



Centre de Cooperació per
al Desenvolupament. CCD
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



El consumo del agua y saneamiento en comunidades aisladas

L. Franco Esacamiroso Montalvo

Universidad Autónoma de Chiapas

Diplomado internacional

Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas

Universidad Autónoma de Chiapas

Tuxtla Gutiérrez, 27 de enero del 2003

EL CONSUMO DEL AGUA Y SANEAMIENTO EN COMUNIDADES AISLADAS

1. EL AGUA Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

El agua, junto con la energía solar, son probablemente los recursos naturales más importantes que mantienen la vida de nuestro planeta, y difícilmente los podemos sustituir. Para la conservación y desarrollo de la vida humana, el agua juega un papel protagonista. Por ello, el hombre al hacerse sedentario ha buscado para su establecimiento lugares que le han ofrecido mayores comodidades y facilidades para el desarrollo de sus múltiples actividades, procurando tener siempre cerca una fuente de abastecimiento de agua. Sin embargo, lo anterior no siempre ha sido posible por razones diversas, teniendo que establecerse en sitios que quizás no fueron los más adecuados.

El abastecimiento de agua para las poblaciones no tiene solución permanente, por lo que en este aspecto siempre se debe estar buscando nuevas fuentes de aprovisionamiento, realizando estudios hidrológicos o geohidrológicos. Por otra parte, el aumento de la población y el ascenso de su nivel cultural y social hacen insuficiente en poco tiempo las obras proyectadas, imposibilitando que puedan seguir el ritmo de crecimiento natural de las poblaciones, que exigen la obtención de nuevos caudales.

Esta necesidad permanente por tener el vital líquido, ha exigido la búsqueda de fuentes de abastecimiento de agua que tengan: 1) La **capacidad** suficiente para suministrar agua a las poblaciones y, lo más importante, 2) La **calidad** necesaria. Lo anterior, a lo largo del tiempo, ha justificado los trabajos del hombre para captar y transportar el agua, diseñando y construyendo obras que permitan conseguir tal objetivo.

Con el abastecimiento de agua, surge el problema de desalojar los desechos líquidos generados por las comunidades. Estos desechos poseen un potencial considerable para contaminar el medio ambiente, en especial los cuerpos de agua.

En las civilizaciones primitivas el remedio para el problema de la contaminación era simplemente trasladar la comunidad a otro lugar; en las civilizaciones más avanzadas tal mudanza fue cada vez más difícil, hasta considerarse impracticable. En las civilizaciones antiguas se reconoció la importancia del abastecimiento de agua y de las medidas sanitarias para las aguas de desecho. Los hallazgos arqueológicos muestran la existencia de letrinas y drenes en las viviendas neolíticas; 2000 años (a. de C.), la civilización minoica tenía ya tuberías de arcilla para el agua y el drenaje, además de retretes hidráulicos en las casas. Los romanos tenían sistemas muy avanzados para el abastecimiento del agua y su drenaje. Sus ciudades usaban grandes cantidades de agua con fuentes que surtían continuamente a la mayoría de la población, aunque las familias ricas tenían sus propios abastecimientos entubados. Se construyeron largos acueductos, algunos de los cuales todavía existen (como es el caso de *Le Pont du Gard* en Nimes, Francia), que recorrían hasta 80 km, para que el abastecimiento de agua de buena calidad a las ciudades fuera el adecuado.

Las alcantarillas primitivas (albañales de piedra) que se describen en la literatura y escritos de la época, servían para desalojar el agua superficial de las calles más allá de los límites de la ciudad, además recolectaban las descargas de las letrinas de las casas, aunque esto último no era muy generalizado, ya que no se conocían las exigencias de salud pública. Un ejemplo de esta práctica lo encontramos en la antigua ciudad romana de *Pompeya*, en Italia.

Con la decadencia del Imperio Romano, la mayoría de sus instalaciones de obras públicas cayeron en desuso y durante siglos las provisiones para el abastecimiento de agua y saneamiento virtualmente no existieron.

En la Edad Media comenzaron a desarrollarse pueblos en los cruces de ríos importantes, los cuales constituían una fuente de agua adecuada y un medio aparentemente conveniente para la eliminación de desechos. Aunque en los pueblos más grandes se construyeron albañales, éstos estaban diseñados únicamente para el desalojo del agua superficial.

En 1579, una calle en Londres con sesenta casas tenía tres letrinas comunales. La descarga de desechos líquidos y sólidos desde las ventanas a la calle era común, por lo que no sorprende que la expectativa de vida fuera menos de la mitad de la cifra actual en el mundo desarrollado. En 1815, en el Reino Unido se prohibió por ley la descarga de agua residual hedionda en los albañales; las medidas sanitarias eran mínimas.

En un intento por mejorar las cosas, en 1847 se dictó en Londres una ley que hacía obligatoria la descarga de los desechos de sumideros y letrinas en los albañales. Por otra parte, los alcantarillados de Londres arrojaban los desechos en el río Támesis, del cual se obtenía gran parte del agua para la ciudad; esto, aunado al deficiente estado de conservación de muchas de las alcantarillas permitía que su contenido se filtrara y contaminara el nivel freático, que era la otra fuente de abastecimiento de agua. Como consecuencia inevitable de esta situación las fuentes de agua se contaminaban cada vez más con el agua residual. El río Támesis se hizo desagradable tanto a la vista como al olfato y lo que fue más serio, las enfermedades hídricas abundaron en la ciudad (TEBBUTT, 1993).

Fue hasta 1845 que en la ciudad de Londres se hiciera un estudio que sirviera de base para la planificación de las redes de saneamiento, ya que a raíz de la gran epidemia de cólera asiática de 1832, misma que posteriormente reapareció en 1848 causando más de 25,000 víctimas los seis años siguientes, quedó claramente demostrada la relación existente entre el suministro de agua contaminada y la rápida propagación de esta enfermedad. En esa

época, trabajos similares de saneamiento del ambiente urbano se estaban desarrollando en Europa Occidental y en algunas ciudades de los Estados Unidos y América Latina (METCALF, 1981).

La atención continua del control de la calidad del agua y el saneamiento en los países desarrollados ha hecho posible que las enfermedades hídricas estén prácticamente erradicadas. Sin embargo, el abastecimiento de agua y el saneamiento en gran parte de los países en vías de desarrollo, por su alta tasa de natalidad, ha limitado a la población contar con instalaciones satisfactorias.

1.1 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

En nuestro planeta existe una vasta cantidad de agua, que aproximadamente equivale al 7% de la masa de la tierra. No obstante, cerca del 97% del total de agua se encuentra en los océanos (agua salada) y el 3% restante es agua dulce, de la cual el 2.3% se encuentra congelada en los casquetes polares y sólo el 0.7% corresponde al los cuerpos de agua que forman los lagos y ríos (BINNIE, 1985).

Si las poblaciones demandantes de agua para satisfacer sus necesidades estuvieran distribuidas uniformemente sobre la superficie de la tierra, la escasez de agua sería nula, pero la realidad es otra; la orografía de la tierra y las lluvias sobre la superficie son desiguales y, por otra parte, las áreas urbanas densamente pobladas demandan grandes cantidades de agua a diferencia de las más pequeñas.

La ciencia de la hidrología, que trata de la administración del ciclo hidrológico y sus recursos hidráulicos, desempeña un papel importante en la satisfacción de las demandas siempre crecientes de agua en el mundo en vías de desarrollo. Se debe entender por qué en la evaluación de los recursos hidráulicos es esencial tomar en consideración tanto la calidad como la cantidad de la fuente de abastecimiento de agua, ya que estos dos aspectos son las dos precauciones principales en un abastecimiento de agua para una población (VALDEZ, 1991).

Las principales fuentes de abastecimiento de agua que pueden estar al alcance de una población son las corrientes superficiales (arroyos, ríos, lagos entre otros) y las aguas subterráneas (manto freático). Sin embargo, en los lugares donde no es posible conseguir agua en forma superficial o subterránea, el vital líquido se puede obtener de la atmósfera, captando el agua de lluvia o de la niebla.

Una vez que se obtiene agua de calidad y en cantidad adecuada, a través de una fuente de abastecimiento, el paso siguiente es surtir el agua a los consumidores por medio de un complejo sistema de distribución, que la transporta hasta los puntos de demanda. Al sistema de distribución se le pueden incorporar otros elementos, como el caso de tanques de almacenamiento, para hacer frente a las fluctuaciones diurnas, incendios y emergencias.

El volumen de agua demandado depende del nivel de servicio prestado. La existencia de conexiones múltiples en las viviendas consumidoras de agua, producen una demanda elevada que puede alcanzar de 200 a 400 litros por habitante por día (lts/hab/día). Por otra parte, en áreas atendidas por tomas generales o puestos públicos centralizados, la demanda es mucho menor, oscilando entre 20 y 40 lts/hab/día (UNCHS, 1991). Lo anterior nos hace pensar que es absolutamente esencial efectuar estimaciones correctas de la demanda en las áreas consideradas, reconociendo las distintas zonas dentro de dicha área que puedan presentar distintas demandas.

Ciertas partes del sistema de abastecimiento de agua, como son las tuberías principales y las plantas de tratamiento, requieren de un diseño que considera los días de mayor demanda: esta demanda máxima es del orden de 1.5 a 2 veces superior a la media. El diseño del sistema de distribución debe considerar también la demanda máxima, que puede oscilar entre 2 y 5 veces la media. El tamaño de las tuberías de distribución y de los depósitos de almacenamiento debe garantizar una presión adecuada en los períodos de máxima demanda. Estos niveles y factores pueden modificarse en función de las condiciones reales presentes en un asentamiento y hacerse menos conservadores para que la mayoría de la población pueda disponer de dichos servicios (UNCHS, 1991).

1.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Generalmente, los usos domésticos e industriales del agua producen un deterioro en su calidad y se hace necesario recolectar las aguas residuales para darles un tratamiento efectivo antes de devolverlas al medio ambiente. En muchos casos las aguas residuales tratadas representan una parte importante de los recursos hidráulicos, ya que pueden volver a utilizarse.

En los países desarrollados, las demandas de agua en la práctica son estáticas y las medidas básicas de control de calidad del agua están bien establecidas. Sin embargo, muchas de las obras existentes para el abastecimiento de agua y alcantarillado son ya relativamente viejas de modo que su reconstrucción representará problemas en el futuro. Además, a medida que aumenta el conocimiento de los efectos de todas las formas de contaminación ambiental, aparecen nuevos peligros potenciales; por ejemplo, existe preocupación acerca de los posibles peligros carcinógenos por la presencia en el agua de concentraciones diminutas de algunos compuestos orgánicos (TEBBUTT, 1993).

