**C:\Users\Antonio\Desktop\PLANEACION ESTRATEGICA, Dr. ANTONIO PEREZ GOMEZ, antonio@imagenidea.com.mx\logo_2.png**

**INSTITUTO DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE**

**ESTADO DE CHIAPAS**

**Maestría en Administración y Políticas Públicas**

Materia:

**Proyecto de investigación**

Catedrático:

**Dr. Ricardo Estrada Soto**

Actividad 1:

**Capitulo l y ll**

Alumno:

**Darío Cueto Reyes**

**23 de Febrero de 2016.**

**CAPITULO I: MARCO TEORICO**

* 1. **AGUAS RESIDUALES**

También son conocidas como aguas negras, es una mezcla de compuestos complejos que contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos que se encuentran disueltos o suspendidos en el agua que es recaudada por el sistema de alcantarillado público (Marín 2013).

La naturaleza por sí misma es capaz de depurar las aguas negras a través sus mecanismos naturales hasta cierto punto, sin embargo la generación de este tipo de aguas cada día es mayor, por lo cual es necesario implementar sistemas que ayuden a limpiar el agua de estos tipos de agentes químicos.

En la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 referente a las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, define a las aguas residuales como *“aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos* *incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.*

Es importante mencionar que existe una clasificación referente a las aguas residuales para su tratamiento: domesticas e industriales (Bolaños 2006). Las aguas residuales domesticas o urbanas son aquellas que se producen en los hogares, plazas comerciales, escuelas, entre otras, generalmente este tipo de residuos contienen desechos orgánicos. Las aguas residuales industriales son aquellas que se generan en las industrias manufactureras, y por lo tanto se generan aguas con residuos industriales además de orgánicos (Romero 1999).

Las aguas residuales que se generan sea de cualquier tipo, deben ser tratada de manera adecuada cumpliendo las normas establecidas por las autoridades correspondientes, ya que impacta de forma negativa las descargas de aguas a los recursos hídricos donde se realiza dicha actividad, porque existen componentes químicos orgánicos e inorgánicos en el agua que pueden alterar la fauna y flora del medio ambiente.

* + 1. **AGUAS RESIDUALES EN HOSPITALES**

Las aguas residuales de los centros hospitalarios presentan características muy similares a las aguas residuales municipales o domesticas (Ramos 2008). Los centros hospitalarios deben contar con su propia planta para tratar sus aguas residuales.

Debido a las características de las aguas residuales de los Hospitales puede ser considerado dentro de la clasificación de aguas residuales municipales, por lo tanto el tratamiento de las aguas residuales se pueden utilizar los mismos métodos de tratamientos para limpiar tan valioso líquido vital.

Ramos 2008 menciona *Los hospitales consumen importantes volúmenes de agua por día, generando otro similar de agua residual con microorganismos patógenos, medicamentos metabolizados o no, compuestos tóxicos, etc. que se disponen tratadas o no al agua, afectando su calidad y poniendo en riesgo la salud.*

Es necesario aplicar los métodos de control para asegurarse que el agua residual de los hospitales ha cumplido con las normas específicas establecidas porque a diferencia de las aguas residuales que se generan en un hogar común, en los hospitales se generan con una mayor concentración de compuestos tóxicos, como los medicamentos además de diversos microorganismos patógenos.

Además Ramos 2008 establece que *diversos investigadores reportan que estas aguas residuales representan un problema en cuanto a su eliminación, debido al peligro latente de elevadas concentraciones de microorganismos y/o virus (enterobacterias, coliformes fecales, entre otros), algunos de los cuales pueden haber adquirido multiresistencia antibiótica, también pueden están presentes: solventes, metales pesados.*

*Estas aguas componen una mezcla de sustancias complejas cuya actividad tóxica, mutagénica y genotóxica dependerá de interacciones sinérgicas y antagónicas entre sus componentes y entre estos y el ambiente*

Adquiere una gran importancia el tratamiento de estas aguas residuales de los hospitales porque aunque es similar en sus características con las de aguas municipales se deben conocer a detalle cuál es su composición y las características que presenta para tener un control y manejo adecuado, de esta forma garantizar la seguridad ambiental (Ramos 2008).

El agua residual de un establecimiento hospitalario es una mezcla compleja, capaz de generar serios problemas ambientales, pudiendo llegar a ser de 5 a 15 veces más tóxicas que las aguas residuales domésticas (Ramos 2008). Es por ello la gran importancia y necesidad de realizar un adecuado tratamiento de este tipo de agua residual para que el agua tratada y los subproductos finales no sean un peligro para el medio ambiente ni para la salud de los ciudadanos.

* + 1. **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Bolaños 2006 define al tratamiento de aguas residuales *como el conjunto de recursos por medio de las cuales es posible verificar las etapas de purificación de una corriente, entro de un área limitada, apartada y bajo condiciones controladas.* Estos recursos pueden ser humanos, técnicos, económicos, materiales y de equipos que en su conjunto puede llevarse a cabo el tratamiento de agua bajo ciertas condiciones y puede controlarse.

Marín 2013 identifica cuatro objetivos generales del tratamiento.

