y hierro, debido a que pueden formar complejos cianurados que requieren tiempos de retención mucho mayores en las unidades de oxidación de cianuros.

En la tabla a continuación, se muestra las diferentes tecnologías aplicadas de acuerdo a la categoría del efluente a eliminar.

TABLA 9: TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE EFLUENTES DE ACUERDO A LA CATEGORÍA

| | | |
|-------------------------------|---------------------------|--|
| 3. METALES PESADOS | A. De Uso Amplio | <ul style="list-style-type: none"> a) Depósitos de Relaves b) Depósitos de Sedimentación c) Solidificación/estabilización d) Precipitación como Hidróxido <ul style="list-style-type: none"> * Cal * Hidróxido de Sodio * Carbonatos |
| | B. De Uso Limitado | <ul style="list-style-type: none"> a) Sedimentación Mecánica b) Coagulantes/Floculantes en Combinación con Agentes Precipitantes c) Precipitación con Sulfuros d) Filtración Mecánica e) Filtración Pasiva f) Ingeniería de Pantanos g) Intercambio Iónico |
| | C. Potencial | <ul style="list-style-type: none"> a) Precipitación con Carbonatos b) Osmosis Inversa c) Electrodiálisis d) Ultra – Filtración e) Absorción con Carbón Activado f) Cementación g) Precipitación con Silicato h) Proceso con Material Biológico (Bio-Fix Process) |
| 4. SÓLIDOS SUSPENDIDOS | A. De uso Amplio | <ul style="list-style-type: none"> a) Depósito de Relaves b) Depósito de Sedimentación c) Sumideros d) Coagulantes / Floculantes e) Sedimentadores Mecánicos |
| | B. De Uso Limitado | <ul style="list-style-type: none"> a) Filtración Mecánica (de pulpas y lodos) b) Filtración Mecánica (de material suspendido) c) Filtración Pasiva d) Ingeniería de Pantanos |
| 5. SÓLIDOS DISUELTOS | A. Potencial | <ul style="list-style-type: none"> a) Precipitación Química b) Intercambio Iónico c) Osmosis Inversa d) Electrodiálisis e) Destilación con Membranas |
| 6. pH | A. De Uso Amplio | <ul style="list-style-type: none"> a) Precipitación con Cal b) Precipitación con Caliza c) Precipitación con Hidróxido de Sodio |
| | B. De Uso Limitado | <ul style="list-style-type: none"> a) Ácido Sulfúrico b) Bióxido de Carbono c) Hidróxido de Magnesio |

Fuente: Procesos para el tratamiento de las aguas residuales en plantas galvanicas y metalúrgicas <http://www.estru-cplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=777> (Consultado el 15 febrero 2009)

7.

APROVECHAMIENTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA

7.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA REUSO

Haremos mención de algunos criterios que son parte del Reglamento Nacional de Edificaciones 2006, vigente a la fecha, en los cuales se especifican algunos criterios que permiten diseñar la aplicación de aguas residuales con fines de riego agrícola.

- Los estudios relacionados al tema deberán incluir: evaluación de problemas de salinidad en suelos, infiltración, drenaje, aguas subterráneas, etc.
- Se deberá incluir la evaluación de la calidad de aguas, posibles problemas de toxicidad, tolerancia de cultivos, etc.
- Tipos de cultivos, formas de irrigación, necesidades de almacenamiento, obras de infraestructura, costos y rentabilidad.
- El reglamento considera tres tipos de aplicación de riego en el terreno: riego a tasa lenta, infiltración rápida y flujo superficial. Cada uno de estos posee criterios a considerarse al momento de su aplicación:

SISTEMAS DE RIEGO DE TASA LENTA

- Se escogerán suelos que tengan un buen drenaje y una permeabilidad no mayor de 5 cm/d
- Pendiente del terreno: para cultivos 20% como máximo y para bosques hasta 40%
- Profundidad de napa freática: mínimo 1,5 m y preferiblemente 3m
- Pretratamiento requerido
- Requisitos de almacenamiento: se debe analizar cuidadosamente efectuando un balance hídrico. Las variables a considerarse son por lo menos:

- Capacidad de infiltración
- Régimen de lluvias
- Tipo de suelo y de cultivo
- Evapotranspiración y evaporación
- Carga hidráulica aplicable
- Periodos de descanso
- Tratamiento adicional que se produce en el almacenamiento
- La carga de nitrógeno se comprobaba de modo que al efectuarse el balance hídrico, la concentración calculada de nitratos en las aguas subterráneas sea inferior al 10 mg/l (como nitrógeno).
- La carga orgánica será entre 11 y 28 Kg. DBO / (ha.d), para impedir el desarrollo exagerado de la biomasa. Las cargas bajas se utilizaran como efluentes secundarios y las cargas altas con efluentes primarios.
- Los periodos de descanso usualmente varia entre 1 m a 2 semanas (sistemas de gran caudal a caudal medio)
- Para defensa de la calidad del agua subterránea se preferirán cultivos con alta utilización de nitrógeno.

SISTEMAS DE RIEGO DE INFILTRACIÓN RÁPIDA

- Se requieren suelos capaces de infiltrar de 10 a 60 cm/d, como arena, limos arenosos, arenas limosas y grava fina. Se requiere también un adecuado conocimiento de las variaciones del nivel freático.
- El pretratamiento requerido es primario como mínimo

- La napa freática debe estar entre 3 y 4,5 m de profundidad como mínimo
- La carga hidráulica puede variar entre 2 y 10 cm. por semana, dependiendo de varios factores.
- Se debe determinar el almacenamiento necesario considerando las variables indicadas en el numeral anterior. Se debe mantener periodos de descanso entre 5 y 20 días para mantener condiciones aerobias en el suelo. Los periodos de aplicación se escogerán manteniendo una relación entre 2:1 a 7:1 entre el descanso y la aplicación.
- La capa orgánica recomendada debe mantenerse entre 10 y 60 kg DBO /(ha.d)
- La pendiente del terreno debe estar entre 2 y 8% (preferiblemente 6%). Se requiere una superficie uniforme sin quebradas o cauces naturales, de modo que las aguas residuales puedan distribuirse en una capa de espesor uniforme en toda el área de aplicación. La superficie deberá cubrirse con pasto o cualquier otro tipo de vegetación similar que sea resistente a las condiciones de inundación que provea de un ambiente adecuado para el desarrollo de bacterias.
- El nivel freático debe estar 0,6 m. por debajo como mínimo.
- Se pueden usar cargas orgánicas de hasta 76 kg. DBO /(ha.d).

SISTEMAS DE FLUJO SUPERFICIAL

- Se requieren suelos arcillosos de baja permeabilidad.

El sistema de aplicación debe ser intermitente, con una relación 2:1 entre los periodos de descanso y de aplicación. Antes del corte o utilización de la vegetación para alimento de animales se debe permitir un periodo de descanso de 2 semanas como mínimo.

8.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

8.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua,

pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de la aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.

TABLA : PUNTOS CRÍTICOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

| PUNTO CRITICO | OBSERVACIONES |
|---------------------|---|
| INFRAESTRUCTURA | Deterioro de elementos debidos a falta o inadecuada limpieza, falta de elementos de medición de caudal (puntos de control, reglas, etc.), válvulas rotas, omisión o deterioro de acabados (repellos). |
| OPERATIVOS | Ausencia o deficiente limpieza de elementos del sistema, no se lleva control de operaciones realizadas (limpiezas mediciones de caudal, toma de muestras, etc.) no se tiene control de tiempos, periodos o cantidad de los extraídos, mala disposición final del desechos. |
| SEGURIDAD | Falta de elementos de seguridad como barandas en elementos altos o escaleras, cerca perimetral, rótulos preventivos o informativos, falta de recubrimiento antideslizante alrededor de tanques y otros elementos, falta o deterioro de equipo de seguridad, falta de Botiquines de primeros auxilios. |
| NIVEL CONGNOSCITIVO | Falta de capacitaciones periódicas, desconocimiento de la importancia del uso del equipo de protección, carencia de listado de actividades a realizar y períodos y procedimientos de realización, falta de registros, desconocimiento de métodos correctos de disposición de residuos. |

Fuente: Romero Cristales, Manlia Alicia del Rosario. 2002. Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas. Presentado en el XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Superacion sanitaria y ambiental: El reto". XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental"

El bajo porcentaje de buen funcionamiento y la poca cobertura que se brinda es un problema común que en muchos casos conlleva una perdida de eficiencia del sistema. En este capítulo se mencionan algunos

aspectos importantes a tener en cuenta para una correcta planificación de los trabajos de las labores de mantenimiento preventivo y correctivo que son comunes en este tipo de sistemas.



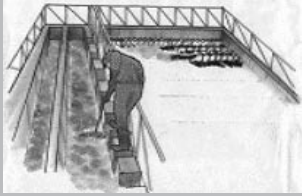

TABLA : PARÁMETROS DE CONTROL

| TIPO DE PARAMETRO | | PUNTO DE CONTROL / ELEMENTO |
|-------------------|---|---|
| FISICOS | Profundidad de lodos Natas y flotantes Producción de gases Producción de espuma Olor Vegetación Puntos muertos Encharcamientos | Tanques y lagunas Tanques y lagunas Cámaras de gases en tanques Imhoff y RAFA Tanques y canaletas Para todos los elementos Lagunas, respiraderos, canaletas y patios Superficie de filtros y tanques de aireación Superficie de filtros y patios de secado |
| HIDRAULICOS | Caudal Promedio Fluctuaciones | Entrada de la planta (medidor de caudal) Calculado en base a las medidas del caudal, las que serán registradas en formularios. |

Fuente: Romero Cristales, Manlia Alicia del Rosario. 2002. Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas. Presentado en el XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Superacion sanitaria y ambiental: El reto". XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental"

En general existen parámetros mínimos que requieren atención periódica de acuerdo a un Plan ejecutado por los técnicos de planta correspondiente.

TABLA : OPERACIONES DE LIMPIEZA

| GRAFICO | ACTIVIDADES | CONSIDERACIONES |
|---|---|---|
|  | Equipo de Protección Personal (EPP): Se describe el equipo a utilizar y además en que labores utilizarlo, se hace énfasis en que los operadores verifiquen el buen estado de los mismos antes de usarlos y que informen al supervisor si éste esta dañado o deteriorado. El EPP está compuesto por: 1. Gorra 2. Mascarilla 3. Guantes 4. Uniforme completo 5. Botas de hule | |
|  | Limpieza de rejillas | |
|  | Limpieza de canales de percolación | |
|  | Limpieza de natas en lagunas | Operador correctamente uniformado y con equipo- te protección completo |

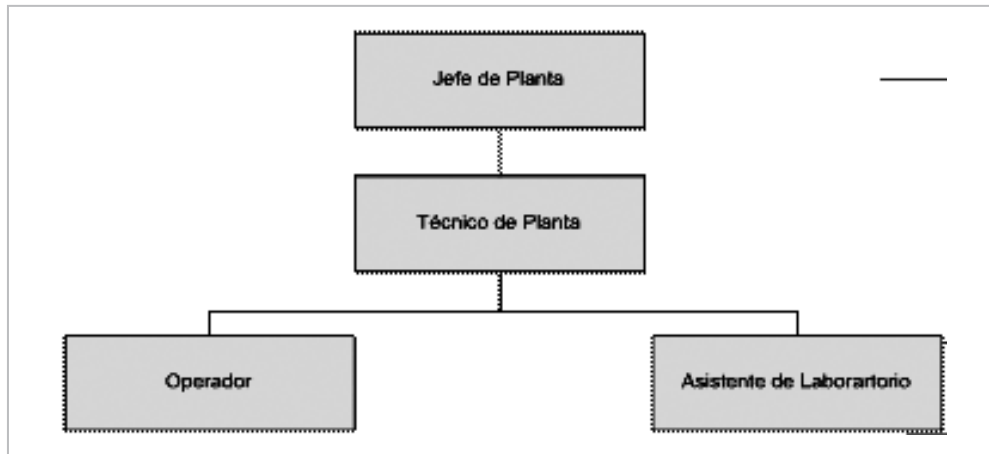
Fuente: Romero Cristales, Manlia Alicia del Rosario. 2002. Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas. Presentado en el XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Superacion sanitaria y ambiental: El reto". XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental"



8.2 CONSIDERACIONES DE PERSONAL CALIFICADO PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación es mostrada una estructura orgánica de común aplicación en sistemas de tratamiento de aguas residuales (se sobreentiende que esta organización es sugerida para aquellos de dimensión mayor a las domiciliarias).

FIGURA . ORGANIZACIÓN DE EQUIPO DE TRABAJO BÁSICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO



La estructura de una planta de tratamiento de aguas residuales está encabezada por un Jefe de Planta que se erige en el máximo responsable de los aspectos técnicos y de gestión de la misma. Le acompaña como colaborador el Técnico, que es el encargado de llevar a cabo la gestión de los procesos de tratamiento del agua. Dependiendo de él, se encuentran el Auxiliar de Laboratorio, que realiza los procesos propios de análisis, y el Operario de Planta, encargado de realizar las tareas básicas dentro de la planta.

1. TÉCNICO EN TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Gestionar, supervisar y controlar los trabajos de recogida, tratamiento en planta de residuos sólidos y alternativas de eliminación.

2. INGENIERO AMBIENTAL

Realizar informes de impacto ambiental, asesorar en aspectos medioambientales, gestión de aguas, gestión de residuos sólidos y peligrosos, etc.

3. TÉCNICO EN MEDIO AMBIENTE

Planificar y desarrollar la gestión del Medio Ambiente, desarrollar y ejecutar planes de acción, asesorar a organismos públicos y privados.

4. OPERADOR DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES

Efectuar los trabajos de explotación y mantenimiento adecuados, siguiendo instrucciones del Técnico, que garanticen el funcionamiento continuo de la estación, así como la conservación en buen estado de las instalaciones y maquinaria.

Los profesionales y técnicos que trabajan en plantas o sistemas de tratamiento deben tener las siguientes competencias.

A. GESTIONAR EL PROCESO DE LA PLANTA:

Conocer y aplicar las técnicas adecuadas para el diseño, la planificación y el control de los procesos de depuración y otros, en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

B. GESTIONAR EL PROCESO DE LA LÍNEA DE AGUAS:

Conocer y aplicar las técnicas específicas para llevar a cabo el diseño, la planificación y el control de las distintas fases del proceso de la línea de aguas (ciclos de abastecimiento y saneamiento, esencialmente).

C. GESTIONAR EL PROCESO DE LA LÍNEA DE FANGOS:

Conocer y aplicar las técnicas específicas para llevar a cabo el diseño, la planificación y el control de las distintas fases del proceso de la línea de fangos (ciclos de digestión de fangos, circuitos relativos a la instalación de cogeneración, etc.).

D. GESTIONAR, CONTROLAR Y SUPERVISAR EL MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:

Conocer y aplicar las técnicas adecuadas para mantener las instalaciones y equipos de la planta en sus condiciones óptimas de funcionamiento, planificando las actuaciones de mantenimiento de las instalaciones interiores y exteriores de la misma.

8.2.1 CONTRATACIÓN DE PERSONAL CALIFICADO PARA LA OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La formación específica de quienes trabajan en sistemas de tratamiento de aguas residuales debe ser:

A. OPERACIÓN Y MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Conocer las técnicas de operación y manejo de los distintos procesos y elementos instalados en las plantas de tratamiento de agua.