Al estudiar los riesgos que las sustancias contaminantes representan para la salud del ser humano, es recomendable relacionar adecuadamente las fuentes emisoras (COREY, 1988).

1.3 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales¹, industriales, de servicios, agrícolas, pecuarias y en general de cualquier otra fuente, así como la mezcla de ellas (SEMARNAP, 1997).

Estas aguas también son conocidas como aguas negras, mismas que varían su volumen de acuerdo con la población, tamaño de las industrias, entre otros factores.

En un municipio exclusivamente residencial es frecuente determinar los caudales de aguas residuales a partir de la densidad de población y de la contribución media per cápita. En la Tabla 1, se pueden apreciar los datos de rangos de variación y gastos típicos de agua residual generada. En las grandes zonas residenciales, es aconsejable establecer estos rangos con base en la superficie que ocupan. En los casos que sea posible, los datos deberían basarse en valores reales de gastos seleccionados entre zonas residenciales típicas. Por otra parte, en ausencia de los datos de agua residual generada en un municipio, se puede adoptar el valor estimado del 70% del consumo de agua (METCALF, 1981).

En una población industrial o que tenga un consumo de agua para usos domésticos muy alto, se produciría un gasto mucho mayor. Esto es razonable si consideramos el uso cada vez mayor de máquinas automáticas como son las lavadoras de ropa, lavadoras de loza y trituradores de basura. Naturalmente, el promedio es más elevado cuando las aguas pluviales entran a las alcantarillas que acarrean los desechos municipales e industriales.

TABLA 1; GASTOS MEDIOS DE AGUA RESIDUAL DE ORIGEN RESIDENCIAL

Origen	Gasto Generado (lts/hab/día)	Valor Típico
Apartamentos	200 - 340	260
Hotel, por residente	150 - 220	190
Viviendas:		
Clase media	190 - 350	280
Clase alta	250 - 400	310
Casa de lujo	300 - 550	380
Casa semimoderna	100 - 250	200
Chalet de verano	100 - 240	190

Fuente: METCALF, 1981.

Las aguas residuales pueden ser originadas por:

- Desechos humanos y animales
- Desperdicios caseros
- Corrientes pluviales
- Infiltraciones de aguas subterráneas
- Desechos industriales

Los desechos humanos y animales son las excreciones corporales (orina y heces) que llegan a formar las aguas residuales, mediante el uso de sistemas hidráulicos sanitarios (excusados) y en cierto grado de los procedentes de los animales, que van a dar a las alcantarillas. Estos desechos son los más importantes relacionados con la salud pública, porque contienen organismos perjudiciales al hombre.

Los desperdicios caseros son procedentes de las manipulaciones domésticas de lavado, baño, desperdicios de cocina, limpieza y la preparación de los alimentos. Estos desechos contienen jabones y detergentes, además de los desechos de cocina que contienen partículas de alimentos y grasas.

Las corrientes pluviales depositan cantidades variables de agua en la tierra y gran parte de ella lava la superficie, al escurrir arrastrando polvo, arena, hojas y otros residuos. En algunas poblaciones se dejan que estos escurrimientos vayan a parar a las alcantarillas o drenaje que sirven para coleccionar las aguas negras, en otras se coleccionan aparte y no se mezclan con las aguas negras generadas en la comunidad.

En el drenaje o alcantarillado, que es el dispositivo para coleccionar las aguas residuales, existe siempre la posibilidad de infiltraciones de aguas subterránea, debido a las juntas de las secciones de tubería que lo forman, al no

¹ Las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido contaminadas por diversos usos, entre los cuales podemos señalar los generados en una vivienda, también denominados domésticos, los generados por instituciones, comercios, etc.

quedar perfectamente ajustada, además de que en muchas ocasiones queda por debajo del nivel freático, especialmente cuando dicho nivel es muy alto, a consecuencia de la excesiva precipitación. Estas infiltraciones son difíciles de cuantificar ya que dependen de las características del suelo, del tipo de drenaje y otras condiciones climatológicas.

Los desechos industriales son los productos originados en los procesos de manufactureros, explotación de yacimientos, ensamblajes, etcétera. Estos desechos varían mucho en su tipo y volumen, pues depende de la clase de establecimiento fabril ubicado en la localidad, además, el contenido de sustancias químicas que contienen interfieren con la disposición final de las aguas negras de la comunidad, dañan las alcantarillas y pueden tener un alto grado de toxicidad (HILLEBOE, 1964).

En términos generales, Faire (1996) considera que los residuos domésticos arrastrados con agua son las aguas residuales domésticas y los de establecimientos industriales son las aguas residuales industriales o comerciales.

Por otra parte, al referirnos al aspecto y composición física de las aguas residuales municipales, estas son de color gris con olor a moho no desagradable, sobre todo cuando son frescas o de reciente formación (aguas residuales crudas). Flotan en ella cantidades variables de sustancias fecales, trozos de alimento, basura, papel y otros residuos de actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad. Con el transcurso del tiempo, el color cambia gradualmente de gris al negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable. Asimismo, contienen sólidos disueltos, suspendidos y flotantes, cuya cantidad, como lo señala Tebbutt (1993), casi siempre es menor del 0.1% en peso, en donde su naturaleza puede ser orgánica e inorgánica, con variada concentración en el agua residual. Además, estas aguas contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos, entre ellos el oxígeno.

Con respecto a la composición biológica de las aguas residuales municipales, que es la parte viva natural de la materia orgánica, contiene un número incalculable de organismos como bacterias y otros microorganismos vivos más complejos, cuyas actividades son las que causan el proceso de descomposición. Además, los organismos vivos presentes en las aguas residuales municipales son de suma importancia en los procesos de tratamiento, y su éxito, incluyendo la degradación y descomposición, depende de sus actividades en condiciones anaerobias o aerobias.

1.4 IMPACTO DEL AGUA RESIDUAL SOBRE LA SALUD HUMANA

La transmisión de las enfermedades en un medio urbano, requieren de una fuente de contaminación, una vía de transmisión y la exposición de los habitantes susceptibles a enfermarse. Por otro lado, las enfermedades pueden ser contagiosas y las vías de transmisión pueden ser por contacto directo o a través de un vector, como el caso de la mosca, al depositar pequeñas cantidades de gérmenes patógenos en alimentos que posteriormente serán ingeridos por una persona. En estos casos el patógeno vive en el hombre mismo (huésped) y sólo puede vivir corto tiempo fuera de él.

Existen otras enfermedades cuyas vías de transmisión se pueden dar a través del suelo o del agua. En estos casos la ruptura de la vía de transmisión es más compleja. Con respecto a las enfermedades transmitidas por el agua, en la actualidad se conoce una gran gama de enfermedades infecciosas causadas por diferentes microorganismos; bacterias, protozoarios (gusanos), helmintos (lombrices) y virus. Además, las enfermedades hídricas más comunes son aquellas que se propagan por el agua contaminada con heces u orina humana, localizadas en las aguas residuales municipales.

La infección ocurre cuando el patógeno llega al agua que consume una persona que no es inmune a la enfermedad, como lo podemos apreciar en la Figura 1, donde esquemáticamente se señala que la mayoría de estas enfermedades siguen una vía clásica de transmisión fecal-oral y los brotes se caracterizan porque enferman simultáneamente a varias personas que toman agua de la misma fuente (TEBBUTT, 1993).

Dentro de las enfermedades hídricas destacan la fiebre tifoidea y el cólera que fueron dos de las infecciones características que cobraron su temible tributo de enfermedad y muerte en las ciudades que surgieron en la revolución industrial. La paratifoidea (salmonelosis) y la disentería bacilar (shigelosis) son grupos de enfermedades hídricas menos devastadoras en sus efectos.

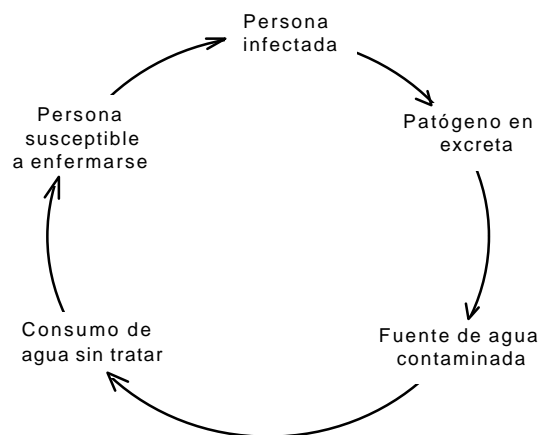


FIGURA No. 1 ; CICLO DE INFECCIÓN DE ENFERMEDAD TRANSMITIDA POR EL AGUA (vía fecal-oral)

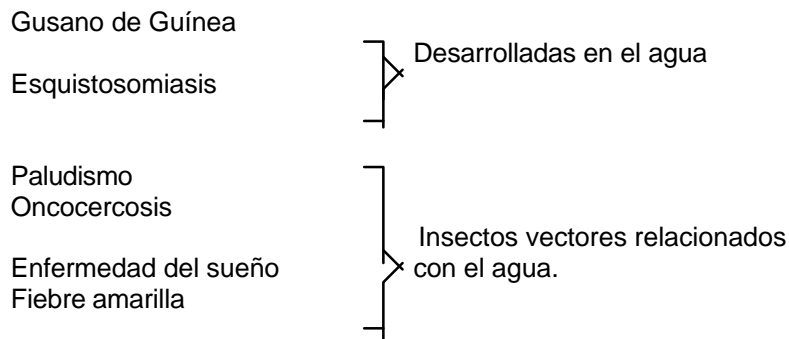
Existen otros tipos de enfermedades relacionadas con el agua como son la hepatitis infecciosa, leptospirosis, tifoidea, tularemia, disentería amibiana, gastroenteritis, ascariasis, conjuntivitis, tracoma, etc. Debe observarse que aunque estas enfermedades pueden ser transmitidas por el agua, también pueden infectar al humano por otra vía que permita la ingestión de la materia fecal de una persona enferma, como es el caso de la falta de higiene de los trabajadores que preparan alimentos (FAIR, 1971).

Para controlar las enfermedades transmitidas por el agua es importante que se identifique la fuente de contaminación, el agente causante y los patrones de transmisión. Posteriormente, realizar los trabajos necesarios para el tratamiento y eliminación de las aguas residuales para así reducir la incidencia de muchas enfermedades y proteger a las poblaciones.

