



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR PROCESOS FISICOQUÍMICOS Y FACULTATIVOS

Del 18 al 29 de Noviembre de 2002

APUNTES GENERALES

CI - 439

Instructor: Biol. Manuel Martínez Cárdenas
DGCOH
NOVIEMBRE DEL 2002

Introducción.

México es la 12ª economía más grande del mundo, el cuarto país megadiverso; tiene 3000 años de historia y un mosaico cultural y étnico sumamente rico. Entre los países en desarrollo, México es el segundo destino principal de la inversión extranjera directa y el tercero en crecimiento acumulado. Es el séptimo receptor mundial de turismo que representa la segunda fuente de ingresos del país.

En cuanto a producción mundial, nuestro país es líder en plata, celestita, miel, frutas, cítricos, mezclilla y cemento. Ocupa el segundo lugar mundial en producción de fluorita, cuarto en arsénico, bismuto, cadmio y grafito; quinto en molibdeno y zinc; sexto en antimonio, barita y plomo; séptimo en manganeso y sal; octavo en yeso; noveno en cobre y feldespato; duodécimo en azufre. Es el séptimo en la producción mundial de hidrocarburos y gas natural; el cuarto en café en grano y el decimosexto en captura pesquera. La industria exportadora mexicana es la octava más importante del mundo.

Esta riqueza no ha sido distribuida de manera equitativa entre los mexicanos. En efecto, según estimaciones del Programa de las Naciones Unidas sobre el desarrollo humano en el mundo, México ocupa el lugar 51 de una lista integrada por 174 países.

Si bien se ha avanzado en el fortalecimiento de la economía nacional, se han agravado los problemas de inequidad, pobreza, marginación y degradación ambiental, manifestados con distintos grados de intensidad en las diversas regiones del país. Las insuficiencias institucionales y las capacidades locales de gestión y administración son evidentes.

Esto significa que en nuestro país existe una gran disparidad entre riqueza natural, económica, cultural y social, y la calidad de vida, el bienestar y el estado de conservación del medio ambiente.

Durante el Siglo XX, la tasa de crecimiento de utilización del agua ha sido más de dos veces superior a la del crecimiento de la población, situación que ha llevado a considerar su condición y abasto como uno de los problemas globales más importantes de nuestros tiempos.

Usos del Agua. En México, el 67% de la lluvia se concentra en cuatro meses del año y 68% del escurrimiento superficial virgen del agua de los ríos se encuentra en el sureste del país, donde habita 23% de la población. Alrededor de 77% de la población se concentra en un territorio árido y semiárido que ocupa dos terceras partes del país y presenta sólo 32% del escurrimiento natural.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

En el país se utilizan 72.2 mil millones de metros cúbicos anuales de agua, siendo la principal actividad consumidora la agricultura de riego. El abastecimiento a centros de población consume 12%, el uso industrial 8% y el pecuario 2%.

Actualmente, con 6.3 millones de hectáreas, México ocupa el séptimo lugar mundial en cuanto a la superficie agrícola con infraestructura de riego. El volumen de agua utilizado para el riego es de 56.2 km³, que representa 78% del agua que se extrae de los cauces y acuíferos para usos consuntivos cada año. Este volumen se distribuye y aplica con una eficiencia global promedio de 46%, lo que implica una pérdida anual de 54% del volumen total, es decir, 30.3 km³ de agua se evaporan o se fugan.

En cuanto al uso urbano, aún cuando se han hecho esfuerzos mayores en los últimos años para dotar a la población con servicios básicos de agua potable segura (93% del agua abastecida a la población está desinfectada), y de drenaje; hoy en día 12 millones mexicanos carecen de agua potable y 23 millones no cuentan con alcantarillado. Esta situación se agudiza en el medio rural, donde 32% de la población carece de agua potable y 63% de alcantarillado.

De los 650 acuíferos identificados en el país, 96 muestran problemas de sobreexplotación que, en ocasiones, se suman problemas de contaminación por arsénico u otras sustancias minerales tóxicas; en 17 acuíferos se han identificado problemas de intrusión salina. Desafortunadamente, la hidrología del subsuelo ha sido poco estudiada, por lo que a la problemática reseñada se añade la falta de conocimiento sobre muchas zonas de acuíferos del país.

Por otro lado, las plantas hidroeléctricas, que producen 17% de la energía eléctrica del país, emplean grandes volúmenes de agua (143.3 km³). Aún cuando no se consume ni se altera la calidad del agua, se requiere una evaluación de los impactos de la construcción y operación.

Actualmente, la infraestructura de almacenamiento hidráulico, esta integrada por 4,500 presas, de las cuales 840 se definen como grandes presas. Construidas muchas de ellas para compensar la distribución desigual de la precipitación en el país, presentan distintos grados de deterioro relacionados con la falta de mantenimiento, el término de su vida útil y la falta de definición en las responsabilidades de su manejo.

En la perspectiva nacional, de persistir las actuales pautas de utilización del agua, se intensificarán las presiones sobre las fuentes naturales del recurso y aumentarán los conflictos sociales relacionados con su disponibilidad y aprovechamiento.

Contaminación. Los procesos industriales, así como las grandes concentraciones de población humana, generan materiales y sustancias residuales cuya presencia en cantidades mayores a las que pueden ser asimiladas por los ecosistemas naturales, ha tenido un efecto muy nocivo en el aire, agua, suelos y organismos y, ha deteriorado seriamente la calidad del medio ambiente tanto rural como urbano.

El uso ineficiente del agua y su falta de tratamiento, han propiciado que las fuentes superficiales sean insuficientes; que existan acuíferos sobreexplotados y que la mayoría de los cuerpos de agua, y muchos acuíferos, estén contaminados. A esta problemática se suma el hecho de que el agua no se cobra, ni se mide, además se desperdicia en un 55 % en el sector agrícola que consume el 78% de los usos consuntivos y, entre 30 y 50% de usos consuntivos en las zonas urbanas donde el consumo asciende al 12% del total.

Las descargas de aguas residuales de la industria impactan más por su composición que por su volumen. Contaminantes como metales pesados, aceites y grasas, sales, ácidos y residuos tóxicos afectan a los cuerpos de agua nacionales, además, generan el equivalente a 6.2 millones de toneladas de demanda biológica de oxígeno (DBO) al año, tres veces lo generado por las descargas de aguas residuales municipales de todos los centros de población del país. Los mayores impactos son provocados por las actividades industriales relacionadas con la producción de azúcar, alimentos y bebidas, productos metálicos, productos químicos, celulosa, papel y cuero.

En materia de tratamiento de aguas residuales, existe un inventario de 1,018 plantas tratadoras municipales, con una capacidad instalada de 75.9 m³ /s. De ellas, sólo 793 se encuentran en operación, con un caudal tratado de 45.9 m³ /s, aunque solamente 23% del caudal de aguas residuales recolectadas, proveniente de localidades urbanas a nivel nacional recibe un tratamiento adecuado.

Dado el hecho de que en las redes de alcantarillado se recolectan 200 m³ /s, sólo 23% de las aguas residuales municipales del país reciben tratamiento. Las descargas de aguas residuales sin tratamiento ocasionan grados variables de contaminación en los cuerpos de agua superficiales del país, lo que limita su uso directo y representa un riesgo para la salud. Las cuencas con mayor grado de contaminación son las del Río Lerma, Alto Balsas, Alto Pánuco y algunas porciones del Bajo Bravo.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

A junio de 2001, 416.768 usuarios han recibido la concesión para el uso de aguas nacionales, lo que representa 99% del universo estimado. Con el fin de resolver los problemas hidráulicos en el ámbito local y en el marco del proceso de descentralización, se han establecido convenios con estados y municipios para que ellos mismos realicen las funciones de construcción y operación de la infraestructura hidráulica.

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento dictan que es función de los Consejos de Cuenca consolidar la participación de los usuarios y su organización reconoce cuatro niveles territoriales – cuenca, subcuenca, microcuenca y acuífero– para articular la gestión de los distintos usos del agua, así como los intereses de los usuarios, las organizaciones no gubernamentales y los tres órdenes de gobierno. A septiembre de 2001, se han instalado 25 de los 26 Consejos de Cuenca y se han creado seis Comisiones de Cuenca, cuatro Comités de Cuenca y 47 Comités Técnicos de Agua Subterránea (COTAS) en los acuíferos con mayor grado de sobreexplotación.

Metas. El Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales plantea las siguientes metas puntuales para el año de 2025:

- Lograr que el 78% de la población cuente con servicio de alcantarillado.
- Tratar el 65% de las aguas residuales generadas en centros urbanos e industriales y lograr que el 100% de estas aguas tratadas cumplan con la normatividad.
- Asumir la cultura de la infiltración y la retención de las aguas de lluvia.
- Recuperar y reutilizar crecientemente aguas residuales de uso agrícola.

- Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
- Hacer efectivo el cobro del agua destinada a diversos usos.
- Reducir las pérdidas de agua en el sector agrícola con diversas tecnologías y sistemas de uso.
- Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.

Programa estratégico 1.

Detener y revertir la contaminación de los sistemas que sostienen la vida (agua, aire y suelos)

Objetivos:

- Detener y revertir la contaminación de los recursos agua, aire y suelo con el propósito de garantizar su conservación para las generaciones futuras.
- Asegurar el manejo integral del agua, aire y suelo.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- Asegurar el cumplimiento de las leyes, normas y reglamentos ambientales.
- Recuperar cauces de ríos, lagos, cuencas hidrológicas y mantos acuíferos de fuentes de contaminación.
- Asumir la cultura de la infiltración y la retención de las aguas de lluvia.
- Recuperar y reutilizar aguas residuales de uso agrícola.

Programa estratégico 2.

Detener y revertir la pérdida de capital natural.

Objetivos:

- Detener y revertir la degradación de los recursos naturales a fin de mantener las opciones derivadas de su aprovechamiento para el desarrollo de las generaciones futuras.
- Asegurar formas de aprovechamiento de los recursos naturales que incorporen procesos para su conservación, protección y desarrollo.
- Asegurar la participación corresponsable, activa e informada de los grupos sociales e individuos en la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente.

Programa estratégico 3.

Conservar los ecosistemas y la biodiversidad.

Objetivos:

- Consolidar e integrar instrumentos y mecanismos para la conservación de la biodiversidad.
- Asegurar la participación corresponsable de todos los sectores sociales en acciones para la conservación de la biodiversidad.
- Asegurar formas de uso y aprovechamiento de los recursos naturales y los servicios ambientales que garanticen la sobrevivencia de las especies, su diversidad genética y, la conservación de los ecosistemas y sus procesos ecológicos inherentes.

Programa estratégico 4.

Promover el desarrollo sustentable.

Objetivos:

- Incorporar la variable ambiental en la toma de decisiones políticas, económicas y sociales en todos los órdenes de gobierno, sectores económicos y sociedad.
- Fortalecer el federalismo y asegurar la atención integral de los asuntos ambientales con la participación de los actores locales.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- Asegurar el cumplimiento cabal de las disposiciones legales en materia ambiental, involucrando a la sociedad en su comprensión y observancia.

Cruzadas nacionales por el medio ambiente Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua.

Esta Cruzada ha sido propuesta para lograr una alianza entre sociedad y gobierno a fin de enfrentar decididamente el grave deterioro de nuestros recursos forestales e hídricos, los cuales forman un binomio estratégico para la seguridad de la Nación. En la Cruzada se plantea la necesidad de rescatar los principales cuerpos de agua, racionalizar su uso, detener la pérdida de cubierta forestal y conservar la vegetación natural y la vida silvestre.

Para la organización e identificación de acciones de esta Cruzada se ha consultado a la sociedad civil organizada, a través de los Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable tanto estatales como regionales y los Consejos de Cuenca. Las diversas propuestas de acción y alternativas de intervención resultantes de estas reuniones, son también parte de la Cruzada.

Objetivos estratégicos

Lograr una gran alianza nacional para sanear y recuperar los cuerpos de agua y las superficies forestales del país, cuyo grave deterioro amenaza la seguridad nacional y el bienestar de la población.

Contribuir para que la economía nacional, las políticas públicas y los mecanismos del mercado al rescate de nuestros recursos naturales contribuyan y no los destruyan.

Promover una nueva cultura ambiental entre la población para alcanzar un desarrollo sustentable.

Ejes temáticos y regiones de acción prioritaria.

Contaminación de cuerpos de agua por aguas residuales municipales y desechos industriales. Las 15 cuencas que reciben mayor carga de contaminantes en el país son las de los ríos: Moctezuma, Papa-loapan, Jamapa, Bravo-San Juan, Soto La Marina, Atoyac, Lerma-Salamanca, Lerma-Toluca, Santiago-Guadalajara, Santiago-Aguamilpa, Grande-Amacuzac, Tamuín, Pánuco, Yaqui y La Laja.

Sobreexplotación de mantos freáticos por agricultura de riego. Regiones hidrológicas administrativas del Valle de México (XIII), Baja California (I) y cuencas centrales del norte (VII). Acuíferos de los estados de Querétaro, Guanajuato, Chihuahua, Aguascalientes y de la Comarca Lagunera.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Escasez de agua en las ciudades Franja fronteriza: Ensenada, Mexicali, Tijuana, San Luis Río Colorado, Nogales, Ciudad Juárez, Ciudad Acuña, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo y Matamoros.

Ciudades de mayor desarrollo económica: zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, León, Toluca y San Luis Potosí y las ciudades de Querétaro, Coahuilco, Chihuahua, Ciudad del Carmen, Aguascalientes y Hermosillo.

Ciudades de mayor desarrollo turístico: Acapulco, Cancún, Playa del Carmen, Mazatlán, Manzanillo, Los Cabos e Ixtapa-Zihuatanejo.

Ciudades con problemas por calidad del agua: Zimapán, Torreón y Saltillo. Ciudades con conflictos por canales de riego: Culiacán y Los Mochis.

Sequía. Regiones hidrológicas administrativas de la frontera norte: Península de Baja California (I), Noroeste (II), Río Bravo (VI) y cuencas centrales del norte (VII). Acuíferos sobreexplotados: Chihuahua y Comarca Lagunera. Sequía recurrente: Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas.

Presentación.

La contaminación del agua plantea efectos adversos sobre mantos acuíferos, cuerpos de agua, ecosistemas y salud pública; y está asociada con una vasta gama de actividades productivas. La más importante en este aspecto es la producción agrícola cuyas descargas representan el 46% del total de carga orgánica; sus principales contaminantes son residuos agroquímicos y restos de suelos erosionados. Le siguen en su orden, las descargas industriales (un 28%), con una amplia gama de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables; y las urbanas (un 26%), con contenidos de materia orgánica y bacteriológica, principalmente, así como algunos tóxicos que provienen de las descargas industriales conectadas a las redes municipales de alcantarillado. En el medio urbano, la contaminación del agua deriva, también, en general de la disposición inadecuada de residuos sólidos sobre cauces o terrenos, lixiviación y erosión.

Esta problemática va acompañada por insuficiencias en el tratamiento de las aguas residuales y por el hecho de que, de acuerdo con el Programa Hidráulico 1995-2000, cerca de 30 millones de habitantes que viven en localidades urbanas no cuentan con servicio de alcantarillado y saneamiento. En el caso del tratamiento de las aguas residuales encontramos que, por una parte, hay un bajo número de plantas de tratamiento y, por la otra, tienen problemas de operación y

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

mantenimiento. Así, en 1994, de acuerdo con dicho Programa, de un total de 161,290 litros/seg de aguas residuales municipales generadas, sólo se trató un 28%, contando con un total de 419 plantas de tratamiento.

Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

Las propiedades físicas y los constituyentes químicos y biológicos de las aguas residuales se presentan a continuación:

Características		Procedencia.
Propiedades físicas.		
Color		Aguas residuales domésticas e industriales, desintegración natural de materiales orgánicos.
Olor		Agua residual en descomposición, vertidos industriales.
Sólidos.		Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura.		Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes químicos.		
Orgánicos.	Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
	Grasas y aceites	
	Pesticidas	Residuos agrícolas.
	Fenoles	Vertidos industriales.
	Proteínas	Aguas residuales domésticas y comerciales.
	Agentes termoactivos	
	Otros	
Inorgánicos.	Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración del agua subterránea..
	Cloruros	Agua de suministro, aguas residuales domésticas, infiltración del agua subterránea, ablandadores de agua.
	Metales pesados	Vertidos industriales.
	Nitrógeno	Aguas residuales domésticas y residuos agrícolas.
	PH	Vertidos industriales.
	Fósforo	Aguas residuales domésticas e industriales, escorrentía residual.
	Azufre	Aguas de suministro, aguas residuales domésticas e industriales.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Características		Procedencia.
	Tóxicos	Vertidos industriales.
Gases.	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de aguas residuales domésticas.
	Metano	
	Oxígeno	Agua de suministro, infiltración del agua superficial.
Constituyentes biológicos.		
Animales		Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Plantas		
Protistas		Aguas residuales domésticas, plantas de tratamiento.
Virus		Aguas residuales domésticas.

Las normas de calidad de los tratamientos secundarios de las aguas residuales están relacionados con la eliminación de la materia orgánica biodegradable, sólidos en suspensión y organismos patógenos. Gran parte de las normativas más exigentes incluyen la eliminación de nutrientes y una reducción más completa de compuestos orgánicos.

Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las normas de calidad incluyen la obligación de eliminar compuestos orgánicos de carácter refractario, metales pesados y sólidos inorgánicos disueltos.

Contaminantes básicos	
Materia flotante.	
Grasas y aceites	Químico orgánico
Sólidos sedimentables	
Sólidos suspendidos totales	
Demanda bioquímica de oxígeno ₅	
Nitrógeno total	Químico inorgánico
Fósforo total	Químico inorgánico
Temperatura	Físico
pH	Químico inorgánico
Contaminantes patógenos y parasitarios.	
Coliformes fecales	
Huevos de helminto	
Metales pesados y cianuros.	

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Arsénico	Químico inorgánico
Cadmio	Químico inorgánico
Cobre	Químico inorgánico
Cromo	Químico inorgánico
Mercurio	Químico inorgánico
Níquel	Químico inorgánico
Plomo	Químico inorgánico
Zinc	Químico inorgánico
Cianuros	Químico inorgánico

Indicadores de Sustentabilidad.

EXTRACCIÓN ANUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y DE SUPERFICIE

1. Indicador.

a) Nombre: Extracción anual de aguas subterráneas y de superficie como porcentaje del agua disponible.

b) Breve definición: Volumen anual total de aguas subterráneas y de superficie extraídas para ser utilizadas, incluidas las pérdidas durante el traslado, el consumo y las corrientes de retorno, como porcentaje del volumen total de agua dulce disponible en promedio anualmente.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Impulso.

3. Significación.

a) Finalidad: Mostrar en qué grado se están explotando los recursos hídricos disponibles para atender a la demanda de agua a niveles estatales o municipales. Se trata de una medida importante de la vulnerabilidad de la zona o la cuenca hidrológica a la escasez de agua.

b) Pertinencia para el desarrollo: El indicador puede poner de manifiesto la medida en que se utilizan los recursos de agua dulce y la necesidad de ajustar la política de ordenación del suministro y la demanda. Puede reflejar el alcance de la escasez de recursos hídricos a medida que aumenta la competencia y surgen conflictos entre los distintos usos y usuarios del agua. Una disponibilidad de agua limitada puede repercutir negativamente en la sostenibilidad, frenar el desarrollo económico y regional, y provocar la pérdida de biodiversidad, con degradación de los sistemas ecológicos de agua dulce. En este indicador la evaluación de la sostenibilidad está vinculada a la disponibilidad de agua. Las variaciones del indicador en función de los países y del tiempo dependen del clima, la población y el desarrollo económico, así como de la capacidad económica e institucional con respecto al ordenamiento de los recursos hídricos y la demanda.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Uno de los principales problemas estriba en definir qué se entiende por aguas disponibles y en distinguir entre las aguas subterráneas y las aguas de superficie. El único enfoque que respeta la integridad física de los recursos hídricos consiste en examinar dónde se producen, es decir si provienen de las precipitaciones registradas dentro de la región o cuenca.

b) Métodos de medición: El indicador mide la extracción total de agua dividida por el agua disponible.

c) Limitaciones del indicador: El indicador adolece de varias limitaciones importantes, relativas, en su mayoría, a la forma de calcular el agua disponible. Los datos exactos y completos son escasos. Las aguas disponibles pueden incrementarse gracias al desarrollo de los recursos hídricos (presas reguladoras del caudal, trasvases entre embalses, desarrollo de las aguas subterráneas, etc.) y medidas de política (asignación y fijación de precios), y deben evaluarse en función de consideraciones económicas y ambientales y de la capacidad institucional. No se tienen en cuenta las corrientes de retorno ni las pérdidas por infiltración, que podrían mejorar la disponibilidad de recursos hídricos. El indicador no refleja las variaciones estacionales de la disponibilidad de agua. No se tienen en cuenta la distribución según los usos ni las opciones de política para mitigar la escasez, como por ejemplo la redistribución de agua de uso agrícola a otros usos. Dentro de los recursos hídricos disponibles, el indicador no tiene en cuenta la calidad del agua ni la sostenibilidad de su utilización.

d) Otras posibles definiciones: El indicador podría tener en cuenta las tomas de agua y los recursos hídricos disponibles a distintos niveles de eficiencia de uso y los costos y valores económicos y ambientales del agua. No obstante, los datos necesarios para realizar esos cálculos no se encuentran fácilmente. El indicador puede desglosarse a fin de reflejar los recursos hídricos disponibles, las tomas de agua y el uso de agua para riego.

CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA POR HABITANTE

1. Indicador.

a) Nombre: Consumo doméstico de agua por habitante.

b) Breve definición: Consumo doméstico de agua por habitante es la cantidad de agua que consume una persona para beber, lavarse, cocinar, lavar los utensilios y otros usos domésticos, incluido el riego de jardines. Cuando es usual tener animales domésticos, también se incluyen el cálculo las necesidades de éstos.

c) Unidad de medida: Litros por habitante y día.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Impulso.

3. Significación.

a) Finalidad: El indicador evalúa la cantidad de agua que necesitan y/o de la que disponen las personas de una comunidad determinada para sus necesidades básicas. Ayuda a determinar en qué comunidades no se satisfacen las necesidades básicas, lo que permite planificar la adopción de medidas y establecer prioridades en el ámbito del desarrollo del suministro de agua.

b) Pertinencia para el desarrollo: Disponer de una cantidad suficiente de agua para satisfacer las necesidades humanas básicas es un requisito esencial para la vida, la salud y el desarrollo. Para que el desarrollo sea sostenible, debe disponerse de una cantidad suficiente de agua. De hecho, a medida que aumenta el desarrollo, en la mayoría de los casos también aumenta la demanda de agua por habitante para fines personales, comerciales y agrícolas. Por consiguiente, el indicador refleja también de manera indirecta el nivel de desarrollo económico y social.

Si se alcanza el desarrollo sostenible sin que se registre un aumento, o con un aumento limitado, del consumo de agua por habitante, puede considerarse que existe una ordenación eficaz de los recursos hídricos. También existe una relación directa entre el consumo de agua por habitante y la disponibilidad/escasez de recursos hídricos y el precio del agua. El consumo doméstico de agua está también estrechamente relacionado con las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos hídricos. Es evidente que en las zonas áridas y semiáridas donde los recursos hídricos son limitados el consumo está restringido.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Aunque el consumo doméstico de agua suele expresarse en litros por habitante y día, la cifra correspondiente se tiene que calcular ya que el parámetro es el consumo de agua por unidad familiar. El consumo de agua por unidad familiar puede medirse mediante contadores conectados a la red de suministro de agua o mediante el cómputo del número de viajes diarios a una fuente o punto de agua.

b) Métodos de medición: El consumo de agua por habitante puede medirse (o calcularse) a partir del suministro medido por contadores, estudios locales, encuestas o la cantidad total suministrada a una comunidad dividida por el número de habitantes.

c) Limitaciones del indicador: El consumo de agua por habitante refleja sólo una parte de los aspectos relacionados con el suministro de agua. Para evaluar la situación general del suministro de que dispone cada persona, es necesario complementar los datos sobre consumo con información sobre la calidad del agua suministrada, el tipo de sistema utilizado para el suministro, la distancia que hay que recorrer para coger agua, el número de personas por unidad familiar y punto de agua, etc.

d) Otras posibles definiciones: El indicador puede sustituirse por el consumo por unidad familiar y día. Sin embargo, esa medida del consumo de agua es más limitada.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

1. Indicador.

- a) Nombre:** Cobertura del tratamiento de las aguas residuales.
- b) Breve definición:** El tratamiento de las aguas residuales puede definirse como la recogida de las aguas residuales de las viviendas y los locales comerciales, industriales o públicos y su traslado a un centro en el que reciben tratamiento suficiente como para permitir su descarga en el medio ambiente sin efectos perjudiciales para la salud humana y el ecosistema.
- c) Unidad de medida:** %. Proporción de las aguas residuales generadas por la comunidad que reciben un nivel aceptable de tratamiento antes de ser descargadas.

2. Ubicación dentro del marco

- a) Programa 21:** Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.
- b) Tipo de indicador:** Reacción.

3. Significación.

- a) Finalidad:** El indicador evalúa el nivel potencial de contaminación procedente de fuentes domésticas e industriales/comerciales que entra en el medio ambiente acuático, y permite vigilar los progresos hacia la reducción de ese potencial dentro de un marco de ordenación integrada de los recursos hídricos. Contribuye a identificar si la inclusión del proyecto en el área en cualquiera de sus fases de desarrollo, requerirá medidas para tratar las aguas residuales a fin de proteger el ecosistema.
- b) Pertinencia para el desarrollo:** La mala calidad del agua reduce la disponibilidad de recursos hídricos para fines concretos, en particular para las necesidades domésticas, y tiene consecuencias adversas para la salud pública. Por consiguiente, el tratamiento de las aguas residuales es uno de los requisitos fundamentales de la sostenibilidad.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

- a) Definiciones y conceptos básicos:** El porcentaje de aguas residuales tratadas es el porcentaje de agua consumida y devuelta al medio ambiente conforme a unos criterios y normas que garantizan que no se perjudica al medio ambiente acuático en detrimento del desarrollo sostenible. En ese contexto, el tratamiento puede incluir una amplia gama de procesos, incluidos el simple filtrado, la sedimentación, procesos biológicos y químicos, o unos sistemas adecuados de descarga en el mar.
- b) Métodos de medición:** El porcentaje de aguas residuales domésticas (aguas cloacales) tratadas puede determinarse a partir de la cantidad de agua consumida frente a la capacidad de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

En el caso de los desechos industriales puede adoptarse un enfoque similar para las instalaciones conectadas al sistema central de alcantarillado, utilizando el consumo de agua y distinguiendo entre las aguas de tratamiento y las de refrigeración. En muchos casos, los establecimientos industriales

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

disponen de sus propias instalaciones de tratamiento tanto si descargan sus efluentes directamente como si lo hacen a través del sistema público de alcantarillado.

Por lo que se refiere a la eficacia del tratamiento, sólo puede determinarse cotejando la información sobre los resultados de cada planta de tratamiento de aguas residuales con los criterios sobre descarga establecidos.

c) Limitaciones del indicador: La principal limitación de este indicador estriba en el esfuerzo que requiere recoger y cotejar la información. Ello podría evitarse, por lo menos hasta cierto punto, mediante el uso de estimaciones. El indicador facilita información sobre el grado de tratamiento. Sin embargo, no tiene en cuenta el nivel de tratamiento necesario para satisfacer las necesidades de los distintos ecosistemas.

d) Otras posibles definiciones: El porcentaje de aguas residuales tratadas puede convertirse en la cantidad de aguas residuales. Esa cantidad puede definirse en términos de carga semanal, mensual o anual por captación, fuente de agua, u otra delimitación.

SANEAMIENTO BÁSICO: PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE DISPONE DE INSTALACIONES ADECUADAS PARA LA ELIMINACIÓN DE EXCREMENTOS.