1. Para evitar la contaminación del cuerpo receptor
2. Para producir mediante tratamiento, un efluente cuyas características permitan su reutilización
3. Para cumplir con la normatividad ambiental vigente
4. Para la protección de flora y fauna

Según Oakley 2011 el tratamiento de aguas residuales domésticas debe tener como objetivo en orden de prioridad:

1. La remoción de patógenos para prevenir la transmisión de enfermedades relacionadas a las excretas humanas.

2. La remoción de sólidos en suspensión y material orgánico para evitar la contaminación de los cuerpos receptores.

3. Un plan de sostenibilidad para que los sistemas tengan éxito a largo plazo.

Los diferentes órdenes de gobiernos se deben interesar más sobre el tema además de crear políticas públicas en beneficio de la sociedad y el medio ambiente que garanticen la seguridad de los recursos naturales que hoy en día, aún se disponen y permita a la sociedad en general vivir en un lugar inocuo, seguro. En la actualidad se deben construir sistemas de tratamientos de agua acorde a la situación económica, social y cultural de cada localidad, municipio, estado o nación para que el o los proyectos de estos tipos de tratamientos de aguas puedan ser viables (Oakley 2011).

Oropeza (2006) menciona que *“El tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición*”.

Además precisa “*que las aguas residuales pasan a las plantas de tratamiento donde se eliminan en gran medida por la absorción en el lodo producto de un tratamiento fisicoquímico o biológico. El lodo resultante de estos procesos debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas (análisis CRETIB), lo que permitirá precisar si el lodo es considerado como un residuo peligroso o como un residuo no peligroso y con base en esto, plantear las alternativas para el manejo y disposición del mismo*”.

La autora Oropeza da como respuesta a algunas cuestiones de porque la autoridad le da poca importancia al tratamiento de las aguas residuales y sobre todo el manejo adecuado de los subproductos generados de la misma. Por otra parte los lodos vienen siendo los lixiviados del agua contaminada, es por ello que gran parte de las sustancias peligrosas se alojan allí, convirtiéndose los lodos en residuos peligrosos que se deben manejar con cautela.

Según Limón (2013), *de acuerdo a su naturaleza, los lodos deben ser tratados antes de disponerse. Al manejarlos, se deben tener ciertas consideraciones debido a su contenido de sólidos. El contenido de sólidos debe ser utilizado en el diseño y dimensionamiento de las bombas, tuberías y equipos utilizados para su manejo y tratamiento*.

Así mismo Limón (2013) *menciona que los lodos producidos en las plantas de tratamiento, principalmente los primarios, generalmente contienen basuras que no fueron removidas en las cribas del pretratamiento. Para remover estas basuras y evitar que dañen equipos, se requiere un pretratamiento, como puede ser una criba o molino*.

Es muy importante tener en cuenta las características de la planta de tratamiento de aguas residuales que se cuente en el centro hospitalario, porque eso dependerá las características de los lodos que se genere para hacer buen manejo de los residuos y así poder cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas.

* 1. **HISTORIA DE LOS TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

(Lenntech 21 de 02 de 2016).En la antigua Grecia el agua de escorrentía, agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas desde épocas muy tempranas. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (mediante la construcción de una red de distribución) del agua. El agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia. Los griegos fueron de los primeros en tener interés en la calidad del agua. Ellos utilizaban embalses de aireación para la purificación del agua.

Los Romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia. Los romanos construyeron presas para el almacenamiento y retención artificial del agua. El sistema de tratamiento por aireación se utilizaba como método de purificación. El agua de mejor calidad y por lo tanto más popular era el agua proveniente de las montañas.

En los sistemas de tuberías en las ciudades utilizaban cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo. Las fuentes de agua se protegían de contaminantes externos.

Después de la caída del imperio Romano, los acueductos se dejaron de utilizar. Desde el año 500 al 1500 D.C. hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. La gente que bebía estas aguas enfermaba y moría. Para evitarlo se utilizaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. Esta agua se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores (Lenntech 21 de 02 de 2016).

En 1806 en París empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimentaba durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consistían en arena, carbón y su capacidad era de seis horas.

En 1827 el inglés James Simplón construyó un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.

* 1. **PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)**

Una planta de tratamientos de agua residual es un conjunto de estructuras y unidades en donde se remueven total o parcialmente los contaminantes contenidos en el agua (Marín 2013).

Esto se logra mediante la utilización de diversos procesos dispuestos en orden creciente de complejidad o combinados, así como variantes de estos que pueden ser aprovechados para lograr requerimientos específicos de tratamientos a bajo costo y con alta eficiencia (Marín 2013).

En una planta de planta de tratamientos de aguas residuales se aplica operaciones unitarias es decir operaciones como sedimentación, filtración, etc. Por lo cual es un sistema complejo que se utiliza para tratar el agua además dependiendo del tamaño y diseño de la planta así será su complicada operación de la misma.