PRINCIPALES ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL AGUA²

Enfermedad	Tipo de relación con el agua
Cólera	Transmitida por el agua
Hepatitis infecciosa	
Leptospirosis	
Paratifoidea	
Tularemia	
Tifoidea	
Disentería amibiana	Por al agua o por el agua para el aseo personal
Disentería bacilar	
Gastroenteritis	
Ascariasis	Por el agua para aseo
Conjuntivitis	
Enfermedades diarreicas	
Lepra	
Sarna	
Sepsis y úlceras de la piel	
Tiña	
Tracoma	

² TEBUTT, T.H.Y. (1993). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. Versión actualizada en español. Editorial Limusa. México. P. 57



2. CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los índices de morbilidad y mortalidad causados por enfermedades gastrointestinales en los seres humanos, pueden reducirse al mejorar tanto el abastecimiento de agua como el saneamiento de la misma. Sin embargo, con frecuencia se descuida el aspecto del saneamiento en favor de las obras de abastecimiento de agua en centros urbanos.

Actualmente, las comunidades y las grandes ciudades no pueden mantenerse en un nivel elevado de higiene sin la protección de la salud. Una de las formas que permiten lograr el saneamiento en los centros urbanos es instalando sistemas de alcantarillado para recolectar todos los desechos líquidos generados en las poblaciones y transportarlos a una planta de tratamiento, y así asegurar que el efluente se pueda descargar sin causar daño ambiental.

La Figura 2 muestra la configuración de un sistema hidráulico urbano, que tiene por objeto evitar la propagación de enfermedades infecciosas mediante el adecuado tratamiento y la disposición de los desechos líquidos. El sistema está constituido por dos subsistemas, uno es el subsistema de agua potable que está compuesto por fuente de abastecimiento, captación, conducción, tratamiento (potabilización), almacenamiento (regularización) y la red de distribución, y el otro es el subsistema de alcantarillado sanitario formando por la red de recolección de las aguas residuales, conducción, tratamiento y la disposición final (VALDEZ, 1991).

Específicamente, el subsistema de alcantarillado sanitario está constituido por ductos y equipos que tienen la finalidad de colectar y desalojar, en forma segura y eficiente, las aguas residuales de una población, solas o en combinación con las aguas pluviales, además de disponerlas adecuadamente.

Por otra parte, para la recolección y disposición de las aguas residuales municipales, incluyendo las pluviales, de una población, básicamente se han adoptado dos tipos de sistemas: Combinados y separados.

El sistema separado es una red que se proyecta para recoger y transportar exclusivamente las aguas residuales que se producen en una población, o bien se proyecta solamente para conducir y desalojar las aguas de lluvia. Es decir, en una población pueden existir dos redes de tuberías, una para desalojar las aguas residuales municipales y otra para desalojar las aguas pluviales.

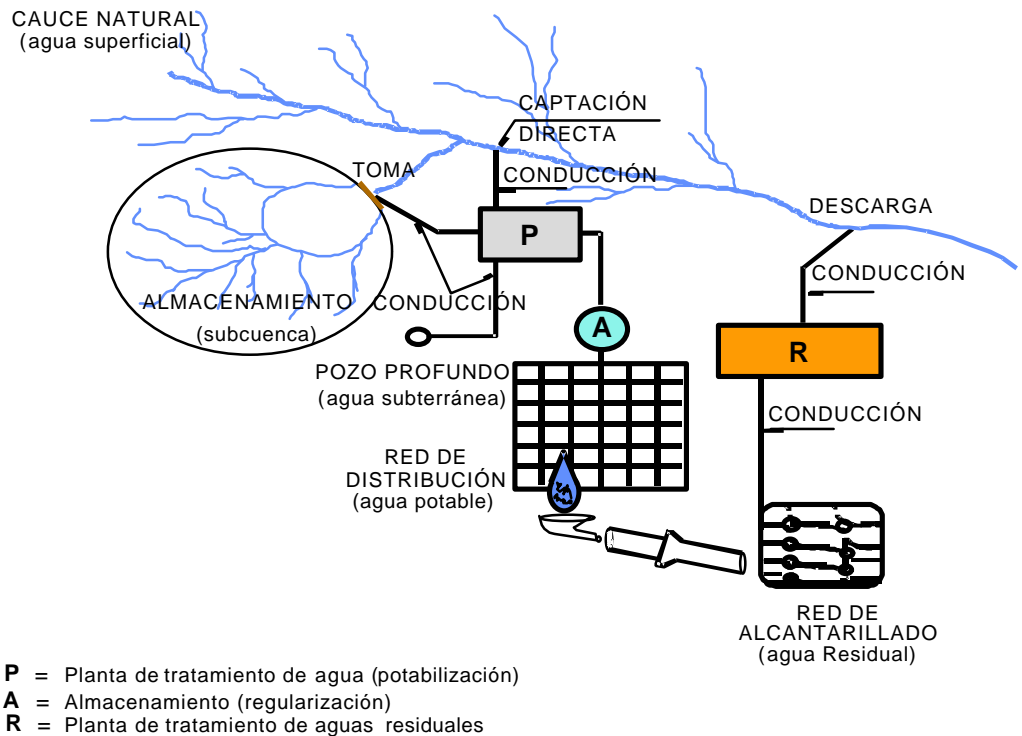


FIGURA 2; SISTEMA HIDRÁULICO URBANO

Las redes combinadas se proyectan para recoger y transportar tanto las aguas residuales municipales como las pluviales. Obviamente, con esta solución los conductos resultan holgados cuando transportan sólo aguas residuales municipales (METCALF, 1981).

2.1 MODELOS PARA LA RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Los sistemas de alcantarillado están formados por una serie de ductos que convergen entre sí para coleccionar todas las aguas residuales generadas. Los casos más comunes para transportar el agua es en flujo libre, como si se desplazasen a través de una corriente natural; por la fuerza gravitacional, el caudal fluye en forma continua, excepto cuando se intercalan estaciones de bombeo para impulsar o elevar los flujos a un mayor nivel.

Entre los factores que determinan el modelo de los sistemas de alcantarillado están; 1) tipo de sistema; 2) líneas de calle o derechos de vía; 3) topografía del terreno, hidrología y geología del área de drenado; 4) límites políticos; y 5) localización y naturaleza de las obras de tratamiento y disposición. Los modelos más comunes son el perpendicular, de interceptores, de tipo abanico y radial.

En el caso de una comunidad a lo largo de una corriente con el terreno inclinándose suavemente hacia ella, la mejor forma de conducir las aguas residuales o pluviales se logra colocando tuberías perpendiculares a la corriente. Estos sistemas poluyen las aguas que bañan las playas inmediatas a las comunidades y hacen difícil el tratamiento de las aguas negras (ver la Figura 3).

En la Figura 4 se muestra el modelo radial. En este modelo las aguas residuales fluyen hacia afuera desde el centro de la localidad, como si fuesen a lo largo de los rayos de una rueda. Las líneas son relativamente pequeñas y cortas, pero puede multiplicarse el número de obras de tratamiento.

El modelo que utiliza interceptores se emplea para recolectar aguas residuales o pluviales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías principales se presentan para interceptarse por una tubería mayor que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta el sitio de vertido, que bien puede ser una planta de tratamiento. Este sistema es muy común cuando se cuenta con grandes áreas tributarias (ver la Figura. No. 5).

Por último, la Figura 6 muestra el sistema en abanico concentra hacia el interior los flujos desde las orillas de las comunidades, originando una sola descarga.

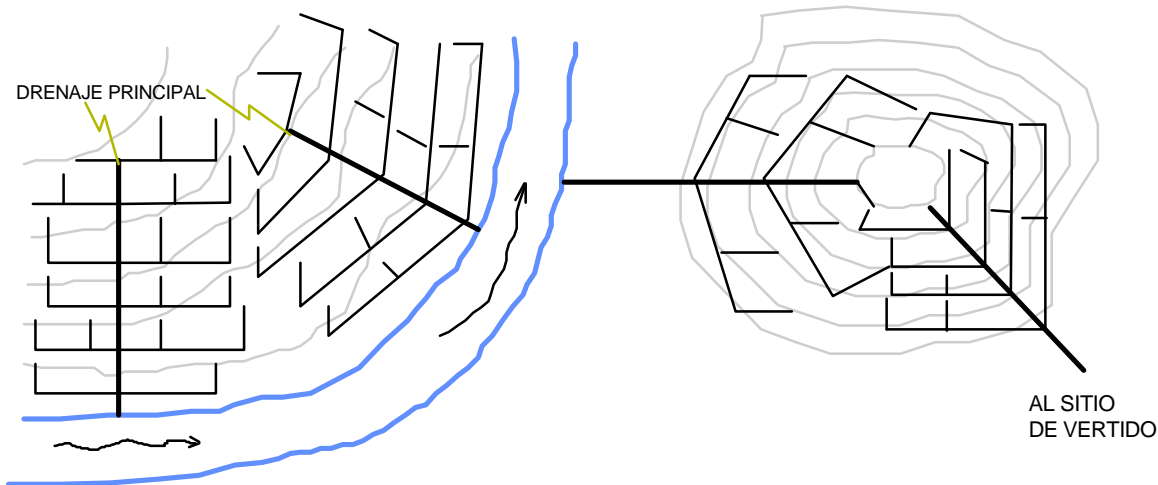


FIGURA No. 3; MODELO PERPENDICULAR

FIGURA No. 4; MODELO RADIAL

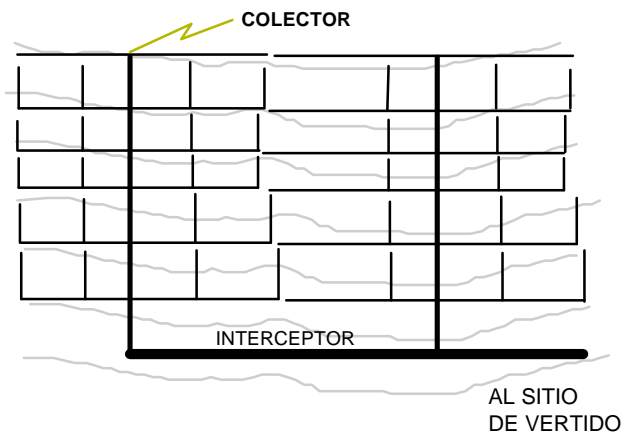


FIGURA No. 5; MODELO POR INTERCEPTORES

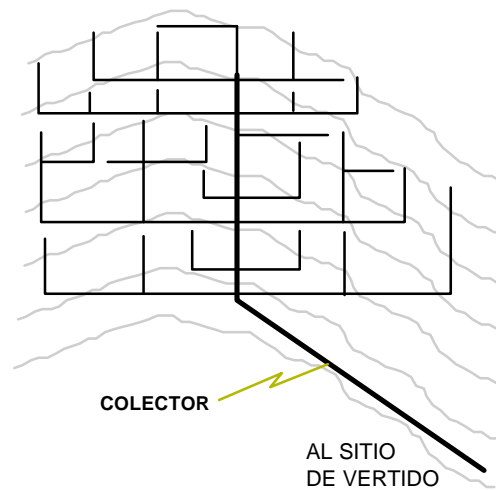


FIGURA No. 6; MODELO EN ABANICO

Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar líneas convergentes hacia una tubería principal localizada en el interior de la localidad originando una sola tubería de descarga. Sin embargo, sus drenajes más largos, cruzan con frecuencia áreas congestionadas, lo cual hace difícil aumentar la capacidad del sistema (FAIR, 1996).