1. Indicador.

a) Nombre: Saneamiento básico: Porcentaje de la población que dispone de instalaciones adecuadas para la eliminación de excrementos.

b) Breve definición: Porcentaje de la población que tiene acceso a instalaciones sanitarias para la eliminación de los excrementos humanos en su vivienda o en las proximidades inmediatas de ésta.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco.

a) Programa 21: Capítulo 6: Protección y fomento de la salud humana.

b) Tipo de indicador: Estado.

3. Significación.

a) Finalidad: Seguir los progresos en el acceso de la población a instalaciones de saneamiento.

b) Pertinencia para el desarrollo: Se trata de un indicador básico de gran utilidad para evaluar el desarrollo, especialmente en lo que respecta a la salud humana. El acceso a unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos es fundamental para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la frecuencia de esas enfermedades. El hecho de que esté asociado a otras características socioeconómicas (educación, ingresos) y de que contribuya a la higiene y a la calidad de vida en general hacen de él un buen indicador universal del desarrollo humano. Este indicador refleja el estado del acceso a las instalaciones sanitarias en la(s) localidad(es) cercana(s) y planteará la necesidad de dotar de infraestructura necesaria para cubrir el servicio en las etapas de desarrollo del proyecto.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Es preciso definir qué se entiende por instalación sanitaria y cuál es la población abarcada.

i) Instalación sanitaria: "Por instalación sanitaria se entiende un sistema de eliminación de los excrementos humanos que aísla las heces del contacto con las personas, los animales, los cultivos y las fuentes de agua. Las instalaciones adecuadas van desde las sencillas pero protegidas letrinas de pozo hasta los inodoros con alcantarillado. Para que sean eficaces, todas las instalaciones deben construirse correctamente y contar con un mantenimiento adecuado".

ii) Población abarcada: Incluye a la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red pública de alcantarillado; la población urbana que dispone de sistemas en la propia vivienda (letrinas de pozo, letrinas con cisterna, fosas sépticas, etc.); la población urbana que dispone de letrinas comunales; y la población rural que dispone de sistemas adecuados de eliminación de excrementos tales como letrinas de pozo, letrinas con cisterna, etc.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

b) Métodos de medición: Este indicador puede calcularse de la siguiente forma: El numerador es el número de personas que disponen de unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos multiplicado por 100. El denominador es la población total.

c) Limitaciones del indicador: La disponibilidad de instalaciones no siempre corresponde a su utilización.

d) Otras posibles definiciones: Este indicador puede también expresarse como porcentaje de personas que no tienen acceso a un saneamiento adecuado. La población que debe utilizarse en el numerador es el número de personas sin acceso a un saneamiento adecuado. Si los datos disponibles se expresan en porcentaje de viviendas que disponen de un sistema de saneamiento, debería ser posible convertirlo en porcentaje de población, utilizando el promedio de personas por unidad familiar.

ACCESO AL AGUA POTABLE.

1. Indicador

a) Nombre: Porcentaje de personas que disponen de agua potable en el hogar o que pueden acceder a ella fácilmente.

b) Breve definición: Porcentaje de la población que tiene acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ella.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 6: Protección y fomento de la salud humana.

b) Tipo de indicador: Estado.

3. Significación.

a) Finalidad: Conocer los valores respecto al acceso de la población al agua potable.

b) Pertinencia para el desarrollo: El acceso al agua potable es de fundamental importancia para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la incidencia de esas enfermedades. Este indicador está relacionado con otras características socioeconómicas, como la educación y los ingresos, lo que hace de él un buen indicador universal del desarrollo humano.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: El indicador requiere que se definan varios elementos.

i) Población abarcada: Abarca la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red de suministro de agua, la población urbana cuyas viviendas no están conectadas pero que tiene fácil acceso a fuentes públicas, y la población rural que tiene acceso suficiente al agua potable.

ii) Acceso suficiente al agua: Este elemento se define como suministro de agua en el hogar o a menos de 15 minutos de distancia a pie. En realidad, la definición debería tener en cuenta las condiciones locales; por ejemplo, en las zonas urbanas puede considerarse que la población tiene acceso suficiente si hay una fuente pública a menos de 200 metros de su vivienda. En las zonas rurales, se entiende que existe acceso suficiente cuando no se tiene que dedicar una parte desproporcionada del día a acarrear agua para satisfacer las necesidades de la familia.

iii) Distancia razonable: Acceso y distancia razonable son conceptos distintos, dado que puede tenerse acceso al agua pero no estar ésta necesariamente a una distancia razonable. El agua debe encontrarse a una distancia razonable de la vivienda, a saber, menos de 200 metros.

iv) Cantidad suficiente de agua: La cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. Normalmente se considera que esa cantidad es de 20 litros por persona y día.

v) Agua potable: Agua que no contenga agentes biológicos o químicos a un nivel de concentración que sea perjudicial para la salud. Por agua potable se entiende tanto las aguas de superficie tratadas como las aguas no tratadas pero no contaminadas, como las procedentes de pozos de sondeo protegidos, manantiales y pozos sanitarios. Las aguas de superficie no tratadas, tales como los ríos y los lagos, sólo se consideran potables si la CNA o la SSA han realizado controles periódicos de la calidad del agua y la consideran aceptable.

b) Métodos de medición: Este indicador puede calcularse de la siguiente forma: el numerador es el número de personas que tienen acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ésta multiplicado por 100. El denominador es la población total.

c) Limitaciones del indicador: La existencia de una fuente de agua a una distancia razonable sustituye con frecuencia al indicador sobre disponibilidad de agua potable. No obstante, la existencia de una fuente de agua no garantiza que esa agua esté siempre disponible o sea potable, o que las personas acudan siempre a esas fuentes.

d) Otras posibles definiciones: Este indicador puede expresarse también como porcentaje de la población sin acceso a agua potable suficiente. En ese caso, la población indicada en el numerador sería la que no tiene acceso a agua potable suficiente. Si se dispone de datos sobre el porcentaje de unidades familiares, debería ser posible convertir ese porcentaje en el porcentaje de población, utilizando un promedio de personas por unidad familiar.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

*TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES POR PROCESOS
FISICOQUÍMICOS
Y FACULTATIVOS*

Del 18 al 29 de Noviembre de 2002

APUNTES GENERALES

CI - 439

Instructor: Biol. Manuel Martínez Cárdenas
D G C O H
NOVIEMBRE DEL 2002

Introducción.

México es la 12ª economía más grande del mundo, el cuarto país megadiverso; tiene 3000 años de historia y un mosaico cultural y étnico sumamente rico. Entre los países en desarrollo, México es el segundo destino principal de la inversión extranjera directa y el tercero en crecimiento acumulado. Es el séptimo receptor mundial de turismo que representa la segunda fuente de ingresos del país.

En cuanto a producción mundial, nuestro país es líder en plata, celestita, miel, frutas, cítricos, mezclilla y cemento. Ocupa el segundo lugar mundial en producción de fluorita, cuarto en arsénico, bismuto, cadmio y grafito; quinto en molibdeno y zinc; sexto en antimonio, barita y plomo; séptimo en manganeso y sal; octavo en yeso; noveno en cobre y feldespato; duodécimo en azufre. Es el séptimo en la producción mundial de hidrocarburos y gas natural; el cuarto en café en grano y el decimosexto en captura pesquera. La industria exportadora mexicana es la octava más importante del mundo.

Esta riqueza no ha sido distribuida de manera equitativa entre los mexicanos. En efecto, según estimaciones del Programa de las Naciones Unidas sobre el desarrollo humano en el mundo, México ocupa el lugar 51 de una lista integrada por 174 países.

Si bien se ha avanzado en el fortalecimiento de la economía nacional, se han agravado los problemas de inequidad, pobreza, marginación y degradación ambiental, manifestados con distintos grados de intensidad en las diversas regiones del país. Las insuficiencias institucionales y las capacidades locales de gestión y administración son evidentes.

Esto significa que en nuestro país existe una gran disparidad entre riqueza natural, económica, cultural y social, y la calidad de vida, el bienestar y el estado de conservación del medio ambiente.

Durante el Siglo XX, la tasa de crecimiento de utilización del agua ha sido más de dos veces superior a la del crecimiento de la población, situación que ha llevado a considerar su condición y abasto como uno de los problemas globales más importantes de nuestros tiempos.

Usos del Agua. En México, el 67% de la lluvia se concentra en cuatro meses del año y 68% del escurrimiento superficial virgen del agua de los ríos se encuentra en el sureste del país, donde habita 23% de la población. Alrededor de 77% de la población se concentra en un territorio árido y semiárido que ocupa dos terceras partes del país y presenta sólo 32% del escurrimiento natural.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

En el país se utilizan 72.2 mil millones de metros cúbicos anuales de agua, siendo la principal actividad consumidora la agricultura de riego. El abastecimiento a centros de población consume 12%, el uso industrial 8% y el pecuario 2%.

Actualmente, con 6.3 millones de hectáreas, México ocupa el séptimo lugar mundial en cuanto la superficie agrícola con infraestructura de riego. El volumen de agua utilizado para el riego es de 56.2 km³, que representa 78% del agua que se extrae de los cauces y acuíferos para usos consuntivos cada año. Este volumen se distribuye y aplica con una eficiencia global promedio de 46%, lo que implica una pérdida anual de 54% del volumen total, es decir, 30.3 km³ de agua se evaporan o se fugan.

En cuanto el uso urbano, aún cuando se han hecho esfuerzos mayores en los últimos años para dotar a la población con servicios básicos de agua potable segura (93% del agua abastecida a la población está desinfectada), y de drenaje; hoy en día 12 millones mexicanos carecen de agua potable y 23 millones no cuentan con alcantarillado. Esta situación se agudiza en el medio rural, donde 32% de la población carece de agua potable y 63% de alcantarillado.

De los 650 acuíferos identificados en el país, 96 muestran problemas de sobreexplotación que, en ocasiones, se suman problemas de contaminación por arsénico u otras sustancias minerales tóxicas; en 17 acuíferos se han identificado problemas de intrusión salina. Desafortunadamente, la hidrología del subsuelo ha sido poco estudiada, por lo que a la problemática reseñada se añade la falta de conocimiento sobre muchas zonas de acuíferos del país.

Por otro lado, las plantas hidroeléctricas, que producen 17% de la energía eléctrica del país, emplean grandes volúmenes de agua (143.3 km³). Aún cuando no se consume ni se altera la calidad del agua, se requiere una evaluación de los impactos de la construcción y operación.

Actualmente, la infraestructura de almacenamiento hidráulico, esta integrada por 4,500 presas, de las cuales 840 se definen como grandes presas. Construidas muchas de ellas para compensar la distribución desigual de la precipitación en el país, presentan distintos grados de deterioro relacionados con la falta de mantenimiento, el término de su vida útil y la falta de definición en las responsabilidades de su manejo.

En la perspectiva nacional, de persistir las actuales pautas de utilización del agua, se intensificarán las presiones sobre las fuentes naturales del recurso y aumentarán los conflictos sociales relacionados con su disponibilidad y aprovechamiento.

Contaminación. Los procesos industriales, así como las grandes concentraciones de población humana, generan materiales y sustancias residuales cuya presencia en cantidades mayores a las que pueden ser asimiladas por los ecosistemas naturales, ha tenido un efecto muy nocivo en el aire, agua, suelos y organismos y, ha deteriorado seriamente la calidad del medio ambiente tanto rural como urbano.

El uso ineficiente del agua y su falta de tratamiento, han propiciado que las fuentes superficiales sean insuficientes; que existan acuíferos sobreexplotados y que la mayoría de los cuerpos de agua, y muchos acuíferos, estén contaminados. A esta problemática se suma el hecho de que el agua no se cobra, ni se mide, además se desperdicia en un 55 % en el sector agrícola que consume el 78% de los usos consuntivos y, entre 30 y 50% de usos consuntivos en las zonas urbanas donde el consumo asciende al 12% del total.

Las descargas de aguas residuales de la industria impactan más por su composición que por su volumen. Contaminantes como metales pesados, aceites y grasas, sales, ácidos y residuos tóxicos afectan a los cuerpos de agua nacionales, además, generan el equivalente a 6.2 millones de toneladas de demanda biológica de oxígeno (DBO) al año, tres veces lo generado por las descargas de aguas residuales municipales de todos los centros de población del país. Los mayores impactos son provocados por las actividades industriales relacionadas con la producción de azúcar, alimentos y bebidas, productos metálicos, productos químicos, celulosa, papel y cuero.

En materia de tratamiento de aguas residuales, existe un inventario de 1,018 plantas tratadoras municipales, con una capacidad instalada de 75.9 m³ /s. De ellas, sólo 793 se encuentran en operación, con un caudal tratado de 45.9 m³ /s, aunque solamente 23% del caudal de aguas residuales recolectadas, procedente de localidades urbanas a nivel nacional recibe un tratamiento adecuado.

Dado el hecho de que en las redes de alcantarillado se recolectan 200 m³ /s, sólo 23% de las aguas residuales municipales del país reciben tratamiento. Las descargas de aguas residuales sin tratamiento ocasionan grados variables de contaminación en los cuerpos de agua superficiales del país, lo que limita su uso directo y representa un riesgo para la salud. Las cuencas con mayor grado de contaminación son las del Río Lerma, Alto Balsas, Alto Pánuco y algunas porciones del Bajo Bravo.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

A junio de 2001, 416.768 usuarios han recibido la concesión para el uso de aguas nacionales, lo que representa 99% del universo estimado. Con el fin de resolver los problemas hidráulicos en el ámbito local y en el marco del proceso de descentralización, se han establecido convenios con estados y municipios para que ellos mismos realicen las funciones de construcción y operación de la infraestructura hidráulica.

La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento dictan que es función de los Consejos de Cuenca consolidar la participación de los usuarios y su organización reconoce cuatro niveles territoriales – cuenca, subcuenca, microcuenca y acuífero– para articular la gestión de los distintos usos del agua, así como los intereses de los usuarios, las organizaciones no gubernamentales y los tres órdenes de gobierno. A septiembre de 2001, se han instalado 25 de los 26 Consejos de Cuenca y se han creado seis Comisiones de Cuenca, cuatro Comités de Cuenca y 47 Comités Técnicos de Agua Subterránea (COTAS) en los acuíferos con mayor grado de sobreexplotación.

Metas. El Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales plantea las siguientes metas puntuales para el año de 2025:

- Lograr que el 78% de la población cuente con servicio de alcantarillado.
- Tratar el 65% de las aguas residuales generadas en centros urbanos e industriales y lograr que el 100% de estas aguas tratadas cumplan con la normatividad.
- Asumir la cultura de la infiltración y la retención de las aguas de lluvia.
- Recuperar y reutilizar crecientemente aguas residuales de uso agrícola.

- Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
- Hacer efectivo el cobro del agua destinada a diversos usos.
- Reducir las pérdidas de agua en el sector agrícola con diversas tecnologías y sistemas de uso.
- Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico,

Programa estratégico 1.

Detener y revertir la contaminación de los sistemas que sostienen la vida (agua, aire y suelos)

Objetivos:

- Detener y revertir la contaminación de los recursos agua, aire y suelo con el propósito de garantizar su conservación para las generaciones futuras.
- Asegurar el manejo integral del agua, aire y suelo.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- Asegurar el cumplimiento de las leyes, normas y reglamentos ambientales.
- Recuperar cauces de ríos, lagos, cuencas hidrológicas y mantos acuíferos de fuentes de contaminación.
- Asumir la cultura de la infiltración y la retención de las aguas de lluvia.
- Recuperar y reutilizar aguas residuales de uso agrícola.

Programa estratégico 2.

Detener y revertir la pérdida de capital natural.

Objetivos:

- Detener y revertir la degradación de los recursos naturales a fin de mantener las opciones derivadas de su aprovechamiento para el desarrollo de las generaciones futuras.
- Asegurar formas de aprovechamiento de los recursos naturales que incorporen procesos para su conservación, protección y desarrollo.
- Asegurar la participación corresponsable, activa e informada de los grupos sociales e individuos en la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente.

Programa estratégico 3.

Conservar los ecosistemas y la biodiversidad.

Objetivos:

- Consolidar e integrar instrumentos y mecanismos para la conservación de la biodiversidad.
- Asegurar la participación corresponsable de todos los sectores sociales en acciones para la conservación de la biodiversidad.
- Asegurar formas de uso y aprovechamiento de los recursos naturales y los servicios ambientales que garanticen la sobrevivencia de las especies, su diversidad genética y, la conservación de los ecosistemas y sus procesos ecológicos inherentes.

Programa estratégico 4.

Promover el desarrollo sustentable.

Objetivos:

- Incorporar la variable ambiental en la toma de decisiones políticas, económicas y sociales en todos los órdenes de gobierno, sectores económicos y sociedad.
- Fortalecer el federalismo y asegurar la atención integral de los asuntos ambientales con la participación de los actores locales.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- Asegurar el cumplimiento cabal de las disposiciones legales en materia ambiental, involucrando a la sociedad en su comprensión y observancia.

Cruzadas nacionales por el medio ambiente Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua.

Esta Cruzada ha sido propuesta para lograr una alianza entre sociedad y gobierno a fin de enfrentar decididamente el grave deterioro de nuestros recursos forestales e hídricos, los cuales forman un binomio estratégico para la seguridad de la Nación. En la Cruzada se plantea la necesidad de rescatar los principales cuerpos de agua, racionalizar su uso, detener la pérdida de cubierta forestal y conservar la vegetación natural y la vida silvestre.

Para la organización e identificación de acciones de esta Cruzada se ha consultado a la sociedad civil-organizada, a través de los Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable tanto estatales como regionales y los Consejos de Cuenca. Las diversas propuestas de acción y alternativas de intervención resultantes de estas reuniones, son también parte de la Cruzada.

Objetivos estratégicos

Lograr una gran alianza nacional para sanear y recuperar los cuerpos de agua y las superficies forestales del país, cuyo grave deterioro amenaza la seguridad nacional y el bienestar de la población.

Contribuir para que la economía nacional, las políticas públicas y los mecanismos del mercado al rescate de nuestros recursos naturales contribuyan y no los destruyan.

Promover una nueva cultura ambiental entre la población para alcanzar un desarrollo sustentable.

Ejes temáticos y regiones de acción prioritaria.

Contaminación de cuerpos de agua por aguas residuales municipales y desechos industriales. Las 15 cuencas que reciben mayor carga de contaminantes en el país son las de los ríos: Moctezuma, Papa-loapan, Jamapa, Bravo-San Juan, Soto La Marina, Atoyac, Lerma-Salamanca, Lerma-Toluca, Santiago-Guadalajara, Santiago-Aguamilpa, Grande-Amacuzac, Tamuín, Pánuco, Yaqui y La Laja.

Sobreexplotación de mantos freáticos por agricultura de riego. Regiones hidrológicas administrativas del Valle de México (XIII), Baja California (I) y cuencas centrales del norte (VII). Acuíferos de los estados de Querétaro, Guanajuato, Chihuahua, Aguascalientes y de la Comarca Lagunera.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Escasez de agua en las ciudades Franja fronteriza: Ensenada, Mexicali, Tijuana, San Luis Río Colorado, Nogales, Ciudad Juárez, Ciudad Acuña, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Reynosa, Río Bravo y Matamoros.

Ciudades de mayor desarrollo económico: zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, León, Toluca y San Luis Potosí y las ciudades de Querétaro, Coahuila, Chihuahua, Ciudad del Carmen, Aguascalientes y Hermosillo.

Ciudades de mayor desarrollo turístico: Acapulco, Cancún, Playa del Carmen, Mazatlán, Manzanillo, Los Cabos e Ixtapa-Zihuatanejo.

Ciudades con problemas por calidad del agua: Zimapán, Torreón y Saltillo. Ciudades con conflictos por canales de riego: Culiacán y Los Mochis.

Sequía. Regiones hidrológicas administrativas de la frontera norte: Península de Baja California (I), Noroeste (II), Río Bravo (VI) y cuencas centrales del norte (VII). Acuíferos sobreexplotados: Chihuahua y Comarca Lagunera. Sequía recurrente: Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas.

Presentación.

La contaminación del agua plantea efectos adversos sobre mantos acuíferos, cuerpos de agua, ecosistemas y salud pública; y está asociada con una vasta gama de actividades productivas. La más importante en este aspecto es la producción agrícola cuyas descargas representan el 46% del total de carga orgánica; sus principales contaminantes son residuos agroquímicos y restos de suelos erosionados. Le siguen en su orden, las descargas industriales (un 28%), con una amplia gama de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables; y las urbanas (un 26%), con contenidos de materia orgánica y bacteriológica, principalmente, así como algunos tóxicos que provienen de las descargas industriales conectadas a las redes municipales de alcantarillado. En el medio urbano, la contaminación del agua deriva, también, en general de la disposición inadecuada de residuos sólidos sobre cauces o terrenos, lixiviación y erosión.

Esta problemática va acompañada por insuficiencias en el tratamiento de las aguas residuales y por el hecho de que, de acuerdo con el Programa Hidráulico 1995-2000, cerca de 30 millones de habitantes que viven en localidades urbanas no cuentan con servicio de alcantarillado y saneamiento. En el caso del tratamiento de las aguas residuales encontramos que, por una parte, hay un bajo número de plantas de tratamiento y, por la otra, tienen problemas de operación y

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

mantenimiento. Así, en 1994, de acuerdo con dicho Programa, de un total de 161,290 litros/seg de aguas residuales municipales generadas, sólo se trató un 28%, contando con un total de 419 plantas de tratamiento.

Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

Las propiedades físicas y los constituyentes químicos y biológicos de las aguas residuales se presentan a continuación:

Características		Procedencia.
Propiedades físicas.		
Color		Aguas residuales domésticas e industriales, desintegración natural de materiales orgánicos.
Olor		Agua residual en descomposición, vertidos industriales.
Sólidos.		Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura.		Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes químicos.		
Orgánicos.	Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
	Grasas y aceites	
	Pesticidas	Residuos agrícolas.
	Fenoles	Vertidos industriales.
	Proteínas	Aguas residuales domésticas y comerciales.
	Agentes termoactivos	
	Otros	
Inorgánicos.	Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración del agua subterránea..
	Cloruros	Agua de suministro, aguas residuales domésticas, infiltración del agua subterránea, ablandadores de agua.
	Metales pesados	Vertidos industriales.
	Nitrógeno	Aguas residuales domésticas y residuos agrícolas.
	PH	Vertidos industriales.
	Fósforo	Aguas residuales domésticas e industriales, escorrentía residual.
	Azufre	Aguas de suministro, aguas residuales domésticas e industriales.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Características		Procedencia.
	Tóxicos	Vertidos industriales.
Gases.	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de aguas residuales domésticas.
	Metano	
	Oxígeno	Agua de suministro, infiltración del agua superficial.
Constituyentes biológicos.		
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.	
Plantas		
Protistas	Aguas residuales domésticas, plantas de tratamiento.	
Virus	Aguas residuales domésticas.	

Las normas de calidad de los tratamientos secundarios de las aguas residuales están relacionados con la eliminación de la materia orgánica biodegradable, sólidos en suspensión y organismos patógenos. Gran parte de las normativas más exigentes incluyen la eliminación de nutrientes y una reducción más completa de compuestos orgánicos.

Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las normas de calidad incluyen la obligación de eliminar compuestos orgánicos de carácter refractario, metales pesados y sólidos inorgánicos disueltos.

Contaminantes básicos	
Materia flotante.	
Grasas y aceites	Químico orgánico
Sólidos sedimentables	
Sólidos suspendidos totales	
Demanda bioquímica de oxígeno ₅	
Nitrógeno total	Químico inorgánico
Fósforo total	Químico inorgánico
Temperatura	Físico
pH	Químico inorgánico
Contaminantes patógenos y parasitarios.	
Coliformes fecales	
Huevos de helminto	
Metales pesados y cianuros.	

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Arsénico	Químico inorgánico
Cadmio	Químico inorgánico
Cobre	Químico inorgánico
Cromo	Químico inorgánico
Mercurio	Químico inorgánico
Níquel	Químico inorgánico
Plomo	Químico inorgánico
Zinc	Químico inorgánico
Cianuros	Químico inorgánico

Indicadores de Sustentabilidad.

EXTRACCIÓN ANUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y DE SUPERFICIE

1. Indicador.

a) Nombre: Extracción anual de aguas subterráneas y de superficie como porcentaje del agua disponible.

b) Breve definición: Volumen anual total de aguas subterráneas y de superficie extraídas para ser utilizadas, incluidas las pérdidas durante el traslado, el consumo y las corrientes de retorno, como porcentaje del volumen total de agua dulce disponible en promedio anualmente.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Impulso.

3. Significación.

a) Finalidad: Mostrar en qué grado se están explotando los recursos hídricos disponibles para atender a la demanda de agua a niveles estatales o municipales. Se trata de una medida importante de la vulnerabilidad de la zona o la cuenca hidrológica a la escasez de agua.

b) Pertinencia para el desarrollo: El indicador puede poner de manifiesto la medida en que se utilizan los recursos de agua dulce y la necesidad de ajustar la política de ordenación del suministro y la demanda. Puede reflejar el alcance de la escasez de recursos hídricos a medida que aumenta la competencia y surgen conflictos entre los distintos usos y usuarios del agua. Una disponibilidad de agua limitada puede repercutir negativamente en la sostenibilidad, frenar el desarrollo económico y regional, y provocar la pérdida de biodiversidad, con degradación de los sistemas ecológicos de agua dulce. En este indicador la evaluación de la sostenibilidad está vinculada a la disponibilidad de agua. Las variaciones del indicador en función de los países y del tiempo dependen del clima, la población y el desarrollo económico, así como de la capacidad económica e institucional con respecto al ordenamiento de los recursos hídricos y la demanda.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Uno de los principales problemas estriba en definir qué se entiende por aguas disponibles y en distinguir entre las aguas subterráneas y las aguas de superficie. El único enfoque que respeta la integridad física de los recursos hídricos consiste en examinar dónde se producen, es decir si provienen de las precipitaciones registradas dentro de la región o cuenca.

b) Métodos de medición: El indicador mide la extracción total de agua dividida por el agua disponible.

c) Limitaciones del indicador: El indicador adolece de varias limitaciones importantes, relativas, en su mayoría, a la forma de calcular el agua disponible. Los datos exactos y completos son escasos. Las aguas disponibles pueden incrementarse gracias al desarrollo de los recursos hídricos (presas reguladoras del caudal, trasvases entre embalses, desarrollo de las aguas subterráneas, etc.) y medidas de política (asignación y fijación de precios), y deben evaluarse en función de consideraciones económicas y ambientales y de la capacidad institucional. No se tienen en cuenta las corrientes de retorno ni las pérdidas por infiltración, que podrían mejorar la disponibilidad de recursos hídricos. El indicador no refleja las variaciones estacionales de la disponibilidad de agua. No se tienen en cuenta la distribución según los usos ni las opciones de política para mitigar la escasez, como por ejemplo la redistribución de agua de uso agrícola a otros usos. Dentro de los recursos hídricos disponibles, el indicador no tiene en cuenta la calidad del agua ni la sostenibilidad de su utilización.

d) Otras posibles definiciones: El indicador podría tener en cuenta las tomas de agua y los recursos hídricos disponibles a distintos niveles de eficiencia de uso y los costos y valores económicos y ambientales del agua. No obstante, los datos necesarios para realizar esos cálculos no se encuentran fácilmente. El indicador puede desglosarse a fin de reflejar los recursos hídricos disponibles, las tomas de agua y el uso de agua para riego.

CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA POR HABITANTE

1. Indicador.

a) Nombre: Consumo doméstico de agua por habitante.

b) Breve definición: Consumo doméstico de agua por habitante es la cantidad de agua que consume una persona para beber, lavarse, cocinar, lavar los utensilios y otros usos domésticos, incluido el riego de jardines. Cuando es usual tener animales domésticos, también se incluyen el cálculo las necesidades de éstos.

c) Unidad de medida: Litros por habitante y día.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Impulso.