El primer paso en cualquier diseño de un sistema de tratamientos de aguas residuales, lo constituye la características del mismo, esta no es un tarea sencilla, pues acarrea un arduo trabajo de campo y laboratorio para lograr muestras representativas y análisis confiables (Marín 2013). Es una tarea difícil para los municipios, escuelas y centros hospitalarios donde no se tiene el recurso económico y técnico necesario para realizar estos tipos de diseños y la puesta en marcha de las plantas tratadoras de agua.

La tecnología a utilizar dependerá de muchos factores como el caudal a tratar, la calidad de agua cruda y agua tratada y los costos de inversión y operación y mantenimiento (Limón 2013). Es fundamental conocer estos factores para asegurarse que la planta de tratamiento funcionara de forma adecuada, así mismo el funcionamiento de la planta sea acorde a la vida útil establecida.

* + 1. **PTAR EN MÉXICO**

Según la Comisión Nacional del Agua 2011 el número de plantas de tratamiento era de 2,289, con una capacidad instalada de 137,082.13 l/s y un caudal tratado de 97,640.22 l/s.

Cabe destacar que la capacidad máxima que las plantas de tratamiento tienen en México no se aprovecha como debiera ser, pues operan a solo el 71 % de su capacidad en promedio. Es necesario revisar cuales son los factores que intervienen para que estas plantas puedan operar en un mayor porcentaje en sus capacidad.

El tipo de tecnología a utilizar en cada planta de tratamiento, dependerá de muchos factores como el tamaño, la calidad deseada y los costos (Limón 2013).Existen numerosas tecnologías utilizadas en el tratamiento de aguas residuales. El tratamiento generalmente consiste en las etapas de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, desinfección y tratamiento de lodos (Limón 2013).

Figura 1. Clasificación de las etapas de tratamientos (Marín 2013)



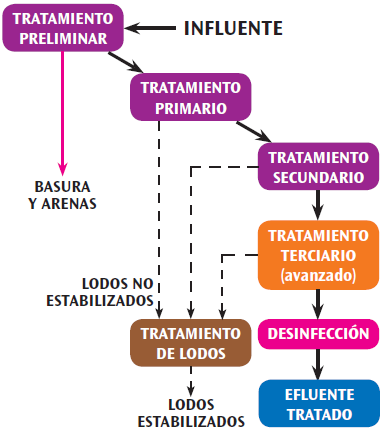
Las plantas de tratamiento son obras de ingeniería especializada, desde ingeniería química, industrial, civil entre otras, que deben trabajar en un mismo objetivo. Es una de las razones por la cual los municipios no son capaces de instalar y operar. Sin embargo deben plantearse como un reto a seguir porque los beneficios de contar con un sistema de tratados de este tipo no solo beneficiarían en la salud de los ciudadanos y el medio ambiente, sino además las ventajas económicas que puede tener como el uso propio y la venta de agua tratada para suplir usos no potables.

En cuanto a las plantas de tratamiento y su tecnología, es evidente que la infraestructura que se tiene en el país (México) para hacerse cargo del tratamiento de las aguas negras no es suficiente para cubrir las necesidades, además de que es ineficiente en su operación (Lahera 2010).

Aunado a ello existen factores por las que no son suficientes las plantas y tecnología para tratar el agua residual como son: el crecimiento demográfico, falta de interés de la población, plantas de tratamientos fuera de operación entre otras. Es evidente que la responsabilidad de contar con aguas limpias, no solo es tarea del gobierno creando estos tipos de sistemas para tratar el agua, sino que también la sociedad en general se debe inmiscuir en este tema.

Para tratar el agua residual es necesario conocer su esquema básico a fin de entender como fluye el agua de un proceso a otro, además como se recolectan los lodos que se produce.

Esquema 1. De un tren de tratamiento de aguas residuales (Marín 2013)



Como se puede apreciar existen varios procesos o tratamientos por las cuales el agua residual tiene que pasar y es importante que en cada uno de ellos existan los controles de seguridad donde se asegure que el agua que sale en cada proceso se cumplió con los requerimientos, esto para cumplir en tiempo y forma con el tratamiento del agua.

Figura 2. Procesos de tratamientos de aguas residuales municipales 2008 (Lahera 2010).



La construcción y operación de un mayor número de plantas de tratamiento permite mejorar la calidad de vida de las personas en el país. Además que el mayor volumen de agua tratada se puede destinar para abastecer la demanda de sectores como el agrícola y el industrial, liberando importantes volúmenes de agua de primer uso para el consumo de la población (Limón 2013).

Uno de los grandes retos a largo plazo, es tratar todas las aguas residuales generadas en el país, lo cual fue establecido como objetivo en la Agenda del Agua 2030 (Limón 2013).

Para lograr este objetivo es necesario construir plantas de tratamiento eficientes y poner en marcha aquellas que estén fuera de operación, debe existir la sinergia de los gobiernos federales, estatales y municipales. Esto es posible ya que en México presentaba rezagos en este tema sin embargo se hizo grandes avances en los últimos años (Limón 2013). Del año 2000 al 2011 la cobertura de tratamiento de aguas residuales se duplicó, lo que significa que en 11 años se construyó infraestructura de tratamiento para un caudal adicional mayor que el construido en toda la historia de nuestro país (Comisión Nacional del Agua, 2012).