De acuerdo con el modelo de alcantarillado que se adopte más a las características de la localidad, se debe realizar el trazo de atarjeas o tuberías que colectarán las descargas domiciliarias. En nuestro medio, la traza de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y al centro de ésta.

Una estructura que generalmente se utiliza en un sistema de alcantarillado sanitario son los pozos de visita. Estos pozos tienen la finalidad principal de facilitar la inspección y limpieza de los conductos del sistema, así como de permitir la ventilación de los mismos. Se instalan en cambios de dirección y de pendientes para permitir la conexión de otros colectores y cuando haya necesidad de cambiar de diámetro. Además, entre dos pozos de visita deberán quedar tramos rectos y uniformes de tubería (LARA, 1991).

2.2 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Una de las formas más comunes para el tratamiento de las aguas residuales, en los países en vías de desarrollo, es probablemente la que se logra con las lagunas de estabilización que son simples de construir y operar, y lo más importante, porque requieren un mínimo de mantenimiento. No obstante, una de las limitantes de esta opción son los requerimientos considerables de terreno, mismo que en las áreas urbanas puede ser un problema. Por otra parte, si las condiciones no son adecuadas para las lagunas, otra opción pueden ser los sistemas de lodos activados, que a diferencia de las lagunas de oxidación, requieren de instalaciones relativamente complejas, recursos financieros abundantes y, lo más importante, personal calificado para que operen con eficiencia el sistema (TEBUTT, 1993).

El propósito del tratamiento de las aguas residuales, previo a la disposición por dilución, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente o parcial de sólidos que contienen, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado.

Después de realizar el proceso de tratamiento, debe considerarse la eliminación de los organismos patógenos antes de disponer el agua al medio ambiente, además, debe procurarse un tratamiento de los líquidos y los sólidos que se hayan separado (HILLEBOE, 1964).

El grado de tratamiento requerido para las aguas residuales depende fundamentalmente de las características del agua y de las condiciones de descarga establecidas en la correspondiente reglamentación. Convencionalmente estos tratamientos se pueden clasificar en tratamientos primarios, secundarios y terciarios o avanzados.

En el tratamiento primario se utilizan operaciones físicas tales como desbaste y sedimentación para eliminar la mayoría de los sólidos sedimentables y flotantes, antes de descargar al medio receptor o bien para llevar los afluentes a un tratamiento secundario en forma directa o pasando por una neutralización u homogeneización. Para sedimentar los sólidos, este tratamiento opera disminuyendo la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse (RAMALHO, 1993).

Los tipos de tratamiento primario más comunes son:

- Cribado
- Flotación
- Separación de aceites
- Sedimentación
- Homogeneización
- Neutralización

El tratamiento secundario comprende tratamientos biológicos y químicos que se encargan de eliminar la mayoría de la materia orgánica. Estos tratamientos pueden ser los siguientes:

- Lodos activados
- Aireación prolongada, por fases, alta carga, con oxígeno puro, etc.
- Estabilización por contacto
- Lagunas con aireación
- Estabilización por lagunas
- Filtros biológicos (percoladores)
- Discos Biológicos
- Tratamiento anaerobio: proceso por contacto, filtros (sumergidos), etc.

En cuanto al tratamiento terciario, su objetivo fundamental es la eliminación de contaminantes que no fueron eliminados por los tratamientos biológicos convencionales. A continuación podemos mencionar los siguientes:

- Microtamizado
- Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas...)
- Precipitación y coagulación
- Adsorción (carbón activado)
- Intercambio iónico
- Osmosis inversa
- Electrodialisis
- Cloración
- Ozonización
- Otros

A fin de proteger la salud de las poblaciones y mantener limpio el medio ambiente, es necesario contar con procedimientos regulados adecuadamente para disponer las aguas residuales. La disposición de las aguas residuales tratadas se puede conseguir a través de la irrigación, escurrimiento superficial y por dilución.

La disposición por irrigación consiste en derramar las aguas residuales sobre la superficie del terreno, lo cual se hace generalmente por medio de zanjas de regadío. Excluyendo una pequeña parte que se evapora, el resto del agua se infiltra en la tierra, suministrando humedad y pequeñas cantidades de nutrientes para la vida vegetal. Este método sólo es aplicable para pequeños volúmenes de aguas residuales, provenientes de pequeñas poblaciones. Como siempre existe la posibilidad de que las aguas residuales de las poblaciones contengan organismos patógenos, no es conveniente la producción de alimentos para consumo humano que haya de ser ingerido sin cocimiento.

El método de disposición por escurrimiento superficial consiste en vertir el agua residual debajo de la superficie de la tierra, a través de excavaciones. Solo se eliminan las aguas residuales sedimentadas provenientes de residencias o instituciones en las que su volumen es muy limitado.

Cuando vertimos el agua residual en los cuerpos de agua superficial, como son los ríos, lagos y el mismo mar, da lugar a que el agua residual se diluya y el grado de contaminación depende de la dilución, es decir, del volumen de agua residual en comparación con el volumen del agua con que se mezcla. Si el volumen de las aguas residuales y su contenido orgánico es pequeño, en comparación con el volumen del agua receptora, el oxígeno disuelto presente en el agua receptora es suficiente para que se produzca la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos. Sin embargo, aunque las aguas receptoras mantengan su condición aerobia, la contaminación bacteriana sigue siendo amenaza para la salud.

En los casos en que el oxígeno disuelto del agua receptora no sea suficiente para mantener la descomposición aerobia, tendrá lugar la descomposición anaerobia y la putrefacción, resultando de esto condiciones indeseables. No

es precisamente el volumen de aguas residuales lo que puede considerarse como valor crítico, sino más bien la cantidad de materia orgánica de fácil descomposición que contengan (HILLEBOE, 1964).

Como se señaló anteriormente, la contaminación de los cuerpos de agua por efectos de las aguas residuales municipales, es la causa principal de las enfermedades hídricas. Uno de los principales factores es la descarga de excretas de enfermos, ya que contienen los agentes biológicos que son responsables de la transmisión de enfermedades por medio del agua. Por ello, es muy importante tomar precauciones con el agua desde que la extraemos del medio natural, hasta que la descargamos o regresamos de nueva cuenta al medio ambiente, después de haber sido usada.

2.2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La relevancia de realizar el tratamiento de las aguas residuales, antes de su disposición final a los cuerpos receptores, radica en separar de ellas la cantidad suficiente o parcial de sólidos que contienen, logrando con ello que los sólidos orgánicos sean convertidos en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables, la magnitud de la conversión dependerá del proceso de tratamiento empleado (Tebbutt, 1990).

El grado de tratamiento requerido para las aguas residuales depende fundamentalmente de las características del agua. Convencionalmente estos tratamientos pueden ser clasificados como:

1. Tratamiento Primario: Utiliza operaciones físicas para eliminar la mayoría de los sólidos sedimentables y flotante, antes de descargar al medio receptor. Los procesos más comunes suelen ser:

a). Cribado; llamado también desbrozo, se emplea para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos. Los productos recogidos se destruyen por incineración o se tratan por procesos de digestión anaerobia o se dirigen directamente al vertedero. Se emplean rejillas finas o gruesas según los objetos localizados. Generalmente fabricadas de malla metálica de acero o en base a placas o chapas de acero perforado y se emplean muchas veces en lugar de tanques de sedimentación; a veces se utilizan trituradoras en lugar de las rejillas para partículas, estos elementos rompen o desgarran los sólidos en suspensión que se eliminan por sedimentación.

b) Sedimentación; se utiliza para separar sólidos en suspensión de aguas residuales basándose en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido en donde se encuentran. En algunos casos la sedimentación es el único tratamiento al que se somete el agua residual. Dependiendo de la naturaleza de los sólidos que se encuentran en suspensión se consideran tres procesos de sedimentación:

Sedimentación discreta; las partículas que se depositan mantienen su individualidad, sus propiedades físicas (tamaño, forma, peso específico, etc.) no cambian durante el proceso.

Sedimentación con floculación; la aglomeración de las partículas va acompañada de cambios en la densidad y en la velocidad de sedimentación o precipitación.

Sedimentación por zonas; Las partículas forman una especie de manta o nata que sedimenta como una masa total presentando una interfase diferente con la fase líquida.

c) Flotación: Es un proceso empleado para separar líquidos de baja densidad o partículas fluidas de una fase líquida. Se realiza introduciendo un gas (normalmente aire) en la fase líquida en forma de burbujas; la fase líquida se mete a un sistema de presurización para alcanzar una presión de funcionamiento y entre 2 y 4 atmósferas (760 mm/Hg), luego se despresuriza llevándolo a presión atmosférica pasando por una válvula reductora de presión, debido a la cual se forman burbujas de aire que se desprenden de solución. Los sólidos en suspensión o partículas líquidas (aceites o petróleo) flotan al asociarse con las burbujas.

d) Neutralización: Generalmente se emplea antes de la descarga de las aguas residuales a un medio receptor, por la sensibilidad de la vida acuática a variaciones de pH fuera de un intervalo cercano a pH 7; antes de la descarga, antes del tratamiento químico o biológico debido a que se requiere de un pH entre 6.5 y 8.5 para asegurar una actividad biológica óptima, aunque el proceso por sí solo puede conseguir la neutralización.

Los métodos de neutralización comprenden: Homogenización, que consiste en mezclar corrientes, algunas de las cuales son ácidas y otras alcalinas, disponibles en la planta y control directo del pH, adicionando ácidos o bases para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas respectivamente.