3. Significación.

a) Finalidad: El indicador evalúa la cantidad de agua que necesitan y/o de la que disponen las personas de una comunidad determinada para sus necesidades básicas. Ayuda a determinar en qué comunidades no se satisfacen las necesidades básicas, lo que permite planificar la adopción de medidas y establecer prioridades en el ámbito del desarrollo del suministro de agua.

b) Pertinencia para el desarrollo: Disponer de una cantidad suficiente de agua para satisfacer las necesidades humanas básicas es un requisito esencial para la vida, la salud y el desarrollo. Para que el desarrollo sea sostenible, debe disponerse de una cantidad suficiente de agua. De hecho, a medida que aumenta el desarrollo, en la mayoría de los casos también aumenta la demanda de agua por habitante para fines personales, comerciales y agrícolas. Por consiguiente, el indicador refleja también de manera indirecta el nivel de desarrollo económico y social.

Si se alcanza el desarrollo sostenible sin que se registre un aumento, o con un aumento limitado, del consumo de agua por habitante, puede considerarse que existe una ordenación eficaz de los recursos hídricos. También existe una relación directa entre el consumo de agua por habitante y la disponibilidad/escasez de recursos hídricos y el precio del agua. El consumo doméstico de agua está también estrechamente relacionado con las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos hídricos. Es evidente que en las zonas áridas y semiáridas donde los recursos hídricos son limitados el consumo está restringido.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Aunque el consumo doméstico de agua suele expresarse en litros por habitante y día, la cifra correspondiente se tiene que calcular ya que el parámetro es el consumo de agua por unidad familiar. El consumo de agua por unidad familiar puede medirse mediante contadores conectados a la red de suministro de agua o mediante el cómputo del número de viajes diarios a una fuente o punto de agua.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

b) Métodos de medición: El consumo de agua por habitante puede medirse (o calcularse) a partir del suministro medido por contadores, estudios locales, encuestas o la cantidad total suministrada a una comunidad dividida por el número de habitantes.

c) Limitaciones del indicador: El consumo de agua por habitante refleja sólo una parte de los aspectos relacionados con el suministro de agua. Para evaluar la situación general del suministro de que dispone cada persona, es necesario complementar los datos sobre consumo con información sobre la calidad del agua suministrada, el tipo de sistema utilizado para el suministro, la distancia que hay que recorrer para coger agua, el número de personas por unidad familiar y punto de agua, etc.

d) Otras posibles definiciones: El indicador puede sustituirse por el consumo por unidad familiar y día. Sin embargo, esa medida del consumo de agua es más limitada.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

1. Indicador.

a) Nombre: Cobertura del tratamiento de las aguas residuales.

b) Breve definición: El tratamiento de las aguas residuales puede definirse como la recogida de las aguas residuales de las viviendas y los locales comerciales, industriales o públicos y su traslado a un centro en el que reciben tratamiento suficiente como para permitir su descarga en el medio ambiente sin efectos perjudiciales para la salud humana y el ecosistema.

c) Unidad de medida: %. Proporción de las aguas residuales generadas por la comunidad que reciben un nivel aceptable de tratamiento antes de ser descargadas.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Reacción.

3. Significación.

a) Finalidad: El indicador evalúa el nivel potencial de contaminación procedente de fuentes domésticas e industriales/comerciales que entra en el medio ambiente acuático, y permite vigilar los progresos hacia la reducción de ese potencial dentro de un marco de ordenación integrada de los recursos hídricos. Contribuye a identificar si la inclusión del proyecto en el área en cualquiera de sus fases de desarrollo, requerirá medidas para tratar las aguas residuales a fin de proteger el ecosistema.

b) Pertinencia para el desarrollo: La mala calidad del agua reduce la disponibilidad de recursos hídricos para fines concretos, en particular para las necesidades domésticas, y tiene consecuencias adversas para la salud pública. Por consiguiente, el tratamiento de las aguas residuales es uno de los requisitos fundamentales de la sostenibilidad.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: El porcentaje de aguas residuales tratadas es el porcentaje de agua consumida y devuelta al medio ambiente conforme a unos criterios y normas que garantizan que no se perjudica al medio ambiente acuático en detrimento del desarrollo sostenible. En ese contexto, el tratamiento puede incluir una amplia gama de procesos, incluidos el simple filtrado, la sedimentación, procesos biológicos y químicos, o unos sistemas adecuados de descarga en el mar.

b) Métodos de medición: El porcentaje de aguas residuales domésticas (aguas cloacales) tratadas puede determinarse a partir de la cantidad de agua consumida frente a la capacidad de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

En el caso de los desechos industriales puede adoptarse un enfoque similar para las instalaciones conectadas al sistema central de alcantarillado, utilizando el consumo de agua y distinguiendo entre las aguas de tratamiento y las de refrigeración. En muchos casos, los establecimientos industriales

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

disponen de sus propias instalaciones de tratamiento tanto si descargan sus efluentes directamente como si lo hacen a través del sistema público de alcantarillado.

Por lo que se refiere a la eficacia del tratamiento, sólo puede determinarse cotejando la información sobre los resultados de cada planta de tratamiento de aguas residuales con los criterios sobre descarga establecidos.

c) Limitaciones del indicador: La principal limitación de este indicador estriba en el esfuerzo que requiere recoger y cotejar la información. Ello podría evitarse, por lo menos hasta cierto punto, mediante el uso de estimaciones. El indicador facilita información sobre el grado de tratamiento. Sin embargo, no tiene en cuenta el nivel de tratamiento necesario para satisfacer las necesidades de los distintos ecosistemas.

d) Otras posibles definiciones: El porcentaje de aguas residuales tratadas puede convertirse en la cantidad de aguas residuales. Esa cantidad puede definirse en términos de carga semanal, mensual o anual por captación, fuente de agua, u otra delimitación.

SANEAMIENTO BÁSICO: PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE DISPONE DE INSTALACIONES ADECUADAS PARA LA ELIMINACIÓN DE EXCREMENTOS.

1. Indicador.

a) Nombre: Saneamiento básico: Porcentaje de la población que dispone de instalaciones adecuadas para la eliminación de excrementos.

b) Breve definición: Porcentaje de la población que tiene acceso a instalaciones sanitarias para la eliminación de los excrementos humanos en su vivienda o en las proximidades inmediatas de ésta.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco.

a) Programa 21: Capítulo 6: Protección y fomento de la salud humana.

b) Tipo de indicador: Estado.

3. Significación.

a) Finalidad: Seguir los progresos en el acceso de la población a instalaciones de saneamiento.

b) Pertinencia para el desarrollo: Se trata de un indicador básico de gran utilidad para evaluar el desarrollo, especialmente en lo que respecta a la salud humana. El acceso a unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos es fundamental para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la frecuencia de esas enfermedades. El hecho de que esté asociado a otras características socioeconómicas (educación, ingresos) y de que contribuya a la higiene y a la calidad de vida en general hacen de él un buen indicador universal del desarrollo humano. Este indicador refleja el estado del acceso a las instalaciones sanitarias en la(s) localidad(es) cercana(s) y planteará la necesidad de dotar de infraestructura necesaria para cubrir el servicio en las etapas de desarrollo del proyecto.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Es preciso definir qué se entiende por instalación sanitaria y cuál es la población abarcada.

i) Instalación sanitaria: "Por instalación sanitaria se entiende un sistema de eliminación de los excrementos humanos que aísla las heces del contacto con las personas, los animales, los cultivos y las fuentes de agua. Las instalaciones adecuadas van desde las sencillas pero protegidas letrinas de pozo hasta los inodoros con alcantarillado. Para que sean eficaces, todas las instalaciones deben construirse correctamente y contar con un mantenimiento adecuado".

ii) Población abarcada: Incluye a la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red pública de alcantarillado; la población urbana que dispone de sistemas en la propia vivienda (letrinas de pozo, letrinas con cisterna, fosas sépticas, etc.); la población urbana que dispone de letrinas comunales; y la población rural que dispone de sistemas adecuados de eliminación de excrementos tales como letrinas de pozo, letrinas con cisterna, etc.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

b) Métodos de medición: Este indicador puede calcularse de la siguiente forma: El numerador es el número de personas que disponen de unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos multiplicado por 100. El denominador es la población total.

c) Limitaciones del indicador: La disponibilidad de instalaciones no siempre corresponde a su utilización.

d) Otras posibles definiciones: Este indicador puede también expresarse como porcentaje de personas que no tienen acceso a un saneamiento adecuado. La población que debe utilizarse en el numerador es el número de personas sin acceso a un saneamiento adecuado. Si los datos disponibles se expresan en porcentaje de viviendas que disponen de un sistema de saneamiento, debería ser posible convertirlo en porcentaje de población, utilizando el promedio de personas por unidad familiar.

ACCESO AL AGUA POTABLE.

1. Indicador

a) Nombre: Porcentaje de personas que disponen de agua potable en el hogar o que pueden acceder a ella fácilmente.

b) Breve definición: Porcentaje de la población que tiene acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ella.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 6: Protección y fomento de la salud humana.

b) Tipo de indicador: Estado.

3. Significación.

a) Finalidad: Conocer los valores respecto al acceso de la población al agua potable.

b) Pertinencia para el desarrollo: El acceso al agua potable es de fundamental importancia para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la incidencia de esas enfermedades. Este indicador está relacionado con otras características socioeconómicas, como la educación y los ingresos, lo que hace de él un buen indicador universal del desarrollo humano.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: El indicador requiere que se definan varios elementos.

i) Población abarcada: Abarca la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red de suministro de agua, la población urbana cuyas viviendas no están conectadas pero que tiene fácil acceso a fuentes públicas, y la población rural que tiene acceso suficiente al agua potable.

ii) Acceso suficiente al agua: Este elemento se define como suministro de agua en el hogar o a menos de 15 minutos de distancia a pie. En realidad, la definición debería tener en cuenta las condiciones locales; por ejemplo, en las zonas urbanas puede considerarse que la población tiene acceso suficiente si hay una fuente pública a menos de 200 metros de su vivienda. En las zonas rurales, se entiende que existe acceso suficiente cuando no se tiene que dedicar una parte desproporcionada del día a acarrear agua para satisfacer las necesidades de la familia.

iii) Distancia razonable: Acceso y distancia razonable son conceptos distintos, dado que puede tenerse acceso al agua pero no estar ésta necesariamente a una distancia razonable. El agua debe encontrarse a una distancia razonable de la vivienda, a saber, menos de 200 metros.

iv) Cantidad suficiente de agua: La cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. Normalmente se considera que esa cantidad es de 20 litros por persona y día.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

v) Agua potable: Agua que no contenga agentes biológicos o químicos a un nivel de concentración que sea perjudicial para la salud. Por agua potable se entiende tanto las aguas de superficie tratadas como las aguas no tratadas pero no contaminadas, como las procedentes de pozos de sondeo protegidos, manantiales y pozos sanitarios. Las aguas de superficie no tratadas, tales como los ríos y los lagos, sólo se consideran potables si la CNA o la SSA han realizado controles periódicos de la calidad del agua y la consideran aceptable.

b) Métodos de medición: Este indicador puede calcularse de la siguiente forma: el numerador es el número de personas que tienen acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ésta multiplicado por 100. El denominador es la población total.

c) Limitaciones del indicador: La existencia de una fuente de agua a una distancia razonable sustituye con frecuencia al indicador sobre disponibilidad de agua potable. No obstante, la existencia de una fuente de agua no garantiza que esa agua esté siempre disponible o sea potable, o que las personas acudan siempre a esas fuentes.

d) Otras posibles definiciones: Este indicador puede expresarse también como porcentaje de la población sin acceso a agua potable suficiente. En ese caso, la población indicada en el numerador sería la que no tiene acceso a agua potable suficiente. Si se dispone de datos sobre el porcentaje de unidades familiares, debería ser posible convertir ese porcentaje en el porcentaje de población, utilizando un promedio de personas por unidad familiar.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

*TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES POR PROCESOS
FISICOQUÍMICOS
Y FACULTATIVOS*

Del 25 de Noviembre al 06 de Diciembre de 2002

ANEXOS

CI - 439

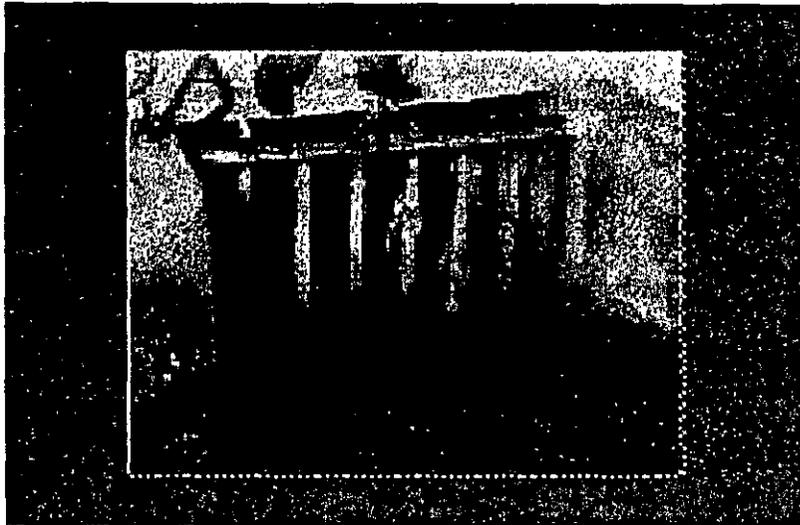
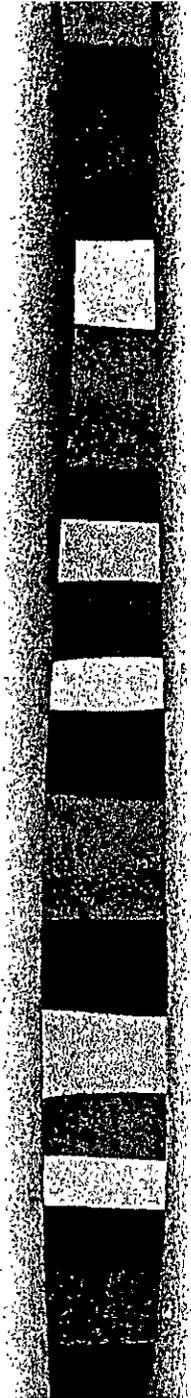
Instructor: Biol. Manuel Martínez Cárdenas
D G C O H
NOVIEMBRE/DICIEMBRE DEL 2002

OPERACIONES FÍSICAS UNITARIAS.

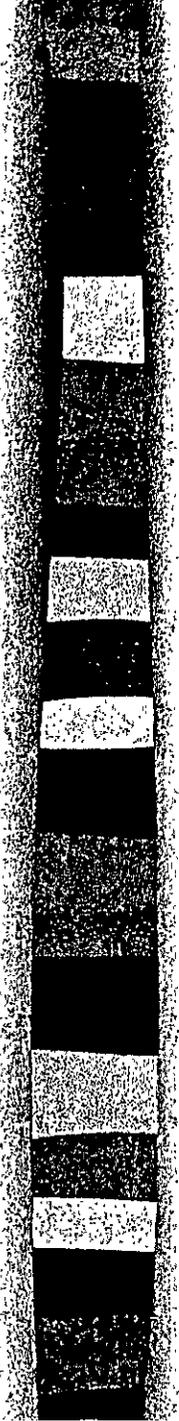
Desbaste.

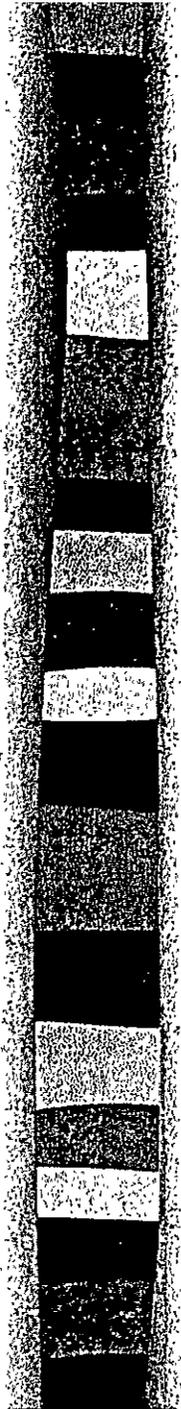
- El desbaste tiene por objeto proteger a la estación de la posible llegada de grandes objetos que puedan provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación o dificultar los restantes tratamientos.



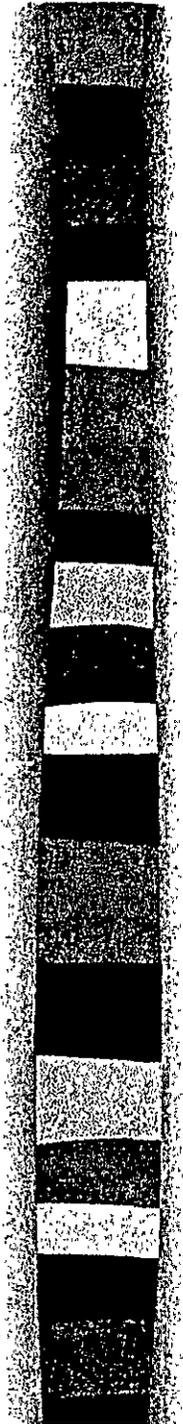


- El desbaste consiste en eliminar componentes sólidos del agua por medio de rejillas que están formadas por barrotes paralelos.

- 
- El desbaste permite separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos.



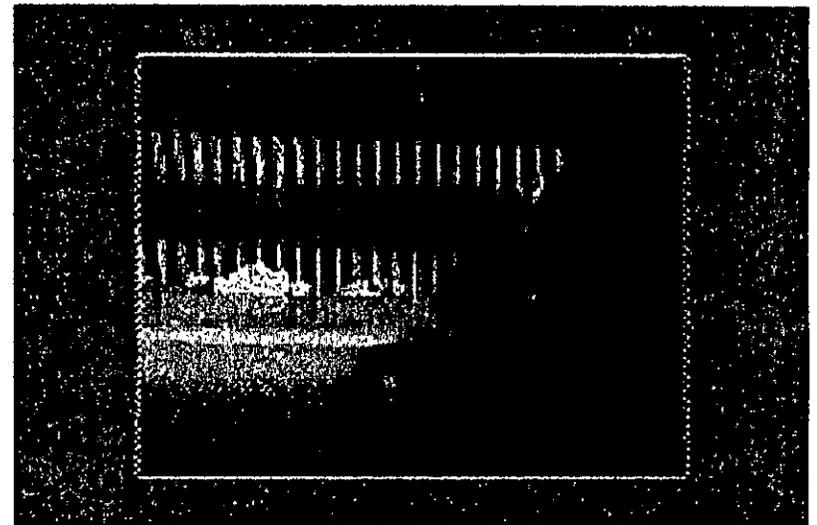
- Las rejjas pueden ser :
 - De gruesos: distancia entre barrotes de 5-10 cm ó de finos: distancia entre barrotes de 1-0.3 cm
 - Fijas ó Móviles
 - Horizontales, Verticales, Inclínadas ó Curvas.

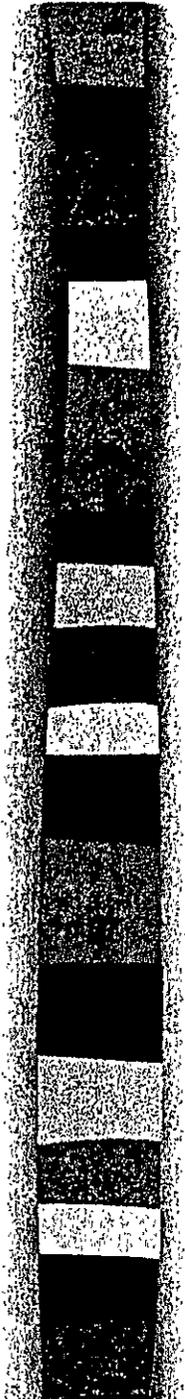


En función de la forma en que se realiza la retirada de sólidos retenidos, las rejas se clasifica:

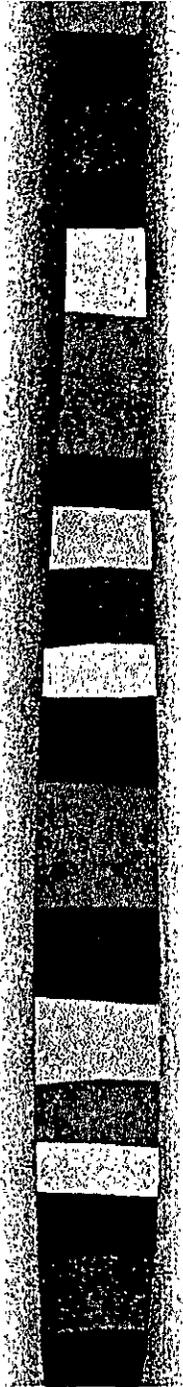
- Rejas de limpieza manual
- Rejas de limpieza automática.

- Es recomendable evitar la colocación de rejas de limpieza manual por razones de mantenimiento y explotación. En estas los residuos recogidos deben ser eliminados de manera discontinua.

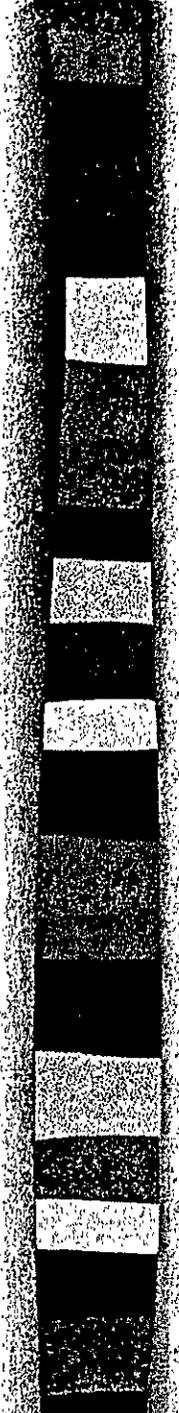




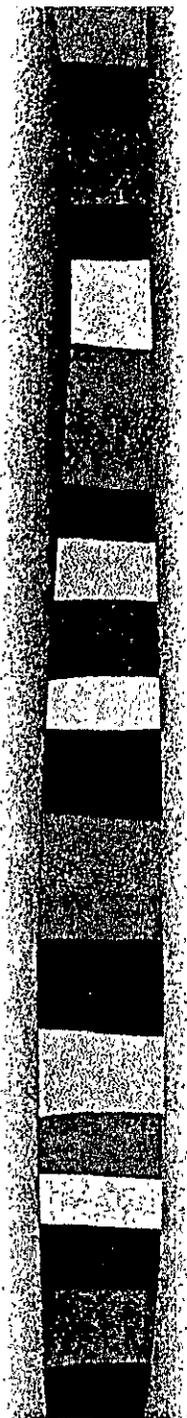
- A medida que los sólidos van siendo retenidos por las rejillas, el agua experimenta una dificultad mayor en atravesar este dispositivo, especialmente en las de finos.



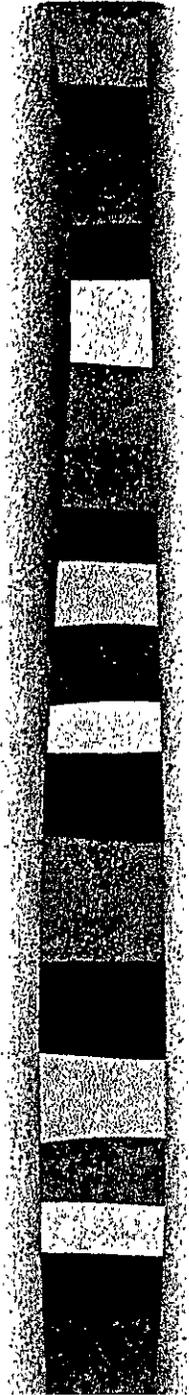
- La limpieza de las rejillas es una operación de mantenimiento de gran importancia, ya que la pérdida de carga aumenta a medida que crece el grado de obturación.



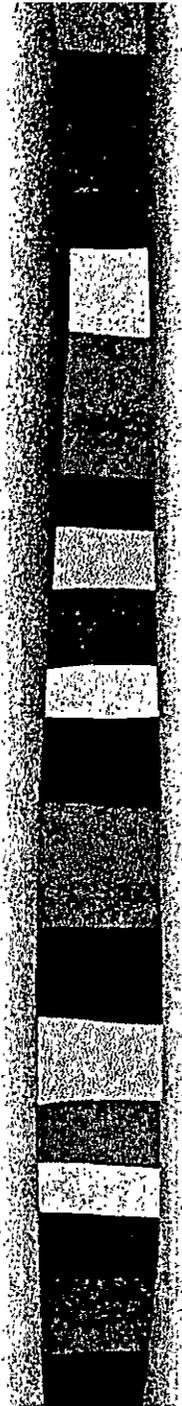
Superficie de tamizado.				
Tipo	Tamaño	Rango	Material	Aplicación
Fijo	Medio	250-1500 μ	Malla de cuña de acero inoxidable	Tratamiento primario.
Giratorio	Grueso	0.8 a 2.4 x 50 mm	Placas de bronce o cobre pulido.	Pretratamiento.
	Medio	100 a 1000 μ	Tela de malla de acero inoxidable	Tratamiento primario
Tambor giratorio	Grueso	0.8 a 2.4 x 50 mm	Placas de bronce o cobre pulido. Malla de alambre.	Pretratamiento
	Medio	250 a 1500 μ	Malla de cuña de acero inoxidable.	Tratamiento primario
	Fino	15 a 60 μ	Telas de poliéster y acero inoxidable	Eliminación de sólidos en suspensión secundarios
Deslizante	Grueso a medio	Tratamiento primario		
Centrífugo	Fino medio	10-500 μ		Tratamiento primario, secundario y sólidos en suspensión secundarios.



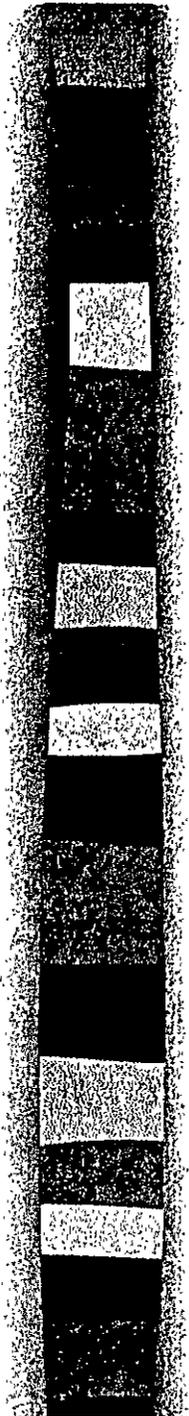
- Las rejas de limpieza manual son verticales o con una inclinación de 60 a 80° mientras que las de limpieza automática pueden colocarse totalmente verticales, o con inclinaciones de hasta 30°.
- El parámetro de control fundamental en la comprobación de rejillas es la velocidad de paso del agua entre los barrotes.



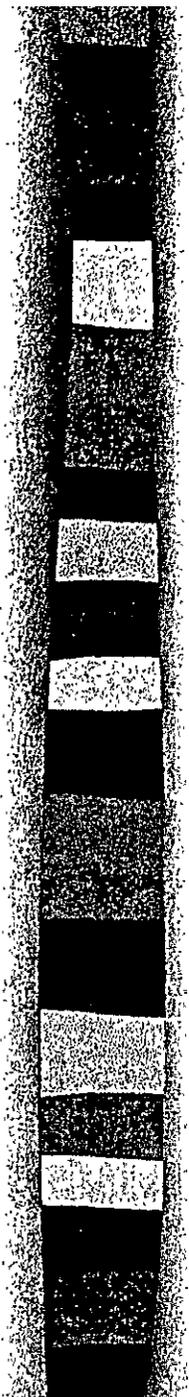
- La velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para conseguir que la retención de las partículas sea máxima y la pérdida de carga mínima.
- En general se adoptará velocidad media de 0,6 m/seg y máxima de 1,4 m/s.