B. PROCESO DE TRATAMIENTO DE LODOS

Conocer los fundamentos y las técnicas propias de la ejecución de los procesos de tratamiento de lodos, y su reciclaje y aprovechamiento.

C. OPERACIÓN DE SISTEMAS PARA LA DESHIDRATACIÓN DE LOS LODOS

Conocer los fundamentos y las técnicas propias de la ejecución de los procesos de secado de lodos, y la aplicación de alternativas en su uso o en sus procesos.

D. OPERACIÓN DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

Conocer los fundamentos y las técnicas para optimizar el proceso de lodos activados en las plantas de tratamiento de aguas residuales en las que esté instalado.

E. PLANTAS DE TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO

Manejar las nociones y las técnicas para llevar a cabo los distintos procesos de tratamiento de aguas residuales con fundamento físico o químico.

F. OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO CON LOS PROCESOS DE NITRIFICACIÓN, DESNITRIFICACIÓN Y DESFOSFATACIÓN

Conocer los fundamentos y las técnicas para optimizar los procesos de nitrificación, desnitrificación y desfosfatación como partes integrantes del proceso global en el tratamiento de lodos.

G. MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD

Estudiar los efectos que sobre la sociedad tienen las alteraciones del Medio Ambiente y las repercusiones que algunas transformaciones o cambios producidos en la sociedad pueden tener sobre el Medio Ambiente.

H. MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DE LOS EQUIPOS

Realizar y aplicar planes preventivos y predictivos, para detectar anomalías de funcionamiento en los equipos y aplicar las actuaciones propias de su mantenimiento, propiciando su funcionamiento en óptimas condiciones.

I. CONSERVACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Mantener en buen estado de conservación los edificios e instalaciones de la planta, que lo adecuen a las exigencias medioambientales mediante la planificación de actuaciones preventivas y correctivas.


9.

INFORMACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA

9.1 FICHAS DE TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

10.1. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN


| | |
|---|--|
| Escala de Aplicación | Urbana |
| Tipo de Tecnología | Aeróbica |
| Experiencias similares en el país | <p>En Lima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas Verdes de Miramar • Áreas Verdes de Jerusalén y Piedras Gordas • Zona Agrícola ecológica de Ventanilla • Colegio Inmaculada • Zona Agrícola de José Gálvez • Zona Agrícola Nuevo Lurin • Punta Hermosa • Zona Agrícola de Pucusana |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Conductividad y sólidos disueltos • Sólidos sedimentables 10 minutos y 2 horas • Sólidos suspendidos totales (gruesos y finos) • Oxígeno disuelto (OD) • Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días - 20° C (DBO5) • Oxígeno Consumido del dicromato (DQO) • Compuestos fenólicos (método 4-amino-antipirina) |
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población. |

| | |
|-----------------------------|---|
| Criterios básicos de diseño | <p>Dentro de los confines específicos de los sistemas de aguas residuales que se vayan a diseñar, se deberán determinar en relación óptima, la posición, la naturaleza y el tamaño de las plantas de tratamiento respecto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fuente y calidad del agua que se va a tratar • El origen y la composición de las aguas residuales producidas • La naturaleza de las aguas receptoras en las que se van a dispersar las aguas residuales • La configuración y topografía de la comunidad y zonas circundantes • El crecimiento poblacional e industrial esperado |
| Imágenes relacionadas |  |

10.2. LODOS ACTIVADOS


| | |
|---|--|
| Escala de Aplicación | Urbana |
| Tipo de Tecnología | |
| Experiencias similares en el país | <ul style="list-style-type: none"> • Zona Agrícola de Chuquitanta • Berma central Avenida Universitaria • Sede Atarjea • Jardines de la Paz (Cementerio) • Alameda de la Solidaridad Villa el Salvador • Alameda de la Juventud |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Conductividad y sólidos disueltos • Sólidos sedimentables 10 minutos y 2 horas • Sólidos suspendidos totales (gruesos y finos) • Oxígeno disuelto (OD) • Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días - 20° C (DBO5) • Oxígeno Consumido del dicromato (DQO) • Compuestos fenólicos (método 4-amino-antipirina) |
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población. |



| | |
|------------------------------------|---|
| <p>Criterios básicos de diseño</p> | <ul style="list-style-type: none"> • El calculo se hará para caudales y concentraciones medias y temperaturas correspondientes al mes mas frío • Para lodos primarios se determinara el volumen y masa de sólidos en suspensión totales y volátiles teniendo en consideración los porcentajes de remoción, contenidos de sólidos y densidades. • Para procesos de tratamiento biológico como los lodos activados y filtros biológicos se determinara la masa de lodos biológicos producido por síntesis de la materia orgánica menos la cantidad destruida por respiración endógena • En los procesos de lodos activados con descarga de lodos directamente desde el tanque de aeración, se determinara el volumen de lodo producido a partir del parámetro de edad del lodo. En este caso la concentración del lodo de exceso es la misma que la del tanque de aeración. |
| <p>Imágenes relacionadas</p> |  |

10.3. LAGUNAS AERADAS


| | |
|--|---|
| <p>Escala de Aplicación</p> | <p>Urbana</p> |
| <p>Tipo de Tecnología</p> | |
| <p>Experiencias similares en el país</p> | <p>Lima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Golf de Lima • Club Golf de la Planicie • Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores • Parque 23 • Parque Zonal “Huayna Capac” • Comité de regantes CP1 Villa el Salvador • Comité de Regantes CP2 Villa el Salvador • Parque Zonal Huascar |
| <p>Principales indicadores de eficiencia</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Conductividad y sólidos disueltos • Sólidos sedimentables 10 minutos y 2 horas • Sólidos suspendidos totales (gruesos y finos) • Oxígeno disuelto (OD) • Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días - 20° C (DBO5) • Oxígeno Consumido del dicromato (DQO) • Compuestos fenólicos (método 4-amino-antipirina) |

| | |
|---|--|
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la |
| Criterios básicos de diseño | <ul style="list-style-type: none"> • Los criterios de diseño para el proceso (coeficiente cinético de degradación, constante de auto oxidación y requisitos de oxígeno para síntesis) deben idealmente ser determinados a través de experimentación. • Alternativamente se dimensionara la laguna aereada para la eficiencia de remoción de DBO soluble establecida en condiciones del mes mas frio y con una constante de degradación alrededor de 0,025 (1/ (mg/l Xv.d)) a 20 °C, en donde Xv es la concentración de sólidos volátiles activos en la laguna. • Los requisitos de oxígeno para el proceso (para síntesis y respiración endogena) se determinara para condiciones del mes caliente. Estos serán corregidos a condiciones estándar, por temperatura y elevación. • Se seleccionara el tipo de aereador más conveniente, prefiriéndose los aereadores mecánicos superficiales. • Para la remoción de coliformes se usara el mismo coeficiente de mortalidad neto que el especificado para las lagunas facultativas. La calidad del efluente se determinara para las condiciones del mes mas frío. |
| Imágenes relacionadas |  |

10.4.TANQUES IMHOFF


| | |
|---------------------------------------|---|
| Escala de Aplicación | Caudal Medio, Escala Meso |
| Tipo de Tecnología | |
| Experiencias similares en el país | <ul style="list-style-type: none"> • Zona Agrícola de Huachipa • Distrito de San Genaro, Cañete |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Conductividad y sólidos disueltos • Sólidos sedimentables 10 minutos y 2 horas • Sólidos suspendidos totales (gruesos y finos) • Oxígeno disuelto (OD) • Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días - 20° C (DBO5) • Oxígeno Consumido del dicromato (DQO) • Compuestos fenólicos (método 4-amino-antipirina) |



| | |
|---|---|
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: regadío de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población. |
| Criterios básicos de diseño | <ul style="list-style-type: none"> • El área requerida para el proceso se determinara con una carga superficial de 1m³/m²/h, calculado en la base del caudal medio. • El periodo de retención nominal será de 1,5 a 2,5 horas. La profundidad será el producto de la carga superficial y el periodo de retención. • El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados, con respecto al eje horizontal, tendrá entre 50 y 60 grados. • En la arista central se dejara una abertura para el paso de sólidos de 0,15 m a 0,20 m. Uno de los lados deberá prolongarse de modo que impida el paso de gases hacia el sedimentador, esta prolongación deberá tener una proyección horizontal de 0,15 a 0,20 m. • El borde libre tendrá un valor mínimo de 0,30 m. • El volumen de lodos se determinara considerando la reducción de % de sólidos volátiles, con una densidad de 1,05 kg/l y un contenido promedio de sólidos de 12,5% (al peso). El compartimiento será dimensionado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura. |
| Imágenes relacionadas |  |

10.5. BIOFILTROS

| | |
|---------------------------------------|--|
| Escala de Aplicación | Caudal Medio, Escala Meso |
| Tipo de Tecnología | Aeróbica |
| Experiencias similares en el país | |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes fecales • DBO5 • Sólidos Totales • Sólidos suspendidos volátiles • Nitrógeno Total. • Aceite y Grasas • Fósforo Total |

| | |
|---|--|
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población. |
| Criterios básicos de diseño | <p>SUSTRATO: Soporte para el humus de lombriz, lugar donde la materia orgánica es consumida por las lombrices y los microorganismos son reducidos. La granulometría del sustrato permite una buena remoción de sólidos suspendidos y de la parte orgánica. Tipos de sustrato: arena gruesa (2 mm), arena gravosa (8 mm), grava fina (16 mm), grava media (32 mm), piedra partida (128 mm).</p> <p>MICROORGANISMOS: (Bacterias) Actúan en la descomposición de materia orgánica y la degradación y en la transformación de compuestos tóxicos. Pueden ser aerobios y anaerobios</p> |
| Imágenes relacionadas |  |

10.6. REACTORES ANAERÓBICOS DE FLUJO ASCENDENTE RAFA

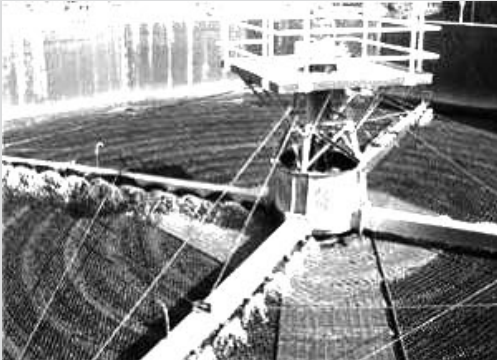
| | |
|---------------------------------------|---|
| Escala de Aplicación | Caudal Medio, Escala Meso |
| Tipo de Tecnología | |
| Experiencias similares en el país | <ul style="list-style-type: none"> • Universidad Nacional de Ingeniería (UNITRAR) |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Conductividad y sólidos disueltos • Sólidos sedimentables 10 minutos y 2 horas • Sólidos suspendidos totales (gruesos y finos) • Oxígeno disuelto (OD) • Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días - 20° C (DBO5) • Oxígeno Consumido del dicromato (DQO) • Compuestos fenólicos (método 4-amino-antipirina) |



| | |
|---|--|
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población. |
| Criterios básicos de diseño | <ul style="list-style-type: none"> • El tratamiento previo debe ser cribas y desarenadores • Cargas de diseño (1,5 a 2,0 hg DQO / (m3.dia) para aguas residuales domesticas; 15 a 20 kg DQO / (m3.dia) para desechos orgánicos concentrados (desechos industriales) • Sedimentador.- Carga superficial 1,2 a 1,5 m3/(m2.h), calculada en base al caudal medio. Altura de 1,5 m, para aguas residuales domesticas y 1,5 a 2,0 m para desechos de alta carga orgánica. • Inclinação de paredes: 50 a 60 °C. Reactor anaerobio.- Velocidad ascensional de 1,0 m3/(m2.h), calculado en base al caudal máximo horario |
| Imágenes relacionadas | |

10.7. FILTRO PERCOLADOR

| | |
|---------------------------------------|---|
| Escala de Aplicación | Domiciliarios, Pequeño Caudal (Micro) |
| Tipo de Tecnología | |
| Experiencias similares en el país | |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • pH • Conductividad y sólidos disueltos • Sólidos sedimentables 10 minutos y 2 horas • Sólidos suspendidos totales (gruesos y finos) • Oxígeno disuelto (OD) • Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días - 20° C (DBO5) • Oxígeno Consumido del dicromato (DQO) • Compuestos fenólicos (método 4-amino-antipirina) |

| | |
|---|---|
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población |
| Criterios básicos de diseño | <ul style="list-style-type: none"> • Los filtros percoladores deberán diseñarse de modo que se reduzca al mínimo la utilización de equipo mecánico. Para ello se preferirán las siguientes opciones: lechos de piedra, distribución de efluente primario por medio de boquillas o mecanismos de brazos giratorios autopropulsados. • Sedimentadores secundarios sin mecanismos de barrido (con tolvas de lodos) y retorno de lodo secundario al tratamiento primario. • El tratamiento previo a los filtros percoladores será: cribas, desarenadotes y sedimentación primaria. • Los filtros podrán ser de alta o baja carga. • En los filtros de baja carga la dosificación debe efectuarse pro medio de sifones, con un intervalo de 5 minutos. Para los filtros de alta carga la dosificación la dosificación es continua por efecto de la recirculación y en caso de usarse sifones, el intervalo de dosificación será inferior a 15 segundos. |
| Imágenes relacionadas |  |

10.8. HUMEDALES ARTIFICIALES

| | |
|---|---|
| Escala de Aplicación | Domiciliarios, Pequeño Caudal (Micro) |
| Tipo de Tecnología | Aerobia |
| Experiencias similares en el país | <ul style="list-style-type: none"> • Áreas Verdes Colegio 1265 • Oasis de Villa |
| Principales indicadores de eficiencia | |
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: riego de cultivos de consumo crudo destinado al mercado externo, riego de jardines y campos de golf, fertilización de zonas costeras. • Industria: curtiembre, piscicultura, pesticidas, lavado de ventanas, control de incendios, papelera, producción de concreto, excusados en edificaciones. • Energía: agua de enfriamiento de generadores de energía eléctrica (termoeléctrica), hidroeléctrica. • Minería: recupero y reuso de metales de desecho. • Recreación, restauración: llenado de lagos y humedales • Recarga de Acuíferos: generar insumo para industria de agua potable para cubrir la demanda de la población |

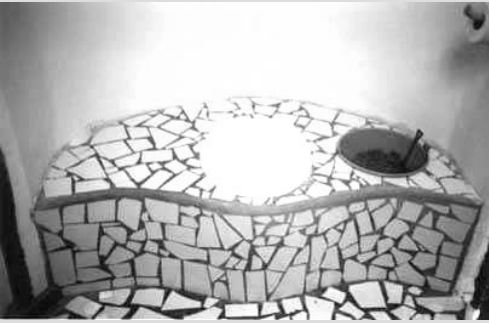


| | |
|------------------------------------|--|
| <p>Criterios básicos de diseño</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento. • Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación de la superficie de agua y pérdida a través de la transpiración de las plantas). • La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas, raíces, y rizomas y, segundo, bloqueando la exposición al viento y al sol. |
| <p>Imágenes relacionadas</p> | |