2. Tratamiento Secundario: Comprende procesos biológicos y químicos que se encargan de eliminar la mayoría de la materia orgánica. Estos procesos pueden ser:

a) Lodos activados; consiste en la aireación de aguas residuales cribadas o sedimentadas o sometidas a otro tratamiento primario previamente, mezcladas con un pequeño volumen de lodo activado recogido en un tanque de sedimentación; la presencia de un gran número de protozoarios es indicio de buena calidad del lodo. Se logra con este método la eliminación de un 90% de bacterias, de la Demanda Bioquímica del Oxígeno, y de los sólidos sedimentables. El valor principal del lodo emplearlo en la fabricación de fertilizantes.

b) Aireación prolongada; es una modificación de lodos activados tratando de disminuir la cantidad de lodo residual, al aumentar el tiempo de residencia, provocando que todo el lodo degradable formado se consuma mediante respiración endógena. Se aplica en el tratamiento de aguas residuales cuando el volumen diario es menor a 8 m³/día; refiriéndose a pequeñas comunidades, urbanizaciones, áreas de recreo y algunos residuos industriales.

c) Contacto-Estabilización; es otra variante de lodos activados, aquí el tiempo de retención es de 20 a 40 minutos. El efluente se mezcla, procedente del tanque del contacto inicial fluye al clarificado, se separa el efluente clarificado y la descarga del clarificador se lleva a un tanque de estabilización en donde es aireado durante 1.5 a 5 horas; durante este período los productos orgánicos adsorbidos se rompen mediante degradación aerobia.

d) Lagunas aireadas; son balsas de profundidad de 1 a 4 mts.. La oxigenación de las aguas residuales se realiza mediante unidades de aireación, bien sean superficiales, turbinas o difusores. Aquí se recircula el lodo a manera de controlar la cantidad de lodo biológico en el reactor de aireación, son sin sistemas reciclado de lodos.

e) Balsas de estabilización; aquí no se emplea equipo de aireación, el oxígeno necesario en las balsas se obtiene de la superficie natural de aireación y de las algas que producen oxígeno por fotosíntesis. El oxígeno liberado por las algas lo utilizan las bacterias para la degradación anaerobia de la materia orgánica; los productos de esta degradación (bióxido de carbono, amoníaco, fosfatos) son utilizados nuevamente por las algas. Este proceso es factible cuando se dispone de grandes superficies de terreno a bajo costo y cuando la calidad erigida al efluente no es muy estricta.

f) Filtros percoladores, utiliza algún tipo de soporte de crecimiento biológico asistido. Es un relleno cubierto de limo biológico a través del cual se percola el agua residual. Son lechos de 1 a 12 mts de profundidad rellenos de materiales tales como: roca, materiales sintéticos; el agua residual afluyente percola a través del relleno poniéndose en contacto con la capas de limo biológico que tiene un espesor entre 0.1 y 2.0 mm.

g) Discos biológicos (biodiscos), es un sistema desarrollado para obtener el tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales. Se emplean discos de poliestireno o polietileno que se mantienen paralelos entre sí y unidos a un eje horizontal que pasa a través de sus centros. Estas unidades se disponen en tanques separados por paredes. La alimentación del agua residual pasa a través de los tanques en serie en forma tal que los ejes se mantienen ligeramente por encima de la superficie del líquido.

h) Filtros anaerobios; son filtros sumergidos, son sistemas diseñados para llevar a cabo el tratamiento anaerobio empleando un crecimiento de biomasa por adherencia. El filtro anaerobio es igual a un filtro percolador aerobio y se diferencia porque la alimentación del agua residual penetra por el fondo de la unidad y la abandona por la parte superior. Constituye un sistema eficaz para tratamiento anaerobio de aguas residuales; no requiere reciclado ya que la biomasa permanece adherida al relleno del filtro y no se pierde con el efluente.

3. Tratamiento Terciario; lleva a la eliminación de contaminantes que no fueron eliminados por los tratamientos biológicos convencionales, por medio de:

a) Microtamizado; los microtamices se construyen sobre tambores rotativos, el agua residual se alimenta de forma continua en la parte interior del tambor, fluyendo hasta una cámara de almacenamiento de agua clara en la parte exterior.

b) Filtración, Se utiliza generalmente para conseguir rendimiento en la eliminación de sólidos en suspensión hasta el 99%. Los materiales de relleno de los filtros más empleados son arena, antracita y tierra diatomácea.

c) Coagulación, se realiza usando sulfato de alúmina, polielectrolitos/ical y otros reactivos químicos.

d) Adsorción en carbón activado, adsorción es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido, este fenómeno tiene lugar, cuando se coloca dicha superficie en contacto con una solución. Una capa de moléculas de soluto se acumula en la superficie del sólido debido al desequilibrio de las fuerzas superficiales. Los carbones activos

granulares o en polvo son empleados como adsorbentes en las plantas de tratamiento de agua para eliminar los olores y sabores que producen los contaminantes. Se obtienen de materias primas carbonosas (madera, lignito, carbón y cáscara de nuez) estructuras muy porosas y con grandes áreas superficiales tan elevadas como 1,000 m²/g.

e) Intercambio iónico; es un proceso en el que los iones que se encuentran unidos a grupos funcionales sobre la superficie de un sólido por fuerzas electrostáticas, se intercambian por iones de una especie diferente en disolución.

f) Osmosis inversa; el afluente contaminado se pone en contacto con una membrana adecuada a una presión superior a la presión osmótica de la solución. Bajo estas circunstancias, el agua con una pequeña cantidad de contaminantes pasa a través de la membrana. Los contaminantes disueltos se concentran en el compartimiento del agua residual. Este concentrado, que posiblemente sea una fracción pequeña del volumen total del agua residual a tratar se descarga, se obtiene agua purificada en el otro compartimiento.

g) Electrodiálisis; es un método de eliminación de nutrientes orgánicos (fósforo y nitrógeno) de las aguas residuales. Los componentes básicos de las celdas de electrodiálisis son una serie de membranas hechas de resina de intercambio iónico; solo son permeables a especies iónicas y son relativamente selectivas de un tipo específico de iones. Para un funcionamiento adecuado de la celda de electrodiálisis, la materia en suspensión, los iones orgánicos de gran tamaño y la materia coloidal deben separarse antes del proceso.

h) Cloración, es un proceso muy usado en el tratamiento de aguas residuales para esinfectar, por su capacidad de oxidación, lo cual destruye o inhibe a las bacterias. Por su capacidad oxidante en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la eliminación de olores y colores, iones metálicos y de cianuros a productos inocuos.

i) Ozonización, la oxidación química con ozono se basa en que reacciona fácilmente con los productos orgánicos no saturados presentes en las aguas residuales. El ozono presente en el efluente se transforma rápidamente a oxígeno una vez que ha servido a sus fines.

3. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

3.1 GENERALIDADES

En los países desarrollados, el público espera, y normalmente obtiene, un servicio de abastecimiento de agua potable de un alto estándar así como la recolección, tratamiento y eliminación eficiente de las aguas residuales. En general, las técnicas para controlar la contaminación están bien desarrolladas. Asimismo, como las poblaciones tienen un índice de crecimiento relativamente bajo, regularmente las demandas de los recursos hidráulicos no son excesivas.

El panorama es muy diferente en los países en vías de desarrollo, donde cerca de 2000 millones de personas no cuentan con agua segura y saneamiento adecuado; esto significa que cerca del 70% de los habitantes de esas partes del mundo no disponen de instalaciones básicas. El costo para rectificar esta situación sería muy alto, tanto en dinero como en recursos humanos. Aunque para áreas urbanas, en todo el mundo, la meta sería tener un nivel de servicio igual al de un país desarrollado, suministrar servicios de ese nivel a los millones de personas que viven en zonas rurales no sería realista. Así, mientras que los principios y procesos que se estudian y aplican adecuadamente en países desarrollados, se deben adoptar técnicas apropiadas para las comunidades rurales y en zonas de bajos ingresos (TEBBUTT, 1993).

Es importante observar que para reducir las muertes por enfermedades hídricas, se debe mejorar tanto el abastecimiento de agua como el saneamiento, aunque desafortunadamente, con frecuencia se descuida este aspecto en favor de las obras de abastecimiento de agua que son más espectaculares, es igualmente importante entender que las construcciones de instalaciones modernas al estilo de un país desarrollado, como suele ser el caso de aquellas y que son donadas por gobiernos o instituciones, es de poco valor si no se proporciona también el apoyo apropiado para la operación y mantenimiento de esas plantas de tratamiento (TEBBUTT, 1993).

En áreas urbanas es necesario instalar sistemas de alcantarillado para recolectar todos los desechos líquidos y transportarlos a una planta de tratamiento.

Con un sistema de alcantarillado será necesario construir alguna forma de instalación de tratamiento central para asegurar que el efluente se pueda descargar sin causar daño ambiental importante. En la mayoría de los casos, en los países en desarrollo la mejor forma de tratamiento de aguas residuales probablemente sea la que se tiene en lagunas de oxidación facultativas que son simples de construir y operar. Sin embargo, como requieren cantidades considerables de terreno, en áreas urbanas esto puede ser un problema. Se debe tener cuidado en evitar el agua poco profunda y la vegetación en las orillas que reúnen condiciones para el desarrollo de mosquitos y otros insectos.

El crecimiento cuantioso de algas en las lagunas significa que los sólidos suspendidos (**SS**) en el efluente son relativamente altos. En algunos lugares vale la pena considerar la posibilidad de recuperación de proteínas de las algas. Si las condiciones no son adecuadas para las lagunas de oxidación, entonces pueden ser necesarios los lechos de bacterias o las unidades de lodos activados, pero estas instalaciones relativamente complejas, sólo se deberán adoptar si se cuenta con los recursos humanos para que lo operen con eficiencia y se les dé mantenimiento adecuado, así como también si se dispone del apoyo financiero necesario (TEBBUTT, 1993).

Es necesario puntualizar que la contaminación del agua en su forma natural por aguas residuales, es la causa principal de las enfermedades que tienen por vehículo al agua. Las descargas de excretas de enfermos portadores contienen los agentes biológicos que son responsables de que la enfermedad se extienda por medio del agua; el portador puede no darse cuenta de que está infectado. Por estas razones es muy importante tomar precauciones con el agua desde que la extraemos del medio natural, hasta que la descargamos de nueva cuenta ya usada en el ambiente.

Como se señaló en la figura No. 2 muestra la configuración de un sistema hidráulico urbano, que tiene por objeto evitar la propagación de enfermedades infecciosas mediante el adecuado tratamiento y disposición de los desechos humanos. Las partes de que consta un sistema hidráulico urbano son las siguientes: Fuente, captación, conducción, tratamiento (potabilización), conducción, regularización, distribución, recolección, conducción, tratamiento del agua residual y disposición.

El sistema de alcantarillado es un subsistema del sistema hidráulico urbano y está integrado por la recolección, conducción, tratamiento de agua residual y disposición final (VALDEZ, 1991).

El alcantarillado es un sistema constituido por ductos y equipos que tienen como finalidad coleccionar y desalojar en forma segura y eficiente las aguas residuales de una población, solas o en combinación con las aguas pluviales, además de disponerlas adecuadamente y sin peligro para el hombre y el ambiente.

Puede, entonces, considerarse al sistema de alcantarillado como el medio más apropiado y eficaz para la eliminación de las aguas residuales, misma que puede ser doméstica o industrial. Las aguas residuales domésticas son las aguas que han sido utilizadas o degradadas por una población (proveniente de los hogares) y las aguas provenientes de los efluentes industriales son conocidas como aguas residuales industriales.