- La evacuación de los residuos se realiza por procedimientos manuales o automáticos.
- Los residuos deben someterse a un proceso de escurrido para eliminar el agua antes de su vertido o tratamiento.

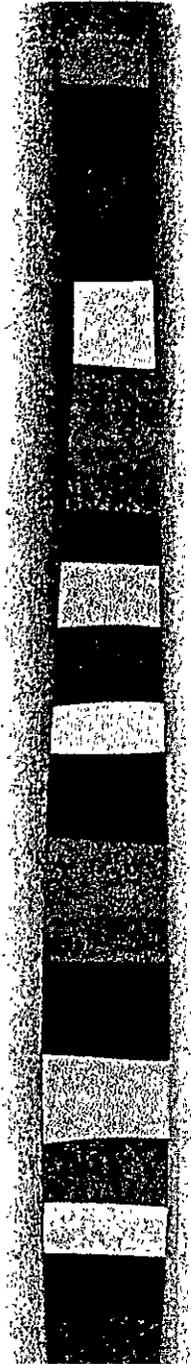


- Los residuos recogidos de los enrejados son perjudiciales, e incluso peligrosos. Los trabajadores deben adoptar medidas de seguridad e higiene al manipularlos.
- Los residuos son depositados en vertederos controlados o procesados en plantas de tratamiento de sólidos.

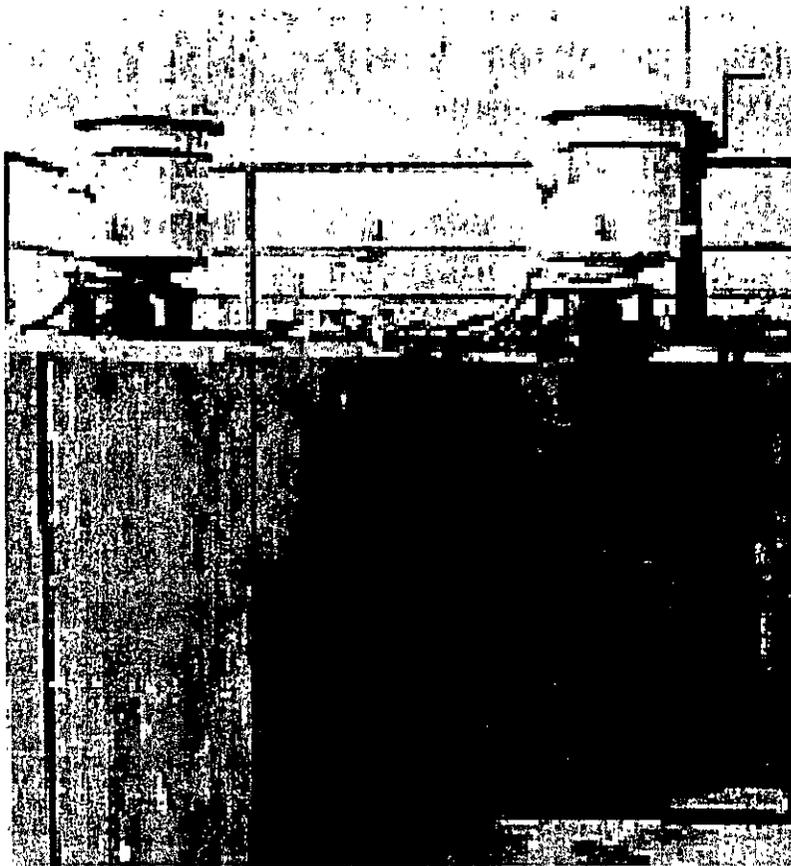
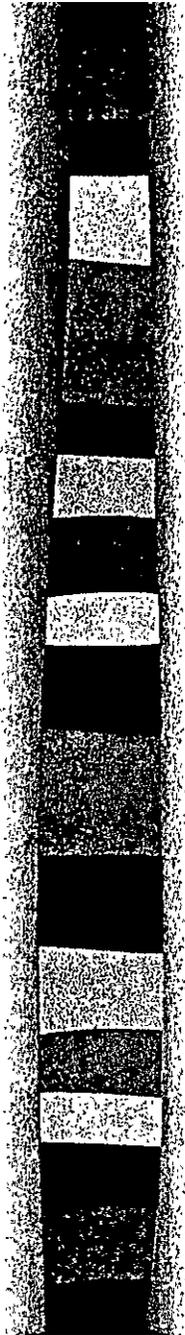


Dilaceración.

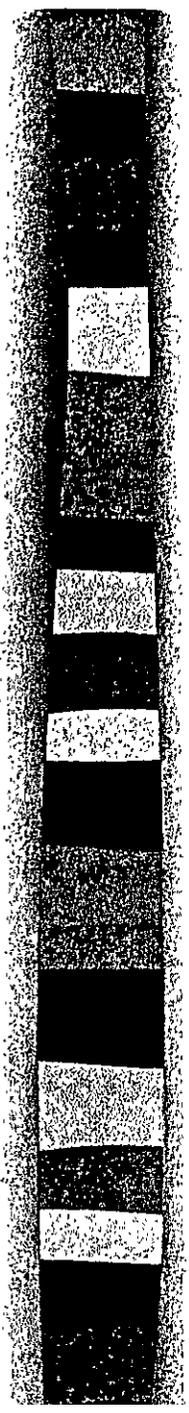
- Tiene por objeto «desintegrar» las materias sólidas arrastradas por el agua. Estas materias en lugar de separarse del efluente bruto, se trituran y continúan en el circuito del agua hacia las siguientes fases del tratamiento. Se suprime la evacuación y la descarga de los residuos de la reja.



- Peligro de obstrucciones de tuberías y bombas provocadas por la acumulación en masas de las fibras textiles o vegetales unidas a las grasas, y la formación de una costra de fango en los digestores anaerobios.



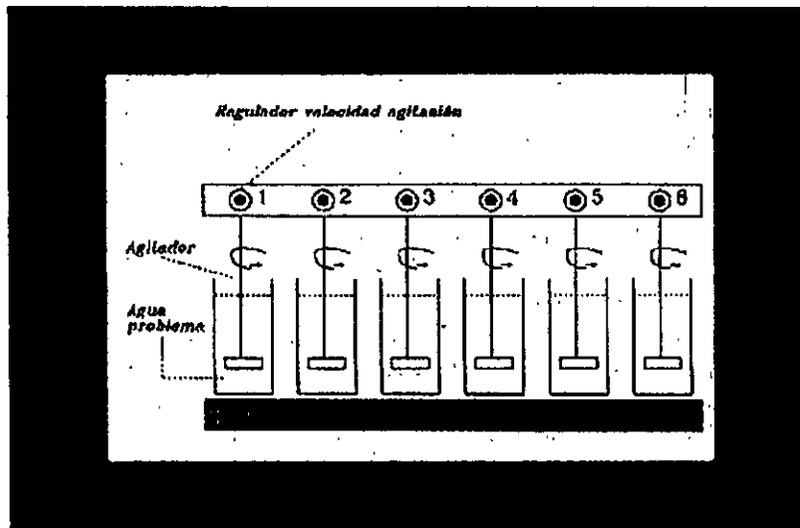
- Dilaceradores sin elevación del agua. Tambor giratorio, de eje vertical, con ranuras horizontales, y se montan sobre un canal o directamente sobre una tubería



Mezclado.

- Mezclado de reactivos químicos y gases con el agua para mantener sólidos en suspensión.
- Tiene lugar en flujo turbulento.
- Se utilizan gases (aire) o químicos en poca cantidad.

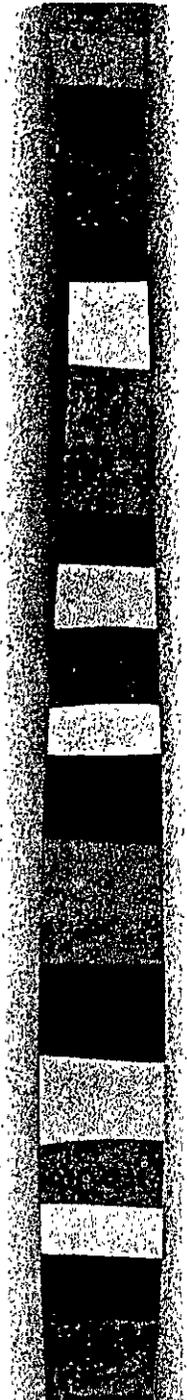
Coagulación.

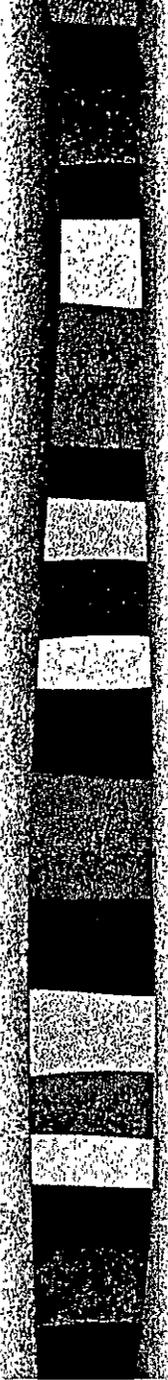


- Provoca la agregación de pequeñas partículas para formar agregados de mayor tamaño y mejorar su eliminación por gravedad.

Sedimentación

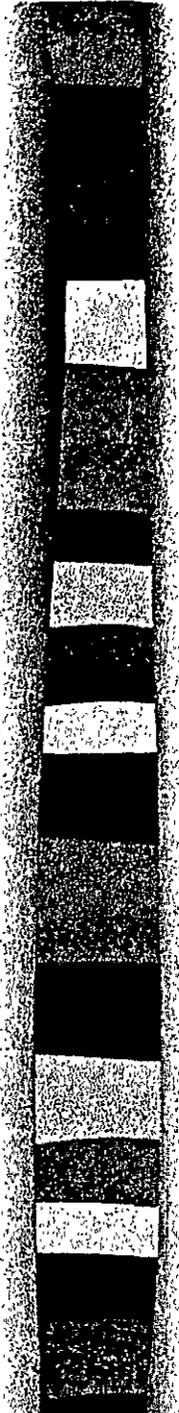
- Es la separación de partículas suspendidas más pesadas que el agua por acción de la gravedad.





Flotaci3n

- Eliminaci3n de s3lidos en suspensi3n y elementos con densidad similar a la del agua. Se utiliza para separar part3culas l3quidas o s3lidas del l3quido.



Filtración

- Eliminación de sólidos finos en suspensión posterior al tratamiento biológico o químico.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Contaminantes básicos	Características.
Cobre	Químico inorgánico
Cromo	Químico inorgánico
Mercurio	Químico inorgánico
Níquel	Químico inorgánico
Plomo	Químico inorgánico
Zinc	Químico inorgánico
Cianuros	Químico inorgánico

- ** Sólidos suspendidos totales (SST). Sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal, que son retenidas en el elemento filtrante.
- Sólidos totales (ST). Suma de los sólidos suspendidos totales, sales disueltas y materia orgánica.
- Sólidos totales volátiles(SVT). Cantidad de materia orgánica (incluidos aquellos inorgánicos) capaz de volatilizarse por el efecto de la calcinación a $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 15 min a 20 min.

Los contaminantes de interés en el tratamiento del agua residual se incluyen en la Tabla siguiente. Las normas que regulan los tratamientos secundarios están basadas en las tasas de eliminación de la materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos presentes en el agua residual. Gran parte de la normatividad, incluye el control de la eliminación de nutrientes y de los contaminantes prioritarios. Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las exigencias incluyen también la eliminación de compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y algunas veces sólidos inorgánicos disueltos.

Tabla. Contaminantes de Importancia en el Tratamiento del Agua Residual.

CONTAMINANTES	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
Sólidos en suspensión	Pueden conducir al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
M. O. Biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales. La materia orgánica mide, la mayoría de las veces, en términos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Los presentes en el agua residual pueden transmitir enfermedades infecto

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

CONTAMINANTES	RAZÓN DE LA IMPORTANCIA
	contagiosas.
Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el Fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten en el entorno acuático, estos nutrientes pueden llevar el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten en el terreno en cantidades excesivas, también pueden conducir a la contaminación del agua subterránea.
M.O. Refractaria	Tiende a revestir los métodos convencionales de tratamiento. Ej: agentes termoactivos, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales Pesados	Son añadidos frecuentemente al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede que deban ser eliminados si se va a reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como resultado del uso del agua y puede que deban eliminarse si se va a reutilizar el agua residual.

PARÁMETROS DE CONTROL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. El componente orgánico de las muestras de aguas residuales es estimado generalmente en términos de las demandas de oxígeno utilizando la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Total de Oxígeno (DTO) o en términos del Carbono Orgánico Total (COT). En la caracterización de las aguas residuales, de acuerdo con la industria es necesario el análisis de otros compuestos orgánicos como son ácidos orgánicos, alcoholes, aldehídos, fenoles y aceites específicamente en la industria petroquímica.

La caracterización inorgánica debe incluir pruebas que suministren información sobre la toxicidad potencial del desecho (tales como metales pesados y amoníaco), los contaminantes que requieran un tratamiento específico (como acidez o alcalinidad, pH y sólidos en suspensión), la evaluación de nutrientes (nitrógeno o fósforo) y sustancias interferentes o inhibitoras (como cloruros o sulfatos). Se debe reconocer que este formato analítico no es aplicable a todas las situaciones. Sin embargo, se intentará considerar los principales parámetros orgánicos en un sentido interpretativo, enfatizando la relación entre la caracterización del agua residual y su tratabilidad.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO).

La DBO, la cual es un estimativo de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar los materiales orgánicos biodegradables por una población heterogénea de microorganismos, es un parámetro no

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

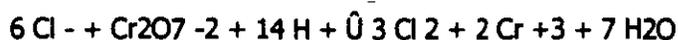
bien definido que ha sido utilizado por muchos años al asignar una demanda de oxígeno a las aguas residuales. La prueba de laboratorio está influenciada por muchas variables y limitaciones como son:

- (a) Acimatación de la semilla.
- (b) La temperatura y el pH.
- (c) La presencia de compuestos tóxicos.
- (d) El tiempo de incubación.
- (e) Nitrificación.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO). La DQO mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas e inorgánicas en una muestra acuosa que es susceptible a la oxidación por dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico. Este parámetro ha sido usado por más de un cuarto de siglo para estimar el contenido de orgánicos en aguas y aguas residuales. Sin embargo, la correcta interpretación de los valores de DQO puede presentar problemas por lo cual se debe entonces, entender las variables que afectan los resultados de este parámetro.

Generalmente, se podría esperar que la DBO última del agua residual se aproximara a la DQO. Sin embargo, existen muchos factores que afectan estos resultados especialmente en desechos industriales complejos. Estos factores son los siguientes:

- 1) Muchos compuestos orgánicos que son oxidables por el dicromato no son bioquímicamente oxidables.
- 2) Ciertas sustancias inorgánicas, tales como sulfuros, sulfatos, tiosulfatos, nitritos y el ión ferroso son oxidados por el dicromato, creando una DQO inorgánica, lo cual entorpece los datos cuando la DQO se mide como el contenido de materia orgánica en un agua residual.
- 3) Los resultados de la DBO pueden ser afectados por pérdida de semilla por aclimatación dando resultados erróneos. Los resultados de DQO son independientes de esta variable.
- 4) Los cloruros interfieren en el análisis de la DQO. Se puede obtener lecturas más altas resultantes de la oxidación de cloruros por dicromato:



Esta interferencia puede ser eliminada por la adición de HgSO_4 a la mezcla porque el Hg^{+2} se combina con el Cl^- para formar esencialmente HgCl_2 no ionizado: $\text{Hg}^{+2} + 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{HgCl}_2$ Como la presencia de Ag^{+2} como catalizador es esencial para la oxidación de alcoholes y ácidos de cadena

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

larga, si cantidades de Cl^- continúan en el medio pueden reaccionar con los iones cloruro formando un precipitado de AgCl : $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ que aporta lecturas erróneas de DQO.

OXIDO – REDUCCIÓN.

En las reacciones ácido base, ciertos compuestos son protones dadores (H^+) mientras que otros son protones captadores, por ejemplo $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$ –Es decir, el amoníaco libre acepta un protón y se transforma a ión amonio. De forma análoga, las reacciones de oxidación implican donadores de electrones (e^-) reductores y aceptores de electrones (oxidantes). Al no haber electrones libres en las soluciones acuosas, una reacción de oxidación siempre va acompañada de una reacción de reducción. Cuando la oxidación y la reducción tienen lugar en una sola ecuación, da lugar a la ecuación redox. Las ecuaciones individuales a veces se denominan semi-reacciones.

Reducción $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

Oxidación $4\text{Fe}^{+2} \rightarrow 4\text{Fe}^{+3} + 4\text{e}^-$ –Reacción redox $\text{O}_2 + 4\text{Fe}^{+2} + 4\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Fe}^{+3} + 2\text{H}_2\text{O}$, Los fenómenos de oxidación reducción son significativos en ingeniería ambiental en los campos del agua y del agua residual. La reducción del oxígeno mediante la materia orgánica en el agua se representa por:

$\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Tal agotamiento de oxígeno (reducción) no es deseable, en particular en las aguas dulces que sostienen la vida de los peces. En el ciclo del nitrógeno, el NH_4^+ se oxida a NO_3^- en agua y esta representado por

$\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$

Un número de oxidación es la carga que un átomo de un elemento tiene o puede tener en un compuesto. Los fundamentos de los números o estados de oxidación son:

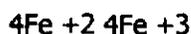
Un "número de oxidación" es la carga que un átomo de un elemento tiene o puede tener en un compuesto. Los fundamentos de los números o estados de oxidación son:

1. En los elementos libres, cada átomo tiene un número de oxidación cero.
2. En los iones simples, el número de oxidación es igual a la carga del ión.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

3. Los halógenos tienen un número de oxidación de - 1.
4. En la mayoría de los compuestos, el oxígeno tiene un número de oxidación de - 2.
5. En la mayoría de los compuestos, el hidrógeno tiene un número de oxidación de + 1. En los hidruros es - 1.
6. En las moléculas neutras, el número de oxidación de todos los átomos resulta cero. En los iones complejos, el número de oxidación resulta la carga del ión.

La "oxidación" se define como la "pérdida" de electrones en una sustancia. La oxidación tiene lugar si el estado de oxidación de la sustancia en el lado izquierdo de la ecuación de la reacción "aumenta" en el lado derecho, es decir,



Los típicos agentes oxidantes incluyen: Los elementos no-metálicos, que aceptan electrones para formar aniones, por ejemplo Br_2 , Cl_2 , I_2 , O_2 . Los cationes metálicos, que aceptan electrones para formar moléculas neutras como las utilizadas en la electro-industria, por ejemplo, Cu^{2+} , Al^{3+} , Ag^+ , Au^+ . Los iones con un elemento de número de oxidación alta, por ejemplo, MnO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. La "reducción" se define como la "ganancia" de electrones de una sustancia. La reducción tiene lugar si el estado de oxidación de la sustancia en el lado izquierdo de la ecuación de la reacción "disminuye" en el lado derecho, es decir, $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ Aplicación de las reacciones de oxidación – reducción Algunas de las aplicaciones de las reacciones redox más comunes en ingeniería ambiental son:

- La solubilización y la precipitación del hierro y del manganeso, particularmente en el tratamiento de aguas subterráneas para ser utilizadas por los municipios y las industrias farmacéuticas y de bebidas.
- La utilización del cloro y del ozono como oxidantes en el tratamiento de agua residual para la desinfección bacteriana.
- En el tratamiento del agua residual, la eliminación del nitrógeno mediante la nitrificación bien biológica o químicamente.
- En los digestores anaerobios de agua residual/lodos que producen metano/. En las plantas de tratamiento de agua residual municipal e industrial, la oxidación de sustancias orgánicas, caracterizadas por las reducciones de la DBO o la DQO. La corrosión de los metales.

Cada reacción está caracterizada por un potencial redox que se calcula a partir de la ecuación de Nerst:

$$E_h = E_o + (RT / nF) \ln (\text{especies oxidadas/especies reducidas})$$

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Eh = potencial redox en el equilibrio, voltios

Eo = potencial de reducción estándar a pH = 0, 25 °C y 1 atmósfera = 1.23 V y $E_o = E_h$ cuando $[Ox] = [Red]$

R = constante del gas, 8.314 J/mol K o

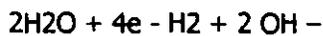
T = temperatura absoluta, K o

n = número de electrones transferidos

F = constante de Faraday, 96.487 c/mol

Para una sustancia que se ha oxidado/reducido, Eh es una medida del potencial. El rango de Eh en el medio natural es de 0.6 V (completamente oxidado) a -0.8 (intensamente reducido). Las aguas de superficie tiene un rango de Eh desde 0.2 a +0.5 V.

Se considera la redox del agua: Oxidación: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ -Reducción:



De acuerdo con la ecuación de la reducción del agua, los iones de hidrógeno se liberan cuando el agua se oxida, cambiando por ello la concentración del ión hidrógeno $[H^+]$ del agua, es decir, el pH cambia. El rango característico del pH en las aguas naturales es de 4 a 9. Esto se determina mediante los componentes del sistema carbonato: CO_2 , HCO_3^- y CO_3^{2-} . Son raros los valores de pH menores a 4 aunque se pueden presentar debido a la oxidación de los minerales de azufre. De igual forma es raro encontrar un pH mayor a 9 y los medios alcalinos son posiblemente debido al carbonato sódico

SÓLIDOS.

El contenido de sólidos del agua es uno de los parámetros más significativos. La cantidad, el tamaño y el tipo dependen del agua específica. Por ejemplo, un agua residual fecal no tratada puede tener materia de partícula orgánica, incluyendo trozos de comida en el rango de milímetros, mientras que un agua tratada puede tener partículas en el rango de 10^{-6} mm. Los sólidos se clasifican como: sólidos totales, sólidos en suspensión, sólidos totales disueltos, sólidos totales volátiles y sólidos volátiles en suspensión.

El contenido de sólidos de un agua afecta directamente la cantidad de lodos que se produce en el sistema de tratamiento o disposición. Se considera como sólidos totales de un agua el residuo de la evaporación y secado a 103 – 105 °C. Los sólidos sedimentables son una medida del volumen de

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

sólidos asentados al fondo de un cono imhoff, en un período de una hora, y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación simple; se expresan comúnmente en ml/l.

Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación. Los sólidos suspendidos o no disueltos constituyen la diferencia entre los sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de la muestra filtrada. En la práctica los sólidos disueltos son aquellos con tamaño menor a 1.2 mm, tamaño nominal de poros correspondiente a los filtros de fibra de vidrio usados para hacer la separación.

Los sólidos volátiles son, básicamente, la fracción orgánica de los sólidos o porción de los sólidos que se volatilizan a temperaturas de 550 ± 50 °C. Su determinación es muy importante en lodos activados, lodos crudos y lodos digeridos. El residuo de la calcinación se conoce como sólidos fijos y constituye la porción inorgánica o mineral de los sólidos.

En el tratamiento biológico de las aguas residuales se recomienda un límite de sólidos disueltos de 16000 mg/l.

GRASAS Y ACEITES.

El contenido de grasas y aceites en los residuos domésticos, en algunos residuos industriales y en los lodos se debe considerar para su manipulación y tratamiento hasta la disposición final. Al aceite y la grasa se les concede especial atención por su escasa solubilidad en el agua y su tendencia a separarse de la fase acuosa. A pesar de que estas características son una ventaja para facilitar la separación del aceite y la grasa mediante el uso de sistemas de flotación, su presencia complica el transporte de los residuos por las tuberías, su eliminación en unidades de tratamiento biológico y su disposición en las aguas receptoras.

Los residuos de la industria del empaque de carnes, especialmente mataderos, disminuyen severamente la capacidad de transporte de las alcantarillas; estas situaciones han servido como base para establecer normas y reglamentos que controlan la descarga de los materiales grasos a los sistemas de alcantarillado o a las aguas receptoras, y han obligado a las instalaciones de equipo de tratamiento en muchas industrias para recuperar la grasa o el aceite antes de que se autorice el desagüe.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Las grasas y aceites han generado muchos problemas en el tratamiento de residuos. Muy pocas plantas tienen la posibilidad de separar estos materiales para su disposición en los sistemas de recolección de grasa o en los incineradores; en consecuencia, el residuo que se separa en forma de nata en los tanques de sedimentación primaria, normalmente es transferido a las unidades de disposición junto con los sólidos sedimentados. En los tanques de digestión de lodos, los aceites y grasas tienden a separarse y a flotar en la superficie para formar densas capas de natas, debido a su escasa solubilidad en el agua y a su bajo peso específico. Los problemas de estas capas son especialmente graves cuando los residuos de alto contenido en grasa llegan al alcantarillado público, por ejemplo, los del empaque de carnes y los de las industrias de grasas y aceites. La filtración al vacío del lodo también se complica por su alto contenido graso.

No todos los aceites y las grasas de las aguas servidas son removidos en unidades de sedimentación primaria, en las aguas residuales clarificadas quedan cantidades considerables, en forma de emulsión finamente dividida. Durante el ataque biológico subsiguiente que ocurre en las unidades de tratamiento secundario o en las corrientes receptoras, los agentes emulsificantes usualmente se destruyen y las partículas finamente divididas de grasas y aceite se unen libremente en partículas más grandes que se separan del agua. En las plantas de lodos activados, la grasa por lo general se acumula en "globos de grasa" que dan un aspecto antiestético a la superficie de los tanques de sedimentación final. Los filtros percoladores y los procesos de lodos activados son afectados adversamente por las excesivas cantidades de grasa que envuelven las formas biológicas lo suficiente para interferir con la transferencia de oxígeno del líquido al interior de las células vivientes. Este fenómeno se describe algunas veces como acción "asfixiante".

La separación de la grasa flotante en los tanques de sedimentación final ha sido un problema en algunas plantas de tratamiento que ejecutan los procesos a alta velocidad.

Esto se ha atribuido al escaso tiempo de contacto del residuo con las limitadas cantidades.

de cúmulos biológicos que destruyen los agentes emulsificantes presentes, pero que no tienen suficiente capacidad de adsorción para retener la grasa que se libera, ni tiempo para oxidarla. Como resultado, en condiciones de quietud, la grasa se libera libremente, como ocurre en los tanques de sedimentación final o en las aguas receptoras.

NITRÓGENO

Los organismos emplean el nitrógeno en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales del metabolismo. Su reserva fundamental en la atmósfera, en

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

donde se encuentra en forma de N_2 , pero esta molécula no puede ser utilizada directamente por la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias).

Esas bacterias y algas cianofíceas que pueden usar el N_2 del aire juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento al hacer la fijación del nitrógeno. De esta forma convierten el N_2 en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por las plantas.

El amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-) lo pueden tomar las plantas por las raíces y usarlo en su metabolismo. Usan esos átomos de N para la síntesis de las proteínas y ácidos nucleicos. Los animales obtienen su nitrógeno al comer a las plantas o a otros animales.

En el metabolismo de los compuestos nitrogenados en los animales acaba formándose ión amonio que es muy tóxico y debe ser eliminado. Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), o en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas). Estos compuestos van a la tierra o al agua de donde pueden tomarlos de nuevo las plantas o ser usados por algunas bacterias.

Algunas bacterias convierten amoniaco en nitrito y otras transforman este en nitrato. Una de estas bacterias (*Rhizobium*) se aloja en nódulos de las raíces de las leguminosas (alfalfa, alubia, etc.) y por eso esta clase de plantas son tan interesantes para hacer un abonado natural de los suelos.

Donde existe un exceso de materia orgánica en el mantillo, en condiciones anaerobias, hay otras bacterias que producen desnitrificación, convirtiendo los compuestos de N en N_2 , lo que hace que se pierda de nuevo nitrógeno del ecosistema a la atmósfera.

