

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales incorpora procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven los diversos contaminantes introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir un efluente tratado que en primera instancia no contamine cuerpos de agua y suelo y, que además sea reutilizable. Por otra parte también se obtiene un residuo sólido o lodos, que requieren de un tratamiento para su uso o disposición final.

Las aguas residuales son generadas por casas habitación, residencias, instituciones, locales comerciales e industrias. El tratamiento puede llevarse a cabo dentro del sitio donde se generan las aguas residuales o bien en una planta de tratamiento alejada, donde las aguas residuales son descargadas después de haber sido conducidas a través de redes de tuberías. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales están sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales. En lo que respecta a las aguas residuales industriales, a menudo requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos de la corriente de aguas residuales, seguido por la conversión progresiva de materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida, el agua tratada puede experimentar una desinfección adicional mediante procesos químicos. Este efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial o subsuelo), etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un tren de tratamiento que consta de las siguientes etapas (Bitton, 1994):

- Tratamiento preliminar o de desbaste.
- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos).
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico y clarificación).

- Tratamiento terciario (pasos adicionales como microfiltración, ósmosis inversa, eliminación de nutrientes, etc.).
- Tratamiento de los lodos generados.

El tren de tratamiento puede incluir todas o solamente algunas de estas etapas.

1.1.1 Tratamiento preliminar

Consiste en la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos, cuya presencia puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos. Incluye operaciones como el homogenizado de las aguas, el cribado y tamizado, trituración, desarenado y desengrasado (Hernández, 1991).

El desarenado se efectúa en un canal de arena u otro dispositivo donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras se depositen en el fondo, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. La arena y las piedras necesitan ser retiradas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay un clasificador de la arena seguido por un transportador que lleva la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de lodo, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

1.1.2 Tratamiento primario

Los objetivos del tratamiento primario son:

- Remoción de grasas y aceites.
- Sedimentación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes.

En la etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares, los cuales son lo suficientemente grandes para que los sólidos pueden asentarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. La remoción de grasas y aceites puede realizarse en un equipo anterior o bien en el propio sedimentador primario.

El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y de un lodo que puede ser tratado separadamente. Los tanques primarios se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que conducen continuamente el lodo recogido hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede ser retirado para el tratamiento de los mismos.

1.1.3 Tratamiento secundario

La finalidad del tratamiento secundario es degradar la materia orgánica disuelta contenida en las aguas residuales. La mayoría de las plantas municipales e industriales trata el licor de las aguas residuales usando procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos.

Para el proceso aeróbico se requiere oxígeno, bacterias y protozoarios que consumen contaminantes orgánicos solubles biodegradables (por ejemplo: azúcares, grasas, moléculas de carbón orgánico, etc.). Los sistemas de tratamiento biológico aeróbico son clasificados como película fija, crecimiento suspendido y combinado. En los sistemas fijos de película –como los filtros de roca- la biomasa crece adherida a un medio sólido y el agua residual pasa a través de él. En el sistema de crecimiento suspendido –como lodos activados- la biomasa está bien combinada con las aguas residuales, formándose conglomerados de bacterias y compuestos orgánicos llamados flóculos (Metcalf & Eddy, 1991).

Los procesos anaeróbicos son efectuados 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 (Winkler, 1993).

Dado que los procesos anaeróbicos generan menos cantidad de lodo biológico, solo presentamos algunos procesos aeróbicos tanto de película fija como de biomasa suspendida.

a) Sistema convencional de lodos activados

Sistema de biomasa suspendida que involucra un tratamiento aerobio que oxida la materia orgánica a CO_2 y agua y NH_4^+ y nueva biomasa. Durante el tratamiento los microorganismos forman flóculos que, posteriormente, se dejan sedimentar en un tanque

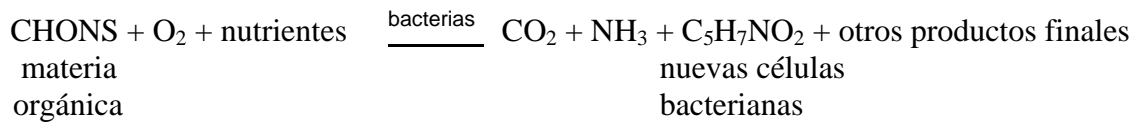
denominado tanque de clarificación. El sistema básico comprende, pues, un tanque de aireación y un tanque de clarificación por los que se hace pasar los lodos varias veces. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

Los dos objetivos principales del sistema de lodos activados son:

- La oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y
- La floculación que permite la separación de la biomasa nueva del efluente tratado.