Es posible cumplir con estos grandes retos que México se ha trazado en dirección a un medio ambiente sustentable, pues con políticas publicas bien diseñadas se puede hacer posible.

* 1. **TECNOLOGÍAS APLICABLES Y TAMAÑOS DE PLANTAS**

Existe una gran variedad de tecnologías utilizadas en el saneamiento de las aguas residuales. Estas tecnologías se dividen principalmente en dos grupos, dependiendo del tipo de microorganismos que remueven la materia orgánica: procesos aerobios y procesos anaerobios (Limón 2013).

**1.4.1 LOS PROCESOS AEROBIOS**

Son los más comúnmente usados y se dividen principalmente en procesos con biomasa suspendida y procesos con biomasa adherida, aunque también existen algunos híbridos.

En los procesos con biomasa suspendida, siendo el más común el de lodos activados, los microorganismos se encuentran suspendidos o flotando libremente en el agua y se separan por medio de sedimentación o membranas. Estos requieren de una corriente de retorno de lodos activados para obtener la concentración de biomasa requerida en el reactor (Limón 2013).

En los procesos con biomasa adherida, los microorganismos o biomasa forman una biopelícula que se adhiere a algún medio fijo o móvil. Dado que la biomasa está adherida, esta permanece en el reactor, sin embargo, a una concentración menor que en los procesos de biomasa suspendida.

Los procesos aerobios, aunque tienen las desventajas de un gran consumo de energía y una mayor producción de lodos, permiten obtener una mejor calidad de agua tratada, son más fáciles de operar, y remueven nitrógeno y fósforo además de la materia orgánica.

**1.4.2 LOS PROCESOS ANAEROBIOS**

Los procesos anaerobios tienen las principales ventajas de un menor requerimiento de energía, menor producción de lodo y producción de metano que puede ser utilizado para generación de energía. Sin embargo, estos procesos tienen un largo periodo de arranque, no se lleva a cabo la remoción biológica de nitrógeno y fósforo y generalmente se requiere una etapa aerobia posterior para cumplir con la calidad de agua tratada requerida.

* 1. **LODOS COMO SUBPRODUCTO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

**1.5.1 Lodos residuales**

Para (Moeller, 2009) Los lodos residuales son el subproducto del tratamiento de las aguas residuales. Tradicionalmente estos lodos, muchas veces sin tratamiento, se han descargado al drenaje municipal, a las corrientes superficiales, almacenados a cielo abierto, y en rellenos sanitarios, provocando contaminación por sus altos contenidos de materia orgánica, patógenos, metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. En México se requiere de tecnología para la disposición y aprovechamiento de los lodos, en cuyo desarrollo y adaptación estén considerados los siguientes aspectos: bajo costo de inversión, operación y mantenimiento; reducción del impacto al ambiente; eficiencia en la reducción de contaminantes, y aprovechamiento de la materia orgánica y los nutrientes que contienen estos desechos.

Los lodos residuales es un tema poco conocido para las autoridades como para la población en general y que no le han dado la importancia que merece, ya que impacta en varios factores como la salud, ambiente entre otras. En esta materia, México se encuentra en un atraso para el manejo de estos residuos sólidos, todo lo contrario en otros países que cuenta con el desarrollo tecnológico que les permite establecer plan de residuos que les permita utilizarlos como compostas, reciclaje y recuperación de energía.

La Comisión Nacional del Agua en el 2007 define a los lodos como *los materiales sólidos y semisólidos removidos del agua residual en plantas de tratamiento. Los residuales orgánicos del tratamiento primario y secundario constituyen la mayoría de los lodos, pero también incluyen arena, natas y sólidos del cribado.* Estos lodos son el subproducto del tratamiento del agua en sus diferentes proceso que se lleva acabo, muchas veces a estos residuos se cataloga como desechos, en diferentes partes del mundo sin embargo en muchos países desarrollados son aprovechados como abono orgánico por su alto contenido en nutrientes.

La producción de lodos en los procesos unitarios típicos dependerá del porcentaje de aportación industrial, basura molida, el uso de químicos, control del proceso, cargas pico y condiciones climatológicas (Comisión Nacional del Agua 2007).

Los tipos de lodos incluyen:

* Lodo Primario
* Lodo Biológico
* Lodos Químicos

Las características de los lodos dependen principalmente de su origen, su tiempo de retención en las etapas de la PTAR y el tipo de tratamiento que han recibido (Limón 2013).

Figura 3. Caracterización y composición de lodos (Oropeza 2006).

****

**1.5.1.1 Lodos Primarios**

La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizan sedimentación primaria para remover los sólidos fácilmente sedimentables del agua cruda. En una planta típica con sedimentación primaria y un proceso convencional de lodos activados para el tratamiento secundario, el peso seco de los sólidos primarios es del orden del 50% del total de los sólidos generados (Comisión Nacional del Agua 2007).