A pesar de este ciclo, el N suele ser uno de los elementos que escasean y que es factor limitante de la productividad de muchos ecosistemas. Tradicionalmente se han abonado los suelos con nitratos para mejorar los rendimientos agrícolas. Desde que se consiguió la síntesis artificial de amoniaco por el proceso Haber fue posible fabricar abonos nitrogenados que se emplean actualmente en grandes cantidades en la agricultura. Como veremos su mal uso produce, a veces, problemas de contaminación en las aguas: la eutroficación.

FÓSFORO.

El fósforo es un componente esencial de los organismos. Forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN); del ATP y de otras moléculas que tienen PO_4^{3-} y que almacenan la energía química; de los fosfolípidos que forman las membranas celulares; y de los huesos y dientes de los animales.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Está en pequeñas cantidades en las plantas, en proporciones de un 0,2%, aproximadamente. En los animales hasta el 1% de su masa puede ser fósforo.

Su reserva fundamental en la naturaleza es la corteza terrestre. Por meteorización de las rocas o sacado por las cenizas volcánicas, queda disponible para que lo puedan tomar las plantas. Con facilidad es arrastrado por las aguas y llega al mar. Parte del que es arrastrado sedimenta al fondo del mar y forma rocas que tardarán millones de años en volver a emerger y liberar de nuevo las sales de fósforo. Otra parte es absorbida por el plancton que, a su vez, es comido por organismos filtradores de plancton, como algunas especies de peces. Cuando estos peces son comidos por aves que tienen sus nidos en tierra, devuelven parte del fósforo en las heces a tierra.

Es el principal factor limitante en los ecosistemas acuáticos y en los lugares en los que las corrientes marinas suben del fondo, arrastrando fósforo del que se ha ido sedimentando, el plancton prolifera en la superficie. Al haber tanto alimento se multiplican los bancos de peces, formándose las grandes pesquerías del Gran Sol, costas occidentales de África y América del Sur y otras.

Con los compuestos de fósforo que se recogen directamente de los grandes depósitos acumulados en algunos lugares de la tierra se abonan los terrenos de cultivo, a veces en cantidades desmesuradas, originándose problemas de eutrofización.

PH.

Una medida convencional de la acidez o basicidad de soluciones acuosas es el llamado pH. Por definición el pH de una solución es igual al logaritmo negativo de la concentración de los iones hidronio (H_3O^+) en la solución.

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

En el agua la concentración de los iones hidronio es de 1.0×10^{-7} a 25 °C. El pH del agua pura será:

$$pH = -\log 1.0 \times 10^{-7} = 7.0$$

Cuando en el agua se disuelven sustancias ácidas se originan soluciones ácidas cuyas características es que su concentración de iones hidronio es mayor que 1.0×10^{-7} y su pH es

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

menor que 7.0. las sustancias ácidas siempre proporcionan protones H^+ al agua generando iones hidronio y aumentando así su concentración por encima de $1.0 \times 10^{-7} M$.

El pH de la mayoría de las aguas naturales esta entre 6 - 9 unidades. El pH permanece razonablemente constante a menos que la calidad de agua cambie debido a las influencias de tipo natural o antropogénicas, aumentando la acidez o la basicidad.

Como la mayor parte las formas de vida ecológicas son sensibles a los cambios de pH es importante que el impacto antropogénico (por ejemplo, las descargas de efluentes) se han minimizado un afluente con un pH demasiado alejado del rango aceptable 6 - 8 puede matar la colonia activa microbiología. Por lo cual es importante mantener el control de pH de los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales dentro de un rango específico.

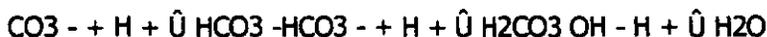
En el tratamiento de aguas para potabilización, se ve que la adición de alumbre comocoagulante reduce el pH, el cual debe ser corregido por la adición de cal ($CaCO_3$). Como tal el pH es un parámetro clave en aspectos numerosos de la ingeniería ambiental.

ALCALINIDAD.

Alcalinidad es una medida de la capacidad que tiene el agua para absorber iones hidrógeno sin tener un cambio significativo en su pH (capacidad para neutralizar ácidos).

Las sustancias que le imparten alcalinidad al agua son fundamentalmente, los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Algunos otros materiales también le imparten alcalinidad a el agua, como son los silicatos, boratos y fosfatos, pero su contenido en las aguas naturales es generalmente insignificante y su efecto puede ignorarse.

Esta propiedad amortiguadora que permite que las aguas reciban sustancias ácidas sin sufrir cambios fuertes en su pH, debido a la presencia de los CO_3^- , HCO_3^- , e OH^- se explica al observar las reacciones que se llevan a cabo.



Es decir, los CO_3^- , HCO_3^- , OH^- , reaccionan o absorben los iones H^+ para constituir otras moléculas que no le dan acidez a el agua, puesto que el hidrógeno no se encuentra en su forma iónica.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

La alcalinidad es de importancia en muchos usos y tratamientos de agua natural y aguas residuales. Para determinar si el agua es adecuada para irrigación debe considerarse su alcalinidad en relación con la del suelo. Este concepto también tiene aplicación en los tratamientos químicos del agua de coagulación y ablandamiento, en general la capacidad amortiguadora del agua es de gran interés en la práctica del tratamiento de aguas residuales.

La alcalinidad excesiva no produce efectos nocivos en la salud de los consumidores, pero sí le imparte un sabor desagradable al agua, que puede causar que sea rechazada. La Secretaría de Salubridad y Asistencia fija como máximo admisible una alcalinidad total de 400 mg/l CaCO₃.

AGENTES TÓXICOS.

Pesticidas.

Algunas de las técnicas actuales, por ejemplo el monocultivo, favorecen la propagación de las plagas. En los monocultivos crece un solo tipo de planta en grandes extensiones de terreno y los organismos que se alimentan de esa planta se encuentran con una situación excelente para alimentarse de ella y aumentar la población. Además el campo del monocultivo es un ecosistema muy simple, con muy poca variedad de organismos, y no contiene, como le sucede al ecosistema natural, muchas más especies, algunas de las cuales mantienen controladas las plagas de forma natural.

Los pesticidas ayudan a combatir los daños causados por las plagas y son muy beneficiosos. Sin ellos no se podría haber dado el gran aumento de producción de alimentos de la llamada "revolución verde" que ha permitido alimentar, cada vez mejor, a una población mundial que ha ido creciendo continuamente. El uso de pesticidas se multiplicó por 32 de 1950 a 1986. Los países en vías de desarrollo también los han ido empleando cada vez más y, en la actualidad, consumen la cuarta parte de este tipo de productos.

Otra importante utilidad de los pesticidas ha sido la lucha contra epidemias, como el tifus o la malaria, transmitidas por insectos u otros parásitos humanos. Son enfermedades que afectan a una elevada proporción de la población; por ejemplo, se calcula que unos 100 millones de personas sufren de malaria en el mundo y que, gracias a los pesticidas, han disminuido de forma muy importante.

Peligros de los pesticidas.,

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Los pesticidas tienen también sus riesgos, además de las importantes ventajas que hemos comentado. Si acaban con las plagas es porque son sustancias tóxicas, y su uso excesivo e inapropiado puede causar contaminación, tanto del ambiente como de los mismos alimentos y, en algunos casos, daños en la salud de los agricultores o de otras personas.

El pesticida ideal debería tener lo que se llama "acción restringida", es decir ser un producto que mata al organismo que forma la plaga sin dañar a las otras especies. También debería ser de rápida descomposición, química o biológica, de forma que, cuanto antes, originara compuestos no peligrosos del tipo de agua, dióxido de carbono y oxígeno.

Para terminar, el perfecto pesticida tendría que permanecer en el sitio en el que se aplica, sin desplazarse a otros lugares.

Tipos de pesticidas.

- Insecticidas

Los insectos son los que más plagas ocasionan. Escarabajos, orugas, moscas y mosquitos, y muchos otros tipos de insectos causan grandes daños en las cosechas y transmiten enfermedades. Más de la mitad de los pesticidas son del grupo de los insecticidas.

- Los organoclorados (DDT, aldrin, endrin, lindano, etc.).

Son tóxicos, su persistencia en el ambiente sin ser destruidos llega a ser de años y se bioacumulan, es decir, van aumentando su concentración al ir ascendiendo en la cadena trófica.

- Los organofosforados (malation, paration, etc.) son poco persistentes (días) y se eliminan en la orina. Muy tóxicos para el hombre, tanto como los más conocidos venenos como son el arsénico, la estricnina o el cianuro. Fueron desarrollados a partir del gas nervioso preparado por los alemanes en la 2ª Guerra Mundial. Se usan mucho en agricultura.

- Los carbamatos (por ejemplo el carbaril, de nombre comercial Servin; o el proprosur, llamado Baygon, etc.) son poco persistentes (días) y se eliminan en la orina. Son poco tóxicos para el hombre pero menos eficaces en su acción como pesticidas que los organofosforados. Se usan menos en agricultura y más en interiores, como insecticidas caseros, etc.

- El caso del DDT.

El caso del DDT resulta especialmente interesante de analizar por ser muy representativo de los pros y contras de los insecticidas, especialmente de los más antiguos. Algún autor ha llegado a titular su capítulo sobre este producto con el expresivo encabezamiento de "Una historia de beneficios olvidados y de ingratitud social"

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Químicamente el DDT es el 2,2-bis-(p-clorofenil)-1,1,1-tricloroetano y fue el primero de los insecticidas de la 2ª generación. Había sido sintetizado en 1874 pero su uso como insecticida comenzó en 1939 cuando el químico suizo Müller descubrió sus propiedades como veneno para los insectos y su baja toxicidad para los humanos. Este científico recibió el Premio Nobel en 1948 en reconocimiento al impresionante avance que este producto había representado en la lucha contra las enfermedades y las plagas.

Se calcula que en los primeros años de uso del DDT se evitó la muerte de 5 millones de personas cada año, además de la protección de cosechas y del aniquilamiento de insectos domésticos. Así, por ejemplo, en la India, en 1952 hubo 75 millones de casos de malaria y en 1964, después de usar masivamente el DDT, 100.000 casos.

Pero conforme se fueron descubriendo algunos importantes problemas asociados a su uso, empezó a ser cada vez menos usado. La máxima producción de este insecticida se produjo en 1970 y a partir de entonces se fue prohibiendo su uso, cada vez en más países, y descendiendo su producción. El motivo de este declinar del favor social del DDT fueron los graves problemas que se detectaron. En primer lugar es un producto de lenta conversión a sustancias no tóxicas en la naturaleza, su persistencia media es de unos 3 años. Además es muy poco soluble en agua, lo que hace que no se elimine en la orina, y es muy soluble en grasas, por lo que se acumula en tejidos de los organismos. Por estos motivos se va acumulando a lo largo de la cadena trófica. Así, por ejemplo, el DDT que se extendía sobre un cultivo se encontraba en una concentración bajísima en las plantas; pero en los insectos que se alimentaban de estas plantas estaba ya en concentraciones diez veces mayores. Si el insecto resiste al DDT será comido por ranas, por ejemplo, en las que el DDT alcanzará concentraciones 100 veces mayores que las de las plantas; y las rapaces que comen a las ranas llegan a tener concentraciones 1000 veces mayores.

Uno de los principales efectos de estas concentraciones de DDT fueron sobre la reproducción de las aves, porque sus huevos tenían unas cáscaras extraordinariamente finas y frágiles y muchos se rompían durante la incubación. De esta forma las poblaciones de algunas especies de aves disminuyeron de forma alarmante.

Otro importante problema fue que muchos organismos desarrollaron resistencia y para luchar contra ellos había que emplear cantidades cada vez mayores del producto y con menor eficacia. De ser un benefactor de la humanidad pasó a ser enemigo público entre los años 1970 a 80 y con ello

llegó su prohibición. Aunque, afortunadamente, su desuso coincidió con el desarrollo de nuevos insecticidas con características mucho menos peligrosas.

Problemas en el uso de pesticidas.

Es muy normal que cuando comienza a usarse un nuevo pesticida los resultados que se obtienen sean muy buenos y se consiga controlar las plagas con poca cantidad del producto. Pero al cabo de un cierto tiempo suelen empezar a surgir problemas que disminuyen la utilidad de ese producto y hacen necesario buscar nuevos plaguicidas. Este y otros problemas del uso de los pesticidas se analizan a continuación:

1.- Resistencia genética

La llamada resistencia genética se produce porque entre los muchos individuos que componen la población de una plaga algunos poseen genes que hacen que el pesticida no sea tóxico para ellos y estos individuos aguantan la acción del pesticida sin morir. Son precisamente estos que no han muerto los que tienen descendencia y forman las nuevas poblaciones de la plaga que heredan el gen de resistencia y la acción del pesticida contra ellas será mucho menor.

Como en los insectos y, en general en los organismos de las plagas, las generaciones se suceden unas a otras con rapidez y el tamaño de las poblaciones es muy grande, la resistencia genética se extiende en unos pocos años.. El número de especies de plaga con resistencia a los pesticidas ha aumentado de unas pocas (se contaban con los dedos de la mano) hace 50 años, a más de 700 en la actualidad.

“Incremento en el número de especies de insectos con resistencia genética a los pesticidas”.

2.- Alteraciones en el ecosistema.

Otro de los principales problemas asociados al uso de pesticidas es el que estos matan no solo a la plaga, sino también a otros insectos beneficiosos como abejas, mariquitas y otros organismos. De esta forma pueden hacer desaparecer a los enemigos naturales de la plaga o provocar que estos se trasladen a otros lugares porque ya no encuentran alimento en ese campo y, después de un breve periodo, la población de la plaga rebrota y además en mayor cantidad que antes al no tener enemigos naturales.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Así, por ejemplo, en una investigación en la que se usó el insecticida dieldrin para matar a los escarabajos japoneses, los científicos encontraron que este insecticida provocaba además la muerte de un gran número de organismos como pájaros, conejos, ardillas, gatos e insectos beneficiosos. Desde entonces el uso de dieldrin ha sido suprimido en algunos países.

3.- Provocar la aparición de nuevas plagas

Las alteraciones en el ecosistema citadas han provocado, en algunas ocasiones, que organismos que hasta ese momento no eran plagas, al desaparecer otras especies que mantenían controlado su número, se hayan convertido en nuevas plagas.

Así, por ejemplo, cuando se usó DDT para controlar unos insectos que destruían los limoneros, como consecuencia indirecta se originó una plaga nueva con un insecto chupador que ataca a las plantas y que no era problemático antes del tratamiento con DDT.

Algunos pesticidas tienen estructuras químicas muy estables y tardan años en descomponerse a formas menos tóxicas. En las zonas en las que se echan estas sustancias las concentraciones del insecticida son cada vez mayores y aunque haya pasado tiempo desde la última aplicación el pesticida seguirá presente impregnándolo todo.

En muchos casos estos productos son, además, difíciles de eliminar por los organismos porque son poco solubles en agua y tienden a acumularse en los tejidos grasos. Cuando unos organismos van siendo comidos por otros el pesticida se va acumulando en mayores proporciones en los tramos finales de la cadena trófica. De esta forma un pesticida que se encuentra en concentraciones muy bajas, nada peligrosas, en un bosque o un lago, termina estando en concentraciones decenas o cientos de veces más altas en los tejidos grasos de los animales, como aves rapaces o peces o mamíferos depredadores que están situados en lo más alto de la cadena trófica.

Movilidad en el ambiente.

Otra fuente de problemas en el uso de pesticidas es que no permanecen en el lugar en el que se han depositado sino que se esparcen a través del agua, del suelo y del aire, a veces a grandes distancias.

Riesgos para la salud humana.

El contacto con pesticidas puede dañar a las personas en algunas circunstancias. Si el contacto es con altas dosis de pesticidas puede producirse la muerte; pero dosis bajas con largos períodos de contacto también pueden provocar enfermedades como algunos tipos de cáncer u otras.

El número de personas que mueren por pesticidas es bajo pero decenas de miles de personas se envenenan con ellos todos los años padeciendo síntomas más o menos graves. La mayoría son agricultores u otras personas que trabajan en contacto con los pesticidas.

Sobre todo personas poco entrenadas para su uso, en los países en vías de desarrollo, son las que sufren estos percances.

Como en el mundo actual todos estamos expuestos diariamente al contacto y a la ingestión de pequeñísimas cantidades de plaguicidas y otros productos artificiales, algunos autores sugieren que las consecuencias para la humanidad, a largo plazo, pueden ser serias.

Hablan de disminución de la fertilidad, aumento en el número de cánceres, malformaciones congénitas, etc. Aunque no hay evidencia de que esto sea así, tampoco hay completa seguridad de que el efecto a largo plazo de todo este conjunto de sustancias que estamos poniendo en el ambiente sea totalmente inocuo. 2.13 METALES PESADOS 2.13.1 Metales tóxicos.

Metales tan conocidos y utilizados como el plomo, mercurio, cadmio, níquel, vanadio, cromo, cobre, aluminio, arsénico o plata, etc., son sustancias tóxicas si están en concentraciones altas. Especialmente tóxicos son sus iones y compuestos.

Muchos de estos elementos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas o formar parte de la dieta de los animales. Pero cuando por motivos naturales o por la acción del hombre se acumulan en los suelos, las aguas o los seres vivos en concentraciones altas se convierten en tóxicos peligrosos.

La industrialización ha extendido este tipo de contaminación ambiental. Por ejemplo en los países más desarrollados la contaminación con el plomo procedente de los tubos de escape de los vehículos ha sido un importante problema, aunque desde hace unos años se está corrigiendo con el uso de gasolinas sin plomo. También la contaminación en los alrededores de las grandes industrias metalúrgicas y siderúrgicas puede alcanzar niveles muy altos y desechos tan frecuentes como algunos tipos de pilas pueden dejar en el ambiente cantidades dañinas de metales tóxicos, si no se recogen y tratan adecuadamente.

Procedencia de la contaminación con metales tóxicos.

Contaminación natural.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Algunos elementos químicos, como el cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, mercurio, níquel, plata y uranio, se encuentran repartidos en pequeñas cantidades por todas partes.

Todos estos elementos son potencialmente tóxicos y pueden dañar a los seres vivos en concentraciones tan pequeñas como de 1 ppm. Además de ser elementos que se encuentran en la composición normal de rocas y minerales, pueden ser especialmente abundantes como resultado de erupciones volcánicas, o por fuentes de aguas termales.

Algunos compuestos de estos metales pueden sufrir acumulación en la cadena trófica, lo que origina que a pesar de encontrarse en dosis muy bajas en el ambiente, pueden llegar a concentrarse en plantas o animales, hasta llegar a provocar daños en la salud.

Otros elementos, especialmente aluminio y hierro son muy abundantes en las rocas y en el suelo, y también pueden ser tóxicos, pero afortunadamente se encuentran en formas químicas no solubles y es muy difícil que los seres vivos los asimilen.

Contaminación artificial.

La agricultura usaba algunos pesticidas inorgánicos como arseniatos de Pb y Ca, sulfato de Cr, etc, que eran muy tóxicos. Se han usado hasta hace no mucho tiempo, especialmente en las plagas forestales. Ahora ya no se usan, pero como son muy persistentes en el ambiente, sigue habiendo lugares con concentraciones altas de estos productos. Algo similar sucedió con el uso de alquilmercuriales para recubrir semillas que desde 1960 están prohibidos.

El uso de los lodos de depuradoras como abonos es, en principio, una buena idea que permite aprovechar los desechos de las plantas porque contienen una elevada cantidad de materia orgánica, magnífico nutriente para las plantas. Pero si el agua que llega a la depuradora no es solo urbana, sino que viene también de instalaciones industriales, es muy frecuente que contenga metales tóxicos que quedan en los lodos e intoxican las plantas y el suelo si se usan como abonos.

Los vertederos de minas y las industrias metalúrgicas son otra fuente de contaminación con metales muy importante en las zonas en las que están situadas. En los vertederos se suele producir lixiviación cuando el agua de lluvia disuelve y arrastra las sustancias tóxicas y las transporta por los ríos o contamina las aguas subterráneas.

Los automóviles contaminan, especialmente en la franja de unas decenas de metros más cercanas a las carreteras y en las ciudades. La contaminación con plomo ha disminuido desde que se ha

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

sustituido el tetraetilo de plomo por otras sustancias antidetonantes en las llamadas gasolinas sin plomo, aunque algo de plomo siguen conteniendo.

COMPUESTOS ORGÁNICOS.

Dioxinas, PAH (hidrocarburos aromáticos policíclicos), PCB (bifenilos policlorados) y otros compuestos orgánicos son moléculas que se caracterizan por ser muy estables químicamente y por tanto de difícil destrucción. Permanecen en el ecosistema años y algunas de ellas van acumulándose en la cadena trófica. Por esto las que son tóxicas son especialmente peligrosas y algunas son muy venenosas.

Dioxinas

Las dioxinas se han hecho muy conocidas en los últimos años porque preocupa su presencia en el ambiente ya que se encuentran en muchos lugares, aunque en bajas concentraciones, y algunas de ellas son extremadamente tóxicas. Junto con las dioxinas se suelen encontrar furanos que son unos compuestos químiclos similares.

Las dioxinas y los furanos no se sintetizan deliberadamente, excepto en pequeñas cantidades para trabajos de investigación. Se producen sin querer, principalmente de dos maneras:

1. en el proceso de fabricación de algunos pesticidas, conservantes, desinfectantes o componentes del papel;
2. cuando se queman a bajas temperaturas materiales como algunos productos químiclos, gasolina con plomo, plástico, papel o madera.

Hay varios cientos de dioxinas y furanos pero en su mayoría sólo son ligeramente o nada tóxicos. Pero una docena de ellos están entre las sustancias más tóxicas que se conocen. Una simple dosis de 6 millonésimas de gramo de la dioxina más letal que es la 2,3,7,8-TCDD, mata a una rata. Todavía no se sabe bien como afectan a los humanos estas sustancias. Se ha podido observar la acción de estos compuestos cuando alguna persona ha quedado expuesta por accidente a ellas, pero en estos casos sólo se puede conocer la dosis que han recibido muy aproximadamente. Por esto es arriesgado pronunciarse sobre los efectos que producen las distintas dosis, especialmente cuando hablamos de contacto con estas sustancias durante periodos de tiempo largos. 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina, también llamada 2,3,7,8-TCDD.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Cuando algunas personas, por accidente, han estado expuestas a altas concentraciones de 2,3,7,8-TCDD han tenido diversos problemas de salud, pero casi todos ellos desaparecen pronto, excepto un fuerte acné (llamado cloro acné) que ha veces les ha durado décadas.

Ningún estudio ha encontrado que las personas expuestas a estas sustancias, incluso aunque hayan recibido dosis muy altas, tengan índices de mortalidad más altos que lo normal.

A bastantes investigadores les preocupan más los efectos que a largo plazo pueden darse en personas expuestas a dosis muy bajas, que no provocan efectos apreciables a corto plazo. El problema con este tipo de sustancias es que no se eliminan con facilidad (tardan cinco años en reducirse a la mitad) ni se degradan y, por tanto, van acumulándose en los tejidos. En experimentos de laboratorio con animales se ha comprobado que dosis no letales pueden producir cáncer, defectos de nacimiento, reducción en la fertilidad y cambios en el sistema inmunitario. La mayoría de los estudios que se han hecho con personas expuestas a estos productos no han encontrado que tengan más probabilidad de tener cáncer que los demás. Un estudio hecho por investigadores suecos encontró proporciones anormalmente altas de un extraño tipo de cáncer entre personas que trabajaban con herbicidas que contenían muy pequeñas cantidades de 2,3,7,8-TCDD. Pero estudios similares en otros países no han confirmado este resultado. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos considera el estudio de los investigadores suecos como una evidencia importante pero no adecuada de que estos productos producen cáncer en humanos. De todas formas recomienda que se tenga a esa sustancia como probablemente cancerígenos ya que producen cáncer en animales en los experimentos de laboratorio.

Las dioxinas y los furanos también reducen el éxito reproductivo en los animales de laboratorio al provocar nacimientos de bajo peso, camadas más pequeñas y abortos prematuros. Los problemas sólo suceden cuando es la madre la expuesta al 2,3,7,8-TCDD, nunca cuando es el macho, lo que demuestra que no se produce alteración del ADN, sino alteraciones en el proceso de formación del embrión.

Se han hecho muchos estudios sobre defectos de nacimiento entre mujeres expuestas al 2,3,7,8-TCDD. Algunos han encontrado un número de nacimientos defectuosos mayor que el normal, pero en la mayoría de las investigaciones no se han encontrado evidencias de defectos de nacimiento o problemas reproductivos por este motivo.

Por lo que sabemos hasta ahora, con estudios minuciosos y detallados, las personas que han recibido dosis anormalmente altas de estas sustancias mantienen una salud normal. Todo indica

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

que el hombre soporta estas sustancias mucho mejor que la mayoría de los animales de laboratorio. También es claro que trazas (concentraciones muy bajas, casi inapreciables) de estas sustancias se han encontrado en tejidos y en la leche materna de personas de muchos países; pero no podemos afirmar nada con seguridad sobre los efectos a largo plazo que esta contaminación puede suponer.

PAH (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son un grupo de más de 100 compuestos químicos que, aunque no se suelen fabricar con fines comerciales o industriales, exceptuando unos pocos para la fabricación de algunos plásticos, medicinas, colorantes y pesticidas; se forman en la combustión incompleta del carbón, petróleo, gas y otras sustancias orgánicas.

Respecto a su peligrosidad para la salud podemos decir de ellos algo muy similar a lo afirmado en el caso de las dioxinas. En experimentos de laboratorio, usados a dosis altas, inducen la formación de cáncer, producen problemas de fertilidad y alteraciones en el desarrollo del embrión, etc.

Pero no se puede afirmar que dañen la salud humana, porque ningún estudio ha demostrado claramente relación entre la exposición a estas sustancias a dosis normales en el ambiente y el desarrollo de enfermedades. De todas formas son sustancias bajo sospecha y se sigue estudiando su posible peligrosidad y buscando formas de evitar su emisión al ambiente.

PCB (Bifenilos Policlorados).

Los PCB son un grupo de 209 compuestos químicos sintetizados por el hombre, entre los cuales hay sustancias de muy distinta toxicidad. Por sus características de buen poder aislante y no ser inflamables, algunos de ellos se han usado mucho como líquidos refrigerantes y lubricantes en transformadores y otros equipos eléctricos. También se han utilizado en la fabricación de pinturas y plásticos, como aceites hidráulicos, etc. En bastantes países se dejaron de fabricar a finales de la década de 1970 cuando se encontraron signos de que son sustancias dañinas para el ambiente y posiblemente para la salud.

Los PCBs son sustancias muy persistentes que tienden a acumularse en los tejidos grasos. Su toxicidad es moderada pero se sospecha que como en el caso de las dioxinas y los PAH, puedan inducir cáncer y dañar al sistema nervioso y al desarrollo embrionario. Toxinas naturales Se llaman toxinas naturales a sustancias venenosas formadas por bacterias, plantas o animales. Algunas de ellas son las sustancias más tóxicas que conocemos. Así, por ejemplo, una toxina producida por

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

hongos, la aflatoxina, es un cancerígeno extraordinariamente potente. Se encuentra en cereales o frutos secos almacenados en malas condiciones de humedad y temperatura.

La ocratoxina debilita el sistema inmunitario y se encuentra, con frecuencia, en cereales y comida para animales. La zearalenona, también frecuente en cereales, maíz o heno, cuando no han sido bien almacenados, es una sustancia muy parecida a algunas hormonas del tipo de los estrógenos, por lo que puede interferir con su funcionamiento en el organismo.

Se han producido intoxicaciones con estas sustancias en países de mucha humedad y altas temperaturas con bajo nivel de desarrollo, en los que se almacenan los alimentos en malas condiciones. En los países desarrollados se pueden encontrar trazas de ellas en la dieta humana, al comer carne de ganado alimentado con piensos contaminados.