En el reactor, el cultivo bacteriano lleva a cabo la conversión en concordancia general con la estequiometría de las siguientes reacciones.

Oxidación y síntesis:



Respiración endógena:



En estas ecuaciones CHONS representa la materia orgánica del agua residual. A pesar de que la reacción de la respiración endógena conduce a la formación de productos finales relativamente sencillos y al desprendimiento de energía, también se forman algunos productos orgánicos estables.

En la actualidad existen muchas variantes del proceso de lodos activados, tales como: aireación extendida, zanjas de oxidación, aireación gradual, alimentación escalonada, de mezcla completa, con oxígeno puro, sistemas discontinuos (SBRs), lagunas aireadas, lagunas de oxidación, etc.

b) Biodiscos

Un tipo de sistema de película adherida son los biodiscos, éstos ofrecen un soporte inerte sobre el que se desarrolla la flora biológica. El soporte lleva la flora en contacto,

alternativamente, con la materia orgánica contenida en el agua para depurar y con el oxígeno atmosférico.



Figura No. 1.1 Biodisco

c) Filtros percoladores

Otro sistema de película adherida en donde se hace circular aire y agua residual a través de un medio poroso. La circulación de aire se realiza de forma natural o forzada, a contracorriente o en el mismo sentido del agua. La película formada está constituida principalmente por: bacterias autótrofas (fondo) y heterótrofas (superficie), hongos (*Fusarium*), algas verdes y protozoarios. También es posible encontrar animales más evolucionados en el interior del lecho como gusanos, larvas de insectos, caracoles, etc.