Las aguas pluviales son las aguas provenientes de la precipitación pluvial que escurren dentro del área de captación del sistema.

Actualmente, las comunidades y las grandes ciudades no pueden mantenerse en un nivel elevado de higiene sin la protección de la salud y las ventajas que proporciona un sistema completo de alcantarillado. Las obras que integran los sistemas de alcantarillado son:

- Obras de captación: Tiene como finalidad recolectar directamente el agua residual de las fuentes de emisión o el agua pluvial que escurre por las calles.
- Obras de conducción: Su finalidad es conducir las aguas captadas al lugar de su tratamiento.
- Obras de tratamiento: Son las obras que se utilizan para el tratamiento correspondiente del agua residual por medios físicos, químicos y/o biológicos en forma rápida y controlada.
- Obras de descarga o disposición final: Son las obras que tienen como función disponer de las aguas residuales.

Por otra parte, en el proceso más inmediato de planeación intervienen las consideraciones de los méritos de las plantas de tratamiento únicas frente a las múltiples, y de las centrales frente a las distantes. Las económicas se pueden tabular en las siguientes:

1. Para plantas solas: economías de escala en la construcción y operación, así como en el perfeccionamiento y eficiencia del personal.
2. Para plantas múltiples: economías de sitio en la transmisión para expansión y captación de las aguas residuales, en las oportunidades para expansión de la planta y las redes, y en los beneficios de la localización.
3. Para plantas centralizadas: economías de comunicación en oficinas administrativas centralizadas, y en servicios como los de talleres de reparación, almacenes y garajes.
4. Para plantas distantes: economías de inversión en adquisiciones de terrenos en los impuestos, en oportunidades para expansión de la planta, y en el suministro de habitaciones locales para el personal clave de operación.

3.2 PRINCIPIOS TEÓRICOS DE LAS FOSAS SÉPTICAS

La fosa séptica puede definirse como un recipiente hermético diseñado y construido para recibir las aguas de desecho de una casa, separar los sólidos de los líquidos, suministrar una digestión limitada a la materia orgánica retenida, almacenar los sólidos y permitir que el líquido clarificado sea descargado para su posterior tratamiento y disposición.

Entre los factores que pueden afectar la eficiencia de un tanque séptico se encuentran la geometría del tanque, la carga hidráulica, los arreglos de la entrada y salida, la temperatura, el número de compartimientos, la operación y el mantenimientoⁱⁱ.

A pesar de que existe información referente a la eficiencia de los tanques sépticos, los resultados reportados no son fácilmente comparables. De acuerdo con Nicoll (1983), si un tanque séptico está bien diseñado y tiene una remoción adecuada de los lodos acumulados, éste puede producir efluentes similares a los efluentes de tanques de sedimentación primaria. Metcalf (1991) reporta que un tanque de sedimentación remueve entre un 50 y un 70 por ciento de los sólidos suspendidos y entre un 25 y un 40 por ciento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Los principales procesos que se lleva a cabo dentro de una fosa séptica son la separación de sólidos y el almacenamiento y digestión de los sólidos separados.

A) Separación de sólidos. Los tanques sépticos generalmente son diseñados para retener el agua de desechos por un período lo suficientemente largo para permitir que las partículas suspendidas en el líquido sean separadas. Las partículas flotarán o sedimentarán dependiendo si son más densas que el fluido que las transporta. Como resultado, en un tanque séptico se encontrarán tres diferentes zonas: zona inferior o de lodos, la zona superior o de natas y la zona que queda al centro, usualmente conocida como sobrenadante y que es donde, propiamente dicho, se lleva a cabo la separación de las partículas.

B) Almacenamiento y estabilización de natas y lodos. Se mencionó anteriormente que los sólidos que son removidos durante el proceso de sedimentación, son retenidos como parte de la zona de lodos y natas. Es en esta zona donde los lodos, y en un menor grado las natas, son descompuestas anaeróbicamente. La estabilización anaeróbica, como su nombre sugiere, se lleva a cabo en ausencia completa de oxígenoⁱⁱⁱ.

Una vez que los sólidos retenidos son estabilizados anaeróbicamente, el residuo de este proceso se acumula en el fondo del tanque. El volumen final de lodo producido dependerá de la naturaleza de los sólidos contenidos en el agua residual, además de la temperatura y el tiempo.

Por otra parte, los factores que afectan el dimensionamiento de los tanques sépticos son:

1. Gasto y la calidad o características del agua residual.
2. Separación de las aguas residuales.

La separación del agua no solamente cambiará los volúmenes de flujo sino también las características químicas, físicas y bacteriológicas. La eliminación del agua negra de un flujo combinado removerá aproximadamente 37% de la DBO, 61% de los sólidos suspendidos y 81% del nitrógeno^{iv}.

Con relación a los criterios de diseño de tanques sépticos, los parámetros más importantes es la capacidad y el tiempo de retención disponible para una adecuada remoción, almacenamiento y estabilización de los sólidos^v.

Los tiempos de retención recomendados para tanques sépticos van de unas cuantas horas hasta varios días. Peel (1966) comenta que tiempos de retención muy largos resultarán en excesiva septicidad, mientras que tiempos de retención muy cortos no darán un tratamiento adecuado.

Para profundidades y capacidades dadas de un tanque séptico, la forma más comúnmente empleada es la rectangular. Los anchos mínimos de los tanques sépticos son fijados con base en las dimensiones mínimas para que una persona pueda trabajar dentro del tanque. Las profundidades de los tanques sépticos recomendadas en las normas de diferentes instituciones se encuentran entre los 75 y los 200 cm. Las únicas razones por las cuales se recomiendan la utilización de una profundidad razonable son: (a) almacenar los sólidos que han sido removidos durante la sedimentación y (b) mantener la componente horizontal de la velocidad en el interior del tanque dentro de ciertos límites para prevenir una resuspensión de lodos sedimentados^{vi}.

Considerando que una de las funciones de los tanques sépticos es la remoción de sólidos suspendidos y que la teoría favorece el empleo de tanques largos y angostos, se ha dado por recomendar para tanques rectangulares una relación largo-ancho entre 2 y 4.

3.2.1 Dispositivos de Entrada, Salida e Intercomunicación.

El diseño y localización de las entradas y los dispositivos de intercomunicación, tienen una marcada influencia en la eficiencia del tanque séptico. Pickford (1980) considera que el arreglo de estos dispositivos es el aspecto más crítico en la construcción de los tanques sépticos.

De acuerdo con Bendixen et al (1950), la utilidad y los dispositivos de entrada, salida y de intercomunicación entre compartimientos, depende de su efectividad a través de los diferentes rangos de acumulación de natas y de lodos que se desarrollan en el tanque entre limpiezas. Estos dispositivos deben de conservar tanto como sea posible el volumen de sedimentación. Los dispositivos de entrada y salida pueden ser "Tees" sanitarias, codos ventilados o mamparas.

Los objetivos de las entradas son: (a) disipar la energía de llegada del influente y dirigirlo hacia abajo del tanque, (b) prevenir la circulación del agua residual a través de la superficie del líquido y (c) mezclar el desecho con líquido y lodo biológicamente activos.

Con respecto a los dispositivos de salida, en los Estados Unidos se señala que la importancia de fijar la penetración del dispositivo de salida por debajo de la capa de espumas y por encima de la capa de lodos es con el fin de proveer un balance adecuado entre la acumulación de lodos y natas; de otra manera, parte de la ventaja de la capacidad se pierde.

Bauman y Babbit (1954) recomiendan adicionar al dispositivo de salida un deflector para desviar los sólidos que pudieran entrar al ser arrastrados por los gases que se desprenden de la zona de lodos.

La forma común de lograr la intercomunicación entre compartimientos es a través de accesorios (codos y tees) o ranuras ubicadas en la pared divisoria del volumen; estos dispositivos deben de situarse debajo del nivel de espumas y por encima del nivel máximo de lodos.

3.2.2 División de Volumen.

Un estudio reciente sobre tanques sépticos concluyó que cuando los tanques trabajan bajo condiciones de flujo constante es mejor tener cámaras de volúmenes iguales (Quintal, 1991). En ese mismo trabajo también se concluye que bajo condiciones de flujo intermitente existe una buena remoción de sólidos suspendidos tanto para tanque con volúmenes divididos como para los que no, sin embargo, para otros parámetros no se establecieron diferencias.

3.2.3 Porcentaje de Acumulación de Lodos.

El lodo y las natas se acumularán en el tanque séptico a diferentes velocidades dependiendo de las características del agua de desecho cruda, de la eficiencia de la remoción de sólidos y de la digestión. Otros factores que pueden influenciar la velocidad de acumulación de lodos son la temperatura y el tiempo.

El efecto que el tiempo tiene sobre el porcentaje de acumulación de lodos se presenta a continuación^{vii}. Los valores presentados, claramente muestran cómo el porcentaje de acumulación descende de 93 litros a 43 litros por persona por año en un período de 4 años. Este fenómeno puede deberse a una reducción en el contenido de agua en el lodo y/o una mejora en la digestión.

Porcentajes de Acumulación de Lodos y Natas.

Años de Servicio	Acumulación de Lodos y Natas	
	m ³ /persona	m ³ /personas
1	0.093	0.093
2	0.120	0.060
4	0.173	0.043
6	0.235	0.038
8	0.307	0.038
10	0.383	0.038

3.4 Operación y Mantenimiento.

Ningún proceso de tratamiento es capaz de operar continuamente sin experimentar algún tipo de crecimiento de residuos. La remoción y disposición de estos residuos es muy importante y con frecuencia son una parte olvidada de todo el sistema de operación y mantenimiento. Uno de los problemas asociados a tanques sépticos es la caída en la eficiencia por falta de remoción de lodos. Conforme se incrementan los lodos acumulados se reduce el volumen libre para la sedimentación y, consecuentemente, el tiempo de retención, por lo que puede llegar a producirse una resuspensión y un escape de lodos en el efluente.

Un tanque séptico requiere de muy poco mantenimiento rutinario. El mantenimiento mínimo requerido es la inspección anual para determinar el nivel de lodos dentro del tanque y la remoción de los mismos cuando sea necesario. Según la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (1980), un tanque adecuadamente diseñado y mantenido puede durar hasta 50 años. Los tanques sépticos deben recibir las aguas residuales provenientes de baños, cocinas y lavaderos pero deberán excluirse las aguas de lluvia provenientes de escurrimientos.

3.2.5 Materiales de Construcción.

Los tanques sépticos deberán ser impermeables, estructuralmente adecuados y durables. Los materiales empleados en la construcción deben garantizar estos requerimientos. Entre los materiales más empleados se encuentra el concreto; sin embargo, en tanques sépticos prefabricados se emplean tanto el concreto como el asbesto-cemento, la fibra de vidrio y algunos plásticos de alta resistencia.