10.9. BAÑOS CON TRATAMIENTO POSTERIOR*


| | |
|--|---|
| <p>Escala de Aplicación</p> | <p>Domiciliarios, Pequeño Caudal (Micro)</p> |
| <p>Tipo de Tecnología</p> | <p>Anaerobia</p> |
| <p>Experiencias similares en el país</p> | <p>68 Módulos en Asentamiento Humano Pedro A. Labarthe, Distrito de Ventanilla, Callao</p> |
| <p>Principales indicadores de eficiencia</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Se asume que la tecnología aporta un número de experiencias que aseguran un gran porcentaje de eficiencia en la remoción de impurezas. • Es posible asumir de forma periódica un control de indicadores, mas este trabajo deberá ser gestionado por un “grupo” de pobladores que hagan uso de esta opción sanitaria como control de calidad bajo presupuestos que deberán ser asumidos en forma comunitaria. |
| <p>Tipos de actividades de reuso sugeridas</p> | <p>Agua de Riego, Fertilizantes</p> |
| <p>Criterios básicos de diseño</p> | <p>Componentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un tanque de polietileno con capa interior antibacteriana. • Un inodoro con arrastre hidráulico. • Un lavadero multiuso para el lavado de manos, ropa y utensilios. • Una ducha para acceder a un aseo personal diario. • Un biodigestor. |
| <p>Imágenes relacionadas * Denominado por la Asociación SER como Baño ecológico.</p> | |

10.11. BAÑOS SECOS

| | |
|---|--|
| Escala de Aplicación | Domiciliarios, Pequeño Caudal (Micro) |
| Tipo de Tecnología | Uso directo |
| Experiencias similares en el país | En costa, sierra y Selva, Nieveria Chosica, ONG CENCA Cañete, CARE Puno, Islas de los Uros, entre otros Ver www.redsaneamientosostenible.org.pe |
| Principales indicadores de eficiencia | <ul style="list-style-type: none"> • pH • coniformes <p>La presencia de fuertes olores indican la misma se esta ya en proceso de descomposición (perdida de nitrógeno), lo cual no es conveniente si se desea aprovechar este componente como fertilizante natural</p> |
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | <ul style="list-style-type: none"> • Compostaje -Fertilizante natural • Orinas- previo tratamiento , uso como fertilizante • Aguas grises, previo tratamiento, para riego |
| Criterios básicos de diseño | <ul style="list-style-type: none"> • Es conveniente que el tubo de ventilación tenga un filtro para que no entren insectos • El hueco de la puerta de la cámara de humus permite la ventilación cruzada a través de las medias tuberías, y así oxigenan el compost, pasando después a la chimenea y al exterior. • El deposito de orina debe ser hermético. |
| Parámetros básicos de control | <ul style="list-style-type: none"> • Uso de mezcla secante (cal, tierra o aserrín) • La cámara se colmada de 6 aun año dependiendo del numero de miembros de la familia. El cual reposa por aproximadamente 6 meses, mientras se usa la segunda cámara. • El sistema de funcionamiento de esta tecnología se produce a través de la reducción del volumen por perdida de humedad, mediante la descomposición aeróbica (en presencia de aire) de los residuos orgánicos. |
| Imágenes relacionadas |  |



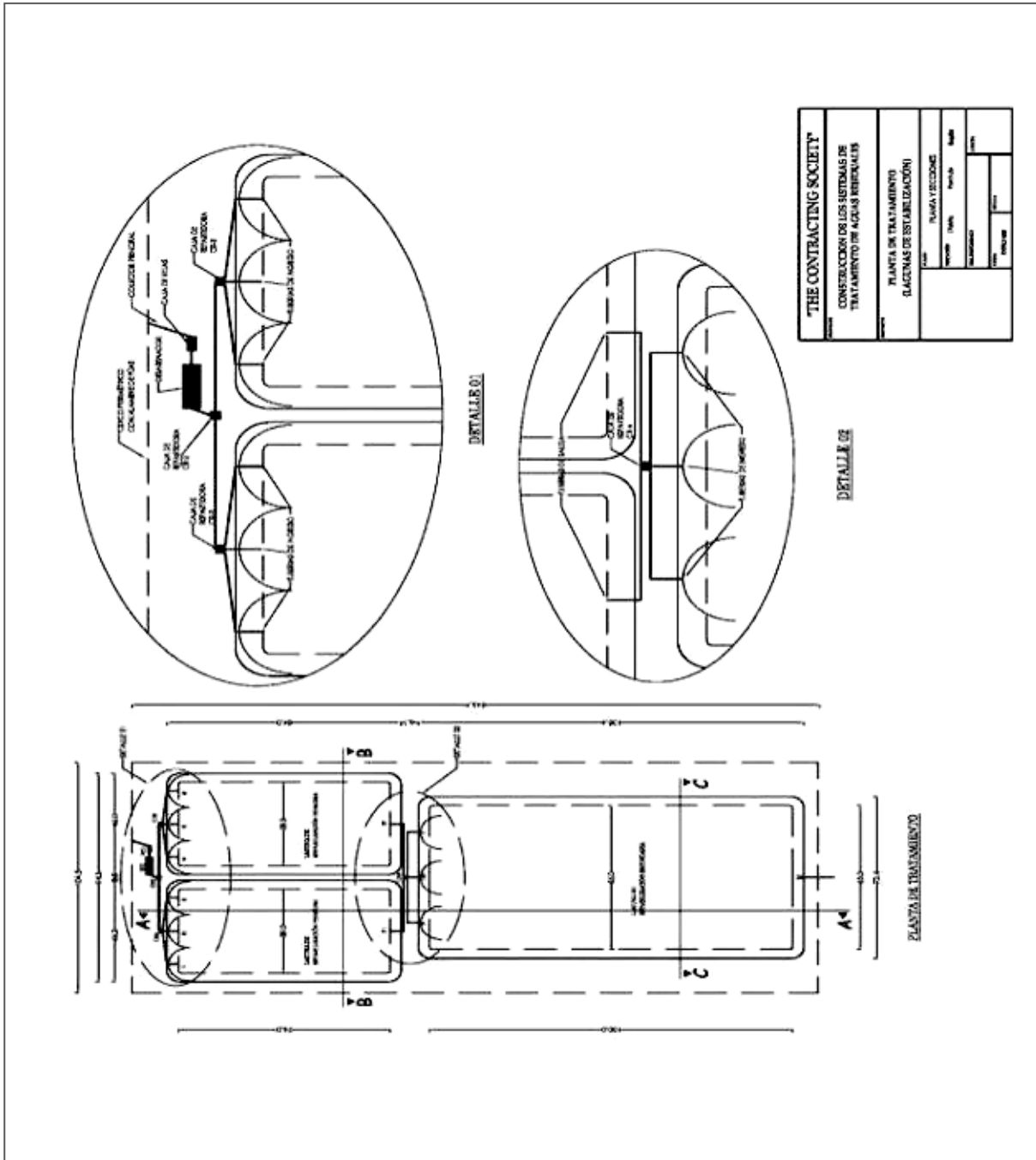
10.12 RECICLAJE DE ORINA

| | |
|---|--|
| Escala de Aplicación | Domiciliarios, Pequeño Caudal (Micro) |
| Tipo de Tecnología | Uso directo |
| Experiencias similares en el país | |
| Principales indicadores de eficiencia | La presencia de fuertes olores indican la misma se esta ya en proceso de descomposición (perdida de nitrógeno), lo cual no es conveniente si se desea aprovechar este componente como fertilizante natural |
| Tipos de actividades de reuso sugeridas | Fertilizante natural |
| Criterios básicos de diseño | <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda preparar una mezcla 5:1 (5 partes de agua pro 1 de orina), con fines de usos como fertilizante (en caso de plantas jóvenes y semillas la mezcla sugerida es 10:1). • Regar la parte baja de las plantas (zona de tallo), con el fin nutrir de forma directa las raíces. |
| Parámetros básicos de control | Control de uso de fluidos recientes (los mismos que al salir del cuerpo humano son estériles a diferencia de las heces que poseen bacterias) |
| Imágenes relacionadas |  <p>Previo tratamiento se usa para riego</p> |