Los lodos primarios han pasado por sedimentadores que facilitan la separación de los sólidos del agua por efecto de gravedad. Las características de este tipo de lodo son olorosos, color grisáceo y por lo tanto son fáciles de deshidratar, además el pH es más acido que los lodos secundarios y digeridos, al mismo tiempo presentan una carga microbiana mayor en comparación de los otros lodos porque no ha recibido ningún tratamiento químico ni biológico.

**1.5.1.2 Lodos Biológicos**

Los lodos biológicos son producidos por procesos de tratamiento tales como lodos activados, filtros percoladores y biodiscos. Las cantidades y características de los lodos biológicos varían con las tasas metabólicas y de crecimiento de los diferentes microorganismos presentes en el lodo (Comisión Nacional del Agua 2007).

Este tipo de lodos se caracteriza como su propia palabra lo dice biológico, es decir que existen microorganismos biológicos que interactúan entre sí para disputarse por la materia orgánica y oxigeno que les permita vivir, crecer y multiplicarse (Marín 2013). En este escenario los microorganismos más aptos sobrevivirán al entorno que se les presente, según las condiciones físicas y químicas del lodo.

Las plantas con sedimentación primaria normalmente producen un lodo biológico bastante puro. La concentración y, por tanto, el volumen del lodo biológico purgado son afectados grandemente por el método de operación de los clarificadores. Los lodos biológicos generalmente son más difíciles de espesar y desaguar, que el lodo primario y la mayoría de los lodos químicos (Marín 2013).

**1.5.1.3 Lodos Químicos**

En todas estas instalaciones se forman lodos químicos. Los precipitados químicos normalmente se mezclan con los sólidos del lodo primario o biológico (Comisión Nacional del Agua 2007). De esta forma los lodos químicos son los más complejos porque es una mezcla de solidos de los lodos primarios y biológicos, por lo tanto los más peligrosos para el ecosistema y la salud humana sino se manejan y tratan de forma adecuada.

Los químicos pueden incrementar enormemente la producción de lodos. La cantidad del incremento depende de los químicos utilizados y las tasas de adición (Comisión Nacional del Agua 2007). Es importante destacar que muchas veces por motivos de los altos costos económicos de los compuestos químicos, se elige el de menor precio pero repercute en la producción de lodos en la planta de tratamientos de aguas residuales.

Las propiedades de los lodos químicos son afectadas principalmente por los compuestos precipitados y los demás sólidos de las aguas residuales. Para obtener un uso eficiente de químicos, se deberán ajustar las tasas de alimentación a los cambios en el gasto y composición del agua residual (Comisión Nacional del Agua 2007).Es necesario realizar un análisis para determinar las ventajas y desventajas de los compuestos químicos utilizados durante el proceso de tratamiento de las aguas.

* 1. **TRATAMIENTO DE LODOS**

El tratamiento de lodos de cumplir con la NOM-004-SEMARNAT-2002 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes, de protección ambiental, lodos y biosolidos.

La tecnología de tratamiento para lodos residuales generados en las PTAR en Estados Unidos y Europa se realizan utilizando alguno de los siguientes cuatro procesos (Oropeza 2006):

*• Digestión anaerobia:* Comprende dos fases, en la primera se forman ácidos volátiles y en la segunda las bacterias anaerobias producen gas metano a partir de dichos ácidos, todo esto en ausencia de oxígeno molecular (O2).

*• Digestión aerobia:* Proceso de aireación prolongada (dotando al sistema de O2) para provocar el desarrollo de microorganismos aerobios hasta sobrepasar el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación, reduciendo así el material celular.

*• Tratamiento químico:* Realiza principalmente una acción bactericida, llevando al bloqueo temporal de fermentaciones ácidas. Por su reducido costo y alcalinidad, la cal es el reactivo que más se utiliza.

*• Incineración:* Conduce a la combustión de materias orgánicas de los lodos, y es el proceso con el que se consigue un producto residual de menor masa, las cenizas constituidas únicamente por materias minerales del lodo.

Figura 4. Costo del tratamiento y manejo de lodos (Barrios 2009).



El proceso con el que se trate los lodos residuales de PTAR va a depender de las características con la cual cuente la planta, además de valorar situaciones técnicas y económicas porque existen diferencias muy marcadas entre estos 4 procesos. Por ejemplo los costos de su tratamiento y la remoción de microorganismos de los lodos.

Existe viabilidad económica a la reutilización de estos biosolidos (lodos) comparada con otros tipos de disposiciones finales como los rellenos sanitarios o incineraciones. La reutilización puede ser desde compostas, restauración de suelos y reciclaje.

En general, las líneas de tratamiento de lodos residuales se encuentran enfocadas a dos aspectos fundamentales, que son (Oropeza2006):

**a) Reducción de volumen**: pueden obtenerse por un simple espesamiento (con el que la sequedad del producto podrá alcanzar en algunos casos el 10 o muy excepcionalmente, el 20%, sin que, por ello, pueda manejarse con pala), deshidratación por drenaje natural, escurrido mecánico, secado térmico, o también y como continuación de una deshidratación, por una incineración.

**b) Reducción del poder de fermentación o estabilización**: Consiste en reducir su actividad biológica (tendencia a la putrefacción) y su contenido de microorganismos causantes de enfermedades. La estabilización puede obtenerse mediante procesos tales como: digestión anaerobia o aerobia, estabilización química, pasteurización, cocción, etc.