3.2.6 Principios Teóricos de los Pozos de Absorción.

Los pozos de adsorción son excavaciones profundas en los cuales las aguas residuales que entran al pozo son almacenadas hasta que se infiltran al suelo. En estos tipos de sistemas el agua parcialmente tratada se descarga bajo la superficie del suelo donde es adsorbida y conforme percola, continúa su tratamiento hasta que alcanza el nivel de aguas subterráneas. El agua de desecho al ser aplicada continuamente produce una película obstructora sobre la superficie la cual reduce la velocidad de infiltración. Esta reducción de velocidad es beneficiosa ya que permite mantener condiciones de no saturación debajo de la película obstructora. Un recorrido de 60 a 120 centímetros de suelo sin saturar son necesarias para suministrar una adecuada remoción de microorganismos y otros contaminantes antes que el agua alcance el nivel freático.

Una de las desventajas principales de los tanques sépticos es su carácter temporal como método de tratamiento y disposición de aguas residuales. Otra desventaja es que no puede haber garantía de que un sistema funcione a menos que se cuente con un sistema de supervisión efectivo, que garantice la aplicación de los reglamentos (Quintal, 1993).

4. MARCO LEGAL

4.1 Ley de Aguas Nacionales y Su Reglamento. Comisión Nacional del Agua (CNA) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1992^{viii}.

DISPOSICIONES PRELIMINARES

Art. 1o.- La presente ley es reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la prevención de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Art. 2o.- Las disposiciones de esta ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo. Estas disposiciones también son aplicables a los bienes nacionales que la presente ley señala.

TITULO SEPTIMO

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Art. 85.- Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, en los términos de ley.

Art. 86.- "La Comisión" tendrá a su cargo.

I. Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal y los servicios necesarios para la prevención, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga, en los términos de ley;

II. Formular programas integrales de protección de los recursos hidráulicos en cuencas hidrológicas y acuíferos, considerando las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua;

III. Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal; de aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales, o en cualquier terreno cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos; y en los demás casos previstos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

IV. Actualizar, en su caso, el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando provengan de fuentes móviles o plataformas fijas;

V. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondiente, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para el efecto;

VI. Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, y lodos producto de los tratamientos de aguas residuales, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo y los bienes que señala el artículo 113; y

VII. Ejercer las atribuciones que corresponden a la Federación en materia de prevención y control de la contaminación de la agua y de su fiscalización y sanción, en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, salvo que corresponda a otra dependencia conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

Art. 87.- "La Comisión" determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminación que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación, lo mismo que sus modificaciones, para su observancia.

Las declaratorias contendrán:

I. La delimitación del cuerpo de agua clasificado;

II. Los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los períodos previstos en el reglamento de esta ley;

III. La capacidad del cuerpo de agua para diluir y asimilar contaminantes; y

IV. Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga.

Art. 88.- Las personas físicas o morales requieren permiso de "La Comisión" para descargas en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

"La Comisión" mediante acuerdo de carácter general por cuenca, acuífero, zona, localidad o por usos podrá sustituir el permiso de descarga de aguas residuales por un simple aviso.

El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.

Art. 89.- "La Comisión", para otorgar los permisos deberá tomar en cuenta la clasificación de los cuerpos de aguas nacionales a que se refiere el artículo 87, las normas oficiales mexicanas correspondientes y las condiciones particulares que requiera cumplir la descarga...

Art. 90.- "La Comisión" en los términos del reglamento expedirá el permiso de descarga de aguas residuales, en el cual deberá precisar por lo menos la ubicación y descripción de la descarga en cantidad y calidad, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua y la duración del permiso....

Art. 91.- La infiltración de aguas residuales para recargar acuíferos, requiere permiso de "La Comisión" y deberá ajustarse a las normas oficiales mexicanas que al efecto se emitan.

Art. 92.- "La Comisión", en el ámbito de su competencia, podrá ordenar la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales:

- I. Cuando no se cuente con el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de esta ley;
- II. Cuando la calidad de las descargas no se sujete a las normas oficiales mexicanas correspondientes, a las condiciones particulares de descarga o a lo dispuesto en esta ley y su reglamento;
- III. Cuando se deje pagar el derecho por el uso o aprovechamiento de bienes de dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales; o
- IV. Cuando el responsable de la descarga utilice el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir con las normas oficiales mexicanas respectivas o las condiciones particulares de descarga.

La suspensión será sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa en que se pudiera incurrir.

Sin perjuicio de lo anterior, cuando exista riesgo de daño o peligro para la población o los ecosistemas, "La Comisión" a solicitud de autoridad competente podrá realizar las acciones y obras necesarias para evitarlo, con cargo a quien resulte responsable...

Art. 94.- Cuando la paralización de una planta de tratamiento de aguas residuales pueda ocasionar graves perjuicios a la salud o la seguridad de la población o graves daños al ecosistema, "La Comisión", a solicitud de autoridad competente y por razones de interés público, ordenará la suspensión de las actividades que originen la descarga y, cuando esto no fuera posible o conveniente, nombrará un interventor para que se haga cargo de la administración y operación temporal de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, hasta que se suspendan las actividades o se considere superada la gravedad de la descarga...

TITULO SEPTIMO

PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS

Art. 135.- Las personas física o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:

- I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este "Reglamento";
- II. Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;
- III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;
- IV. Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo o los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;
- V. Informar a "La Comisión" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales que hubiera servido para expedir el permiso de descarga correspondiente;
- VI. Hacer del conocimiento de "La Comisión", los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados originalmente en las condiciones particulares de descarga que se les hubiera fijado;
- VII. Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas de su descarga a cuerpos receptores;
- VIII. Sujetarse a la vigilancia y fiscalización que para el control y prevención de la calidad del agua establezca "La Comisión", de conformidad con lo dispuesto en la "Ley" y el "Reglamento";
- IX. Llevar un monitoreo de la calidad de las aguas residuales que descarguen o infiltren en los términos de ley y demás disposiciones reglamentarias;

X. Conservar al menos durante tres años el registro de la información sobre el monitoreo que realicen, en los términos de las disposiciones jurídicas, normas, condiciones y especificaciones técnicas aplicables, y

XI. Las demás que señalen las leyes y disposiciones reglamentarias.

Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y mediante un simple aviso.

4.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-067-ECOL-1994; Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal". Diario Oficial, 6 de enero de 1995.

Definiciones.

Límite máximo permisible promedio diario: Son los valores, rangos y concentraciones que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de una muestra compuesta de las aguas residuales provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

Límite máximo permisible instantáneo: Son los valores, rangos y concentraciones que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de muestras instantáneas de las aguas residuales provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

Muestra compuesta: La que resulta de mezclar varias muestras simples.

Muestra simple o instantánea: La que se toma ininterrumpidamente durante el período necesario para completar el volumen proporcional al caudal, de manera que éste resulte representativo de la descarga de aguas residuales, medido en el sitio y en el momento del muestreo.

Parámetro: Unidad de medición, que al tener un valor determinado, sirve para mostrar de una manera simple las características principales de un contaminante.

Tabla 1

PARAMETRO	Para centros de poblaciones hasta de 80,000 habitantes	
	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	100	150
Grasas y aceites (mg/l)	20	30
Sólidos sedimentables (ml/l)	1.0	2.0
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	100	150
Demanda química de oxígeno (mg/l)	200	250
SAAM (mg/l)	5	8

Tabla 2

PARAMETRO	Para centros de poblaciones mayores de 80,000 habitantes	
	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTANEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	50	80
Grasas y aceites (mg/l)	10	20
Sólidos sedimentables (ml/l)	1.0	1.2
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	50	80
Demanda química de oxígeno (mg/l)	100	160

Condiciones particulares de la descarga.

En el caso de que se identifiquen descargas que a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en esta norma causen efectos negativos en el cuerpo receptor, la autoridad competente, fijará condiciones particulares de descarga, además límites máximos permisibles para aquellos parámetros que se consideren aplicables a la descarga, como pueden ser entre otros:

Coliformes totales; Color; Conductividad eléctrica; Fósforo total; Hidrocarburos que no se incluyen en, tóxicos orgánicos; Metales flotantes; Metales pesados; Nitrógeno total; Sólidos disueltos totales; Turbiedad; Tóxicos orgánicos.

4.3 NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS. Coordinación de Desarrollo Profesional. Subcoordinación del Centro de Consulta del Agua. Marzo 1992. IMTA-CNA^{ix}.

Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-031/91.

Art. 1o.- Establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano y municipal provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, revelado de fotografía y el tratamiento de aguas residuales.

Art. 3o.- Para efectos de esta norma técnica ecológica se considerarán, además de las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental, las siguientes:

AGUAS RESIDUALES: Líquido de composición variada proveniente de los usos domésticos, de fraccionamientos, agropecuario, industrial, comercial, de servicios o de cualquier otro uso, que por este momento haya sufrido degradación de su calidad original.

AGUA RESIDUAL URBANA O MUNICIPALES: Aquellas que resultan de la combinación de la combinación de aguas residuales domésticas, comerciales y de servicios públicos o privados, así como industrial en el caso de que los procesos que las generen se localicen en centros de población y se viertan a un sistema de drenaje y alcantarillado operado por la autoridad competente.

CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES: Conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos, así como de sus niveles máximos permisibles en una descarga de aguas residuales, determinados en función de un punto final de descarga, de acuerdo con el uso al que esté destinado el cuerpo receptor con el fin de asegurar el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

CUERPOS RECEPTORES: Lagos, lagunas, acuíferos, redes colectoras, con excepción de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, ríos y sus afluentes directos o indirectos, permanentes o intermitentes; presas, cuencas, cauces, embalses, cenotes, manantiales, lagunas litorales, estuarios, marismas, aguas marinas, demás depósitos o corrientes de aguas, así como el suelo y el subsuelo.

DEPOSITAR: Acción de colocar o arrojar materiales o residuos en algún cuerpo receptor o en sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

DESCARGAR: Acción de verter directa o indirectamente, aguas residuales en algún cuerpo receptor o a sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, que incluyen los procesos de infiltración e inyección.

SISTEMA DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL: Red colectora integrada por el conjunto de dispositivos o instalaciones que tienen como propósito recolectar y conducir las aguas residuales urbanas o municipales, pudiendo incluir la captación de aguas pluviales.