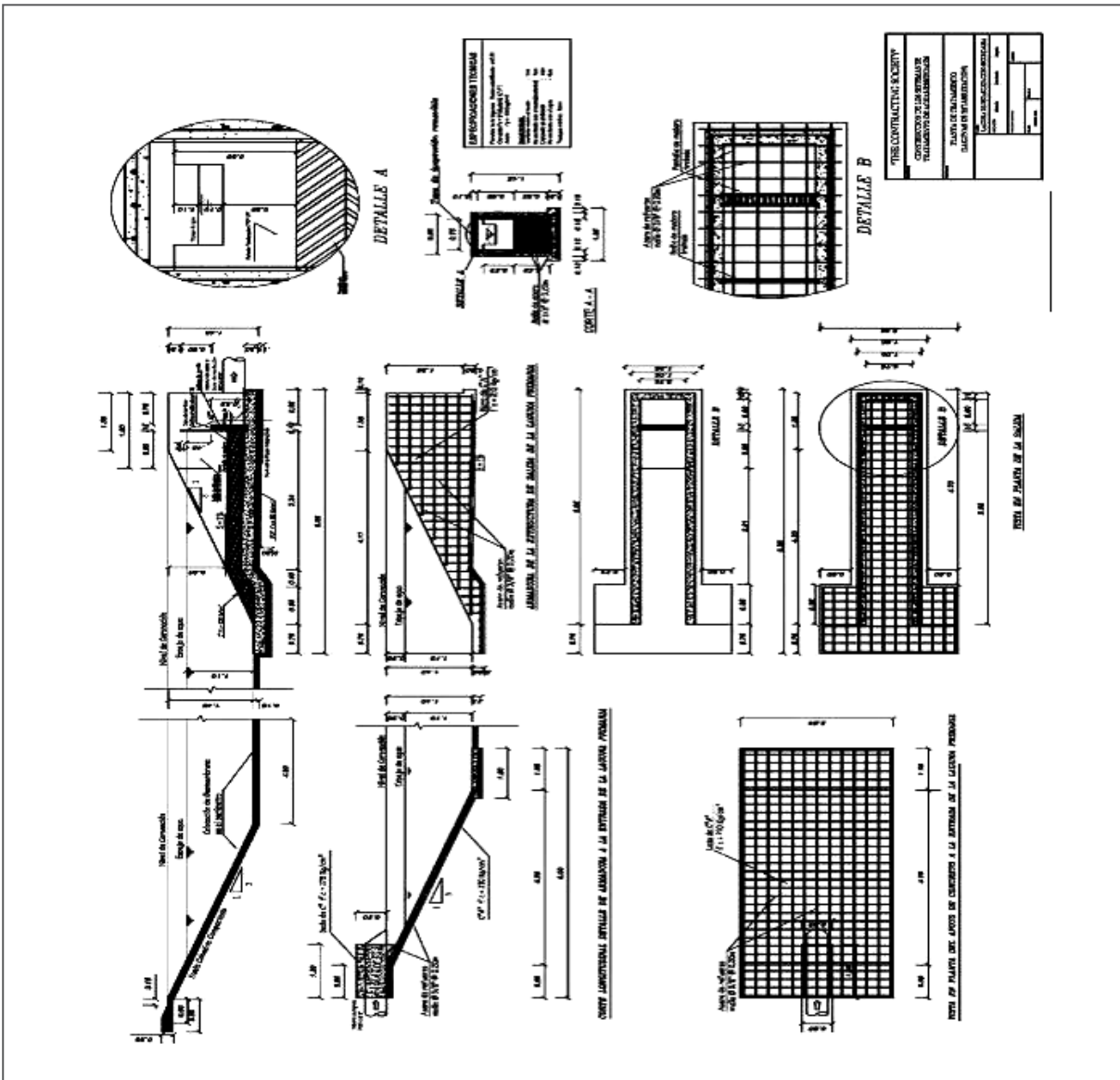
9.2 PLANOS Y DETALLES DE INGENIERÍA

9.2.1 SISTEMA DE LAGUNA DE OXIDACIÓN

PLANOS GENERALES DE LAGUNA

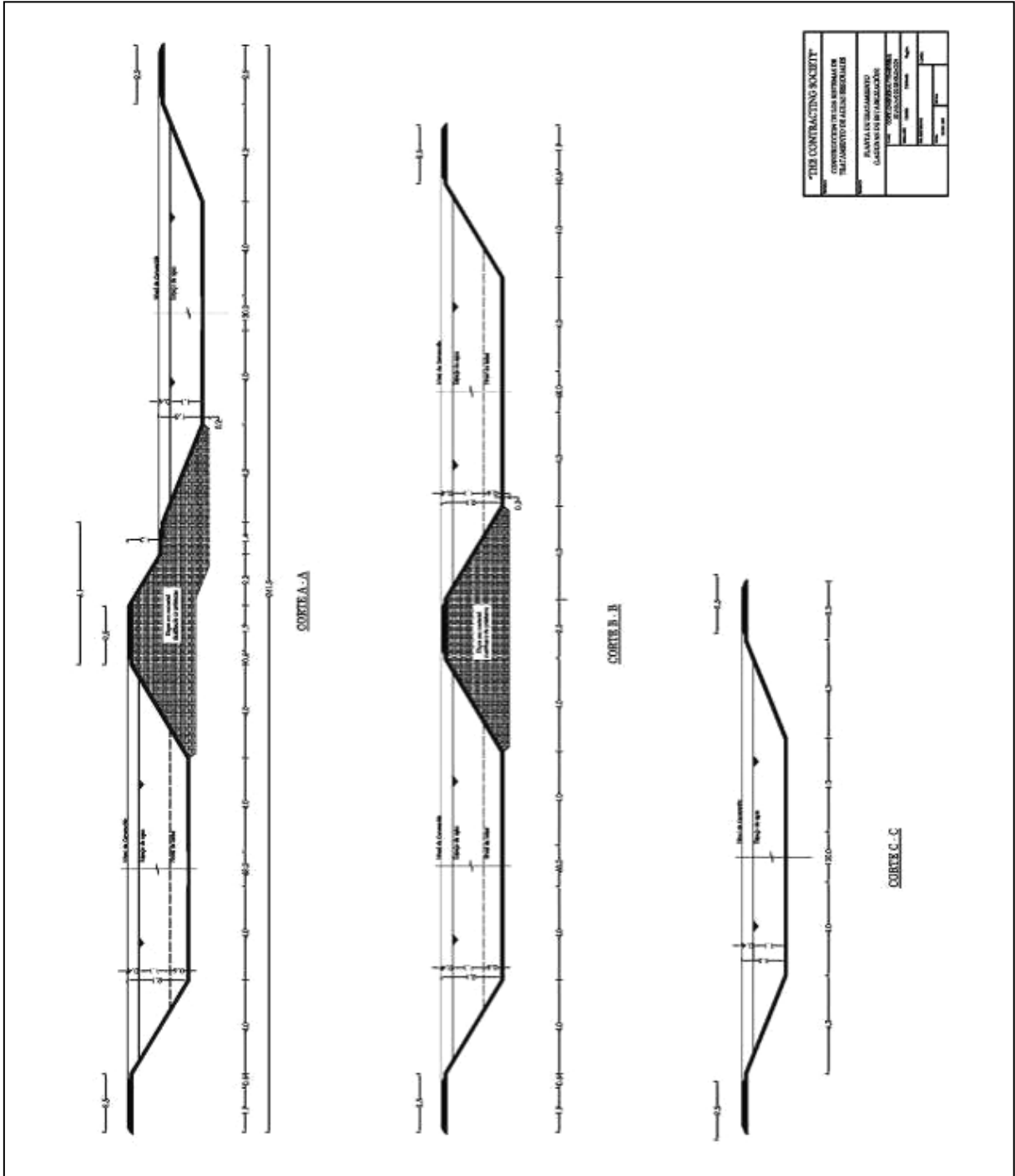


9.2.3 PLANOS DE LAGUNA SECUNDARIA

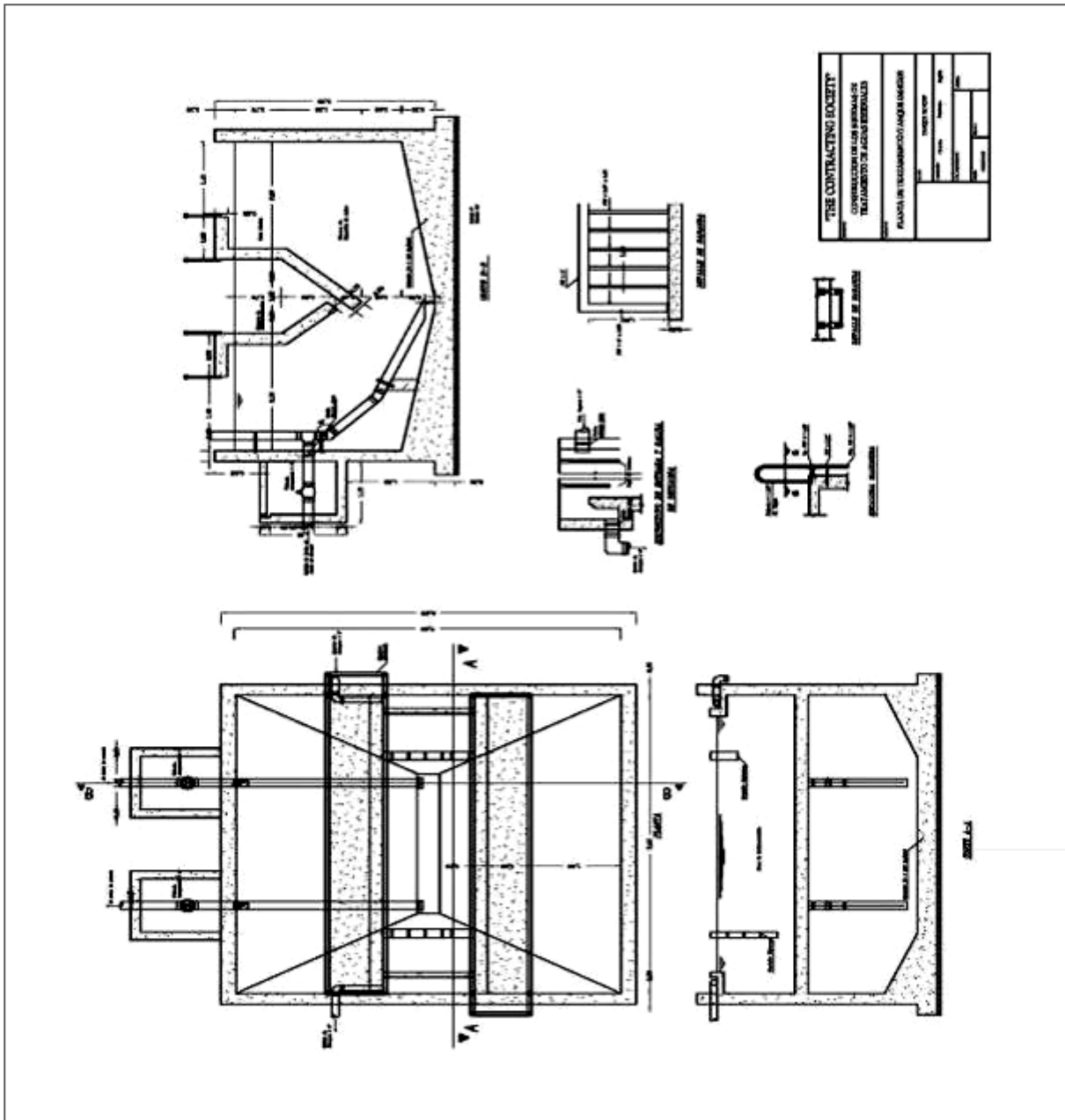




9.2.4 PLANO LAGUNA CORTES

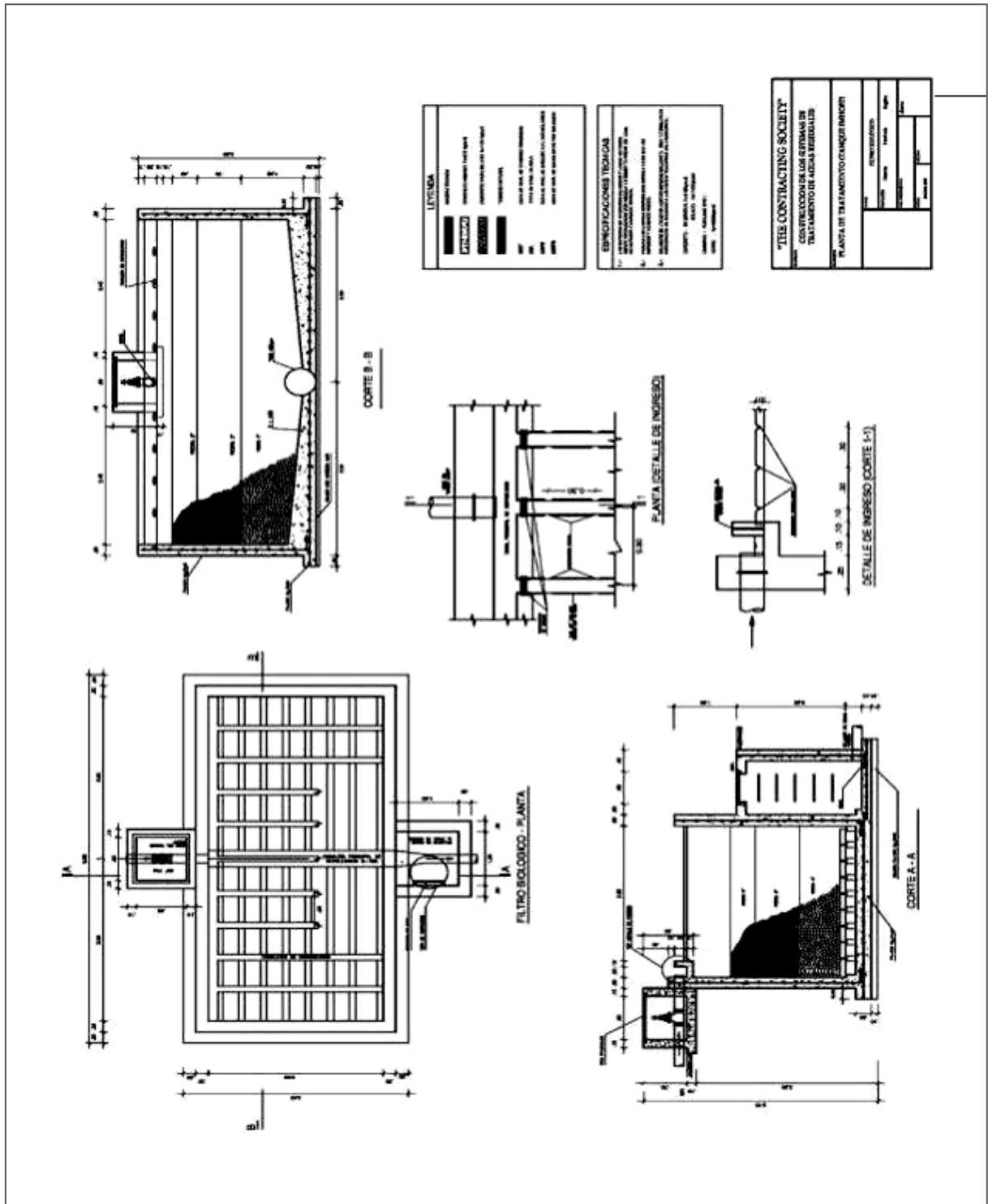


9.2.5 PLANOS TANQUE IMHOFF

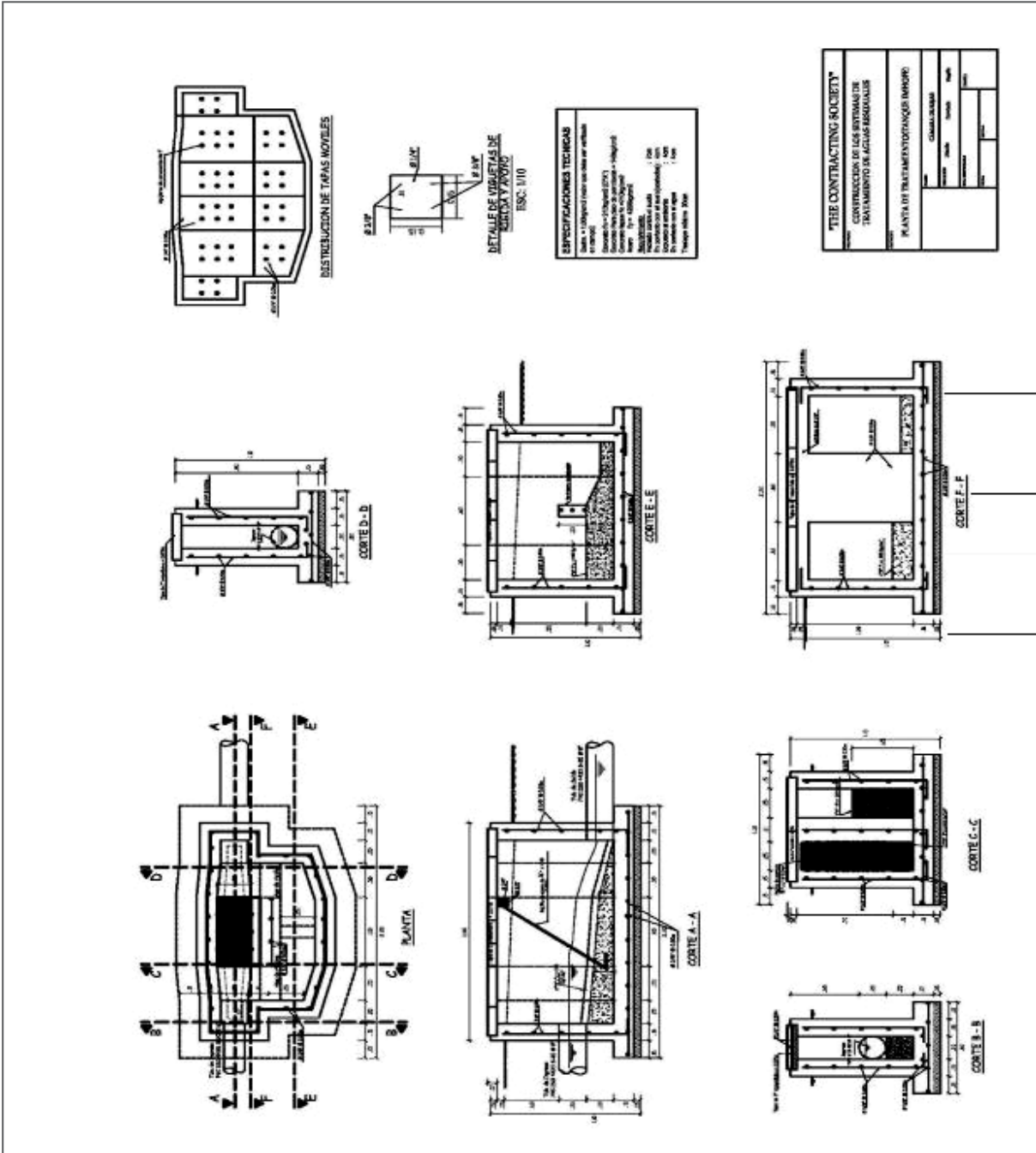




9.2.6 PLANO FILTRO BIOLÓGICO

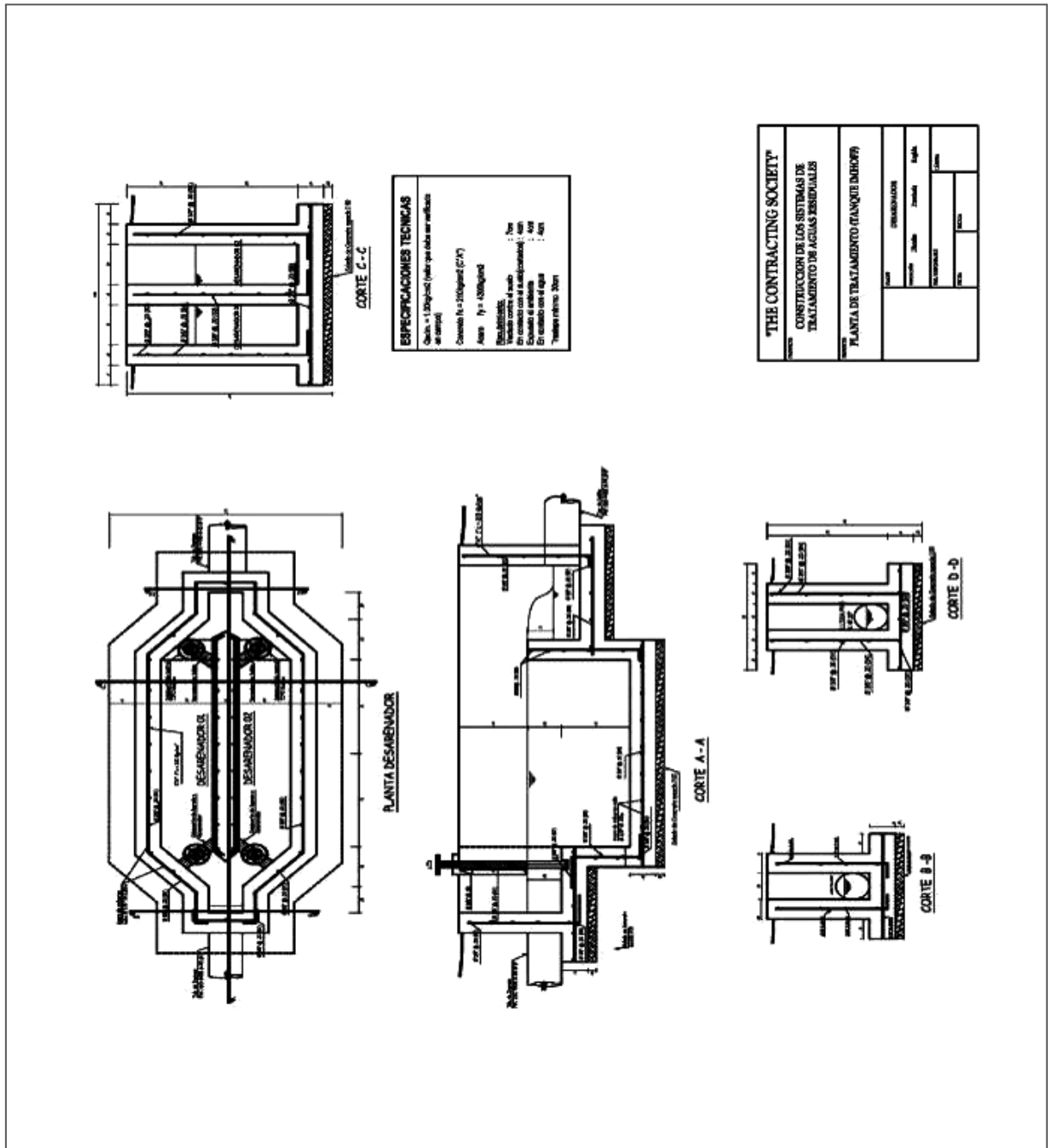


9.2.7 PLANO CÁMARA DE REJAS

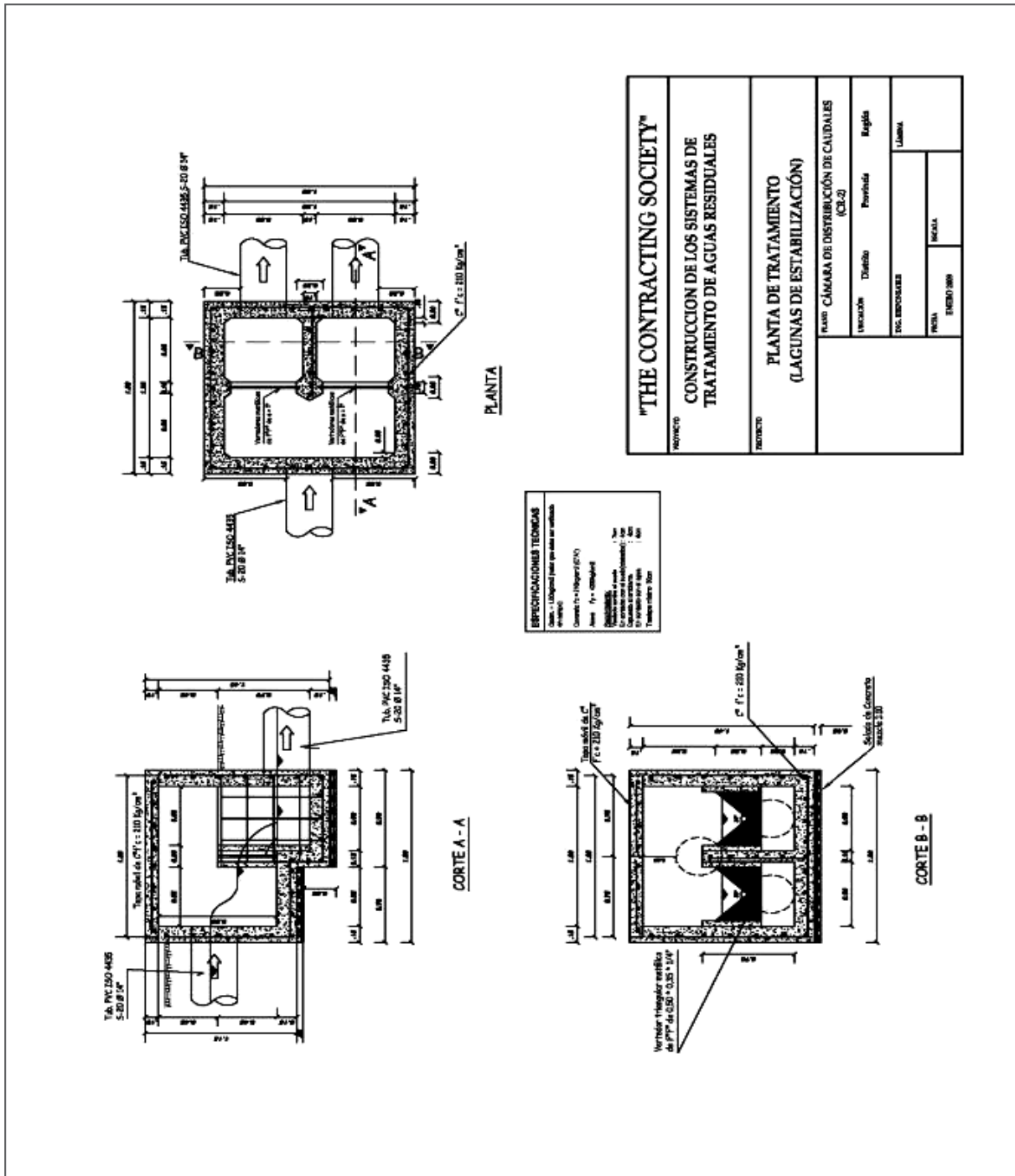




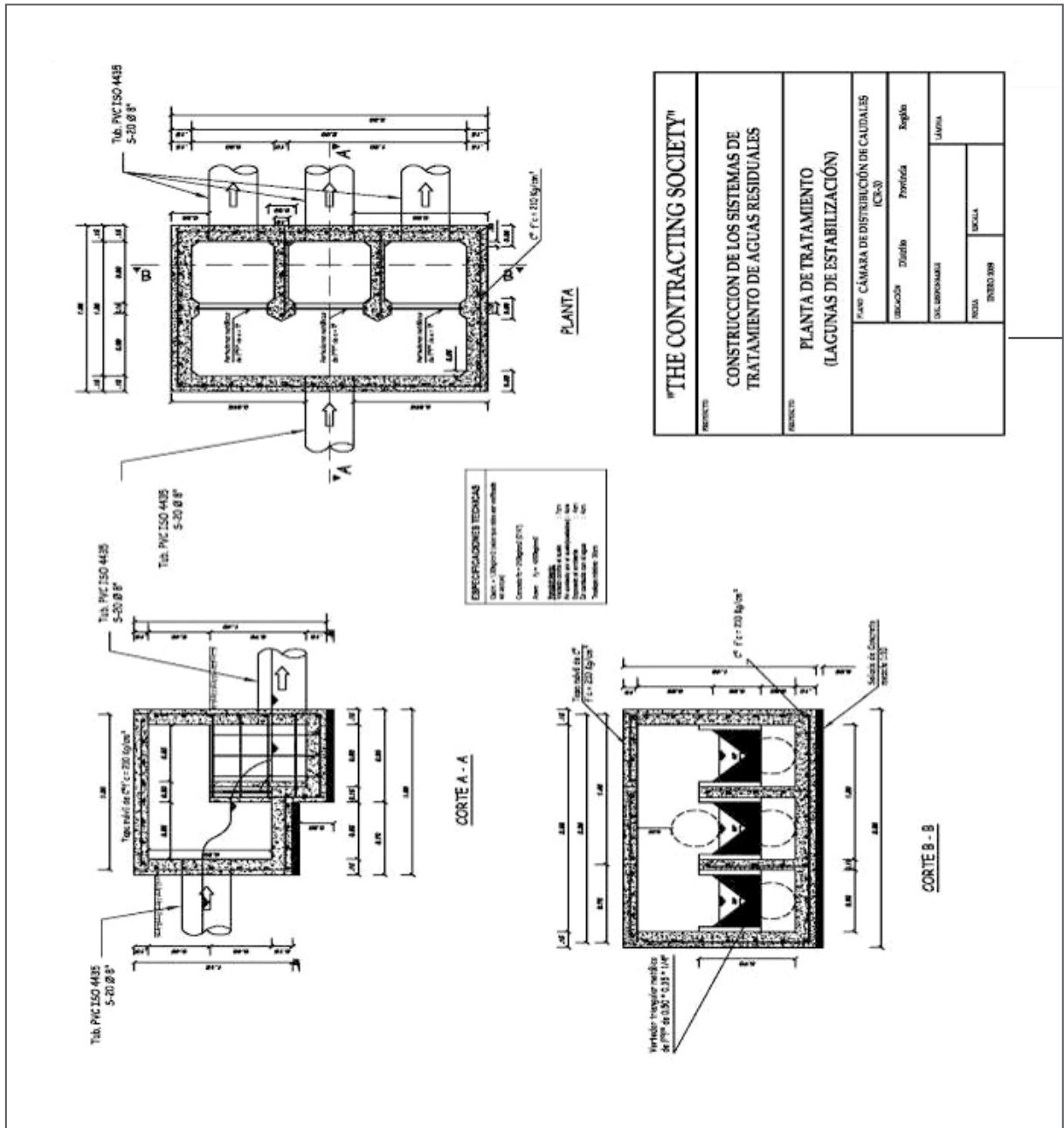
9.2.8 PLANOS DESARENADOR



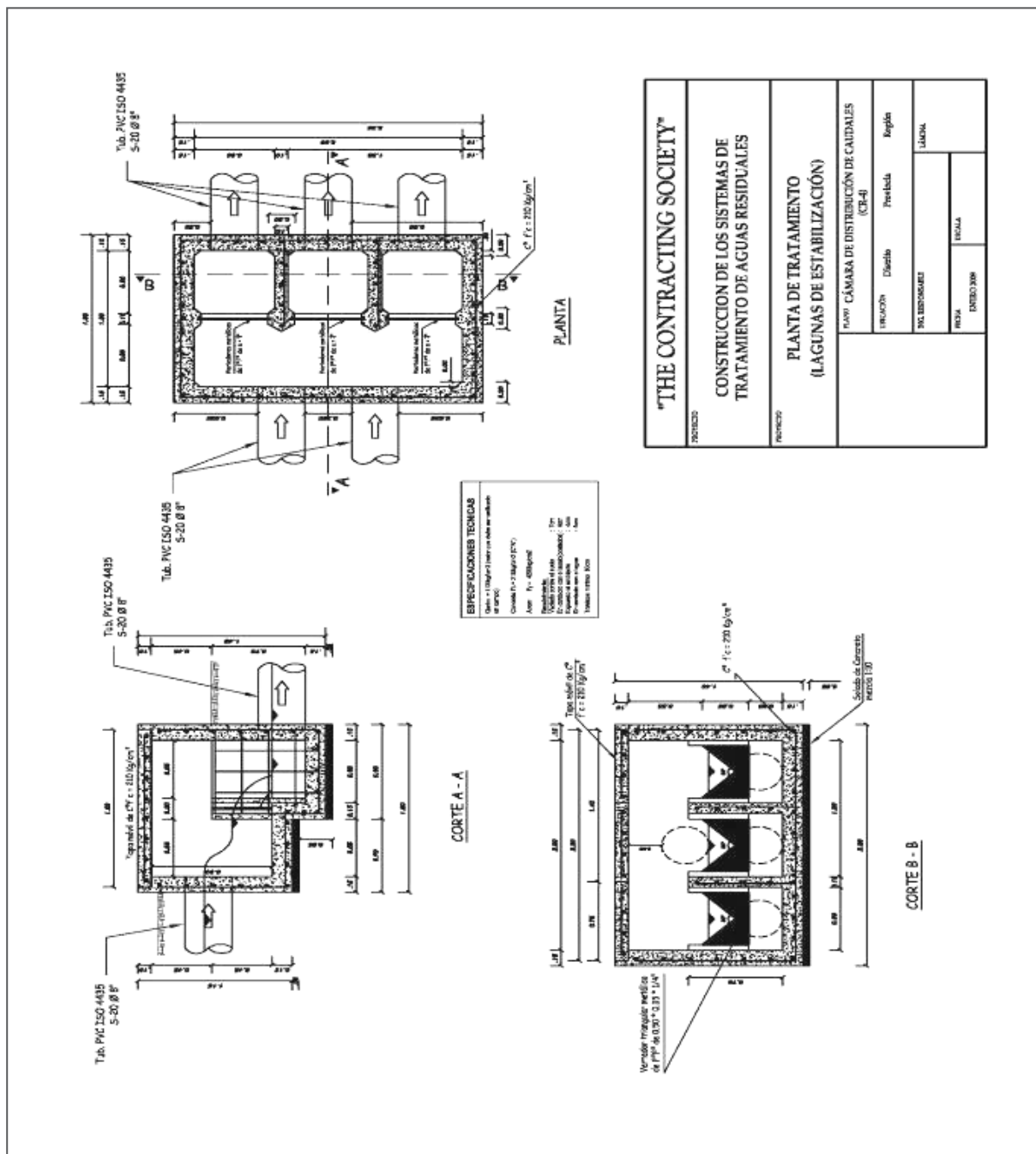
9.1.9 PLANOS CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES I



9.2.10 PLANOS CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES II



9.1.11 PLANOS CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES III



ANEXOS

ANEXO I. POLÍTICAS, DEFINICIONES E INSTITUCIONES VINCULADAS AL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS A TRAVÉS DE MÉTODOS NO CONVENCIONALES

La “Conferencia Peruana del Saneamiento” (PERUSAN) llevada a cabo en el año 2008, ha permitido recoger aportes tanto tecnológicos como estratégicos en materia de reuso de aguas residuales, como los expuestos por la Empresa de Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Lima (SEDAPAL), los cuales apuntan a “institucionalizar” el tratamiento de aguas residuales para que este sea parte de la oferta de servicios que la institución puede ofrecer a la sociedad capitalina.

Hay problemas aun por enfrentar, como aquellos relacionados al uso de los remanentes de agua tratada, en caso se instituya una solución que apunte a dar tratamiento al total del caudal de aguas residuales producidas, en este caso por la metrópoli Limeña.