En el mar, el fitoplancton también produce poderosas toxinas en algunas ocasiones. El crecimiento explosivo de estos microorganismos venenosos provoca grandes mortandades en los seres vivos de la zona.

Es característico de las toxinas naturales ser menos persistentes en el ambiente y acumularse mucho menos en las cadenas tróficas que los productos químicos tóxicos sintéticos.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, tiene como fase de desarrollo las siguientes Normas Mexicanas:

Denominación anterior.	Denominación actual.	Principio.
Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.	Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 Aguas residuales.- Muestreo.	Acción que consiste en tomar un volumen considerado como representativo de un cuerpo de agua a fin de examinar diversas características definidas. Esta norma establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinar sus características físicas y químicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las normas de métodos de prueba correspondientes.
Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1977.	Norma Mexicana NMX-AA-004-SCFI-2000 Análisis de Agua - determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-004-1977).	Sólidos sedimentables: Materiales que se detectan en el fondo de un recipiente debido a la sedimentación de estos. La materia sedimentable se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas. El método propuesto es volumétrico.
Norma Mexicana NMX-AA-005 Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de	Norma Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2000 Análisis de Agua.- determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de Prueba (Cancela a la	Son los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como de hidrocarburos del petróleo que son extraídos de la muestra utilizando hexano como disolvente. Este método se basa en la

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

1980.	NMX-AA-005-1980).	adsorción de grasas y aceites en tierra de diatomeas, los cuales son extraídos en un Soxhlet empleando hexano como disolvente. Una vez terminada la extracción se evapora el hexano y se pesa el residuo que ha quedado en el recipiente; siendo este valor el contenido de grasas y aceites.
Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de diciembre de 1973.	NMX-AA-006-SCFI-2000 Análisis de agua - Determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-006-1973).	Todo aquel material que quede retenido en una malla entre 2,8 mm y 3,3 mm. de abertura. Este método se basa en la observación de la materia flotante en una muestra de aguas residuales en el sitio de muestreo mediante la separación de ésta en una malla de aproximadamente 3 mm de abertura; este método es una prueba cualitativa.
Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas- Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 1980.	Norma Mexicana NMX-AA-007-SCFI-2000 Análisis de Agua - Determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-007-1980)	Potencial o grado calorífico referido a un cierto cuerpo. El principio se basa en las propiedades de la materia de dilatarse o contraerse con los cambios de temperatura ó a propiedades eléctricas y físicas de los materiales con los que se realizará la medición; estas propiedades son siempre las mismas para una temperatura dada lo que permite graduar los instrumentos de medición. La temperatura se mide con un instrumento debidamente calibrado y debe efectuarse en el lugar de muestreo.
Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas - Determinación de pH - Método potenciométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.	Norma Mexicana. NMX-AA-008-SCFI-2000. Análisis de agua - determinación del pH - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-008-1980).	Diferencia de potencial, de variación aleatoria y lenta en el tiempo, que se mide entre las caras interna y externa del electrodo de vidrio cuando los electrodos de referencia interno y externo así como las disoluciones de relleno interna y externa son iguales. Por la existencia del potencial de asimetría es necesario controlar y eventualmente corregir periódicamente la calibración del dispositivo potenciométrico de determinación del pH con el

			electrodo de vidrio.
			El método se fundamenta en la existencia de una diferencia de potencial entre las dos caras de una membrana de vidrio, expuestas a disoluciones acuosas que difieren en su valor de pH. En primera aproximación, a temperatura constante, la magnitud de esta diferencia de potencial es directamente proporcional a la diferencia de pH entre dichas disoluciones.
Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Norma Mexicana NMX-AA-026-SCFI-2001	Análisis de agua -	Es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal. En el método Kjeldahl los compuestos nitrogenados de la muestra se descomponen con ácido sulfúrico concentrado en caliente, transformándose el nitrógeno de la mayoría de los grupos funcionales orgánicos en amonio. Cuando la descomposición se ha completado la disolución se enfría, se diluye y se alcaliniza con hidróxido de sodio concentrado. El amoniaco liberado se destila y se adsorbe en una disolución de concentración conocida de ácido bórico.	
Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1980.	Determinación de nitrógeno total kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-026-1980)		
Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Norma Mexicana NMX-AA-028-SCFI-2001.	Análisis de agua -	Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. El método se basa en medir la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en aguas naturales y residuales y se determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de cinco días de incubación a 20°C.	
Determinación de demanda bioquímica de oxígeno- Método de Incubación por diluciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.	Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO ₅) y residuales tratadas - Método de prueba (Cancela a la Nmx-Aa-028-1981).		
Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Norma Mexicana NMX-Y-025-1981.	Determinación de fósforo total - Métodos Fertilizantes. - Determinación de Fósforo		

espectrofotométricos, publicada en el Diario Soluble en Agua - Método del fosfomolibdato de Oficial de la Federación el 21 de octubre de quinolina.
1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Norma Mexicana NMX-AA-42-1987 Calidad del Determinación del número más probable de agua. - determinación del número mas coliformes totales y fecales - Método de probable (NMP) de coliformes totales, y dentro de un periodo de 48 h. Escherichia coli PRESUNTIVA.
junio de 1987.

El método se basa en disolver con agua los ortofosfatos, mismos que se precipitan como fosfomolibdato de quinolina, el cual se cuantifica gravimétrica o volumétricamente.

Organismos coliformes. Organismos capaces de crecimiento aeróbico ya sea $308 \pm 1k$ ($35 \pm 1^\circ C$) ó $310 \pm 1k$ ($37 \pm 1^\circ C$) en un medio de cultivo líquido lactosado con producción de ácido y gas

Organismos coliformes fecales (termotolerantes). Organismos coliformes que tienen las mismas propiedades fermentativas a $317 \pm 0.5k$ ($44 \pm 0.5^\circ C$).

Escherichia coli presuntiva (E. coli).- Organismos coliformes termotolerantes que también producen Indol a partir de triptofano a $317k$ ($44^\circ C$).

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa.

Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación ya sea a 308 o 310k (35 o $37^\circ C$). Cada uno de los que muestran turbidez con producción de gas se resiembró en un medio confirmativo más selectivo y, cuando se busca E. coli presuntiva, en un medio en el que se pueda demostrar la producción de indol.

Se lleva a cabo la incubación de estos medios confirmativos basta

por 48 horas ya sea 308 ó 310k (35 o 37°C) para la detección de organismos coliformes y a 317k (44°C) para organismos termotolerantes y E. coli.

Mediante tablas estadísticas se lleva a cabo el cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y E. coli que pueda estar presente en 100 cm³ de muestra, a partir de los números de los tubos que dan resultados confirmativos positivos.

ANEXO 1.



Agenda 21, la *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, y la *Declaración de Principios para la Gestión Sostenible de los Bosques* se firmaron por más de 178 países en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil entre el 3 y el 14 de junio de 1992.

La Comisión para el Desarrollo Sostenible (CDS) se creó en diciembre de 1992 para asegurar el seguimiento de la UNCED, para supervisar y dar cuenta de la realización de los acuerdos a escala local, nacional, regional e internacional. Se acordó que en 1997 (Resolución A/RES/S-19/2) la Asamblea General de las Naciones Unidas, reunida en sesión especial llevaría a cabo una revisión pentaanual de los progresos de la Cumbre de la Tierra.

El 55º período de sesiones de la Asamblea General decidió en diciembre de 2000 que la CSD sirviera como órgano central de organización de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible, que tendrá lugar en Johannesburgo, Sudáfrica.

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

Capítulo 1

PREAMBULO

- 1.1 La humanidad se encuentra en un momento decisivo de la historia. Nos enfrentamos con la perpetuación de las disparidades entre las naciones y dentro de las naciones, con el agravamiento de la pobreza, el hambre, las enfermedades y el analfabetismo y con el continuo empeoramiento de los ecosistemas de los que depende nuestro bienestar. No obstante, si se integran las preocupaciones relativas al medio ambiente y al desarrollo y si se les presta más atención, se podrá satisfacer las necesidades básicas, elevar el nivel de vida de todos, conseguir una mejor protección y gestión de los ecosistemas y lograr un futuro más seguro y más próspero. Ninguna nación puede alcanzar estos objetivos por sí sola, pero todos juntos podemos hacerlo en una asociación mundial para un desarrollo sostenible.

- 1.2 Esta asociación mundial ha de basarse en las premisas de la resolución 44/228 de la Asamblea General de 22 de diciembre de 1989, que se aprobó cuando las naciones del mundo pidieron que se organizase la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, así como en la aceptación de la necesidad de enfocar de forma equilibrada e integral las cuestiones relativas al medio ambiente y al desarrollo.
- 1.3 El Programa 21 aborda los problemas acuciantes de hoy y también trata de preparar al mundo para los desafíos del próximo siglo. Refleja un consenso mundial y un compromiso político al nivel más alto sobre el desarrollo y la cooperación en la esfera del medio ambiente. Su ejecución con éxito incumbe, ante todo y sobre todo, a los gobiernos. Las estrategias, planes, políticas y procesos nacionales son de capital importancia para conseguir esto. La cooperación internacional debe apoyar y complementar tales esfuerzos nacionales. En este contexto, el sistema de las Naciones Unidas tiene una función clave que desempeñar. Otras organizaciones internacionales, regionales y subregionales tienen también que contribuir a ese esfuerzo. Asimismo se debe alentar la participación más amplia del público y la participación activa de las organizaciones no gubernamentales y de otros grupos.
- 1.4 La consecución de los objetivos del Programa 21 en lo que se refiere al desarrollo y al medio ambiente requerir una corriente substancial de recursos financieros nuevos y adicionales hacia los países en desarrollo, a fin de cubrir los gastos suplementarios ocasionados por las medidas que habrán de tomar para hacer frente a los problemas del medio ambiente mundial y para acelerar el desarrollo sostenible. También se necesitan recursos financieros para reforzar la capacidad de las instituciones internacionales de aplicar el Programa 21. En cada una de las reas del programa se incluye una evaluación del orden de magnitud de los gastos. Los organismos y organizaciones que se encarguen de la ejecución habrán de examinar y afinar esa evaluación.
- 1.5 Al ejecutar las reas de programas pertinentes determinadas en el Programa 21, se debería prestar atención especial a las circunstancias particulares que enfrentan las economías en transición. También se debe reconocer que esos países afrontan dificultades sin precedentes para la transformación de sus economías, en algunos casos en medio de apreciables tensiones sociales y políticas.

- 1.6 En relación con las reas del programa que constituyen el Programa 21 se describen las bases para la acción, los objetivos, las actividades y los medios de ejecución. El Programa 21 es un programa dinámico. Los diversos agentes lo ejecutaran en consonancia con las diferentes situaciones, capacidades y prioridades de los países y de las regiones con plena observancia de todos los principios que figuran en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. El Programa 21 podría evolucionar con el tiempo en función de los cambios de las necesidades y de las circunstancias. Este proceso marca el comienzo de una nueva asociación mundial para un desarrollo sostenible.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo,
Habiéndose reunido en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992,
Reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano,
aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y tratando de basarse en ella,
Con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de
nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las
personas,
Procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se
proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial,
Reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar,
Proclama que:

- PRINCIPIO 1. Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
- PRINCIPIO 2. De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.
- PRINCIPIO 3. El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.
- PRINCIPIO 4. A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.
- PRINCIPIO 5. Todos los Estados y todas las personas deberán cooperar en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible, a fin de reducir las disparidades en los niveles de vida y responder mejor a las necesidades de la mayoría de los pueblos del mundo.
- PRINCIPIO 6. Se deberá dar especial prioridad a la situación y las necesidades especiales de los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los más vulnerables desde el punto de vista ambiental. En las medidas internacionales que se adopten con respecto al medio ambiente y al desarrollo también se deberán tener en cuenta los intereses y las necesidades de todos los países.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- PRINCIPIO 7. Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen.
- PRINCIPIO 8. Para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas.
- PRINCIPIO 9. Los Estados deberían cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre estas, tecnologías nuevas e innovadoras.
- PRINCIPIO 10. El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.
- PRINCIPIO 11. Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.
- PRINCIPIO 12. Los Estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de la degradación ambiental. Las medidas de política comercial con fines ambientales no deberían constituir un medio de discriminación arbitraria o injustificable ni una restricción velada del comercio internacional. Se debería evitar tomar medidas unilaterales para solucionar los problemas ambientales que se producen fuera de la jurisdicción del país importador. Las medidas

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- destinadas a tratar los problemas ambientales transfronterizos o mundiales deberían, en la medida de lo posible, basarse en un consenso internacional.
- PRINCIPIO 13. Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales. Los Estados deberán cooperar asimismo de manera expedita y mas decidida en la elaboración de nuevas leyes internacionales sobre responsabilidad e indemnización por los efectos adversos de los daños ambientales causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, o bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción.
 - PRINCIPIO 14. Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana.
 - PRINCIPIO 15. Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.
 - PRINCIPIO 16. Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en PRINCIPIO, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.
 - PRINCIPIO 17. Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que este sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.
 - PRINCIPIO 18. Los Estados deberán notificar inmediatamente a otros Estados de los desastres naturales u otras situaciones de emergencia que puedan producir efectos nocivos súbitos en el medio ambiente de esos Estados. La comunidad internacional deberá hacer todo lo posible por ayudar a los Estados que resulten afectados.
 - PRINCIPIO 19. Los Estados deberán proporcionar la información pertinente y notificar previamente y en forma oportuna a los Estados que posiblemente resulten afectados por actividades que puedan tener considerables efectos ambientales transfronterizos adversos, y deberán celebrar consultas con esos Estados en una fecha temprana y de buena fe.
 - PRINCIPIO 20. Las mujeres desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo. Es, por tanto, imprescindible contar con su plena participación para lograr el desarrollo sostenible.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

- PRINCIPIO 21. Debería mobilizarse la creatividad, los ideales y el valor de los jóvenes del mundo para forjar una alianza mundial orientada a lograr el desarrollo sostenible y asegurar un mejor futuro para todos.
- PRINCIPIO 22. Las poblaciones indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales. Los Estados deberían reconocer y apoyar debidamente su identidad, cultura e intereses y hacer posible su participación efectiva en el logro del desarrollo sostenible.
- PRINCIPIO 23. Deben protegerse el medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos sometidos a opresión, dominación y ocupación.
- PRINCIPIO 24. La guerra es, por definición, enemiga del desarrollo sostenible. En consecuencia, los Estados deberán respetar las disposiciones de derecho internacional que protegen al medio ambiente en épocas de conflicto armado, y cooperar en su ulterior desarrollo, según sea necesario.
- PRINCIPIO 25. La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.
- PRINCIPIO 26. Los Estados deberán resolver pacíficamente todas sus controversias sobre el medio ambiente por medios que corresponda con arreglo a la Carta de las Naciones Unidas.
- PRINCIPIO 27. Los Estados y las personas deberán cooperar de buena fe y con espíritu de solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en esta Declaración y en el ulterior desarrollo del derecho internacional en la esfera del desarrollo sostenible.

Indicadores de Sustentabilidad.

EXTRACCIÓN ANUAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y DE SUPERFICIE

1. Indicador.

a) Nombre: Extracción anual de aguas subterráneas y de superficie como porcentaje del agua disponible.

b) Breve definición: Volumen anual total de aguas subterráneas y de superficie extraídas para ser utilizadas, incluidas las pérdidas durante el traslado, el consumo y las corrientes de retorno, como porcentaje del volumen total de agua dulce disponible en promedio anualmente.

c) Unidad de medida: %.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Impulso.

3. Significación.

a) Finalidad: Mostrar en qué grado se están explotando los recursos hídricos disponibles para atender a la demanda de agua a niveles estatales o municipales. Se trata de una medida importante de la vulnerabilidad de la zona o la cuenca hidrológica a la escasez de agua.

b) Pertinencia para el desarrollo: El indicador puede poner de manifiesto la medida en que se utilizan los recursos de agua dulce y la necesidad de ajustar la política de ordenación del suministro y la demanda. Puede reflejar el alcance de la escasez de recursos hídricos a medida que aumenta la competencia y surgen conflictos entre los distintos usos y usuarios del agua. Una disponibilidad de agua limitada puede repercutir negativamente en la sostenibilidad, frenar el desarrollo económico y regional, y provocar la pérdida de biodiversidad, con degradación de los sistemas ecológicos de agua dulce. En este indicador la evaluación de la sostenibilidad está vinculada a la disponibilidad de agua. Las variaciones del indicador en función de los países y del tiempo dependen del clima, la población y el desarrollo económico, así como de la capacidad económica e institucional con respecto al ordenamiento de los recursos hídricos y la demanda.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Uno de los principales problemas estriba en definir qué se entiende por aguas disponibles y en distinguir entre las aguas subterráneas y las aguas de superficie. El único enfoque que respeta la integridad física de los recursos hídricos consiste en examinar dónde se producen, es decir si provienen de las precipitaciones registradas dentro de la región o cuenca.

b) Métodos de medición: El indicador mide la extracción total de agua dividida por el agua disponible.

c) Limitaciones del indicador: El indicador adolece de varias limitaciones importantes, relativas, en su mayoría, a la forma de calcular el agua disponible. Los datos exactos y completos son escasos. Las aguas disponibles pueden incrementarse gracias al desarrollo de los recursos hídricos (presas reguladoras del caudal, trasvases entre embalses, desarrollo de las aguas subterráneas, etc.) y medidas de política (asignación y fijación de precios), y deben evaluarse en función de consideraciones económicas y ambientales y de la capacidad institucional. No se tienen en cuenta las corrientes de retorno ni las pérdidas por infiltración, que podrían mejorar la disponibilidad de recursos hídricos. El indicador no refleja las variaciones estacionales de la disponibilidad de agua. No se tienen en cuenta la distribución según los usos ni las opciones de política para mitigar la escasez, como por ejemplo la redistribución de agua de uso agrícola a otros usos. Dentro de los recursos hídricos disponibles, el indicador no tiene en cuenta la calidad del agua ni la sostenibilidad de su utilización.

d) Otras posibles definiciones: El indicador podría tener en cuenta las tomas de agua y los recursos hídricos disponibles a distintos niveles de eficiencia de uso y los costos y valores económicos y ambientales del agua. No obstante, los datos necesarios para realizar esos cálculos no se encuentran fácilmente. El indicador puede desglosarse a fin de reflejar los recursos hídricos disponibles, las tomas de agua y el uso de agua para riego.

CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA POR HABITANTE

1. Indicador.

a) Nombre: Consumo doméstico de agua por habitante.

b) Breve definición: Consumo doméstico de agua por habitante es la cantidad de agua que consume una persona para beber, lavarse, cocinar, lavar los utensilios y otros usos domésticos, incluido el riego de jardines. Cuando es usual tener animales domésticos, también se incluyen el cálculo las necesidades de éstos.

c) Unidad de medida: Litros por habitante y día.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Impulso.

3. Significación.

a) Finalidad: El indicador evalúa la cantidad de agua que necesitan y/o de la que disponen las personas de una comunidad determinada para sus necesidades básicas. Ayuda a determinar en qué comunidades no se satisfacen las necesidades básicas, lo que permite planificar la adopción de medidas y establecer prioridades en el ámbito del desarrollo del suministro de agua.

b) Pertinencia para el desarrollo: Disponer de una cantidad suficiente de agua para satisfacer las necesidades humanas básicas es un requisito esencial para la vida, la salud y el desarrollo. Para que el desarrollo sea sostenible, debe disponerse de una cantidad suficiente de agua. De hecho, a medida que aumenta el desarrollo, en la mayoría de los casos también aumenta la demanda de agua por habitante para fines personales, comerciales y agrícolas. Por consiguiente, el indicador refleja también de manera indirecta el nivel de desarrollo económico y social.

Si se alcanza el desarrollo sostenible sin que se registre un aumento, o con un aumento limitado, del consumo de agua por habitante, puede considerarse que existe una ordenación eficaz de los recursos hídricos. También existe una relación directa entre el consumo de agua por habitante y la disponibilidad/escasez de recursos hídricos y el precio del agua. El consumo doméstico de agua está también estrechamente relacionado con las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos hídricos. Es evidente que en las zonas áridas y semiáridas donde los recursos hídricos son limitados el consumo está restringido.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: Aunque el consumo doméstico de agua suele expresarse en litros por habitante y día, la cifra correspondiente se tiene que calcular ya que el parámetro es el consumo de agua por unidad familiar. El consumo de agua por unidad familiar puede medirse mediante contadores conectados a la red de suministro de agua o mediante el cómputo del número de viajes diarios a una fuente o punto de agua.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

b) Métodos de medición: El consumo de agua por habitante puede medirse (o calcularse) a partir del suministro medido por contadores, estudios locales, encuestas o la cantidad total suministrada a una comunidad dividida por el número de habitantes.

c) Limitaciones del indicador: El consumo de agua por habitante refleja sólo una parte de los aspectos relacionados con el suministro de agua. Para evaluar la situación general del suministro de que dispone cada persona, es necesario complementar los datos sobre consumo con información sobre la calidad del agua suministrada, el tipo de sistema utilizado para el suministro, la distancia que hay que recorrer para coger agua, el número de personas por unidad familiar y punto de agua, etc.

d) Otras posibles definiciones: El indicador puede sustituirse por el consumo por unidad familiar y día. Sin embargo, esa medida del consumo de agua es más limitada.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

1. Indicador.

a) Nombre: Cobertura del tratamiento de las aguas residuales.

b) Breve definición: El tratamiento de las aguas residuales puede definirse como la recogida de las aguas residuales de las viviendas y los locales comerciales, industriales o públicos y su traslado a un centro en el que reciben tratamiento suficiente como para permitir su descarga en el medio ambiente sin efectos perjudiciales para la salud humana y el ecosistema.

c) Unidad de medida: %. Proporción de las aguas residuales generadas por la comunidad que reciben un nivel aceptable de tratamiento antes de ser descargadas.

2. Ubicación dentro del marco

a) Programa 21: Capítulo 18: Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.

b) Tipo de indicador: Reacción.

3. Significación.

a) Finalidad: El indicador evalúa el nivel potencial de contaminación procedente de fuentes domésticas e industriales/comerciales que entra en el medio ambiente acuático, y permite vigilar los progresos hacia la reducción de ese potencial dentro de un marco de ordenación integrada de los recursos hídricos. Contribuye a identificar si la inclusión del proyecto en el área en cualquiera de sus fases de desarrollo, requerirá medidas para tratar las aguas residuales a fin de proteger el ecosistema.

b) Pertinencia para el desarrollo: La mala calidad del agua reduce la disponibilidad de recursos hídricos para fines concretos, en particular para las necesidades domésticas, y tiene consecuencias adversas para la salud pública. Por consiguiente, el tratamiento de las aguas residuales es uno de los requisitos fundamentales de la sostenibilidad.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) Definiciones y conceptos básicos: El porcentaje de aguas residuales tratadas es el porcentaje de agua consumida y devuelta al medio ambiente conforme a unos criterios y normas que garantizan que no se perjudica al medio ambiente acuático en detrimento del desarrollo sostenible. En ese contexto, el tratamiento puede incluir una amplia gama de procesos, incluidos el simple filtrado, la sedimentación, procesos biológicos y químicos, o unos sistemas adecuados de descarga en el mar.

b) Métodos de medición: El porcentaje de aguas residuales domésticas (aguas cloacales) tratadas puede determinarse a partir de la cantidad de agua consumida frente a la capacidad de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

En el caso de los desechos industriales puede adoptarse un enfoque similar para las instalaciones conectadas al sistema central de alcantarillado, utilizando el consumo de agua y distinguiendo entre las aguas de tratamiento y las de refrigeración. En muchos casos, los establecimientos industriales

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

disponen de sus propias instalaciones de tratamiento tanto si descargan sus efluentes directamente como si lo hacen a través del sistema público de alcantarillado.

Por lo que se refiere a la eficacia del tratamiento, sólo puede determinarse cotejando la información sobre los resultados de cada planta de tratamiento de aguas residuales con los criterios sobre descarga establecidos.

c) Limitaciones del indicador: La principal limitación de este indicador estriba en el esfuerzo que requiere recoger y cotejar la información. Ello podría evitarse, por lo menos hasta cierto punto, mediante el uso de estimaciones. El indicador facilita información sobre el grado de tratamiento. Sin embargo, no tiene en cuenta el nivel de tratamiento necesario para satisfacer las necesidades de los distintos ecosistemas.

d) Otras posibles definiciones: El porcentaje de aguas residuales tratadas puede convertirse en la cantidad de aguas residuales. Esa cantidad puede definirse en términos de carga semanal, mensual o anual por captación, fuente de agua, u otra delimitación.

SANEAMIENTO BÁSICO: PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE DISPONE DE INSTALACIONES ADECUADAS PARA LA ELIMINACIÓN DE EXCREMENTOS.

1. Indicador.

a) **Nombre:** Saneamiento básico: Porcentaje de la población que dispone de instalaciones adecuadas para la eliminación de excrementos.

b) **Breve definición:** Porcentaje de la población que tiene acceso a instalaciones sanitarias para la eliminación de los excrementos humanos en su vivienda o en las proximidades inmediatas de ésta.

c) **Unidad de medida:** %.

2. Ubicación dentro del marco.

a) **Programa 21:** Capítulo 6: Protección y fomento de la salud humana.

b) **Tipo de indicador:** Estado.

3. Significación.

a) **Finalidad:** Seguir los progresos en el acceso de la población a instalaciones de saneamiento.

b) **Pertinencia para el desarrollo:** Se trata de un indicador básico de gran utilidad para evaluar el desarrollo, especialmente en lo que respecta a la salud humana. El acceso a unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos es fundamental para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la frecuencia de esas enfermedades. El hecho de que esté asociado a otras características socioeconómicas (educación, ingresos) y de que contribuya a la higiene y a la calidad de vida en general hacen de él un buen indicador universal del desarrollo humano. Este indicador refleja el estado del acceso a las instalaciones sanitarias en la(s) localidad(es) cercana(s) y planteará la necesidad de dotar de infraestructura necesaria para cubrir el servicio en las etapas de desarrollo del proyecto.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) **Definiciones y conceptos básicos:** Es preciso definir qué se entiende por instalación sanitaria y cuál es la población abarcada.

i) **Instalación sanitaria:** "Por instalación sanitaria se entiende un sistema de eliminación de los excrementos humanos que aísla las heces del contacto con las personas, los animales, los cultivos y las fuentes de agua. Las instalaciones adecuadas van desde las sencillas pero protegidas letrinas de pozo hasta los inodoros con alcantarillado. Para que sean eficaces, todas las instalaciones deben construirse correctamente y contar con un mantenimiento adecuado".

ii) **Población abarcada:** Incluye a la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red pública de alcantarillado; la población urbana que dispone de sistemas en la propia vivienda (letrinas de pozo, letrinas con cisterna, fosas sépticas, etc.); la población urbana que dispone de letrinas comunales; y la población rural que dispone de sistemas adecuados de eliminación de excrementos tales como letrinas de pozo, letrinas con cisterna, etc.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

b) Métodos de medición: Este indicador puede calcularse de la siguiente forma: El numerador es el número de personas que disponen de unas instalaciones adecuadas de eliminación de excrementos multiplicado por 100. El denominador es la población total.

c) Limitaciones del indicador: La disponibilidad de instalaciones no siempre corresponde a su utilización.

d) Otras posibles definiciones: Este indicador puede también expresarse como porcentaje de personas que no tienen acceso a un saneamiento adecuado. La población que debe utilizarse en el numerador es el número de personas sin acceso a un saneamiento adecuado. Si los datos disponibles se expresan en porcentaje de viviendas que disponen de un sistema de saneamiento, debería ser posible convertirlo en porcentaje de población, utilizando el promedio de personas por unidad familiar.

ACCESO AL AGUA POTABLE.

1. Indicador.

a) **Nombre:** Porcentaje de personas que disponen de agua potable en el hogar o que pueden acceder a ella fácilmente.

b) **Breve definición:** Porcentaje de la población que tiene acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ella.

c) **Unidad de medida:** %.