Art. 4o.- Los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de la industria o de los servicios

a que se refiere el artículo 10º de esta norma técnica ecológica, son los que resulten aplicables en función de los contaminantes generados en el proceso industrial o de servicio de que se trate, de entre los siguientes:

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

PARAMETRO	Promedio	Instantáneo
	diario	
Temperatura	----	40°C (313 K)
pH	6 - 9	6 - 9
Sólidos Sedim. (mg/l)	5.00	10.00
Grasas y aceites (mg/l)	70.00	140.00
Conduct. eléct. (mg/l)	10000.00	15000.00
Aluminio (mg/l)	10.00	20.00
Arsénico (mg/l)	2.00	4.00
Cadmio (mg/l)	0.50	1.00
Cianuro (mg/l)	1.00	2.00
Cobre (mg/l)	5.00	10.00
Cromo hexavalente (mg/l)	0.50	1.00
Cromo total (mg/l)	2.50	5.00
Flúor (mg/l)	30.00	60.00

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

PARAMETRO	Promedio	Instantáneo
	diario	
Mercurio (mg/l)	0.01	0.02
Niquel (mg/l)	4.00	8.00
Plata (mg/l)	1.00	2.00
Plomo (mg/l)	1.00	2.00
Zinc (mg/l)	6.00	12.00
Fenoles (mg/l)	5.00	10.00
SAAM (mg/l)	30.00	60.00

No se deberán descargar o depositar en los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, sustancias o residuos considerados peligrosos en las normas técnicas ecológicas correspondientes, sustancias sólidas o pastosas que puedan causar obstrucción al flujo de dichos sistemas, así como los que puedan solidificarse, precipitarse o aumentar su viscosidad a temperaturas de entre 5°C (278°K) a 40°C (313 K) a lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Art. 5o.- Cuando las autoridades del Departamento del Distrito Federal, Estatales o Municipales en el ámbito de su competencia, identifiquen descargas a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 4o. de esta norma técnica ecológica, causen efectos negativos en las plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales o en la calidad que éstas deben cumplir antes de su vertido al cuerpo receptor, de acuerdo con sus ordenamientos legales, fijarán condiciones particulares de descarga, en las que podrán señalar límites máximos permisibles más estrictos para los parámetros previstos en el propio artículo 4o. y, en su caso, además límites máximos permisibles para aquellos parámetros que se consideren aplicables a la descarga como pueden ser, entre otros, los siguientes:

Alcalinidad/acidez
 Calor
 Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química del Oxígeno
 Fósforo
 Metales Pesados
 Nitrógeno
 Sólidos Disueltos y Sólidos Suspendidos
 Turbiedad

Acrilonitrilo
 Acroleína
 Compuestos Alifáticos y Alifáticos Halogenados
 Compuestos Aromáticos Monocíclicos y Policíclicos
 Esteres del Acido Ftálico y Esteres
 Isoforonas
 Nitrosaminas
 Plaguicidas

Art. 7o.- Los valores de los parámetros de los contaminantes, en las descargas de aguas residuales o los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, provenientes de la industria o de los servicios, a que se refiere esta norma técnica ecológica, se obtendrán del análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas en volúmenes proporcionales al caudal, medido éste en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Número de muestras	Intervalo entre toma de muestras simples (hr)	
		mínimo	máximo
hasta 8	3	2.0	4
más de 8 y hasta 12	4	2.6	4
más de 12 y hasta 18	4	4.0	6
más de 18 y hasta 24	5	4.5	6

En el caso de que durante el tiempo de operación del proceso industrial o del servicio generador de descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente, la información mediante la cual se describa el régimen de operación de la misma y el programa de muestreo para la medición de los parámetros contaminantes.

4.4 Lineamientos Técnicos para la Elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Comisión Nacional del Agua. 1993^x.

Para la disposición final o vertido de las aguas residuales se requiere de estructuras de descarga cuyas características dependen del lugar elegido, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

Las estructuras de descarga pueden verter las aguas a presión atmosférica o en forma sumergida, y podrá hacerse a ríos, lagos, al mar, a pozos de adsorción, a riego, etc.

En todos los casos, previo a la estructura de descarga, se debe considerar el tratamiento de las aguas negras, aún cuando su construcción se programe en etapas posteriores.

Como se mencionó anteriormente, el vertido final del caudal del alcantarillado sanitario, debe efectuarse previo tratamiento, por lo que el dimensionamiento de la estructura de descarga se hará para el gasto de producción de la planta de tratamiento. En caso de que la construcción de la planta se difiera, el diseño se hará para el gasto máximo extraordinario considerado para el emisor.

Se debe investigar el uso posterior que se dará al agua para definir el tipo de tratamiento que será necesario realizar, considerando las normas de calidad del agua existentes al respecto.

Para el diseño de las estructuras de descarga de un sistema de alcantarillado, es recomendable considerar lo siguiente:

__ Localización adecuada del sitio de vertido, procurando que quede lo más alejado posible de la zona urbana, tomando en cuenta las zonas de crecimiento futuro, la mejor ubicación para la planta de tratamiento y la dirección de los vientos. dominantes.

__ Para el caso de descarga en una corriente de agua superficial que fluctúe notablemente en su tirante, se puede diseñar una estructura con dos descargas a diferente nivel, una para escurrimiento de tiempo seco y otra para la

época de avenidas. En todos los casos de deben evitar los remansos en el emisor de descarga, o asegurar que su funcionamiento sea adecuado en cualquier condición de operación.

_ Protección a la desembocadura del conducto contra corrientes violentas, tráfico acuático, residuos flotantes, oleaje y otras causas que pudieran dañar la estructura de descarga según las características del sitio de vertido.

- _ En general no es recomendable localizar vertidos en:
- Masas de agua en reposo; vasos de presas, lagos, estuarios o bahías pequeñas.
 - Aguas arriba de una cascada o caída de agua.
 - Terrenos bajos que estén alternativamente expuestos a inundaciones y secado.

Sitios de Vertido. La disposición final de las aguas residuales se puede llevar a cabo en diversas formas, que complementan por medio de los procesos naturales, el trabajo que efectúan las plantas de tratamiento. A continuación se mencionan los sitios más comunes de disposición de aguas servidas:

- Vertido en corrientes superficiales.
 - Vertido en terrenos.
 - Vertidos en el mar.
 - Vertidos en lagos y lagunas.
- _ Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción.

El último de los sitios antes señalados de disposición puede hacerse mediante pozos de adsorción o depósitos de repartición, que permitan a las aguas infiltrarse y llegar a los mantos subterráneos, o bombearse hasta los estratos acuíferos que alimentan los pozos. Los estudios de geohidrología del lugar definirán la posibilidad de proyectar este tipo de descarga, además de considerar el adecuado tratamiento de las aguas negras.

Libro por consultar

Manual de Saneamiento, vivienda, agua y desechos
Dirección de ingeniería Sanitaria,
Secretaría de Salubridad y Asistencia
Editorial Limusa
México, 1982

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINNIE, G. M. (1985). "Early Victorin Water Engineers", Thoms Telford Ltd., Londres, Englan.
- COREY O., Germán (1988). "*Vigilancia en Epidemiología Ambiental*", Serie de Vigilancia No. 1. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud de la Organización Mundial de la Salud. pp. 17-27.
- ESCAMIROSA, MONTALVO Lorenzo Franco (1998). Tesis de grado de maestría en Ingeniería Ambiental: "Sistema de alcantarillado alternativo para la disposición de los desechos líquidos de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas". Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 7-25.
- FAIR, Maskew Gordon; GEYER, John Charles; OKUN, Daniel Alexander (1996). "Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales 1" Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 63-71.
- FAIR, Maskew Gordon; GEYER, John Charles; OKUN, Daniel Alexander (1971). "Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. 2" Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Universidad de Harvard. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 15-21.
- HILLEBOE, Herman E. (1964). "Manual de Tratamiento de Aguas Negras", Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Versión en español de César Falcón. Editorial Limusa. México D. F. pp. 15-30.
- METCALF-EDDY, INC. (1979). "Ingeniería sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales". Versión en español de Juan de Dios Trillo Monstrosoriu. Editorial Labor, Barcelona España, 1985. pp. 60-120, 132-151, 438, 700.
- METCALF-EDDY, INC. (1981). "Ingeniería sanitaria. Redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales". Versión en español de Juan de Dios Trillo Monstrosoriu. Editorial Labor, Barcelona España, 1985. pp. 64-66.
- Manual de Saneamiento, vivienda, agua y desechos (1982). Dirección de ingeniería Sanitaria, Secretaría de Salubridad y Asistencia, Editorial Limusa. México.
- RAMALHO, R. S. (1993). "Tratamientos de Aguas Residuales". Versión en español. de Domingo Jiménez Beltrán. Editorial Reverté, Barcelona España, 1993. pp. 8-9, 92-93, 146-148, 154-155, 254-255, 263.
- TEBBUTT, T.H.Y. (1993). "*Fundamentos de control de la calidad del agua*". Versión autorizada en español. Editorial Limusa. México D.F. pp.13-15, 55-60.
- United Nativos Center for Human Settlements, UNCHS (1991). "*Directrices ambientales para la planificación y gestión de asentamientos/Hábitat*", versión en español del Instituto del Territorio y Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Centro de Publicaciones. Madrid, España. pp. 191-214.
- VALDEZ, Enrique (1990). "Abastecimiento de Agua Potable", División de Ingeniería Civil, Topografía y Geodésica, Departamento de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. pp. 15-27.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

ⁱ FAIR, Gordon M. "Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales". Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Universidad de Harvard. Ed. Limusa. México 1993. Pp. 701-702.

ⁱⁱ U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1980. Design Manual:

On-Site Wastewater Treatment and Disposal Systems. Report
No. EPA 625/1-80-012, EPA, Whashington, D. C.

- iii QUINTAL, Carlos, 1993. "Propuesta para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Sistemas de Tanques Sépticos en Yucatán". Boletín Académico No. 21, Abril de 1993. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán. México. Pp. 35-44.
- iv SIEGRIEST, R. L.; et al 1978. Wastewater Conservation and Wastewater Disposal. IN: Home Sewage Treatment, Proceedings, American Society of Agricultural Engineers, December, Pp. 121-136.
- v PICKFORD, J., 1980. The Design of Septic Tanks and Aqua-Privies. Overseas Building Notes No. 187, Building Research Establishment, Department of the Environment, England, September. P. 12.
- vi RAMALHO, R. S., 1977. Introduction to Wastewater Treatment Process. Academic Press, USA. p. 8, 409.
- vii MALAM, W. M., 1964. A Guide to the Use of Septic Tank Systems in South Africa. National Institute for Water Research. Council for Scientific Research. Research Report 219. Pretoria, South Africa, 41 p.
- viii LEY DE AGUAS NACIONALES Y SU REGLAMENTO. Comisión Nacional del Agua y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992.
- ix NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS. Coordinación de Desarrollo Profesional. Subcoordinación del centro de Consulta del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua - Comisión Nacional del Agua. Marzo de 1992.
- x LINEAMIENTOS TECNICOS PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO. Comisión Nacional del Agua. 1993.