



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.



ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROYECTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA
REUTILIZACIÓN DE LA MISMA EN EL SERVICIO DE LAVADO Y
ENGRASADO DE AUTOS DEL ÁNGEL, EN LA CIUDAD DE
COATZACOALCOS, VERACRUZ.**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL**

PRESENTA:
SAIRA LOURDES HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

ASESOR DE TESIS:
ING. JUAN ANTONIO HAAZ ORTIZ

Coatzacoalcos, Veracruz

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dios por darme la oportunidad de nacer y tener una familia, por darme esperanza y fortaleza para seguir, por darme sabiduría y razonamiento para realizar mi tesis, y por la ilusión de ser madre que me da el entusiasmo de culminar mi tesis para tener la pauta de esforzarme más y ser mejor persona para mi bebe. Gracias.

Gracias Madre por tener fortaleza, por quererme tanto, por darme un hogar, por regalarme cada palabra de entusiasmo y enorgullecimiento de mi persona, por creer demasiado en mi, por tus enseñanzas y sabios consejos, por querer y buscar lo mejor para mí a pesar de todo.

Padre por permitir darme un hogar, por ser una persona pacífica, por darme la oportunidad y los medios para yo esforzarme a ser profesionalista. Gracias.

Hermano por ser incondicional, por quererme y así demostrarlo, por brindarme tu apoyo y ser valiente. Gracias.

Hermana por transmitirme alegría, por quererme y ser partícipe de mis logros. Gracias.

Agradezco a mi hermoso bebe que es quien ajusta y reacomoda mi vida, que me hace continuar día a día con espera e ilusión de su llegada a mis brazos, apresurándome así en culminar mi tesis para poder defenderlo con mejores oportunidades siendo una persona profesionalista.

Al papá de mi bebe que ha sido partícipe en regalarme la ilusión más grande de toda mujer que es ser madre, dándome el motor que me impulsa a terminar este trabajo profesional, quien además de estar conmigo en toda mi carrera profesional me brindo ilusiones y esperanzas. Gracias.

Le agradezco a mi asesor de tesis quien es parte importante de la culminación de mi carrera profesional, por darme su apoyo y compartir sus conocimientos conmigo, quien me inspiro y guio para realizar este trabajo dándome las palabras idóneas y sabios consejos.

A Vicky por sus palabras y ánimos que en su momento me hicieron continuar y no dejar abandonada mi tesis. Gracias.

A todos mis maestros que fueron partícipes a lo largo de mi carrera, que con sus conocimientos y experiencias ayudaron a mi formación profesional. Gracias.

...Sin más que expresar, la posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante, solo queda no desistir de un sueño o anhelo, ya que el futuro tiene muchos por venir y aunque lo deseado pueda parecer inalcanzable, solo queda estar preparado para aprovechar las oportunidades que muchos le llaman buena suerte...

TITULO

Proyecto de un sistema de Tratamiento de agua para reutilización de la misma en el Servicio de Lavado y Engrasado de Autos del Ángel, en la ciudad de Coatzacoalcos Veracruz.

PROBLEMA

Contribución a la contaminación de los cuerpos de agua del municipio de Coatzacoalcos.

HIPÓTESIS

¿El establecimiento de un sistema de tratamiento de agua en el lavado de autos ayudará al uso racional y conservación del agua y, disminuirá la contaminación ambiental por descargar agua sucia y contaminante al drenaje?

JUSTIFICACIÓN

El crecimiento exponencial de la población y la expansión industrial han generado la necesidad de suministrar y distribuir agua en mayores cantidades. La aplicación generalizada de la tecnología moderna a la provisión de agua en abundancia para usos municipales, industriales, agrícolas, sin restricción y sin incentivos que alienten su reutilización o conservación, ha incrementado en alto grado la competencia intermunicipal para fuentes limitadas de agua fácilmente accesibles.

Las inquietudes acerca de los efectos a largo plazo del uso del agua y la pérdida excesiva de la misma para fines ornamentales y recreativos suelen hallarse en conflicto con el objetivo de mantener un suministro de agua a bajo costo en ciertos lugares, esto ha dado efecto obvio que los diversos usuarios del agua tienen unos respectos a otros, lo cual propicia la escasez de agua para todos, siendo menos obvios los efectos indirectos, pero que contribuyen al problema.