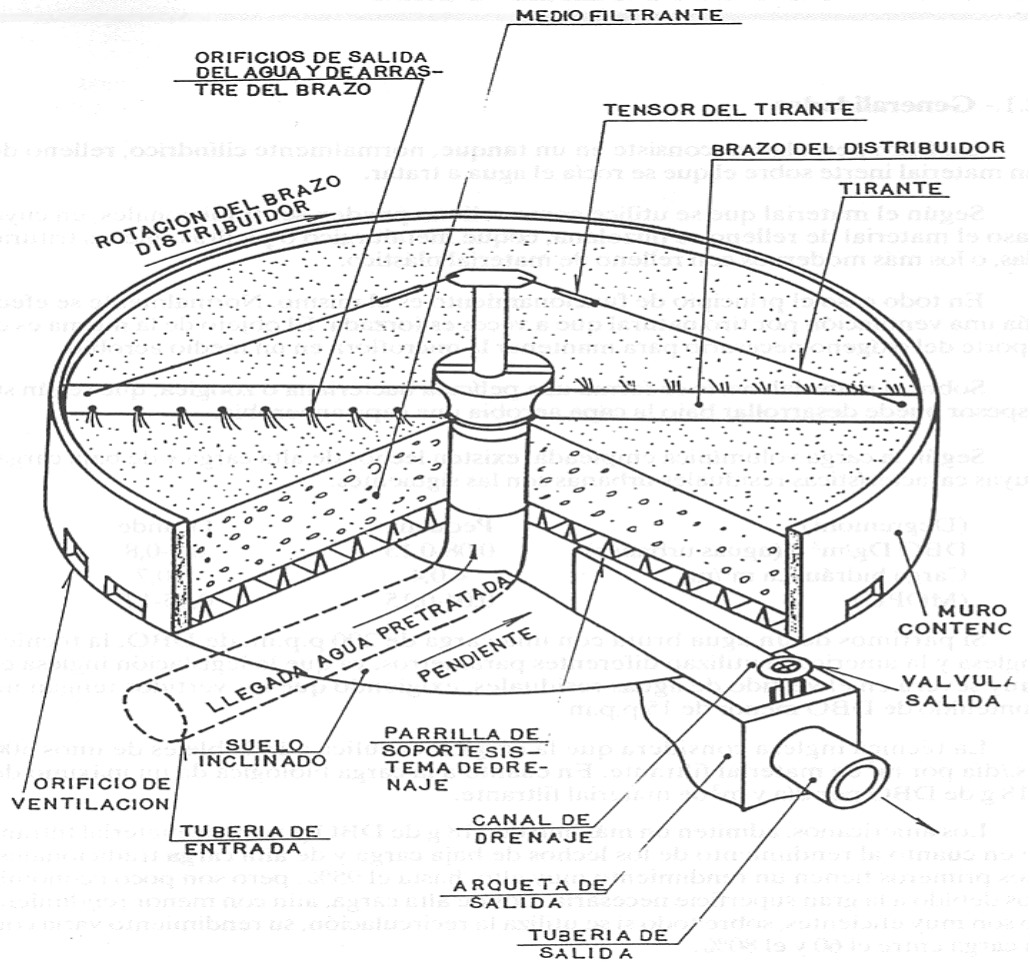


Figura 1.2 Filtro percolador.

d) Reactor biológico de cama móvil

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de lodos activados existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- 1) Mantener una alta densidad de población e biomasa
- 2) Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos (MLSS)
- 3) Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de lodos activados (RAS).

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida, para esto se utiliza un sedimentador secundario, comúnmente denominado clarificador.

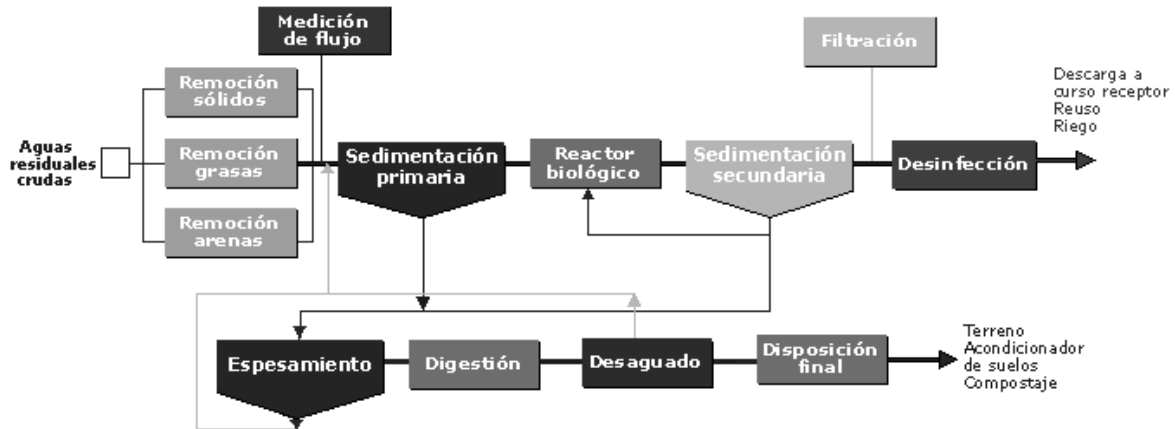


Figura 1.3 Esquema de una planta de tratamiento de aguas.

1.1.4 Tratamiento terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado o reusado. Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Entre las operaciones y procesos involucrados tenemos: remoción biológica de nutrientes, intercambio iónico, ultrafiltración, ósmosis inversa, electrodiálisis, etc. (Metcalf & Eddy, 1991).

a) Remoción biológica de nutrientes

Las aguas residuales pueden contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su

muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y sofocar los pescados y la otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los lagos o a los mares bajos, los nutrientes agregados pueden causar eutroficación severa perdiendo muchos peces sensibles a la limpieza del agua. El retiro del nitrógeno o del fósforo de las aguas residuales se puede alcanzar mediante la precipitación química o biológica.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco al nitrato (nitrificación que implica nitrificar bacterias tales como Nitrobacter y Nitrosomonas), y entonces mediante la reducción el nitrato es convertido al gas del nitrógeno (desnitrificación), que se lanza a la atmósfera. Estas conversiones requieren condiciones cuidadosamente controladas para permitir la formación adecuada de comunidades biológicas. Los filtros de arena, las lagunas y las camas de lámina se pueden utilizar para reducir el nitrógeno. Algunas veces, la conversión del amoníaco tóxico al nitrato solamente se refiere a veces como tratamiento terciario.