Si bien el Reglamento Nacional de Edificaciones norma de forma detallada los aspectos de diseño y construcción de soluciones para el tratamiento de aguas residuales a escalas macro y micro, aun es menester normar el uso de las mismas, de forma unificada entre el Ministerio de Vivienda, Construcción y Urbanismo y el Ministerio de Salud, quien a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), es el que certifica que la calidad del agua residual tratada esté de acuerdo a los estándares nacionales e internacionales vigentes.

En este sentido, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, viene liderando las iniciativas orientadas a normas aspectos de reuso de las aguas residuales tratadas, teniendo en cuenta como prioridad el tema de “agricultura urbana”. Finalmente políticas públicas proyectadas en el Acuerdo Nacional son las que enmarcan el desarrollo de iniciativas en el campo del tratamiento de aguas residuales.

TABLA 13. OBJETIVOS DEL ACUERDO NACIONAL VINCULADOS AL SANEAMIENTO 2002-2021

| Objetivos | Política de Estado | Nos comprometemos a: |
|---|--------------------|--|
| 1. Democracia y Estado de Derecho | 8° c) | Promover eficiencia y transparencia en la regulación y en la provisión de servicios públicos |
| 2. Equidad y Justicia Social | 13° c) | Ampliar el acceso al agua potable y al saneamiento básico |
| 3. Competitividad del país | 21° c) | Otorgar especial énfasis a la infraestructura de saneamiento |
| 4. Estado eficiente, transparente y descentralizado | 24° a) | Incrementar la cobertura y la calidad de provisión de servicios públicos |

Fuente: Presentación del Ing. Juan Alvites Muñoz en el Congreso Peruano de Saneamiento PRONASAR, PERUSAN 2008.

ANEXO II. COMPLEMENTO CONCEPTUAL

A. AGUAS RESIDUALES – DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN GENERAL

Se define agua residual o agua servida como una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua luego de su uso proveniente de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones, incluyendo agua subterránea, superficial o pluvial que pueda estar presente.