2. Ubicación dentro del marco

a) **Programa 21:** Capítulo 6: Protección y fomento de la salud humana.

b) **Tipo de indicador:** Estado.

3. Significación.

a) **Finalidad:** Conocer los valores respecto al acceso de la población al agua potable.

b) **Pertinencia para el desarrollo:** El acceso al agua potable es de fundamental importancia para reducir el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por las heces y la incidencia de esas enfermedades. Este indicador está relacionado con otras características socioeconómicas, como la educación y los ingresos, lo que hace de él un buen indicador universal del desarrollo humano.

4. Descripción de la metodología y definiciones en que se basa.

a) **Definiciones y conceptos básicos:** El indicador requiere que se definan varios elementos.

i) **Población abarcada:** Abarca la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red de suministro de agua, la población urbana cuyas viviendas no están conectadas pero que tiene fácil acceso a fuentes públicas, y la población rural que tiene acceso suficiente al agua potable.

ii) **Acceso suficiente al agua:** Este elemento se define como suministro de agua en el hogar o a menos de 15 minutos de distancia a pie. En realidad, la definición debería tener en cuenta las condiciones locales; por ejemplo, en las zonas urbanas puede considerarse que la población tiene acceso suficiente si hay una fuente pública a menos de 200 metros de su vivienda. En las zonas rurales, se entiende que existe acceso suficiente cuando no se tiene que dedicar una parte desproporcionada del día a acarrear agua para satisfacer las necesidades de la familia.

iii) **Distancia razonable:** Acceso y distancia razonable son conceptos distintos, dado que puede tenerse acceso al agua pero no estar ésta necesariamente a una distancia razonable. El agua debe encontrarse a una distancia razonable de la vivienda, a saber, menos de 200 metros.

iv) **Cantidad suficiente de agua:** La cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. Normalmente se considera que esa cantidad es de 20 litros por persona y día.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

v) Agua potable: Agua que no contenga agentes biológicos o químicos a un nivel de concentración que sea perjudicial para la salud. Por agua potable se entiende tanto las aguas de superficie tratadas como las aguas no tratadas pero no contaminadas, como las procedentes de pozos de sondeo protegidos, manantiales y pozos sanitarios. Las aguas de superficie no tratadas, tales como los ríos y los lagos, sólo se consideran potables si la CNA o la SSA han realizado controles periódicos de la calidad del agua y la consideran aceptable.

b) Métodos de medición: Este indicador puede calcularse de la siguiente forma: el numerador es el número de personas que tienen acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ésta multiplicado por 100. El denominador es la población total.

c) Limitaciones del indicador: La existencia de una fuente de agua a una distancia razonable sustituye con frecuencia al indicador sobre disponibilidad de agua potable. No obstante, la existencia de una fuente de agua no garantiza que esa agua esté siempre disponible o sea potable, o que las personas acudan siempre a esas fuentes.

d) Otras posibles definiciones: Este indicador puede expresarse también como porcentaje de la población sin acceso a agua potable suficiente. En ese caso, la población indicada en el numerador sería la que no tiene acceso a agua potable suficiente. Si se dispone de datos sobre el porcentaje de unidades familiares, debería ser posible convertir ese porcentaje en el porcentaje de población, utilizando un promedio de personas por unidad familiar.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

OPERACIONES FÍSICAS UNITARIAS.

Aquellas operaciones realizadas en el tratamiento del agua residual en las cuales el cambio se lleva a cabo por medio o a través de la aplicación de fuerzas físicas , se conocen como operaciones unitarias.

Las operaciones físicas más comúnmente utilizadas incluyen:

1. Desbaste.
2. Dilaceración.
3. Mezclado.
4. Floculación o coagulación.
5. Sedimentación.
6. Flotación y
7. Filtración.

Aplicaciones.

Operación.	Aplicación.
Desbaste.	Eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por retención en superficies.
Dilaceración.	Trituración de sólidos gruesos hasta conseguir un tamaño más o menos uniforme.
Mezclado.	Mezclado de los reactivos químicos y gases con el agua para mantener los sólidos en suspensión.
Floculación o coagulación.	Provocar la agregación de pequeñas partículas aumentando el tamaño de las mismas, para favorecer la sedimentación por gravedad.
Sedimentación.	Eliminación de sólidos sedimentables.
Flotación y	Eliminación de sólidos en suspensión finamente divididos y de partículas con densidades cercanas a la del agua.
Filtración.	Eliminación de los sólidos finos en suspensión posterior al tratamiento biológico o químico.

1. DESBASTE.

El desbaste es la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción. Los elementos separadores pueden ser alambres, varillas o barras paralelas, rejillas, tela metálica o placas perforadas.

El desbaste tiene por objeto: proteger a la estación de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación, separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos.

La operación puede ser más o menos eficaz y a través de dos elementos diferentes, tales como rejas o tamicés.

Rejas. Se utilizan para evitar obturaciones en el equipo por objetos de gran tamaño. Es una estructura metálica con barras paralelas separadas por 3 mm ó más.

Tamicés. Placas perforadas o mallas metálicas con aperturas no mayores a 6 mm.

Rejas. Según la separación entre los barrotes de la reja, pueden distinguirse:

- Desbaste fino, con una separación de 3 a 10 mm,
- Desbaste medio, con una separación de 10 a 25 mm,
- Predesbaste, con una separación de 50 a 100 mm.

Las rejas utilizadas en el desbaste pueden ser de limpieza manual o de limpieza automática (necesaria a partir de una cierta importancia de la planta); estas últimas se llaman rejas mecánicas.

Una reja mecánica va normalmente protegida por una pre-reja de barrotes más espaciados (separación de 50 a 100 mm), prevista, generalmente, para limpieza manual, pero que deberá ser igualmente automática en el caso de instalaciones importantes, o si el agua bruta llega muy cargada de materias gruesas.

Sin embargo, la mecanización del desbaste no depende solamente de la importancia de la estación. También puede adoptarse este tipo de rejas si se desea reducir las intervenciones manuales de limpieza, aun cuando se trate de instalaciones de pequeña importancia. En todo caso, la

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

mecanización es inevitable si existe el riesgo de una llegada brusca de materias vegetales con tendencia a formar un «filtro» sobre la reja, que puede provocar un atascamiento total en unos minutos.

En caso de limpieza manual, debe calcularse ampliamente la superficie de la reja, para evitar la necesidad de intervenciones demasiado frecuentes, especialmente si la separación entre barrotes es inferior a 20 mm.

Cuando la limpieza es automática, los dispositivos de recogida y de evacuación de residuos deben dimensionarse en función del peso de los mismos; en especial, la capacidad de almacenamiento del receptáculo móvil de recogida debe ser, como mínimo, para 24 horas.

En el caso de un tratamiento directo de fangos frescos (procedentes de la decantación primaria), sobre todo por centrifugación, precedida de desbaste fino, puede evitarse el sobre dimensionamiento de los aparatos de desbaste del agua bruta, conservándose al mismo tiempo un espaciamiento medio de 15 a 25 mm.

Diferentes tipos de rejas.

A. REJAS MANUALES: Están constituidas por barrotes rectos, de acero, a veces verticales y a veces inclinados con ángulos de 60 a 80° sobre la horizontal.

En pequeñas instalaciones rurales de depuración de aguas residuales, se sustituyen, en algunos casos, las rejas, por cestas perforadas movibles; por ejemplo, cuando los colectores de llegada se encuentran a bastante profundidad.



B. REJAS MECÁNICAS DE LIMPIEZA POR EL LADO DE LLEGADA DEL AGUA. Rejas curvas: este tipo de reja está indicado especialmente en instalaciones de importancia media, cuando las aguas, a su vez, se encuentran medianamente cargadas.

Se adaptan, sobre todo, a instalaciones relativamente poco profundas, y tienen la ventaja de presentar una gran superficie útil. La limpieza se realiza por uno o dos peines montados en el extremo de un brazo que gira alrededor de un eje horizontal.

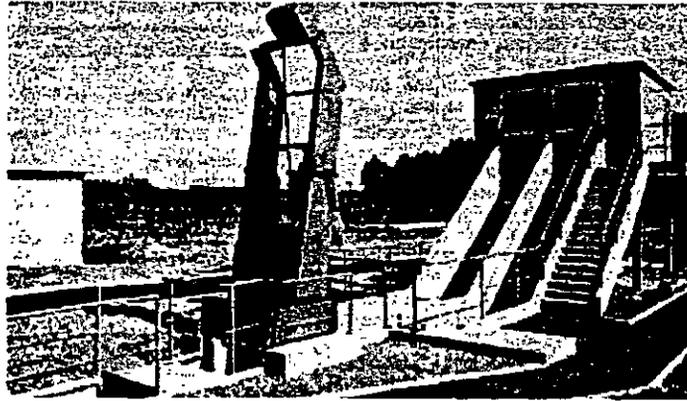
Un extractor hace que los residuos caigan, por detrás de la reja, a un depósito amovible, o, mejor aún, a una cinta transportadora o a la arqueta de toma de un tornillo de Arquímedes, dispositivo que permite la evacuación lateral y el almacenamiento de los residuos en un receptor de mayor capacidad.

Rejas rectas de limpieza alternativa. la zona enrejada se realiza con barrotes de sección rectangular o trapezoidal (que reduce el riesgo de atascamiento de las materias sólidas), y, generalmente, inclinada unos 80° sobre la horizontal, deteniéndose un poco por encima del nivel líquido máximo y prolongándose por un tablero (metálico o de hormigón).

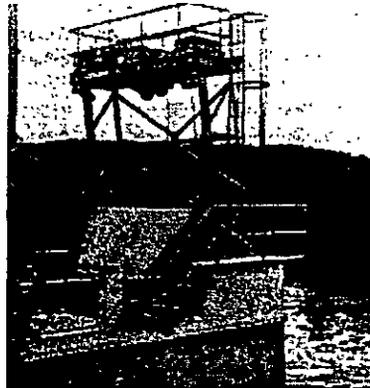
El dispositivo de barrido, de funcionamiento alternativo, hace que se eleven los residuos, que son evacuados por un extractor a un receptor o a una cinta transportadora, situados aguas abajo de la reja.

El dispositivo de barrido puede estar constituido, por ejemplo, por: un rastrillo solidario de un carro que se desplaza a lo largo de cremalleras; esta disposición resulta muy conveniente cuando la altura de elevación y el volumen de residuos no son demasiado importantes,

un rastrillo unido a un carro móvil accionado por dos cables; este tipo, reservado a aguas relativamente poco cargadas, permite que se alcancen apreciables profundidades de instalación, un garfio (o cucharón oscilante) accionado por cable separado, y unido a un carro móvil mandado por dos cables. Este tipo de reja se utiliza con aguas cargadas y para gran profundidad de instalación.



Reja de cremallera de la estación de aguas residuales de ANZIN (Francia).



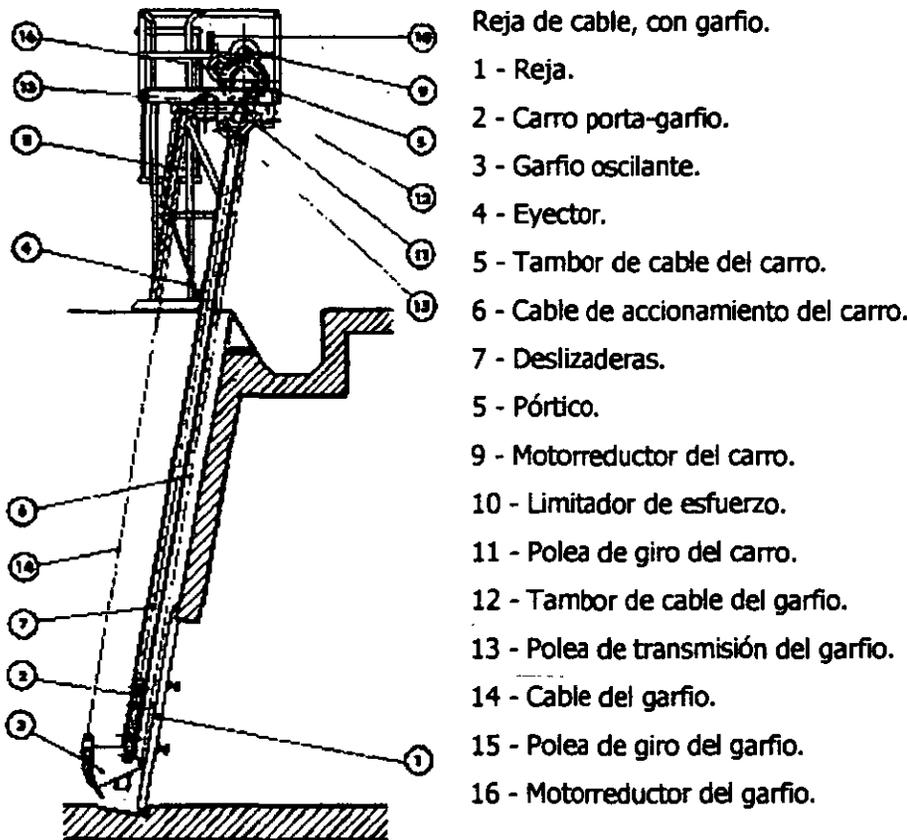
Reja de cables, con garfio.

Rejas rectas de limpieza continua. Este tipo de reja se utiliza en un desbaste fino, y debe emplearse con agua poco cargada en materias gruesas (o que se haya sometido previamente a un desbaste medio).

La reja es recta e inclinada 80° sobre la horizontal, y su limpieza se efectúa mediante escobillas de nylon arrastradas por un mecanismo de cadenas sin fin. La evacuación de los residuos se realiza por un canal aguas abajo de la reja.

Caudales muy grandes. Si el caudal es muy grande (superior a $30,000 \text{ m}^3/\text{h}$, por ejemplo) y el agua es poco cargada, puede efectuarse el desbaste mediante una reja móvil, de la que sólo se utiliza

una parte, y que se desplaza lateralmente después de cada operación. Pueden servir, para ello, las rejas de cables, de rastrillo o de garfio.



C. REJAS MECÁNICAS DE LIMPIEZA POR EL LADO DE SALIDA. Este tipo de reja se utiliza generalmente con aguas residuales, y es capaz de eliminar grandes cantidades de materias sólidas, por medio de varios rastrillos-peines movidos por un mecanismo de cadenas sin fin, montado aguas abajo del campo de reja.

El campo de reja, vertical o inclinado (60 a 80° sobre la horizontal), se prolonga necesariamente hasta el punto de vertido de los residuos; la necesidad de darle una rigidez suficiente limita su profundidad de instalación. Según los modelos, los residuos se evacuan, aguas arriba o aguas abajo de la reja, a un recipiente amovible o a una cinta transportadora.

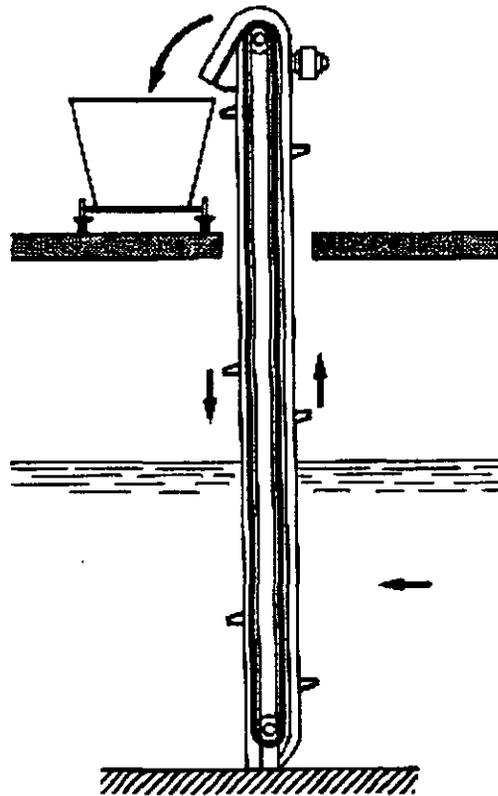
Mando automático y protección de las rejas mecánicas. El funcionamiento, generalmente discontinuo, del dispositivo de limpieza, puede accionarse mediante un reloj eléctrico, de cadencia

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

duración regulable, o mejor, por un indicador de pérdida de carga diferencial, pudiendo también utilizarse una combinación de los dos sistemas.

Las rejas deberán ir equipadas con un dispositivo imitador de par, con el que se evite un deterioro del material, en el caso de sobrecarga o de bloqueo.

Las rejas curvas o rejas rectas de limpieza alternativa llevan un dispositivo que garantiza la parada automática del sistema de barrido, en un punto situado fuera del campo de reja, para evitar todo riesgo de atascamiento en el arranque.



Reja fija.

Velocidad de paso y pérdida de carga. Atascamiento. La velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para que las materias en suspensión se apliquen sobre la reja, sin que se provoque una pérdida de carga demasiado fuerte, ni se produzca un atascamiento en la parte profunda de los barrotes. De acuerdo con ello, se establecerá una velocidad aceptable entre los caudales mínimo y máximo.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Generalmente, se adopta una velocidad media de paso entre barrotes comprendida entre 0.60 y 1.00 m/s, pudiendo llegarse hasta 1.20 y 1.40 a caudal máximo.

Si la velocidad mínima prevista puede provocar depósitos en el canal de la reja, deberá preverse un barrido en este último, o cualquier otro medio para evitar su formación.

Las rejas crean pérdidas de carga comprendidas entre 0.05 y 0.15 m en aguas potables, y entre 0.10 y 0.40 m en aguas residuales. (En los valores máximos se tiene en cuenta un necesario margen de seguridad, relativo a un eventual atascamiento parcial del campo de reja).

Tamices.

Superficie de tamizado.				
Tipo	Tamaño	Rango	Material	Aplicación
Fijo	Medio	250-1500 μ	Malla de cuña de acero inoxidable	Tratamiento primario.
Giratorio	Grueso	0.8 a 2.4 x 50 mm	Placas de bronce o cobre pulido.	Pretratamiento.
	Medio	100 a 1000 μ	Tela de malla de acero inoxidable	Tratamiento primario
Tambor giratorio	Grueso	0.8 a 2.4 x 50 mm	Placas de bronce o cobre pulido. Malla de alambre.	Pretratamiento
	Medio	250 a 1500 μ	Malla de cuña de acero inoxidable.	Tratamiento primario
	Fino	15 a 60 μ		Eliminación de sólidos en suspensión secundarios
Deslizante	Grueso a medio		Telas de poliéster y acero inoxidable	Tratamiento primario
Centrífugo	Fino medio	10-500 μ		Tratamiento primario, secundario y sólidos en suspensión secundarios.

2. DILACERACION.

Esta operación se aplica en especial, a las aguas residuales. Tiene por objeto «desintegrar» las materias sólidas arrastradas por el agua. Estas materias en lugar de separarse del efluente bruto, se trituran y continúan en el circuito del agua hacia las siguientes fases del tratamiento. El interés de este proceso consiste en que se suprime la evacuación y la descarga de los residuos de la reja. Sin embargo, en la práctica, presenta varios inconvenientes, en especial, la necesidad de una atención frecuente sobre un material bastante delicado, el peligro de obstrucciones de tuberías y bombas provocadas por la acumulación en masas de las fibras textiles o vegetales unidas a las grasas, y la formación de una costra de lodo en los digestores anaerobios.

Por estas razones, se sigue recomendando, a veces, en instalaciones nuevas, la dilaceración del agua bruta, a la entrada a la planta de tratamiento. Por el contrario, la dilaceración sustituye a veces al desbaste fino, en el caso de lodos frescos (espesados o no) antes de su tratamiento directo sin digestión (tratamiento térmico, centrifugación); en este caso, se efectúa por medio de un «dilacerador en línea», que garantiza la finura de dilaceración deseada.

Existen dos tipos de dilaceradores: «dilacerador sin elevación del agua» y «dilacerador en línea». En los dos casos, se trata de aparatos adaptados especialmente para el tratamiento de aguas residuales, y capaces de absorber las materias contenidas normalmente en estas aguas (después de un pre-desbaste grosero, con espacio de separación entre barrotes de 50 a 80 mm aproximadamente, según la importancia de los aparatos utilizados) y de reducirlas a elementos de unos milímetros de diámetro.

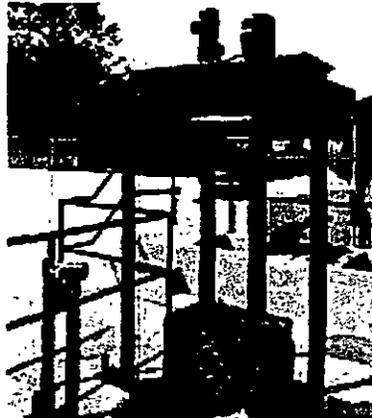
2.1. Dilaceradores sin elevación del agua.

Presentan la ventaja de que sólo producen una pequeña pérdida de carga y de que absorben poca energía.

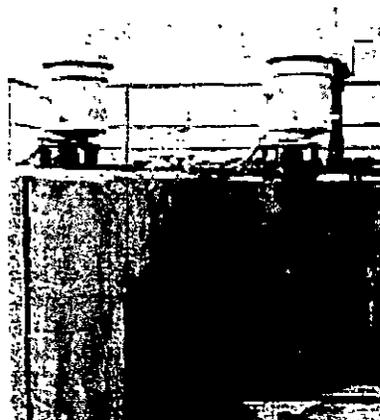
Los aparatos más clásicos llevan un tambor giratorio, de eje vertical, con ranuras horizontales, y se montan sobre un canal o directamente sobre una tubería (modelos pequeños). El tambor está constituido por barras circulares, con dientes cortantes. Unos peines cortantes fijos van sujetos, con pernos, a la bancada.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

El agua circula del exterior al interior del tambor, y las materias que arrastra son trituradas a medida que llegan al mismo.



Dilacerador para reducción de residuos flotantes (Francia).



Dilacerador GRIDUCTOR INFILCO DEGREMONT INC.

2.2. Dilaceradores en línea.

Estos dilaceradores efectúan no sólo la trituración, sino, además, un bombeo que impulsa las materias «desintegradas y diluidas». Se montan en tuberías como las bombas, pero, por su capacidad de impulsión, generalmente reducida (y a veces nula) pueden necesitar la incorporación de una bomba en serie. Los motores eléctricos se calculan ampliamente para hacer frente a cualquier riesgo de sobrecarga.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Estos aparatos, que forzosamente son muy robustos, llevan generalmente una hélice que empuja las materias diluidas a través de una reja cortante. La finura de la trituración se regula por medio de una o de varias cuchillas.

3.- MEZCLADO.

Mezclado de reactivos químicos y gases con el agua para mantener sólidos en suspensión.

Tiene lugar en flujo turbulento.

Se utilizan gases (aire) o químicos en poca cantidad.

El mezclado de un líquido puede realizarse de varias formas:

- En tubos tipo venturi.
- En tubería de conducción.
- En bombas.
- En recipientes con ayuda de medios mecánicos.

En las tres primeras formas es resultado de la turbulencia que existe en el régimen de circulación.

En la última la turbulencia es inducida por el uso de impulsores giratorios, gases y bombas de chorro de aire.

4.- COAGULACIÓN

Provoca la agregación de pequeñas partículas para formar agregados de mayor tamaño y mejorar su eliminación por gravedad. Es una parte esencial de cualquier sistema de precipitación química, la agitación para aumentar la posibilidad de contacto entre partículas.

5.- SEDIMENTACIÓN.

Es la separación de partículas suspendidas más pesadas que el agua por acción de la gravedad.

6.- FLOTACIÓN.

Se utiliza el sistema de flotación cuando los sólidos en las aguas residuales, sedimentan deficientemente o no llegan a hacerlo debido a su bajo peso específico. Se entiende a la flotación como el impulso ascendente de sustancias no disueltas provocado por burbujas de aire que se adhieren a la superficie de las sustancias suspendidas.

En los desechos industriales se emplean para tratar aguas que contienen aceites grasas y fibras. Con este método se pueden cumplir dos objetivos, la separación de residuos reutilizables o una

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

separación de sustancias coloidales suspendidas que reducen la DBO del líquido tratado. Por este método se obtienen eficiencias del 85 al 95 % en la reducción de sustancias grasas y del 50 al 90 % en la reducción de DBO.

El aire se inyecta por el fondo por el medio de placas porosas o tubos perforados(las placas porosas hoy están en desuso), se conoce como flotación natural.

El procedimiento de flotación aplicado a efluentes industriales se realiza con aire en forma de microburbujas. El diámetro de las micro burbujas (o burbujas finas) es de pocos micrones hasta un mm. De esta manera el aire se difunde en la masa líquida de manera uniforme; la velocidad ascensional en estas condiciones es pequeña por lo que hay mas posibilidad que la burbuja se adhiera a la partícula a separar.

Esta forma de tratamiento se aplica para las siguientes aguas residuales.

1. Separación y recuperación de fibras en aguas de papelera
2. Separación de aceites, floculados o no , en aguas de refinerías aeropuertos, industrias metalúrgicas.
3. Separación de hidróxidos metálicos o pigmentos.

La forma de producir las microburbujas para el proceso de flotación son dos por vacío y por compresión.

- a. Por vacío, se disuelve el aire en el líquido a tratar mediante rotores especiales que favorecen la disolución del aire saturando el líquido en un tanque , con una permanencia corta aproximadamente treinta seg ; luego la mezcla pasa a otro tanque para que se produzca el desprendimiento de las burbujas de aire con una permanencia corta de 3 a 4 seg; luego el líquido se somete al vacío (aproximadamente 200 mm de mercurio) que produce una disminución de la solubilidad del aire que se desprende del líquido y al elevarse arrastra partículas hacia la superficie . Estos tanques se dimensionan con cargas superficiales entre 8 y 25 m³/m².h. La permanencia entre 10 y 20 minutos. Diámetro entre 3 y 10 metros. Altura alrededor de 3 metros.

b. Por compresión

Se somete al líquido con aire a presión y luego se libera bruscamente la mezcla a presión atmosférica. Es sabido que la concentración de aire disuelto es función de la presión atmosférica; a mayor presión mayor concentración. Al liberarse el aire en exceso, al disminuir la presión asciende en forma de burbujas arrastrando la materia en suspensión.

Estas unidades se dimensionan con una carga superficial entre 5 y 10 m³/m².h. La permanencia suele estar entre 10 y 20 minutos la presión de trabajo entre 2 y 5 Kg/cm² (2 a 5 Atm) la altura de agua en el equipo entre 1.2 y 3 m.

Filtración = Para este proceso vale todo lo dicho que para tratamientos de aguas. En el tratamientos de desagües industriales el proceso de filtración está limitado por líquidos con pocos contenidos de sólidos suspendidos. En caso contrario, el atascamiento del filtro es muy rápido. La materia retenida en el filtro no debe alcanzar proceso pútridos entre dos lavados consecutivos.

En las mayorías de las industrias pequeñas y medianas a resultado satisfactoria la filtración por lechos de arena. El manto filtrante está constituido por arena (manto simple) o mantos combinados de antracita y arena, en el caso de desagües ácidos se reemplaza la arena por cuarzo partido que no es atacado por el ácido como por ejemplo en el proceso de mercerizado de la industria textil donde la tela de algodón se trata con sosa cáustica (NaOH) que luego se neutraliza con H₂SO₄.

Como también fácil mantenimiento ocupan un gran espacio que a veces no se dispone, como por ejemplo cuando se tratan grandes caudales. En estos casos resulta práctico y económico la adopción de filtros al vacío.

El filtro consiste en dos tambores concéntricos sumergidos en un tanque que contiene el líquido a filtrar. El tambor mayor sostiene exteriormente la tela filtrante. El tambor interior es impermeable al aire y al agua y el espacio entre los dos tambores está dividido en compartimentos paralelos al eje principal. Estas cámaras son conectadas cuando están sumergidas en el líquido en la tubería que provee al vacío. Todo el dispositivo gira a baja velocidad se establece el vacío a las cámaras sumergidas y una ligera sobrepresión en las cámaras elevadas, desprendiéndose de esa forma la masa de sólidos adheridos a la tela filtrante, lo que luego son separados para su destino final.