El retiro del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realizado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas Polyphosphate que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la biomasa enriquecida en estas bacterias se separa del agua tratada, los biosólidos bacterianos tienen un alto valor del fertilizante. El retiro del fósforo se puede alcanzar también, generalmente por la precipitación química con las sales del hierro (por ejemplo: cloruro férrico) o del aluminio (por ejemplo: alumbre). El lodo químico que resulta, sin embargo, es difícil de operar, y el uso de productos químicos en el proceso del tratamiento es costoso. Aunque esto hace la operación difícil y a menudo sucia, el retiro químico del fósforo requiere una huella significativamente más pequeña del equipo que la de retiro biológico y es más fácil de operar.

b) Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso unitario en el cual los iones de especies determinadas adheridas al material sólido, son desplazadas por los iones de las diferentes especies de iones en solución. Los materiales sólidos pueden ser naturales o sintéticos, siendo estos

últimos los más utilizados por su durabilidad. Para hacer económico el intercambio iónico es importante considerar los costos de regeneración de las resinas

c) Ultrafiltración

Los sistemas de ultrafiltración se operan con membranas manejadas bajo presión y usan membranas de poros para la remoción y disolución de material coloidal. Estos sistemas difieren de los sistemas de ósmosis inversa que usan relativamente baja presión, usualmente bajo 150 psi, La ultrafiltración es normalmente usada para remover material coloidal y moléculas extensas con pesos moleculares por arriba de 5000. Puede ser usada para remover aceites de soluciones acuosas (Metcalf & Eddy, 1991).

d) Ósmosis inversa

Es un proceso en el cual el agua es separada de las sales diluidas en la solución por filtrado a través de membranas semipermeables a presiones por encima de la presión osmótica causada por las sales disueltas en las aguas residuales

e) Electrodiálisis

En este proceso los componentes iónicos de una solución son separados a través del uso de membranas semi-permeable de iones selectivos. La aplicación de un potencial eléctrico entre los dos electrodos causa una corriente eléctrica a través de la solución la cual se torna en una migración de cationes a través del electrodo negativo y una migración de aniones a través del electrodo positivo.

f) Desinfección

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente,

tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, el cloro, o la luz UV. Las cloraminas, que se utilizan para el agua potable, no se utilizan en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. El cloro o las "cloraminas" residuales puede también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque el cloro residual es tóxico para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos del cloro en el tratamiento de aguas residuales y en la cloración orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono O_3 es generado pasando el O_2 del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O_3 . El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. El ozono se considera ser más seguro que el cloro porque, mientras que el cloro que tiene que ser almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado. La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono y que las habilidades de los operadores deben ser demasiadas.

1.2 Procesos de Tratamiento de Lodos

Los lodos separados en el sedimentador primario y aquellos producidos en el tratamiento biológico deben ser estabilizados, espesados y desinfectados antes de ser retirados del sitio de tratamiento. Los procesos utilizados para reducir el contenido de agua y material orgánico del lodo, y que se utilizan además para acondicionar el lodo para su reutilización o evacuación final son:

1.2.1 Estabilización del lodo

La estabilización del lodo se lleva a cabo principalmente para:

- Reducir la presencia de patógenos
- Eliminar los olores desagradables
- Reducir o eliminar su potencial de putrefacción

La supervivencia de microorganismos patógenos y la proliferación de olores en el lodo se producen cuando se permite que los microorganismos se desarrollen sobre la fracción orgánica del mismo.

Los medios de estabilización más eficaces para eliminar el desarrollo de estas condiciones son: la reducción biológica del contenido de materia volátil; la oxidación química de la materia volátil; la adición de agentes químicos para hacer el lodo inadecuado para la supervivencia de microorganismos y la aplicación de calor con el objetivo de desinfectar o esterilizar el lodo.

Las técnicas de estabilización de lodos más recurridas son: la digestión anaerobia; la digestión aerobia; la estabilización con cal; el tratamiento térmico, y el compostaje.

1.2.1.1 Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de lodos. En este proceso se propicia la degradación de la materia orgánica contenida en el, en ausencia de oxígeno molecular.

En el proceso de digestión anaerobia, la materia orgánica contenida en la mezcla de lodos primarios y secundarios se convierte en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) principalmente. El proceso se lleva a cabo en un reactor completamente cerrado. Los lodos

se introducen en el reactor de forma continua o intermitente, y permanecen dentro de estos tanques durante periodos de tiempo considerables. El lodo estabilizado que se extrae del proceso tiene un bajo contenido de materia orgánica y de microorganismos patógenos vivos.