Las cuatro fuentes de aguas residuales son: 1. Aguas domésticas o urbanas, 2. Aguas residuales industriales, 3. Aguas de usos agrícolas, 4. Aguas pluviales. Aunque la mayor parte de las aguas servidas (cerca del 90%) provienen del uso doméstico e industrial, la de usos agrícolas y pluviales urbanas están adquiriendo cada día mayor importancia, debido a que los escurrimientos de fertilizantes (fosfatos) y pesticidas representan los principales causantes del envejecimiento de lagos y pantanos cuyo proceso es llamado eutrofización⁷.

B. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES

Este tratamiento consiste en el consumo de materia orgánica contenida en las aguas de desecho y de una parte de las materias nutriente (nitrógeno y fósforo), por parte de los microorganismos, ya presentes en dichas aguas.

CLASES DE PROCESOS BIOLÓGICOS:

Los de uso común, para el fin anteriormente apuntado, se clasifican en:

Aerobios: Son realizados por microorganismos vivos, cuyo metabolismo tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto. Los productos finales son principalmente CO_2 y H_2O , con desprendimiento de energía, en parte empleada en la formación de nuevos microorganismos, de gran importancia en este proceso para las reacciones de síntesis.

Anaerobios: Son realizados por microorganismos cuyo metabolismo se realiza en ausencia de oxígeno, pudiendo verse gravemente afectados por la presencia de este elemento.

Los productos finales mayoritariamente son CH_4 y CO_2 . Las reacciones de síntesis se realizan con poca extensión lo que obliga a utilizar sistemas de retención de microorganismos.

Facultativos: Los microorganismos responsables de estos procesos (organismos facultativos) son indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto.

Según se lleva a cabo el tratamiento biológico bajo condiciones aerobias o anaerobias, el proceso se conoce también como digestión aerobia o anaeróbica.

C. CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN

Para determinar las operaciones y procesos unitarios a ser utilizados dentro de una planta de tratamiento de efluentes, previamente se necesita de un análisis de los siguientes factores técnicos y económicos:

VOLUMEN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y VARIACIÓN DEL CAUDAL

De forma particular este indicador esta directamente relacionado con el uso predominante que hemos planificado del agua residual tratada. Si es para riego de parques y jardines, este tiene una periodicidad y un volumen que es parte de la demanda, que debe ser analizado para aprovechar al máximo la capacidad instalada del sistema que hayamos construido. En el caso de soluciones domiciliarias, esta demanda esta dada más que todo por la producción propia de cada hogar y el reuso ya previsto dentro del mismo.

- Características físico-químicas de las aguas de enjuague.
- Legislación sobre calidad de las aguas residuales.
- Flexibilidad para la instalación de la planta de tratamiento, tales como: área disponible, disposición de unidades, etc.
- Viabilidad de segregación de varias corrientes de desechos dentro de la planta para realizar tratamientos separados.
- Existencia de equipos apropiados para la planta de tratamiento y el costo de nuevos equipos que puedan ser necesarios.
- Mano de obra necesaria.
- Otros requerimientos, tales como: energía eléctrica, mantenimiento y costos involucrados en la disposición de lodos, etc.

El volumen de las aguas residuales es sin duda el principal parámetro para el dimensionamiento de cualquier sistema de tratamiento físico, químico o biológico. En las instalaciones galvánicas⁸ el volumen de las aguas residuales a ser tratadas es de difícil cuantificación debido a las diversas variables que influyen en la misma.

⁷ (<http://cabierta.uchile.cl/revista/6/aguas.htm>, Revisado el 3 Febrero 2009)

⁸ Aguas con presencia de metales pesados (cromo, níquel, cobre)



ANEXO III. MARCO LEGAL

El marco normativo específico desarrollado a la fecha esta dado a través del “Reglamento Nacional de Edificaciones” (Publicado en el Diario Oficial “El Peruano” el 8 de Junio 2006), el cual norma los criterios y requisitos mínimos para el Diseño y ejecución de las Habilitaciones Urbanas y las Edificaciones.

La Norma OS.90 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales”, es extensa en especificar aspectos directos de diseño y control de calidad de distintos tipos de tecnologías que son parte de esta GUITAR, como por ejemplo Tanques Imhoff, Tanques de Sedimentación, Tanques de Flotación, Lagunas de Estabilización, Lagunas Anaerobias, Lagunas Aeradas, Lagunas Facultativas, Lagunas para remoción de organismos patógenos, Tratamiento con Lodos Activados, Zanjas de Oxidación, Filtros Percoladores, Sistemas Biológicos Rotativos de Contacto, Filtros Intermitentes de arena, Tratamientos anaerobios de Flujo ascendente y Lagunas de Lodos. Asimismo, la norma IS.020 trata de forma análoga el tema de Tanques Sépticos.

El alcance de las tecnologías a las que hace referencia el documento anterior va desde poblaciones urbanas que producen un gran caudal de aguas residuales hasta aquellas de caudal medio (pequeñas poblaciones), haciéndose la salvedad que estos centros poblados a los cuales hace referencia el Reglamento deberán poseer un sistema de recolección de aguas residuales (sistemas de Alcantarillado)

Es el Ministerio de Salud a través de Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), la autoridad que aprueba desde el enfoque de Salud Pública las actividades oficiales de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, con respecto a normativas específicas de sistemas para pequeños caudales o domiciliarios (viviendas familiares y multifamiliares), tiene el Reglamento para Diseño de Tanques Sépticos (Decreto Supremo del 07-01-66)⁹

A continuación se presenta el panorama nacional de Autorizaciones sanitarias de vertimientos o reuso de aguas residuales industriales por actividad económica según departamentos vigentes al 31 de agosto del

⁹ No se tiene mayor referencia sobre este D.S. En el año 1966 algunos D.S. tenían numeración y otros solo fecha. Por ejemplo, la creación de DIGESA se hizo a través del D.S. N° 8 del 14 de Febrero de 1950, sin especificar sector.

2008, por parte del la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), del Ministerio de Salud.

El MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento), en convenio con IPES¹⁰ ha culminado un proceso de formulación y validación con los actores involucrados de los lineamientos emanados del estudio SWITCH¹¹, a fin de contar con una legislación efectiva para promover y garantizar **el buen uso de las aguas residuales domésticas** en el riego de áreas verdes urbanas y peri urbanas. El marco normativo alrededor del tema esta en proceso de ser desarrollado. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento emitió el año 2007 la RM 165-2007 -VIVIENDA: **“Proteger y controlar la calidad ambiental de los entornos urbanos y rurales, la habitabilidad urbana, la disponibilidad y el acceso al agua segura y a los servicios de saneamiento y prevenir la contaminación, promoviendo las buenas prácticas, la innovación tecnológica, la responsabilidad social de las instituciones publicas y privadas, con el fin de garantizar la salud y el derecho a vivir en un ambiente saludable.”**

La misma que permitirá estructurar la respectiva “Normativa Ambiental del Sector Saneamiento”, estará basada en lineamientos ya predefinidos a saber:

LINEAMIENTO 1

Legislación, planes, estrategias y políticas vigentes promueven el uso del agua residual tratada.

- a) Armonizar la legislación y competencias para la gestión integrada de recursos hídricos a nivel nacional:
- Definir competencias para la gestión y comercialización del agua residual tratada
 - Definir responsabilidades en la construcción de la infraestructura necesaria para el riego con agua residual tratada.

¹⁰ IPES Promoción del Desarrollo Sostenible es una organización privada internacional dedicada a la promoción del desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe

¹¹ El proyecto mundial SWITCH “Sustainable Water Management that Improves Tomorrow’s Cities Health” (Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana) busca propiciar un cambio en el paradigma del manejo del agua con el fin de conseguir sistemas urbanos sostenibles, saludables y seguros.

LINEAMIENTO 2

Incorporación en la Ley General de Servicios de Saneamiento.

- Disposiciones específicas y Estándares de Calidad, usos, tecnologías y condiciones específicas de cada territorio.
- Incorporación desde su planificación y diseño a los sistemas de saneamiento.
- Mecanismos para definir los costos de inversión, tarifas, tecnologías y parámetros ambientales que faciliten la implementación de los proyectos.
- Definir tarifas por descontaminación del agua residual según uso y tarifas por reuso o aprovechamiento del agua residual tratada.

LINEAMIENTO 3

Promover tecnologías de tratamiento, adaptadas a los distintos usos actuales y potenciales.

- Promover tecnologías de tratamiento de bajos costos de inversión, operación y mantenimiento, de tal forma que se logre sustituir el agua potable por agua residual tratada para el riego de las áreas verdes urbanas.

LINEAMIENTO 4

Participación del sector público, privado, la sociedad civil y los organismos internacionales.

- Promover la alternativa de aprovechamiento de agua residual tratada en los proyectos de saneamiento que se formulen en SNIP.

- Promover incentivos para el uso eficiente y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico: régimen diferenciados de retribuciones, certificaciones de eficiencia, y certificaciones innovación y creatividad, y otros incentivos pecuniarios y no pecuniarios.

LINEAMIENTO 5

Participación ciudadana y acceso público a la información, garantizar la transparencia, el control y la eficiencia en gestión de los sistemas de tratamiento.

- Concientización de la comunidad sobre la necesidad de asumir el costo del tratamiento del agua residual que se genera.
 - o Campañas de comunicación e información, asegurando la activa participación de las comunidades y contribuyendo a la disminución de los conflictos.

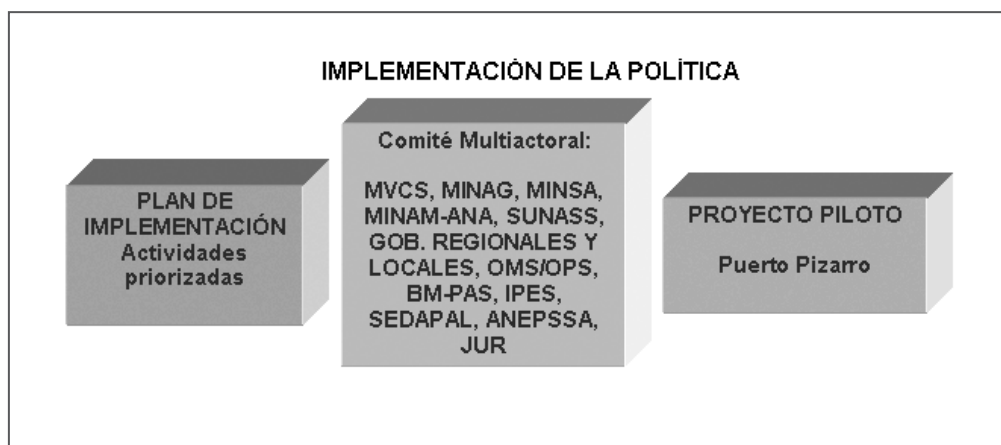
LINEAMIENTO 6

Fortalecimiento de las capacidades y el entrenamiento de los diversos actores públicos y privados.

- Promover la incorporación al Sistema de Fortalecimiento de Capacidades para el Subsector Saneamiento (Resolución Directoral N° 032-2007-VIVIENDA/MVCS-DNS) de los diferentes actores vinculados al tratamiento y reuso de aguas residuales domésticas tratadas.

La normativa propuesta deberá ser validada, para ello ya se ha propuesto un proceso, esquematizado en el gráfico siguiente:

FIGURA . ACTORES EN LOS PROCESOS DE CONSULTA, VALIDACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE SANEAMIENTO NO CONVENCIONAL





Fuente: Oficina de Medio Ambiente, MVCS, Presentación de Rommy Torres en PERUSAN 2008

Por otro lado, la reciente Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, establece un nuevo marco y enfoques en la regulación del agua, incluyendo las aguas residuales.

Así el artículo 5 de esta Ley establece que el agua cuya regulación es materia de la presente Ley comprende también el agua residual. Lo cual le da un 'status' que antes no tenía. Así también, se reconoce en el artículo 6 que entre los bienes asociados al agua se encuentran los bienes artificiales, los cuales son aquellos usados para el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización del recurso.

También en esta misma Ley y como función de la Autoridad Nacional del Agua se establece, entre otras, en su artículo 15, la de "...elaborar el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua, valores que deben ser aprobados por decreto supremo..."

La Ley de Recursos Hídricos establece además que la Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad

Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto.

En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado.

La Ley de Recursos Hídricos le da una importancia especial que antes no tenían las aguas residuales. Se recomienda revisar esta Ley para tener mayor precisión sobre las distintas regulaciones sobre el uso, tarificación y disposición de las aguas residuales.

ANEXO IV. MARCO INSTITUCIONAL

El mismo esta compuesto por el conjunto de actores que de una forma u otra intervienen en la gestión de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la actualidad.

Entre los mismos tenemos:

A. ORGANIZACIONES DE AGRICULTORES URBANOS Y PRODUCTORES

Son los agricultores del ámbito periurbano e intra-urbano (mas que todo en el caso de Lima Metropolitana), que están organizados bajo la modalidad de comisiones de regantes, redes de agricultores urbanos, etc.

B. GOBIERNOS LOCALES

Son las municipalidades distritales a través de sus diferentes instancias como gerencias, subgerencias.

C. GOBIERNO NACIONAL Y REGIONAL

Agrupar a los gobiernos regionales, a los ministerios y órganos descentralizados como el MINSA, MINAM, MVCS, ANA, SERNANP, FONCODES; INIA, etc.

D. ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES (ONG) Y FUNDACIONES

Comprende las asociaciones civiles sin fines de lucro, de promoción del desarrollo, fundaciones, etc.

E. ORGANIZACIONES COMUNITARIAS DE BASE (OCB)

Son las organizaciones sociales y sectoriales de base, organizaciones vecinales, comunales, barriales, comedores, clubes de madres, movimientos ambientalistas, etc.

F. ORGANISMOS ACADÉMICOS Y DE INVESTIGACIÓN

Son las instituciones educativas de primaria, secundaria, universidades y organismos de investigación.

G. SECTOR PRIVADO

Son las instituciones privadas que realizan actividades comerciales, industriales como clubes de golf, cementerios, fábricas, etc.

H. ORGANISMOS DE COOPERACIÓN

Son las entidades que ofrecen cooperación técnica y económica a nivel nacional e internacional



ANEXO V. CONSIDERACIONES SOBRE LOS COSTOS DE LAS TECNOLOGÍAS

Algo que se podrá apreciar en el cuadro siguiente es la diferencia de costos de una misma tecnología según quién la haya utilizado.

Hay que tener en cuenta que los costos de un proyecto de inversión son muy variables y pueden depender de aspectos como:

- la zona en donde se trabaja,
- la accesibilidad
- la disponibilidad de técnicos calificados
- la disponibilidad de mano de obra calificada
- las condiciones climáticas,
- la cantidad de población para la que se desarrolla la tecnología
- la participación de la comunidad en la provisión de mano de obra y materiales, y
- las dimensiones de la alternativa seleccionada, entre otros.