7.- FILTRACIÓN EN MEDIO GRANULAR.

la filtración del agua residual se lleva a cabo para eliminar los flóculos biológicos residuales que vienen en los efluentes de los tratamientos secundarios. También se emplea para la eliminación de precipitados de fosfatos con sales metálicas o con cal, y se utiliza como operación de pretratamiento antes de la alimentación de aguas residuales tratadas a las columnas de carbón activo. La filtración también es necesaria antes del uso del agua residual para riego de cultivos, de parques y jardines, y para su uso en piscinas e instalaciones de recreo.

Los filtros, según el sistema de funcionamiento, se pueden clasificar en filtros continuos o discontinuos.

Dentro de cada clase, existen diferentes tipos de filtración en función de: la profundidad del lecho filtrante; del tipo de medio filtrante empleado; de si el medio está o no estratificado; del sistema de funcionamiento, flujo ascendente o descendente; y en función del método empleado para la manipulación de sólidos.

Para mejorar los rendimientos de los sistemas de filtración de efluentes se emplea la adición de productos químicos. Los productos químicos que se suelen utilizar son diversos polímeros orgánicos, alúmina y cloruro férrico.

Los polímeros orgánicos son moléculas orgánicas de cadena larga y pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos. Estos polímeros se añaden para la formación de partículas de mayor tamaño mediante la formación de puentes.

La efectividad de la alúmina está relacionada con las características del agua residual. El pH del agua influye bastante.

8.- MICROTAMIZADO.

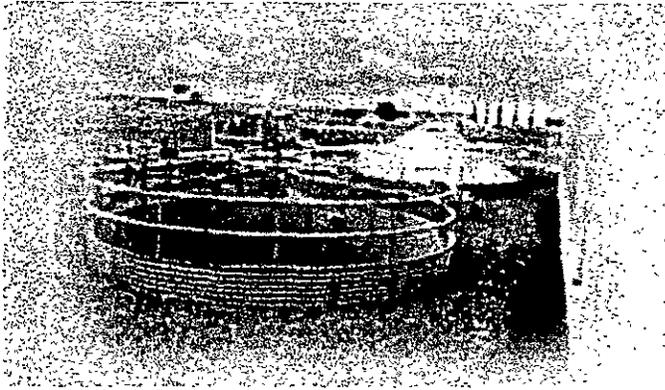
Dispositivo de filtración superficial que se emplea para eliminar una fracción de los sólidos suspendidos de los efluentes secundarios.

Para el microtamizado se utilizan filtros de tambor rotatorio de baja velocidad y lavado a contracorriente continuo.

CURSO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y FACULTATIVOS.

Los tejidos filtrantes tienen unas aberturas entre 23 y 35 micras, y se disponen en el perímetro del tambor. El agua residual entra por el extremo abierto del tambor y sale a través del tejido filtrante rotatorio. Los sólidos separados se lavan a contracorriente mediante inyectores de agua a presión, se recogen en una cubeta situada dentro del tambor.

Los rendimientos de este tipo de filtración se encuentran entre el 10 y 80% de sólidos eliminados. Pero este procedimiento presenta una serie de problemas: incompleta eliminación de sólidos; no se adapta a las posibles fluctuaciones del contenido de sólidos.



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

CARACTERÍSTICAS GENERALES

COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

NECESIDAD DE TRATAMIENTO

MÉTODOS DE TRATAMIENTO

AGUAS DE DESECHOS INDUSTRIALES

REUSO DEL AGUA



- CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los métodos de depuración de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades Asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos funcionan en nuestros días.

A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provoca problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración o tratamiento de las aguas residuales.

Primero se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Para instalaciones públicas primero se adoptó la técnica del filtro de goteo. Durante la segunda década del siglo, el proceso de lodos activados, aporta una gran mejora, por lo que empezó a ampliarse en muchas localidades de todo el mundo.

Como tratamiento de aguas residuales, se puede definir a los procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y los procedentes de viviendas e industrias.

Esta depuración cobró importancia en la década de 1970 como resultado de la preocupación en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

1) Conducción de las aguas residuales

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías. Los sistemas que transportan agua de lluvia y aguas residuales domésticas se llaman combinados. Generalmente funcionan en ciudades viejas. Al ir creciendo las ciudades e imponerse al tratamiento de las aguas residuales, las aguas de origen doméstico, fueron separadas de las de los desagües de lluvia, por medio de tuberías separadas. Esto permite mayor flexibilidad en la planta, por tener un gasto a tratar, uniforme o dentro de ciertos rangos.

Las canalizaciones urbanas, acostumbran descargar en colectores que terminan en plantas de tratamiento. Estos colectores pueden medir en ocasiones hasta seis metros de altura.

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes, cuando un producto de desecho se incorpora en el agua, el líquido se denomina agua residual.

2) Origen y cantidad

Las aguas residuales pueden ser originadas por:

a) Desechos humanos y animales: son los desechos más importantes en lo que se refiere a salud pública, porque pueden contener organismos perjudiciales al hombre, por

lo que su tratamiento seguro y eficaz constituye el principal problema de acondicionamiento de las aguas para su disposición.

b) Desperdicios caseros: Proceden de las manipulaciones domésticas de lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de los alimentos y lavado de loza, Casi todos estos desechos contienen jabones, detergentes sintéticos que contienen agentes espumantes. Los desechos de cocina tienen partículas de alimentos y grasas que, con el uso cada vez mayor de trituradores, se convierten en la parte más importante de los desechos caseros.

c) Corrientes pluviales: Las lluvias lavan las superficies de las calles, a escurrir, arrastran polvo, arena, hojas y otras basuras. En algunas poblaciones estos escurrimientos van a dar a los drenajes, formando parte importante del volumen de las aguas residuales. En otras partes, se recolectan en forma separada para su disposición y no se mezclan con las aguas sanitarias. Actualmente existen leyes vigentes que prohíben esta práctica.

d) Infiltraciones subterráneas: El drenaje o alcantarillado, por lo general se encuentra enterrado y en muchas ocasiones queda debajo del nivel de los mantos del agua subterránea. Como las juntas entre las secciones de tubería no quedan algunas veces perfectamente ajustadas, existe siempre la posibilidad de que se infiltre agua subterránea. Estas infiltraciones son siempre considerables, ya que los colectores funcionan siempre por gravedad y el volumen de agua infiltrada no puede determinarse con exactitud.

e) Desechos industriales: Los productos de los desechos de los procesos filtrales son parte importante de las aguas negras de una población y deben tomarse las precauciones necesarias para su eliminación. En muchas ciudades se colectan los desechos industriales con las aguas negras de la ciudad para su tratamiento y eliminación final. Estos desechos varían mucho por su calidad y volumen, pues depende del tipo de proceso de cada industria. En algunos casos es tal la calidad y el volumen, que es necesario tener tipos de tratamiento independientes en cada industria, para ser vertidos en los sistemas de alcantarillado, dentro de parámetros que son marcados por los organismos oficiales, considerando las condiciones particulares de la descarga de cada industria específicamente.

Un área metropolitana vierte un volumen de aguas residuales entre el 60 y 80% de sus requerimientos de agua potable diarios, el resto se usa en otros fines como: lavado de autos, riego de jardines o en consumo de procesos industriales que requieren agua para su manufactura.

- COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del

contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de Oxígeno (DQO), y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel filtro y los suspendidos no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen en sedimentables y no sedimentables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se pueden sedimentar en un litro de agua, en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general productos orgánicos y los fijos de materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide mediante los análisis de la DBO₅ y la DQO. La DBO₅ es la cantidad de oxígeno empleada por los microorganismos a lo largo de un período de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20°C. La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica, el valor de la DQO siempre es superior a la de la DBO₅, porque muchas sustancias pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DBO₅ suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables sin tratar y tratadas, La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables, o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

El pH mide la acidez de una muestra de agua residual. Los valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la DBO₅ del agua residual doméstica aparecen en la siguiente tabla.

Tipos de Sólidos	Sólidos (mg/l)			DBO ₅	DQO
	Fijos	Volátiles	Totales	mg/l	mg/l
Suspendidos	70	175	245	110	108
Sedimentables	45	100	145	50	42
No Sedimentables	25	75	100	60	66
Disueltos	210	210	420	30	42
Totales	280	385	665	140	150

Biológicamente, las aguas negras contienen incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles. Son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas negras y su presencia es uno de los motivos para su tratamiento y su éxito, incluyendo la degradación y descomposición, depende de sus actividades. Puede decirse que ellos son los trabajadores que emplea un operador de la planta de tratamiento y que su éxito depende del conocimiento que se tenga del gusto y aversiones de sus hábitos nutritivos y ambientales.

- NECESIDAD DE TRATAMIENTO

Con el desarrollo de los suministros del agua a las poblaciones, se hizo necesario encontrar métodos para disponer no solamente de los desechos, sino para el agua misma. A medida que fue creciendo la población urbana, con el proporcional aumento de volumen de agua negras y desechos orgánicos, resulto que todos los métodos eran tan poco satisfactorios, que se hizo necesario tomar medidas para remediarlos y se inicio el desarrollo de los métodos de tratamiento, antes de la disposición final de las aguas negras.

Los objetivos que hay que tomar en cuenta en el tratamiento de las aguas incluyen:

- a) La conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso domestico.
- b) La prevención de enfermedades
- c) La prevención de molestias
- d) El mantenimiento de aguas limpias para baño y propósitos recreativos.
- e) Mantener limpias las aguas que se utilizan para la propagación de peces.
- f) Conservación del agua para usos industriales y agrícolas
- g) La prevención del azolve de los canales navegables.

Una planta de tratamiento se diseña para retirar del agua negra las cantidades suficientes de sólidos orgánicos e inorgánicos que permiten su disposición, sin infringir los objetivos propuestos.

Después de evaluar el efluente de una planta, quedan aun en ella los sólidos y el agua contenida en los lodos, los cuales se tiene que disponer en forma segura y sin producir molestias.

- METODOS DE TRATAMIENTO

El tratamiento de las aguas negras es el conjunto de recursos, por medio de los cuales es posible verificar las diferentes etapas que tienen lugar en la auto-purificación de una corriente, dentro de un área limitada y apartada y bajo condiciones controladas.

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas negras o residuales, todos pueden incluirse dentro de los cinco procesos siguientes:

- 1) Tratamiento Preliminar

2) Tratamiento Primario

3) Tratamiento Secundario

4) Cloración

5) Tratamiento de los Lodos

A continuación de manera breve se describirá las funciones principales de estos tipos de tratamiento.

1) Tratamiento Preliminar:

En la mayoría de las plantas, el tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceite o grasas.

En algunos casos como, por ejemplo, en la disposición por dilución en aguas marinas, pueden ser suficientes los resultados que se logran por el Tratamiento preliminar.

Para alcanzar los objetivos en un Tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos:

1.1).-Rejilla barras gruesas y finas

1.2).-Desmenuzadores

1.3).-Desarenadores

1.4).-Tanques de preaeración

Además de los anteriores a veces se hace la cloración en el Tratamiento preliminar. Posteriormente se describirá este sistema de cloración.

2) Tratamiento Primario

Por este Tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras o sea aproximadamente de 40 a 60 % mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación.

Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, o sea un total del 80 a 90 % de los sólidos suspendidos. La actividad biológica durante este proceso en las aguas negras, tiene escasa importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de Tanques de Sedimentación. Debido a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son:

2.1).-Tanques sépticos

2.2).-Tanques de doble acción, como son los Imhoff y algunas otras unidades patentadas.

2.3).-Tanques de sedimentación simple, con eliminación mecánica de lodos.

2.4).-Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos

Cuando se emplean productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares, que son:

2.5).-Unidades alimentadoras de reactivos

2.6).-Mezcladores

2.7).-Floculadores

Son de tal naturaleza los resultados que se logran mediante el tratamiento primario, junto con los que se logran mediante la digestión anaeróbica de los lodos, que se puede comparar con la zona de degradación de la auto-purificación de las corrientes.

En muchos casos el tratamiento primario es adecuado para que se pueda permitir la descarga del efluente a las aguas receptoras, sin que interfiera con el uso adecuado posterior de esta agua.

3) Tratamiento Secundario:

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas negras todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución, que los que pueden ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables.

Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario puede dividirse en los cuatro grupos siguientes:

3.1).-Filtros goteadores o rociadores con sedimentación secundaria.

3.2).-Tanques de aereación

a).-Lodos activados con tanques de sedimentación simples.

b).-Aereación por contacto

3.3).-Filtros de arena intermitentes

3.4).-Tanques de estabilización

En muchos casos resulta adecuado, para satisfacer los requerimientos de las aguas receptoras, el tratamiento primario con la eliminación de 40 al 60 % de los sólidos suspendidos y disminución de 25 al 35 % aproximadamente de la DBO. Sin embargo, si este tratamiento no es suficiente se deberá aplicar el tratamiento secundario.

Dentro de este tratamiento, se depende de los organismos aeróbicos para llevar a cabo su descomposición. En los Filtros rociadores los organismos están adheridos al medio filtrante y hacia ellos va el material orgánico sobre el cual tienen que trabajar. En cambio, con los lodos activados son los organismos los que se llevan hasta la materia orgánica de las aguas negras.

En ambos casos, el éxito de la operación estriba en mantener condiciones aeróbicas ambientales que son favorables para el ciclo vital de los organismos y controlar la materia orgánica que descompongan. La materia orgánica es el alimento de que se sustentan y su eficiencia disminuye tanto por una sobrealimentación, como por una alimentación deficiente.

Por su importancia describiremos en forma breve, los procesos del tratamiento secundario.

3.1).-Filtros goteadores o rociadores

Un filtro rociador es un dispositivo que se pone en contacto a las aguas negras sedimentadas con cultivos biológicos. Los filtros rociadores son unidades resistentes que no se dañan fácilmente con cargas violentas, distinguiéndose por su funcionamiento y por ser capaces de resistir malos tratos.

Como en todas las unidades de tipo biológicos, la temperatura les afecta, por eso, el clima frío abate la actividad biológica. Estos filtros ocupan grandes superficies y su construcción es muy costosa.

Existen varios tipos de filtros rociadores, como son:

a).-Filtros rociadores de gasto normal

b).-Filtros rociadores de alta tasa

a).-Filtros rociadores de gasto normal.- Estos se operan con cargas hidráulicas de 10,000 a 40,000 metros cúbicos por hectárea por día, con una carga orgánica de 0.08 a 0.40 kilogramos por metro cúbico de medio filtrante por día. Con cargas adecuadas, el filtro rociador de gasto normal, incluyendo las unidades de sedimentación primaria y secundaria, deben eliminar de 80 a 85% de las DBO que se aplique, operando normalmente.

Aunque en todas las épocas ocurre una descarga de sólidos, que se han acumulado en el medio filtrante, la mayor descarga ocurre unas cuantas veces al año, durante períodos de tiempo relativamente cortos.

b).-Filtros rociadores de alta tasa.- Estos se operan con cargas hidráulicas de 80,000 a 400,000 metros cúbicos por hectárea por día y con cargas orgánicas de 0.40 a 0.80 kilogramos por metro cúbico de medio filtrante por día.

Dentro de este proceso existen diferentes maneras de operar estos equipos y han sido patentados por firmas comerciales. Algunos de estas son:

b.1).-Biofiltros.- En este filtro se usa una proceso que incluye recirculación y una alta velocidad de aplicación a un filtro rociador de poco espesor. La recirculación incluye en regresar parte del afluente del filtro o del tanque de sedimentación secundario, al tanque de sedimentación primaria.

b.2).- Filtro "Accelo".- En este filtro se hace recircular directamente el efluente del filtro, otra vez al mismo filtro.

b.3).- Aerofiltro.- En este filtro se distribuyen las aguas negras manteniendo una aplicación continua de "lluvia" sobre el lecho del filtro. Esto se logra mediante un equipo distribuidor rotatorio que gira a alta velocidad de 260 a 369 rpm. En este caso la recirculación se aplica, después de la sedimentación secundaria y se junta con el caudal de alimentación al filtro rociador.

3.2.- Tanques de Aereación

a).-Lodos Activados

El desarrollo del proceso de lodos activados ha marcado un progreso importante en el tratamiento secundario de las aguas negras.

Este es un proceso biológico de contacto, en el que los organismos vivos aeróbicos y los sólidos orgánicos, se mezclan íntimamente en un medio ambiente favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos. Como el medio ambiente esta formado por las mismas aguas negras, la eficacia del proceso depende de que se mantenga continuamente oxígeno disuelto en las aguas negras durante todo el tratamiento.

Los lodos activados deben mantenerse en suspensión durante su período de contacto con las aguas negras a tratar, mediante algún método de agitación. Por lo tanto, el proceso de lodos activados consta de las siguientes etapas:

- a.1).-Mezclado de los lodos activados con las aguas negras a tratar.
- a.2).-Aereación y agitación de este licor mezclado durante el tiempo que sea necesario.
- a.3).-Separación de los lodos activados del licor mezclado.
- a.4).-Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados, para mezclarlos con las aguas negras.
- a.5).-Disposición del exceso de lodos activados.

Se han desarrollado diversas variaciones para llevar a cabo los pasos anteriores, esto ha dado origen a que se use el término "Método convencional de lodos activados", para distinguir el proceso original. A los procesos modificados, se les dan diferentes nombres específicos.

3.2).- Tanques de aereación

b).-Aereación por contacto.

Una planta típica de aereación por contacto, consta de cinco tanques en serie, en las que se lleva a cabo respectivamente la sedimentación primaria, la primera etapa de la aereación, la sedimentación intermedia, la segunda etapa de la aereación y la sedimentación final. Además hay que contar con recursos para el tratamiento y la disposición final de los lodos.

Las unidades de aereación consisten en tanques que contienen cierto número de placas delgadas, hechas con diversos materiales. Estas van suspendidas verticalmente espaciadas de 2.5 a 4 cms, sobre las placas se va desarrollando el proceso vital necesario. Las aguas negras llegan por el fondo y pasan hacia arriba, entre las placas, mezcladas por un sistema difusor de aire.

La acumulación de sólidos orgánicos son desprendidos continuamente de las placas. Las de la primera etapa de la aereación se eliminan en los tanques de sedimentación intermedia y las de la segunda etapa de la aereación en la sedimentación final.

Este sistema es bastante rudimentario y puede resistir cargas repentinas. Pueden lograrse abatimientos de la DBO y eliminación de sólidos suspendidos del 90% o mayores, con plantas correctamente diseñadas y operadas. Hoy día, el uso de este proceso ha sido restringido a plantas que sirven a pequeños pueblos o pequeñas agrupaciones similares.

3.3).- Filtro de arena intermitente:

Es este un filtro de arena especialmente preparado en el que pueden aplicarse intermitentemente efluentes del tratamiento primario, de los filtros rociadores, o de los tanques de sedimentación secundaria usando distribuidores en forma de colectores o de tubos perforados. El efluente del filtro se recoge en un sistema de desagüe en la parte inferior.

Los filtros intermitentes de arena, retienen y cuejan las partículas finas de los sólidos suspendidos, además de que actúan como unidades de oxidación. Gran parte de la oxidación y la filtración se lleva a cabo en o cerca de la superficie del lecho filtrante. Este proceso bien operado dará un efluente estable, transparente y cristalino, casi completamente oxidado y nitrificado, puede esperarse una eliminación global del 95% de la DBO, o más, así como de los sólidos suspendidos de las aguas negras crudas. Estos supera a otros procesos secundarios de tratamiento aceptados.

3.4).-Estanque de estabilización

Se conocen también como lagunas de oxidación. Estos se usaron primero en zonas en los que prevalecen los climas calurosos y los días soleados, pero se ha visto que operan también con resultados satisfactorios en climas fríos y más nublados. Estos tanques se pueden usar casi en cualquier parte, variando la velocidad a que pueden operar con la temperatura, la energía luminosa y otras condiciones locales.

4) Cloración

Este es un proceso de tratamiento que puede usarse para muy diversos propósitos, en todas las etapas de un tratamiento de aguas negras, y aún antes del tratamiento preliminar. Generalmente se aplica cloro en las aguas con los siguientes propósitos.

4.1).-Desinfección o destrucción de organismos patógenos.

4.2).-Prevención de la descomposición de las aguas negras para:

a).-Controlar el olor

b).-Protección de las estructuras de la planta

4.3).-Como auxiliar en la operación de la planta para:

- a).-La sedimentación
- b).-En los filtros rociadores
- c).-En el abultamiento de los lodos activados

4.4).-Ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

El cloro puede introducirse en forma de gas, de solución acuosa o en la forma de hipoclorito, ya sea de sodio o de calcio, los cuales al disolverse en el agua, desprenden cloro. Como el cloro gaseoso es más económico que el que se obtiene a través de hipocloritos, es el que se usa mas comúnmente, salvo en ocasiones que se ocupan cantidades muy pequeñas. La aplicación de este cloro se logra mediante equipos llamados comúnmente cloradores, cloronizadores y otros similares.

5). Tratamiento de los Lodos.

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

Esto se logra con la combinación de dos o más de los métodos siguientes:

- 5.1).- Espesamiento
- 5.2).- Digestión , con o sin aplicación de calor
- 5.3).- Secado de lechos de arena
- 5.4).- Acondicionamiento con productos químicos.
- 5.5).- Elutriación
- 5.6).- Filtración al vacío
- 5.7).- Secado aplicando calor
- 5.8).- Incineración

5.9).- Oxidación húmeda

5.10). Flotación con productos químicos y aire

5.11).-Centrifugación

Todos los procesos mencionados anteriormente son complejos y su estudio requiere una parte importante, ya que no solo se deberá tratar el agua negra, sino también el subproducto que resulta de este tratamiento, como son los lodos y su disposición final.

- AGUAS DE DESECHOS INDUSTRIALES

Los desechos líquidos se producen en todas las industrias de procesos húmedos. Las aguas de desecho varían en ellos, tanto en cantidad y en capacidad constantemente, que es imposible asignar valores definidos a sus constituyentes comunes. Estos desechos pueden ser descargados al sistema de alcantarillado, siempre que su volumen sea pequeño en comparación con el gasto normal de aguas negras, o cuando han sido sometidos a un pretratamiento conveniente.

Por lo general, las aguas industriales de desecho contienen materia mineral suspendida, coloidal disuelta, así como sólidos orgánicos. Además pueden ser excesivamente ácidas o alcalinas y tener baja o alta concentración de materias colorantes. También pueden contener, materiales inertes orgánicos o tóxicos y posiblemente bacterias patógenas.

Los desechos inertes, son los que no sufren cambios en los procesos químicos y biológicos. Ejemplos de éstos son: Los de las canteras, lavado de arenas y gravas, purga de calderas, así como cierto tipo de lodos producidos en las plantas de precipitación .

La mayoría de los desechos orgánicos son atribuibles a tratamientos biológicos, como son los desechos líquidos de las industrias lecheras, enlatadoras, empacadoras, textiles y papeleras.

Los desechos tóxicos son lo que originan gases o vapores venenosos, o aquellos que contienen productos químicos o metales capaces de aniquilar el proceso biológico empleado en las plantas de tratamiento. Los desechos que contengan tales constituyentes, deben ser estudiados cuidadosamente con respecto a las restricciones mencionados, antes de expedir el permiso para descargarlas en el sistema de alcantarillado.

1).- Tratamiento y disposición

El grado de tratamiento que requiera un desecho industrial, depende de la dilución y características estabilizadoras de la corriente receptora. La cantidad y concentración de los contaminantes debe quedar reducida al mínimo en la planta industrial.

Los procesos de tratamiento que se empleen dependen de las características del desecho. Estos procesos son adaptaciones de la práctica del tratamiento de las aguas negras y se modifican frecuentemente para obtener los mejores resultados, según sea el caso.

A continuación se presenta un resumen de las combinaciones de procesos de tratamiento que se usan comúnmente para tratar desechos industriales.

1.1).- Eliminación de los sólidos suspendidos de tamaño apreciable, por medio de cribado y sedimentación

1.2).- Eliminación de grasas, aceites y sólidos grasos por medio de flotación y desnatado, auxiliando en algunos casos, por tratamiento químico.

1.3).- Neutralización de la acidez o alcalinidad excesiva, por adición de productos químicos.

1.4).- Eliminación o estabilización de los sólidos disueltos mediante precipitación química, permutación iónica, procesos biológicos, o sus combinaciones.

1.5).- Decoloración por tratamiento químico con sedimentación o filtración o con ambas:

1.6).- Reoxigenación de los desechos por medios adecuados de aereación.

1.7).- Disminución de la temperatura de los desechos excesivamente calientes, por enfriamiento.

Como puede verse, existe una amplia gama de tipos de tratamiento para las aguas residuales, algo que en la práctica es conveniente hacer, es estudiar los desechos de las industrias, caso por caso, haciendo análisis específicos para determinar los parámetros que se deben eliminar y también, efectuando a nivel laboratorio, estudios de tratabilidad de las aguas.

Una vez obteniendo datos específicos de la descarga a tratar, se podrá diseñar la planta de tratamiento, con la combinación de procesos más conveniente, considerando en todo momento los costos de construcción y los costos de operación y mantenimiento, de la planta seleccionada.

- REUSO DEL AGUA

El suministro de agua potable es una de los servicios públicos más importantes en esta época de expansión urbana e industrial. Requiere de soluciones eficaces y seguras y a un bajo costo de construcción y operación. Además este es un recurso no renovable que cada vez escasea más, las fuentes de abastecimiento superficiales tienen sus limitantes y los mantos subterráneos, se agotan por su extracción.

De lo anterior se desprende, que es muy importante ahorrar toda el agua que sea posible, Las Ciudades una vez que han hecho el proceso de captación, conducción, tratamiento y distribución del agua potable, se deben preocupar también por la captación , conducción y tratamiento de las aguas residuales urbanas para su reutilización , adecuándolas de acuerdo a normas específicas, para que se aprovechen en riego agrícola, en parte de los procesos industriales o para recargo de los mantos subterráneos.

También es importante considerar que no se pueden estar disponiendo estas aguas sin su tratamiento, ya que estarían alterando el entorno ecológico de nuestro planeta.

Por lo que respecta a las aguas industriales, éstas deben ser tratadas antes de verterlas al alcantarillado de la Ciudad o a los cuerpos receptores. Para este efecto, existen normas oficiales que marcan los parámetros máximos permisibles para disponer esta agua.

Es de vital importancia que las industrias traten y reutilicen sus aguas de desecho en lo máximo posible, ajustándose el tratamiento de sus descargas, de acuerdo a los requerimientos de sus aguas de proceso. Así estarán contribuyendo de una manera significativa al ahorro del agua y por ende a que nuestras futuras generaciones, dispongan de tan preciado líquido tan indispensable para la vida en todas sus formas.

IMPACTOS GENERADOS AL MEDIO POR LAS AGUAS USADAS

CONTAMINANTE	EFECTO
Materia Orgánica Biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores desagradables.
Materia Suspendida	Deposición en los lechos de los ríos: Si es MO se descompone y flota mediante el empuje de los gases, cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o transforma la cadena alimenticia.
Sustancias Corrosivas, Cianuros, Metales, Fenoles, etc.	Extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias y por lo tanto interrupción de la autopurificación.
Microorganismos patógenos.	Las aguas residuales, pueden transportar organismos patógenos, los residuos de curtiembres ántrax.
Sustancias que causan Turbiedad, Temperatura, Color, olor, etc.	El incremento de temperatura afecta los peces, el color, el olor y la turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para el público.
Sustancias que transforman el Equilibrio Biológico.	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos y de plantas acuáticas las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc.
Constituyentes Minerales	Incrementan la dureza, limitan los usos industriales sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o la vegetación, contribuyen a la eutroficación del agua.

FUENTE: METCALF & EDDY INC.