Tipos de digestores anaerobios

Los tipos de digestores más empleados son los de alta y baja carga. En el proceso de digestión de baja carga, no se suele calentar o mezclar el contenido del digestor, y los tiempos de retención varían entre 30 y 60 días.

En el proceso de digestión de alta carga el contenido del digestor se calienta y mezcla completamente. El lodo se mezcla mediante recirculación de gas, mezcladores mecánicos, bombeo o mezcladores con tubos de aspiración, y se calienta para optimizar la velocidad de digestión. El tiempo de retención generalmente es de 15 días.

La combinación de estos dos procesos se conoce como proceso de doble etapa. Un tanque se utiliza para la digestión, se equipa con dispositivos de mezclado. Otro tanque se utiliza para el almacenamiento y concentración del lodo digerido, y para la formación de un sobrenadante relativamente clarificado.

Microbiología del proceso

La conversión biológica de la materia orgánica de los lodos se produce en tres etapas. El primer paso del proceso comprende el rompimiento de las moléculas “grandes” de materia orgánica en sus monómeros (hidrólisis). El segundo paso, llamado acidogénesis se refiere a la conversión bacteriana de los monómeros generados (carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos) en compuestos intermedios identificables de menor peso molecular. El tercer paso, llamado metanogénesis, implica la conversión bacteriana de los compuestos intermedios en productos finales más simples, principalmente metano y dióxido de carbono.

Los tanques de digestión anaerobia pueden ser cilíndricos, rectangulares o con forma de huevo. La implantación de tanques ovalados ha ido creciendo en los últimos años en Estados Unidos y en México mientras que su uso es muy común en Europa. El objetivo de diseño de los tanques ovalados es eliminar la necesidad de limpiar los tanques. En la

parte inferior del tanque, las paredes forman un cono de inclinación de arenas. Otras ventajas de estos tanques son el mejor mezclado, mejor control de la capa de espumas, y las menores necesidades de superficies, Se pueden construir de acero o de hormigón armado. La digestión anaerobia también es muy delicada en cuanto a operación se refiere.

Biogás producido

La composición volumétrica del gas generado en la digestión anaerobia del lodo de aguas residuales contiene 65-70 % metano (CH₄), 25-30 % dióxido de carbono (CO₂), y muy pequeñas cantidades de nitrógeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y algunos otros gases.

Un metro cúbico de metano, tiene un poder calorífico de 35,800 kJ. Como se mencionó anteriormente el gas suele tener un 65 % de metano por lo que el poder calorífico del gas es de aproximadamente 22,400 kJ/m³. Comparado con el gas natural, el cual tiene un poder calorífico de 37,300 kJ/m³, su poder calorífico es considerable. El gas de digestión se puede emplear como combustible para calderas y motores de combustión interna que, a su vez, se pueden utilizar para el bombeo del agua residual, generación de electricidad y funcionamiento de sopletes.

1.2.1.2 Digestión aerobia

La digestión aerobia se emplea generalmente en plantas de tratamiento con capacidad inferior a 20,000 m³/día sin embargo, en algunas ocasiones se ha empleado en plantas con mayor capacidad.

Las ventajas principales de este proceso, comparado con la digestión anaerobia, son:

- a) Se consiguen menores concentraciones de DBO en el líquido sobrenadante.
- b) Puede requerir menores costos iniciales.
- c) La producción de un producto final biológicamente estable, sin olores.

No obstante, sus desventajas pueden resultar significativas:

- a) Un mayor costo energético asociado al suministro de oxígeno necesario.
- b) Se produce un lodo digerido de pobres características para la deshidratación mecánica.

La digestión aerobia es similar al proceso de lodos activados. Conforme se agota el suministro de substrato disponible (alimento), los microorganismos empiezan a consumir su propio protoplasma (respiración endógena) para obtener la energía necesaria para las reacciones de mantenimiento celular.

El tejido celular se oxida a dióxido de carbono, amoníaco y agua por vía aerobia. En la práctica sólo se puede oxidar entre 75 y 80 % del tejido celular, puesto que el resto está formado por componentes orgánicos no biodegradables.