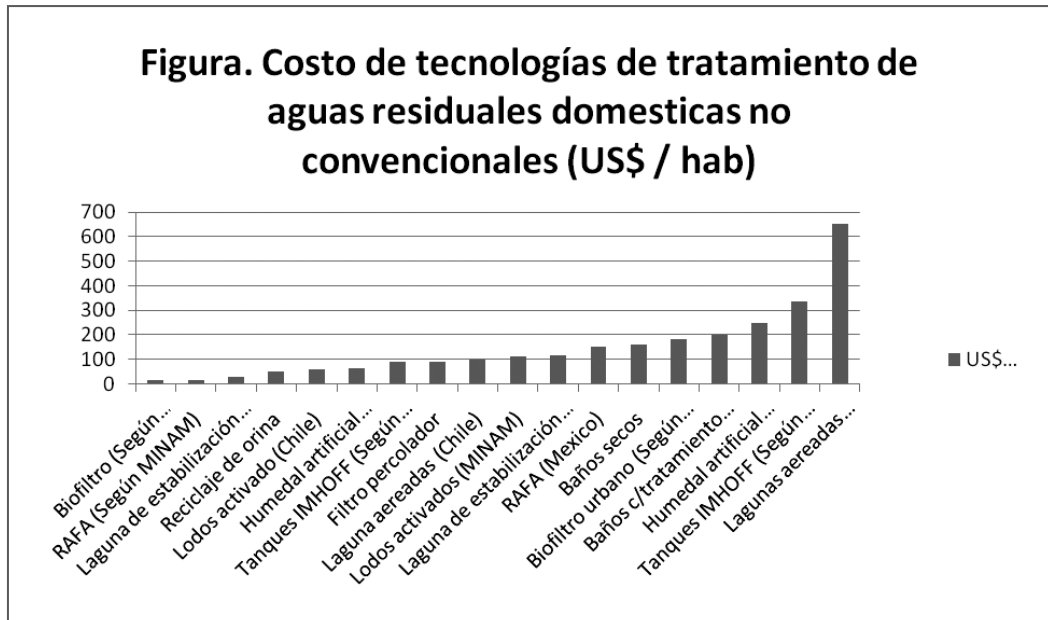
Por ello, los datos de los costos mostrados en la tabla siguiente son solamente referenciales y deben ser tomados como tal, por lo que de ninguna manera deben ser tomados como costos exactos para realizar calcular una inversión.

Se recomienda que para seleccionar la tecnología utilizada, tomando como criterio el costo de inversión, se cuente con los servicios de un profesional que permita tener cifras más aproximadas a la particularidad del sitio en la que se piensa hacer el proyecto.

En algunos casos, la escala, es decir una mayor cantidad de población involucrada en el proyecto, puede hacer que el costo por persona se reduzca. Generalmente esto tiene un límite, debido a que cada tecnología tiene una capacidad máxima de usuarios.

También, la aplicación de una misma tecnología no es uniforme. En algunos casos, se agregan aditamentos o equipamientos que hacen variar el costo de la tecnología, y esto puede variar según el caso.

COMPARACIÓN DE COSTO DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS A TRAVÉS DE MÉTODOS NO CONVENCIONALES



Elaboración. Autor

ANEXO VI. OPERADORES PLANTAS, BENEFICIARIOS, CAUDALES DE SALIDA, CAUDAL TRATADO

La matriz que a continuación es mostrada (Tabla I), resume 37 experiencias seleccionadas por SWITCH, con el fin de modelar el estado de arte de la aplicación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales con fines de agricultura (urbana y periurbana).

TABLA : INVENTARIO DE EXPERIENCIAS INTRAURBANAS EN LA CIUDAD DE LIMA

| Nombre | Institucionales y Normativos | | | | Técnico | | | | |
|---------------------|---|-------------------|-----------------------|----------------------------|------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Ámbito | Resp. Tratamiento | Resp. Reuso | Area Reuso (Ha) | Aplicación Reuso | Caudal Reuso (fs) | Caudal Tratada (fs) | Tecnología de Tratamiento | |
| Zona Norte de Lima | | | | | | | | | |
| 1 | Áreas Verdes de Mamacona-Ancon | Periurbano | SEDAPAL | Casa de Retiro | 10 | Áreas Verdes | 30 | 60 | Lag. Estabilización |
| 2 | Áreas Verdes de Club La Unión | Intraurbano | SEDAPAL | Club de La Unión | 8 | Áreas Verdes | 10 | 10 | Filtro percolador |
| 3 | Áreas Verdes de Jerusalén y Piedras Gordas | Periurbano | Ministerio de Defensa | Ministerio de Defensa | 8 | Áreas Verdes | 18 | 18 | Lag. Estabilización |
| 4 | Zona agrícola-ecológica de Ventanilla | Periurbano | SEDAPAL | Agricultores | 50 | Agricultura | 220 | 220 | Lag. Estabilización |
| 5 | Zona Agrícola de Chuquitanta | Periurbano | SEDAPAL | Comisión de regantes | 40 | Agricultura | 60 | 137 | Lodos Activados (SBR) |
| 6 | Zona Agrícola de Oquendo | Periurbano | Agricultores | Comisión de regantes | 2 | Agricultura | 2 | 2 | Humedal Artificial |
| 7 | Zona Agrícola de san Agustín | Periurbano | ----- | Comisión de regantes | 456 | Agricultura | 700 | 700 | No hay |
| 8 | Verma Central de Av. Universitaria | Intraurbano | Municipalidad de Lima | Municipalidad de Carabaylo | 5 | Áreas Verdes | 4 | 4 | Lodos Activados |
| 9 | Universidad Nacional de Ingeniería (UNTRAR) | Intraurbano | UNI | UNI-Municipio | 13 | Áreas Verdes, Acuicultura | 7.5 | 7.5 | RAFA, Lag. Estabilización |
| Zona Centro de Lima | | | | | | | | | |
| 10 | Áreas Verdes de U. Católica | Intraurbano | No hay | P.U.C.P | 4 | Áreas Verdes | 6 | - | No hay |
| 11 | Golf de Lima | Intraurbano | Golf de Lima | Golf de Lima | 30 | Áreas Verdes | 20 | 20 | Lag. Aireadas |
| 12 | Áreas de Miraflores- Costa verde | Intraurbano | M. de Miraflores | M. de Miraflores | 4 | Áreas Verdes, Acuicultura | 1.5 | 1.5 | Filtro percolador |
| 13 | Áreas Verdes de Surco | Intraurbano | M. de Surco | M. de Surco | 50 | Áreas Verdes | 17.5 | 17.5 | Lodos Activados |
| 14 | Colegio Inmaculada | Intraurbano | Colegio Inmaculada | Colegio Inmaculada | 13 | Áreas Verdes | 15 | 15 | Lag. Estabilización |
| Zona Este de Lima | | | | | | | | | |
| 15 | Áreas Verdes Colegio 1265 | Intraurbano | Colegio | Colegio | 0.002 | Áreas Verdes | 0.1 | 0.25 | Humedad Artificial |
| 16 | Reuso aguas grises domiciliario de Nievera | Intraurbano | Propietarios | Propietarios | 0.002 | Áreas Verdes | 0.2 | 0.2 | ECOSAN/Humedad Artificial |



| 17 | Zona agrícola de Huachipa | Periurbano | Asoc. de alcantarillado | Agricultores | 0.65 | Áreas verdes y acuicultura | 0.6 | 0.6 | Imhoff-Reservorio |
|------------------|---|-------------|-------------------------|--------------------|------|--|------|--------|--------------------------|
| 18 | Sede Atarjea | | Sedapal | Sedapal | 1 | Áreas Verdes | 1 | 1 | Lodos Activos |
| 19 | Jardines de la Paz | Intraurbano | Jardines de la Paz | Jardines de la Paz | 5.25 | Áreas Verdes | 5.25 | 5.25 | Lodos Activos |
| 20 | Club Golf de la Planicie | Intraurbano | Golf la planicie | Golf la planicie | 15 | Áreas Verdes | 15 | 15 | Lag. Aireadas |
| Zona Sur de Lima | | | | | | | | | |
| 21 | Huerto Comunal "Villa María del Triunfo" | Intraurbano | Mun. VMT | Comunidad | 3 | Agricultura | 2 | 2 | Lodos activos |
| 22 | Zona Agropecuaria de san Juan de Miraflores | Periurbano | Sedapal | Agricultores | 12 | Agricultura | 20 | 424 | Lag. Aireadas |
| 23 | Parque 23 | Periurbano | Sedapal | Serpar | 10 | Áreas Verdes | 20 | *424 | Lag. Aireadas |
| 24 | Parque Zonal Huayna Capac | Periurbano | Sedapal | Serpar | 15 | Áreas Verdes | 20 | *424 | Lag. Aireadas |
| 25 | Zona Agrícola de José Gálvez | Periurbano | Sedapal | Agricultores | 10 | Agricultura | 35 | 53 | Lag. Estabilización |
| 26 | Alameda de la Solidaridad Villa el Salvador (VES) | Intraurbano | Mun. Ves | Mun. Ves | 3.45 | Áreas Verdes | 6 | 6 | Lodos Activos |
| 27 | Alameda de la Juventud | Intraurbano | Mun. Ves | Mun. Ves | 2.5 | Áreas Verdes | 5 | 5 | Lodos Activos |
| 28 | Parque 26 | Periurbano | Sedapal | MVCS | 15 | Áreas verdes Acuicultura y Agricultura | 19 | 73 | Lag. Aireadas-Maduración |
| 29 | Comité de Regantes CP1 -VES | Periurbano | Sedapal | Sedapal | 30 | Agricultura | 30 | *73 | Lag. Aireadas |
| 30 | Comité de Regantes CP2-VES | Periurbano | Sedapal | Comité de regantes | 100 | Agricultura | 120 | *424 | Lag. Aireadas |
| 31 | Parque Zonal Huascar | Periurbano | Sedapal | MVES/SERPAP | 24 | Áreas Verdes y Agricultura | 24 | *73 | Lag. Aireadas |
| 32 | Oasis de Villa | Intraurbano | Mun. Ves | Población | 0.76 | Áreas Verdes | 3 | 3 | Humedad artificial |
| 33 | Zona Agrícola de Chorrillos | Periurbano | ----- | Comité de regantes | 8 | Agricultura | 10 | No hay | No hay |
| 34 | Zona Agrícola de San Pedro de Lurin | Periurbano | Sedapal | Comité de regantes | 20 | Agricultura | 17 | 17 | Anaeróbico-Lag. Aireada |
| 35 | Zona Agrícola Nuevo Lurin | Periurbano | Sedapal | Agricultores | 3 | Agricultura | 5 | 5 | Lag. Estabilización |
| 36 | Punta Hermosa | Periurbano | Sedapal | Mun. P.H | 2 | Áreas Verdes | 3 | 3 | Lag. Estabilización |
| 37 | Zona Agrícola de Pucusana | Periurbano | Sedapal | Agricultores | 2 | Agricultura | 5 | 5 | Lag. Estabilización |

Fuente: Moscoso, Julio y Alfaro, Tomás. 2008. Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao. IPES, Lima.

TABLA : CUANTIFICACIÓN COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS (LIMA)

| Tecnología | Cantidad | Porcentaje | Ha | Porcentaje |
|--------------------------|----------|------------|-----|------------|
| Laguna de estabilización | 10 | 29.4 | 111 | 21.5 |
| Laguna Aireada | 10 | 29.4 | 276 | 53.4 |
| Lodos Activados | 8 | 23.5 | 115 | 22.2 |
| Humedal artificial | 4 | 11.8 | 3 | 0.6 |
| Filtro percolador | 2 | 5.9 | 12 | 2.3 |
| Total | 34 | 100 | 517 | 100 |

Fuente: IPES, 2008. "Experiencia de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en la Ciudad de Lima". IPES, Lima.

TABLA : CUANTIFICACIÓN COMPARATIVA DE OPERADORES ACTUALES (LIMA)

| Actor | Cantidad | Porcentaje |
|--|----------|------------|
| SEDAPAL | 17 | 50 |
| Municipios | 7 | 20 |
| Sector Privado | 4 | 12 |
| Otros (centros educativos, organizaciones comunitarias y agricultores) | 6 | 18 |
| Total | 37 | 100 |

Fuente: IPES. 2008. "Experiencia de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en la Ciudad de Lima". IPES, Lima.



ANEXO VII. COMPONENTES DE HUMEDALES

A. EL AGUA

Es probable que se formen humedales en donde se acumule una pequeña capa de agua sobre la superficie del terreno y donde exista una capa del subsuelo relativamente impermeable que prevenga la filtración del agua en el subsuelo. Estas condiciones pueden crearse para construir un humedal casi en cualquier parte modificando la superficie del terreno para que pueda recolectar agua y sellando la cubeta para retener el agua.

La hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario en el éxito o fracaso del humedal. Mientras la hidrología de un humedal construido no es muy diferente que la de otras aguas superficiales y cercanas a superficie, difiere en aspectos importantes:

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación de la superficie de agua y pérdida a través de la transpiración de las plantas).
- La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas, raíces, y rizomas y, segundo, bloqueando la exposición al viento y al sol.

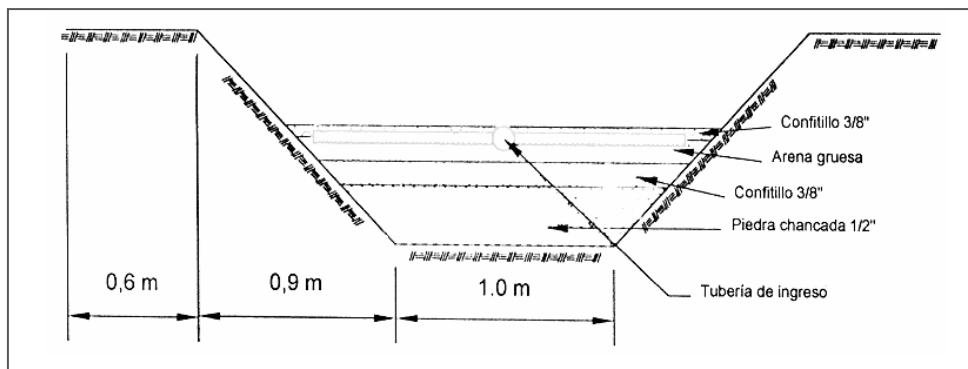
B. SUBSTRATOS, SEDIMENTOS Y RESTOS DE VEGETACIÓN

Los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava, roca, y materiales orgánicos como el compost. Sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El sustrato, sedimentos, y los restos de vegetación son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, fijación de microorganismos, y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal.

Las características físicas y químicas del suelo y otros sustratos se alteran cuando se inundan. En un sustrato saturado, el agua reemplaza los gases atmosféricos en los poros y el metabolismo microbiano consume el oxígeno disponible y aunque se presenta dilución de oxígeno de la atmósfera, puede darse lugar a la formación de un sustrato anóxico, lo cual será importante para la remoción de contaminantes como el nitrógeno y metales.

FIGURA .- SECCIÓN TRANSVERSAL DEL SUSTRATO EN TALUD



Fuente: Fuente: Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: tecnología alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe

C. VEGETACIÓN

El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (los tallos, raíces, y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los humedales FWS es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos se degradan y se convierten en lo que hemos llamado restos de vegetación, que sirven como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre.

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras sub-superficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
- Cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.

D. MICROORGANISMOS

Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo. Los microorganismos incluyen bacterias, levaduras, hongos, y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes.

La actividad microbiana:

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.