Sin embargo para Marín 2013 los objetivos del tratamiento de lodos son:

1. La estabilización, para corregir una degradación controlada de sustancias orgánicas y eliminación del olor.
2. Reducción del volumen y peso.
3. Higiene y muerte de microorganismos patógenos.
4. Mejora de las propiedades del lodo de las plantas de tratamiento para su utilización posterior o disposición final.

Cabe destacar que son muy parecidos los objetivos entre el autor Oropeza 2006 y Marín 2013, pero este último propone dos objetivos más, es evidente de ser más actual el trabajo realizado. Existen varias problemáticas de la generación de estos lodos como son los malos olores, fuente de contaminación biológica además del volumen y peso producido.

Figura 5. Remoción de microorganismos por diferentes procesos (Barrios 2009).



* 1. **USOS, MANEJO Y DISPOSICIONES DE LOS LODOS**

**1.7.1 USOS DE LODOS EN OTROS PAÍSES**

En muchos países, la utilización del lodo requiere de una infraestructura costosa pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos naturales; además de convertir un residuo peligroso en un recurso aprovechable y no peligroso. Así, la denominada gestión de excelencia destina cada residuo a su tratamiento: reciclaje, composteo, incineración y vertedero (Oropeza 2006).

Oropeza (2006) expone que *el Plan de Residuos de Holanda, fija objetivos del 30% de reciclaje, 30% de compostaje, 30% de recuperación de energía y el 10% de vertido como residuos no aprovechables. En Viena, el esquema es de 50% de valorización energética, 29% de reciclaje, 12% de compostaje y 9% a vertedero*.

Como podemos observar los países europeos le dan la importancia necesaria al manejo adecuado de lodos, con altos porcentajes de aprovechamiento, más adelante veremos la situación que existe en México.

**1.7.2 USOS DE LODOS EN MEXICO**

Para Oropeza (2006*), la selección de algunos procesos para la estabilización de un lodo en particular depende de varios factores, tales como: la cantidad y calidad de lodos a tratar, las condiciones particulares del sitio y, la situación financiera en cada caso.*

En este sentido cabe recalcar la importancia de determinar la cantidad de lodos que se va a tratar, ya que muchas veces no se cuenta con la capacidad de la planta para tratar grandes cantidades de materia, así mismo la planta debe estar diseñada para el tratamiento de lodos porque de eso depende el proceso que se le dará.

Según el estudio realizado por Oropeza (2006) *en México no existe una cifra oficial reportada sobre la producción de lodos generados en el país y son muy pocas las plantas que realizan algún proceso de estabilización, ya que generalmente, carecen de las instalaciones para llevar a cabo el tratamiento necesario y la disposición final adecuada a los lodos generados. Recientemente se han realizado estudios que reportan que los lodos residuales que en México han significado un grave problema pueden ser reutilizados sin riesgos a la salud y al ambiente, demostrado que incrementan del 10 al 85% el rendimiento de los cultivos en relación con fertilizantes comunes, así, estos desechos podrían ser aprovechados después de ser sometidos a diversos procesos de estabilización, generando biosólidos que podrían aplicarse como fertilizante dependiendo de las características del suelo, el problema es la alta concentración bacteriana que presentan ya que esto los vuelve residuos peligrosos creando la necesidad de mandarlos a confinamientos o incinerarlos, en vez de aprovecharse para mejorar el suelo de dos terceras partes del territorio nacional que presentan problemas de salinidad y alcalinidad, es decir, altos contenidos de sales y sodio.*

En México no existe un manejo adecuado, comparado con los países de Europa es por ello que los lodos producidos por las plantas de tratamientos de agua residuales (PTAR) en el país, se vuelven una problemática seria como residuos sólidos peligrosos para el medio ambiente y la salud humana.

Según Oropeza *el Manejo ambientalmente adecuado de lodos debe existir una estrategia general que guíe el manejo correcto de lodos debe contener acciones de: prevención, rehusó o revalorización y disposición ambientalmente adecuada de los mismos. La prevención consiste en Manejo ambientalmente adecuado de lodos Con lo planteado, la estrategia general que guíe el manejo correcto de lodos debe contener acciones de: prevención, rehusó o revalorización y disposición ambientalmente adecuada de los mismos.*

* + 1. **MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS**

De acuerdo con la NOM-052-ECOL-1993, el análisis CRETI determina si un residuo es peligroso o no mediante diversas pruebas específicas

Por esta característica este lodo se considera residuo peligroso, por lo que se descarta totalmente de ser aprovechado benéficamente o de ser dispuesto. Como residuo peligroso está sujeto a su disposición en un confinamiento controlado.

**CAPITULO II: MARCO LEGAL**

**2.1 LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**

Legislación sobre el medio ambiente y aguas residuales en México Dentro del marco jurídico vigente hay varios ordenamientos con disposiciones en materia de agua y el medio ambiente. En primer lugar está la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), que en el artículo 4°, párrafos quinto y sexto, los derechos de los ciudadanos y las obligaciones del Estado. Este derecho de propiedad es inalienable e imprescriptible, según el párrafo sexto, y el derecho de beneficiarse de las aguas sólo será aquel que derive de una concesión otorgada por el Poder Ejecutivo Federal.

El artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) establece “*El varón y la mujer son iguales ante la ley. Esta protegerá la organización y el desarrollo de la familia*”

En su párrafo quinto recientemente reformada en el año 2012 dice textualmente “*Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho… “*

Además de reforzarlo en su párrafo sexto añadido en el 2012  *“Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines”.*

Además el artículo 115 de la CPEUM, párrafo tercero, inciso a, establece *“Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales”.*

**2.2 LEYES FEDERALES MEXICANAS**

**2.2.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE**

Establece en su **artículo 1°** que *“La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:*

*I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar;*

*VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo; “*

Así también el **artículo 5°** establece *“son facultades de la federación:” en sus párrafos quinto y sexto “La expedición de las normas oficiales mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en esta Ley; “ y “ La regulación y el control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas, así como para la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias;”*  correspondientemente.

En su artículo 36 establece “*Para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la Secretaría emitirá normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que tengan por objeto:* en su párrafo *I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en la producción, uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;”.*

**2.2.2 LEY DE AGUAS NACIONALES**

En el artículo 86 BIS 2 establece *“Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición”.*

En su articulo 148° establece *“Los lodos producto del tratamiento de las aguas residuales, deberán estabilizarse en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias de la materia. Los sitios para su estabilización deberán:*

1. *Impermeabilizarse con materiales que no permitan el paso de lixiviados, y*
2. *II. Contar con drenes o con estructuras que permitan la recolección de lixiviados”*

**2.2.3 LEY GENERAL DE SALUD**

En el artículo 1o. declara “*La presente Ley reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general…”*

En su artículo 19° establece que *“La Federación y los gobiernos de las entidades federativas, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, aportarán los recursos materiales, humanos y financieros que sean necesarios para la operación de los servicios de salubridad general, que queden comprendidos en los acuerdos de coordinación que al efecto se celebren...”*

**2.3 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE AGUAS NACIONALES**

De acuerdo al reglamento de esta ley en su artículo 148 establece *“Los lodos producto del tratamiento de las aguas residuales, deberán estabilizarse en los términos de las disposiciones legales y reglamentarias de la materia. Los sitios para su estabilización deberán”:*

1. *Impermeabilizarse con materiales que no permitan el paso de lixiviados, y*
2. *II. Contar con drenes o con estructuras que permitan la recolección de lixiviados. Cuando los lodos una vez estabilizados y desaguados presenten concentraciones no permisibles de sustancias peligrosas, contraviniendo las normas oficiales mexicanas, deberán enviarse a sitios de confinamiento controlado aprobados por la autoridad competente, conforme a la normatividad aplicable en materia de residuos peligrosos. Las aguas producto del escurrimiento y de los lixiviados deberán ser tratadas antes de descargarse a cuerpos receptores”.*

Además en su artículo 151 declara “*Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas…”*

**2.4 NORMAS OFICIALES**

Los lodos producidos en una planta de tratamiento deben cumplir con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

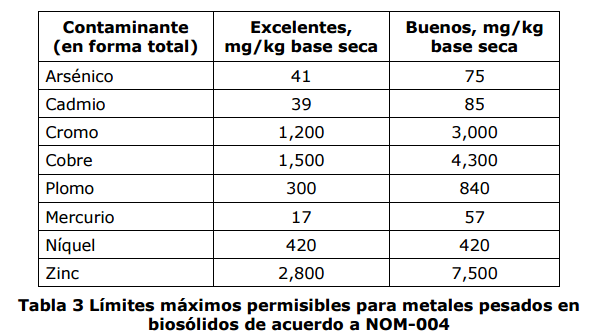
**2.4.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-SEMARNAT-2002**

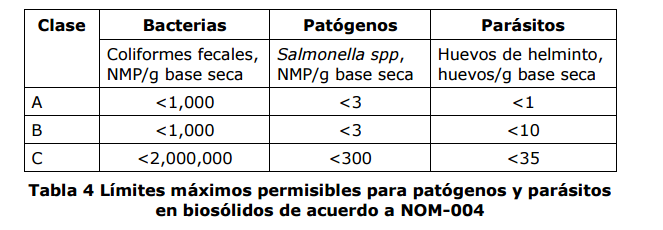
Deberán contar con la “Constancia de no peligrosidad de los mismos”, de acuerdo al trámite SEMARNAT 07-007.