1.2.2 Espesado (concentración)

El espesado es un procedimiento que se emplea para aumentar la fracción sólida del lodo de desecho mediante la reducción de la fracción líquida del mismo. Por ejemplo, si un lodo activado que normalmente se bombea desde los tanques de sedimentación secundaria con un contenido de sólidos del 0.8 %, se pudiera espesar hasta un contenido de sólidos del 4% por lo tanto se conseguiría reducir el volumen de lodo a una quinta parte.

La reducción del volumen de lodo es muy beneficiosa para los procesos de tratamiento subsecuentes tanto por la capacidad de tanques y equipos necesarios como por la cantidad de reactivos químicos necesarios para el acondicionamiento del lodo, y por la cantidad de calor necesario para los digestores. La reducción del volumen permite reducir tamaños de tuberías, bombas y tanques digestores. El espesado se suele llevar a cabo mediante procedimientos físicos, y los más utilizados son:

- a) El espesado por gravedad o sedimentación.
- b) Por centrifugación
- c) Por flotación.

1.2.2.1 Espesado por gravedad

Se lleva a cabo en un tanque de diseño similar al de un tanque de sedimentación convencional. Generalmente se utilizan tanques circulares. El lodo diluido se conduce a una cámara de alimentación central. El lodo alimentado sedimenta y compacta, y el lodo espesado se extrae por la parte inferior del tanque. El lodo espesado que se recoge en el fondo del tanque se bombea a los digestores, mientras que el sobrenadante que se origina, se retorna al sedimentador primario. El espesado por gravedad resulta más efectivo en el tratamiento de lodo primario.

1.2.2.2 Espesado por flotación

Existen algunas variantes de este proceso, aunque la flotación por aire disuelto es la más utilizada. En este proceso, se introduce aire en una solución que se mantiene a una presión determinada. Cuando se despresuriza la solución, el aire disuelto se libera en forma de burbujas finamente divididas que arrastran el lodo hasta la superficie, en donde es recogido con un desnatador. Este proceso resulta muy efectivo para el tratamiento de cultivo biológico en suspensión, por ejemplo para lodos activados, aunque también puede ser empleado para el tratamiento de otros lodos.

1.2.2.3 Espesado por centrifugación

Se utilizan tanto para espesar lodos como para deshidratarlos. Su aplicación para el espesado se limita al espesado de lodos activados. Este proceso implica la sedimentación de las partículas de lodo bajo la influencia de fuerzas centrífugas. Existen dos principales tipos de espesado por centrifugación: la camisa maciza y la de cesta.

1.2.3 Desinfección de lodo

La desinfección del lodo ha adquirido mucha importancia como proceso adicional debido a las restrictivas normas aplicables a la reutilización del lodo y a su aplicación al suelo, la protección de la salud pública obliga a controlar el posible contacto con organismos patógenos.

Existen muchos medios para conseguir la eliminación de los patógenos presentes en los lodos líquidos y deshidratados. Algunos procesos de estabilización, como la digestión anaerobia y digestión aerobia, no desinfectan el lodo, pero permiten reducir considerablemente la presencia de organismos patógenos. Los métodos más adecuados para la desinfección de líquidos procedentes, tanto de digestión aerobia como la anaerobia, son la pasteurización y el almacenamiento a largo plazo.

1.2.3.1 Pasteurización

La pasteurización se emplea principalmente en Europa, en países como Alemania y Suiza, en donde es un proceso obligatorio para la desinfección de los lodos que se esparcen sobre los pastos durante la temporada de crecimiento de primavera y verano. Los métodos más

usados son la inyección de vapor, y el intercambio directo de calor. Los equipos que se emplean actualmente para la pasteurización del lodo pueden resultar poco rentables, debido a sus altos costos de inversión.

1.2.3.2 Almacenamiento a largo plazo

El lodo líquido digerido se suele almacenar en lagunas excavadas en el suelo, lo cual requiere disponer de un terreno suficiente. En los sistemas de aplicación al suelo, el almacenamiento suele ser necesario para retener el lodo durante los periodos en los que no se puede aplicar al terreno debido a las condiciones climáticas o a las características de los cultivos. El lodo almacenado en lagunas aumenta su concentración y sufre un proceso de estabilización.