- Altera las condiciones de potencial redox del sustrato y así afecta la capacidad de proceso del humedal.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

Algunas transformaciones microbianas son aeróbicas (es decir, requieren oxígeno libre) mientras otras son anaeróbicas (tienen lugar en ausencia de oxígeno libre). Muchas especies bacterianas son facultativas, es decir, son capaces de funcionar bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en respuesta a los cambios en las condiciones medioambientales.

Las poblaciones microbianas se ajustan a los cambios en el agua que les llega y se pueden extender rápidamente cuando se tiene la suficiente energía. Cuando las condiciones medioambientales no son convenientes, muchos microorganismos se inactivan y puede permanecer en este estado durante años. La comunidad microbiana de un humedal construido puede ser afectada por sustancias tóxicas, como pesticidas y metales pesados, y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales.

E. ANIMALES

Los humedales construidos proveen un hábitat para una rica diversidad de invertebrados y vertebrados. Los animales invertebrados, como insectos y gusanos, contribuyen al proceso de tratamiento fragmentando el detritus consumiendo materia orgánica. Las larvas de muchos insectos son acuáticas y consumen cantidades significantes de materia durante sus fases larvales. Los invertebrados también tienen varios papeles ecológicos; por ejemplo, las ninfas de la libélula son rapaces importantes de larvas de mosquito.

Aunque los invertebrados son los animales más importantes en cuanto a la mejora de la calidad del agua, los humedales construidos también atraen a una gran variedad de anfibios, tortugas, pájaros, y mamíferos. Los humedales construidos atraen variedad de aves, incluso patos silvestres y aves migratorias.

F. REALCE DE LA ESTÉTICA Y PAISAJE

Aunque los humedales son principalmente sistemas de tratamiento, proporcionan beneficios intangibles aumentando la estética del sitio y reforzando el



paisaje. Visualmente, los humedales son ambientes extraordinariamente ricos. Introduciendo el elemento agua al paisaje, el humedal construido, tanto como el natural, agrega diversidad al paisaje. Pueden construirse humedales artificiales siguiendo las formas que tienen los contornos naturales del sitio, hasta el punto de que algunos humedales para el tratamiento de agua son indistinguibles, a simple vista, de los humedales naturales.

G. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación es muy importante si quieren obtenerse buenos resultados. Por tanto, debe contarse con un plan de operación y mantenimiento que debe escribirse durante la etapa de diseño final del sistema. La operación y mantenimiento debe enfocarse a los factores más importantes para el rendimiento del tratamiento:

- Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.
- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un ambiente saludable para los microbios
- Manteniendo un crecimiento vigoroso de vegetación.

H. HIDROLOGÍA

En humedales de FWS, el agua debe cubrir todas las partes de la superficie del humedal. El humedal debe ser verificado periódicamente para asegurar que el agua se está moviendo a través de todas las partes del humedal y que el aumento de residuos no ha bloqueado caminos de flujo, y no se han desarrollado áreas de estancamiento que aumentan la probabilidad de mosquitos. Deben verificarse flujos y niveles de agua regularmente. Deben verificarse los humedales SFS para ver que no se está desarrollando flujo en la superficie.

I. ESTRUCTURAS

Deben inspeccionarse diques, vertederos, y estructuras de control de agua de forma regular e inmediatamente después de cualquier anomalía en el flujo. Los humedales deben verificarse después

de subidas importantes de caudal o después de la formación de hielo, ya que pueden afectar el sustrato, particularmente a las estructuras de salida. Cualquier daño, corrosión u obstrucción, debe corregirse lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.

J. VEGETACIÓN

El manejo del nivel del agua es la clave para el éxito de la vegetación. Mientras las plantas del humedal pueden tolerar cambios temporales en la profundidad del agua, debe tenerse cuidado de no exceder los límites de tolerancia de las especies usadas durante periodos largos de tiempo. La profundidad del agua puede aumentarse durante los meses fríos aumentando así el tiempo de retención y protegiendo contra las heladas. La cubierta vegetal en los diques debe mantenerse para desarrollar una capa de tierra buena con sistemas de raíz extensos que resisten a la erosión.

La vegetación debe ser inspeccionada regularmente y deben quitarse las especies invasoras. Los herbicidas no deben usarse excepto en circunstancias extremas, y sólo entonces y con cuidado extremo, dado que pueden dañar severamente la vegetación emergente.

K. RATAS

Las ratas y otros roedores pueden dañar los diques y la impermeabilización. Por tanto, deben preverse las medidas necesarias para evitar que esto ocurra, hasta el punto de que puede ser necesario atrapar y retirar los animales hasta que pueda instalarse una pantalla de alambre. Las madrigueras también pueden ser selladas poniendo bentonita en la entrada.

L. MOSQUITOS

Los mosquitos son comunes en los humedales naturales y pueden esperarse en humedales artificiales. La mejor manera de evitar problemas con mosquitos en los humedales artificiales es crear condiciones en el humedal que no sean atractivas a los mosquitos o que no conduzcan al desarrollo de larvas. Lugares abiertos con agua estancada son un excelente hábitat para los mosquitos, y los nutrientes del agua estancada, son ideales

para el desarrollo larval. Cuando el agua esta en movimiento se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.

El control de mosquitos con insecticidas, aceites, y agentes bacterianos como Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) es a menudo difícil en humedales artificiales. El uso de insecticidas en humedales artificiales con cantidades grandes de materia orgánica es ineficaz porque la materia orgánica los adsorbe y porque se diluyen rápidamente o son degradados por el agua que viaja a través del humedal. Los tratamientos químicos deben usarse con cautela porque se corre el riesgo de contaminar el humedal y el cauce receptor.

M. CONTROL

La supervisión es una herramienta operacional importante que:

- Proporciona datos para mejorar el rendimiento del tratamiento
- Identifica problemas
- Documenta la acumulación de sustancias potencialmente tóxicas antes de que sean bioacumulables
- Determina el cumplimiento de los requisitos reguladores.

El control necesita medir si el humedal está obteniendo los objetivos y para indicar su integridad biológica. Esta supervisión permite identificar los problemas temprano, cuando la intervención es más eficaz. Las fotografías pueden ser inestimables documentando estas condiciones. Deben tomarse fotografías cada determinado tiempo en las mismas condiciones, localizaciones y con el mismo ángulo de visión.

El nivel de detalle del control dependerá del tamaño y la complejidad del sistema de humedales y puede cambiar cuando el sistema madura y se conoce mejor su comportamiento. Los sistemas ligeramente cargados que han estado (operados) funcionando satisfactoriamente sólo necesitarían ser verificados una vez al mes y después de cada tormenta importante. Aquellos que están muy cargados requerirán una supervisión más frecuente y detallada.

Un plan de control escrito es esencial para la continuidad del sistema a largo plazo.

N. CONTROL PARA CUMPLIR EXIGENCIAS DE DESCARGA

El control para cumplir con las limitaciones del permiso de descarga representa el mínimo para el muestreo y análisis. La frecuencia del muestreo y los parámetros a medir dependerán de dichas exigencias.

O. CONTROL DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA

El rendimiento del humedal es normalmente evaluado para determinar:

- Carga hidráulica
- Volúmenes de entrada y de salida
- Variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida

La efectividad en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante la diferencia entre la carga a la entrada (volumen del entrada x concentración del contaminante) y la de salida (volumen de la descarga x concentración del contaminante). Los parámetros de interés pueden ser:

- DBO
- Nitrógeno
- Fósforo
- Sólidos suspendidos totales
- Metales pesados
- Bacterias (totales o coliformes fecales)

Si el agua residual pudiera contener contaminantes tóxicos, como pesticidas o metales pesados, deben analizarse los sedimentos una o dos veces al año para supervisar el aumento potencial de estos contaminantes en los sedimentos del humedal. El efluente debe analizarse durante las tormentas importantes para asegurar que están reteniéndose los sedimentos en el humedal. El agua subterránea también debe supervisarse una vez o dos veces al año para asegurar que el humedal no la está contaminando.

P. CONTROL DE LA SALUD DEL HUMEDAL

Los humedales deben controlarse periódicamente para observar las condiciones generales del sitio y



para descubrir cambios importantes que puedan ser adversos, como erosión o crecimiento de vegetación indeseable. Debe supervisarse la vegetación periódicamente para evaluar su salud y abundancia. Para humedales que no reciben cargas altas, la supervisión de la vegetación no se necesita que sea cuantitativa. Normalmente bastará con observaciones cualitativas. Los sistemas grandes y aquéllos que están muy cargados requerirán ser supervisados más frecuente, y de forma cuantitativa. En general, esta supervisión debe ser más frecuente durante los primeros cinco años después de la instalación del sistema.

La composición de las especies y densidad de las plantas se determina fácilmente, inspeccionando parcelas cuadradas, normalmente de 1 m x 1 m, dentro del humedal. Los cambios a tener en cuenta incluyen un aumento en el número de especies no deseadas o agresivas, una disminución en la densidad de la capa vegetativa, o señales de enfermedad en las plantas.

La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales de año en año, así como en los humedales naturales. Puede haber tendencia a que algunas especies mueran y sean reemplazadas por otras. Dado que los cambios vegetativos son a menudo lentos, no son obvios a corto plazo y, por tanto, es esencial mantener buenos registros. El aumento de los sedimentos acumulados así como de la capa de residuos, disminuye la capacidad de almacenamiento de agua, afectando la profundidad de está en el humedal y posiblemente alterando los caminos de flujo. Los sedimentos, la capa de residuos, y la profundidad del agua deben verificarse de vez en cuando.

Q. TIPO DE PLANTAS UTILIZADAS EN HUMEDALES ARTIFICIALES

Las plantas emergentes

Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales incluyen espadañas, carrizos, juncos, y juncos de laguna. Los juncos de laguna y las espadañas o una combinación de estas dos especies, son las dominantes en la mayoría de los humedales artificiales en los Estados Unidos. También existen algunos sistemas con carrizos, siendo esta especie la dominante en los humedales artificiales europeos. Cuando se diseñan sistemas que específicamente

buscan un incremento en los valores del hábitat, además de conseguir el tratamiento del agua residual, usualmente incluyen una gran variedad de plantas, especialmente para proporcionar alimentación y nido a las aves y otras formas de vida acuática.

FIGURA . TYPHA.



Fuente: Lara, Jaime. 1999. "Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Tesis de Maestría", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

La Espadaña es el nombre común de diversas plantas herbáceas que crecen en lugares húmedos de la familia de las tifáceas o typhas, de 1,50 a 3 m de altura, con las hojas en forma casi de espada, el tallo largo a manera de junco y con una mazorca cilíndrica al extremo.

FIGURA . SCIRPUS



Fuente: Lara, Jaime. 1999. "Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Tesis de Maestría", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Es ubicua en distribución, robusta, capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, y se propaga fácilmente, por lo que representa una especie de planta ideal para un humedal artificial. También es capaz de producir una biomasa anual

grande y tiene un potencial pequeño de remoción de nitrógeno y fosfatos por la vía de la poda y cosecha. Los rizomas de Espadaña plantados a intervalos de aproximadamente 0.6m pueden producir una cubierta densa en menos de un año. Tiene una relativamente baja penetración en grava (0.3m) por lo que no es recomendable para sistemas de flujo sub superficial.

Las scirpus son de la familia de las ciperáceas, son perennes y crecen en grupos. Son plantas ubicuas que crecen en un rango diverso de aguas interiores y costeras, pantanos salobres y humedales. Los juncos son capaces de crecer bien en agua desde 5 cm a 3 m de profundidad. Las temperaturas deseables son 16-27° C. Se encuentran juncos creciendo en un pH de 4 a 9. La mayoría de las especies tienen un crecimiento moderado y pueden lograr un buen cubrimiento en alrededor de un año con separaciones de 0.3 m. Algunas variedades crecen más rápido y pueden cubrir en un año con un espaciamiento algo menor (de entre 0.3 y 0.6 m). Penetra en grava aproximadamente 0.6m por lo que son muy usadas en humedales de sistemas sub superficiales.

Por otro lado, los phragmites son anuales y altos con un rizoma perenne extenso. Logran un muy buen cubrimiento en un año con separación de 0.6 m. Se han usado carrizos en Europa y han sido la planta acuática emergente más extendida.

FIGURA . PHRAGMITES



Fuente: Lara, Jaime. 1999. "Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Tesis de Maestría", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Sistemas que utilizan carrizos pueden ser más eficaces en la transferencia de oxígeno porque los rizomas penetran verticalmente, y más profundamente que los de las espadañas pero menos que los juncos 0.4m. son muy usados para humedales artificiales porque presentan la ventaja de que tienen un bajo valor alimenticio y por tanto no se ven atacadas por animales como otros tipos de plantas.

Información sobre algunos de los requisitos medioambientales de algunas de estas plantas se proporciona en la Tabla 8.

TABLA . ESPECIES EMERGENTES MÁS UTILIZADAS EN DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
(*)ESPECIE MÁS UTILIZADA ENTRE TODAS

| Familia | Nombre latino | Nombres comunes más usuales | Temperatura, ° C | | Máxima salinidad tolerable, ppt | Rango efectivo de pH |
|------------|---|-------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------|
| | | | Deseable | Germinación de las semillas | | |
| Ciperáceas | Carex sp. | - | 14-32 | | 20 | 5-7.5 |
| | Eleocharis sp. | - | 18-27 | | | 9-Apr |
| | Scirpus lacustris L.(*) | Junco de laguna | | | | |
| Gramíneas | Glyceria fluitans (L.) R. Br. | Hierba del maná | 23-Dec | 30-Oct | 45 | 8-Feb |
| | Phragmites australis (Cav) Trin. ex Steudel (*) | Carrizo | | | | |
| Iridáceas | Iris pseudacorus L. | Lirio amarillo, espadaña fina | | | | |
| Juncáceas | Juncus sp. | Juncos | 16-26 | | 20 | 5-7.5 |
| Tifáceas | Thypha sp (*) | Eneas, aneas, espadañas. | 30-Oct | 24-Dec | 30 | 10-Apr |

Fuente: Lara, Jaime. 1999. "Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Tesis de Maestría", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAIR. 1996. "Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales", Limusa, Mexico DF
2. FAIR. 1993. "Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales", Limusa, Mexico DF
3. Lara, Jaime. 1999. "Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales. Tesis de Maestría", Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
4. Miglio Rosa y Quipuzco, Lawrence. 2007. Biofiltros: Tecnología alternativa para el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006. Reglamento Nacional de Edificaciones.
5. tratamiento de aguas contaminadas. UNALM, publicado en www.concytec.gob.pe
6. Moscoso, Julio y Alfaro, Tomás. 2008. Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao. IPES, Lima.
7. OPS. 2005. "Guía para el diseño de tanques sépticos tanques Imhoff y lagunas de estabilización", Organización Panamericana de la Salud OPS, Lima.
8. PERUSAN, 2008. Conferencia Peruana de Saneamiento 2008.
9. Quintans, Federico. 2007. "Diseño, construcción y manejo productivo de humedales artificiales de tratamiento de efluentes". Montevideo, publicado en www.tecspar.org
10. Romero Cristales, Manlia Alicia del Rosario. 2002. Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas. Presentado en el XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Superación sanitaria y ambiental: El reto". XXII Congreso de Centroamerica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental"
11. Romero Rojas, Jairo Alberto. 1999. Tratamiento de aguas residuales por lagunas estabilización. Alfaomega, Mexico D.F.
12. Supercarretera de la información. Diversas fuentes revisadas.

AVINA