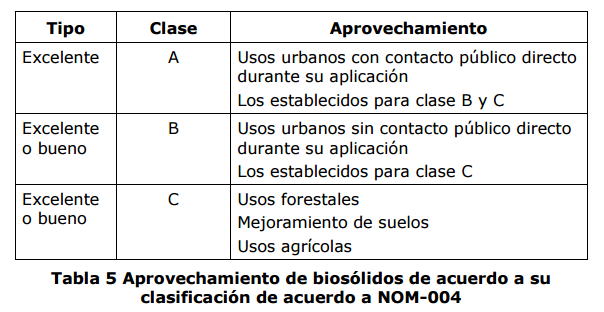
En la NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Se especifica ciertos criterios de los biosolidos (lodos) para ser reutilizado:

* Los biosólidos deben ser tratados para controlar la atracción de vectores. Se recomiendan varios procesos para lograr esto, como el reducir la masa de sólidos volátiles al menos en un 38% durante su tratamiento.
* Los biosólidos se clasifican en excelentes o buenos de acuerdo al contenido de metales pesados que se indica en la Tabla 3 y en clase A, B o C de acuerdo a su contenido de patógenos y parásitos indicado en la Tabla 4.
* El aprovechamiento que se les podrá dar a los biosólidos depende de su clasificación, como se indica en la Tabla 5.







El generador deberá contar con una bitácora de control de lodos y biosólidos, de acuerdo a lo establecido en el Anexo VII.

*ANEXO VII CONTENIDO DE LA BITÁCORA DE CONTROL DE LODOS Y BIOSÓLIDOS*

1.- Generador

2.- Producción en base seca (Ton) por: día y mes

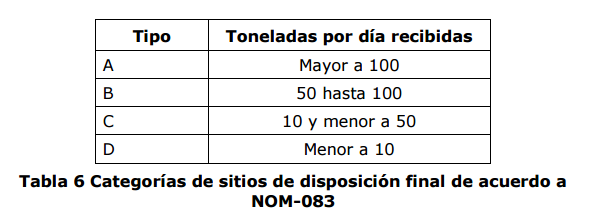
3.- Fecha de muestreo

4.- Laboratorio que analizó

5.- Salida del producto •fecha • cantidad en base seca (Ton) • destinatario

**2.4.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-SEMARNAT-2003**

En la NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se clasifican los sitios de disposición final de acuerdo a lo indicado en la Tabla 6.



En esta Norma se indican las siguientes características constructivas y operativas del sitio:

1. Debe contar con una barrera geológica natural o equivalente.

2. Debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás generado en el sitio.

3. Se debe construir un sistema de captación y extracción del lixiviado generado.

4. Debe contar con un drenaje pluvial.

5. Debe contar con área de emergencia para depositar los residuos en cualquier eventualidad, desastre natural o emergencia.

6. Se debe controlar la dispersión de materiales ligeros, fauna nociva e infiltración pluvial. 7. Se deben adoptar medidas para los residuos no admitidos. Los lodos deben ser previamente tratados o acondicionados antes de su disposición final.

8. El sitio debe contener obras complementarias como caminos, cerca perimetral, caseta de vigilancia, servicios básicos, franja de amortiguamiento. Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**BIBLIOGRAFÍA**

* Limón, J. (2013). *Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?* Julio 8, 2013, de Academia de Ingeniería de México Sitio web:http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc\_ingreso\_gualberto\_limon\_trabajo\_de\_ingreso.pdf
* Marín, A., Oses M. (2013). *Operación y Mantenimiento de las plantas de tratamientos de aguas residuales con el proceso de lodos activados*. Jalisco, México., Comisión Estatal del agua de Jalisco.
* Moeller, G., Sandoval, L., Ramírez, E., Cardoso, L., Escalante, V., & Tomasini, A. (2009). *Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Lodos Activados*. Morelos, México.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
* Bolaños, I. (2006). *Diseño espacial y estructural de una planta de Tratamiento de Aguas residuales para la Universidad Tecnológica de la mixteca*. Oaxaca, México. Instituto de Diseño,Universidad Tecnológica de la Mixteca.
* Ramos, C. (2008). *Aguas residuales generadas en hospitales*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2, pp 56-59.
* Oakley, S. (2011). *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica.* Manual de Experiencias, Diseño, Operación y Sostenibilidad. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).
* Lahera, V. (2010). *Infraestructura Sustentable: Las plantas de tratamiento de aguas residuales.* Quivera, 2, pp 58-69.
* Oropeza N. (2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*. Quintana Roo, México. Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo
* Comisión Nacional del Agua (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición* 2007. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
* Comisión Nacional del Agua. (2011). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación Diciembre 2011.* México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
* Comisión Nacional del Agua. (2012). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2012.* México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
* Diario Oficial de la Federación (1997). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, establece los lí­mites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales***.** México, D.F., Diario Oficial.
* Diario Oficial de la Federación (2003). *NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.* México, D.F., Diario Oficial.
* Diario Oficial de la Federación (2004). *NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.* México, D.F., Diario Oficial.
* Lenntech (21 de 02 de 2016). Lennetech.es. obtenido de http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm.
* Diputados, C. (20 de 02 de 2016). *diputados.gob.mx.* Obtenido de diputados.gob.mx:http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\_090115.pdf
* Diputados, C. (23 de 02 de 2016). *Diputados.gob.mx.* Obtenido de Diputados.gob.mx:http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\_110814.pdf
* Diputados, C. (18 de 02 de 2016). *Diputados.gob.mx.* Obtenido de Diputados.gob.mx: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgs.htm