Por ende la presente propuesta de un sistema de Tratamiento de agua para reutilización de la misma en el Servicio de lavado y engrasado de autos del Ángel en Coatzacoalcos Veracruz, aportará un beneficio social reduciendo la descarga de aguas contaminada por partículas en suspensión de aceite y de jabón.

Además esta propuesta conlleva beneficios al propio auto lavado del Ángel debido a que un determinado tiempo el costo por consumo de agua se reduciría por la reutilización del agua que generará el sistema de tratamiento, al producir un consumo óptimo de agua y una imagen amigable al ambiente por ser una estrategia preventiva de uso racional y conservación del agua potable.

OBJETIVO GENERAL

Fomentar el tratamiento del agua en los negocios de lavado de autos mediante la reutilización, disminución de descargas y contaminación de aguas de los ríos, mares y océanos.

Objetivos específicos

- El aprovechamiento óptimo del agua
- La reutilización del agua en el lavado y engrasado de autos del Ángel
- Reducir el costo a largo plazo que genera el uso del agua
- Aminorar el daño ambiental al descargar a los drenajes agua contaminada que conlleva jabón, champúes, grasa y aceites del lavado y engrasado.

INDICE

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I	5
INTRODUCCIÓN	16
ANTECEDENTES	18
FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	18
CONTAMINANTES HABITUALES EN LAS AGUAS RESIDUALES	18
CAPITULO II	9
ESTADO DEL ARTE	22
EN EL SERVICIO DE LAVADO Y ENGRASADO DEL ANGEL.....	24
CAPITULO III	14
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	28
IMPORTANCIA DEL AGUA	28
CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE	29
OPCIONES PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA.....	31
Opciones de suministro	31
Opciones de reutilización.....	33
TIPOS DE AGUAS RESIDUALES.....	33
CAPÍTULO IV	23
MARCO NORMATIVO	39
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	43
CAPITULO V	31
SISTEMA PROPUESTO	48
CONTENIDO DEL AGUA A TRATAR (AFLUENTE).....	48
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA.....	49
DESARENADO	49
SEPARACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DEL AFLUENTE	51

FILTROS (PARA RETIRAR PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN QUE PROVOCAN LA TURBIDEZ ENTRE OTRAS CARACTERÍSTICAS	53
Calculo de la potencia para el motor de la bomba del sistema cisterna –filtro al tinaco.....	57
1) FILTRO MULTICAMA	58
2) FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	62
DIAGRAMA DEL SISTEMA PROPUESTO	66
ESTIMACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....	67
CONCLUSIÓN	69
BIBLIOGRAFÍA	71
GLOSARIO	73
ANEXOS	79
Anexo A1. Filtros carbón activado.....	80
Anexo A2. Filtros Multicama.....	81
Anexo A3. Conversión de unidades del SI (Métrico) a Inglés e inglés al SI ..	83
Anexo A4. Abreviaturas Y Símbolos	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. LITROS DE AGUA Y TIEMPO UTILIZADO PARA LAVAR UN VEHÍCULO, TOMANDO EN CUENTA SOLO EL TIEMPO EN EL QUE SE ARROJA AGUA AL DRENAJE.	25
TABLA 2. TOTAL DE LITROS DE AGUA PARA EL LAVADO DE AUTOS.	26
TABLA 3. CALENDARIO ESTABLECIDO EN LA NOM-001-SEMARNAT-1996	40
TABLA 4. LIMITES DE ALGUNOS PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN LA NOM-003-SEMARNAT-1997, PARA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN SERVICIOS AL PÚBLICO.	43
TABLA 5. TAMAÑO DE LA ARENA	48
TABLA 6. DIMENSIÓN DEL TANQUE Y CANTIDAD DE MATERIAL FILTRANTE SEGÚN LOS LPM REQUERIDOS.....	60
TABLA 7. ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN.	60
TABLA 8. PROPIEDADES	61
TABLA 9. DIMENSIÓN DEL TANQUE Y CAPACIDAD DE MATERIAL FILTRANTE (CARBÓN ACTIVADO).....	64
TABLA 10. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CARBÓN ACTIVADO.	65
TABLA 11. PRESUPUESTO DEL EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA PROPUESTO.....	67
TABLA 12. PRESUPUESTO DE LA MANO DE OBRA POR LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LAS FUENTES DE AGUA COMO PORCENTAJES DEL ABASTO TOTAL (FUENTE: VAN DER LEEDEN)	30
FIGURA 2. ESQUEMA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO QUE UTILIZA UNA FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL.....	45
FIGURA 3. TRAMPA DE ACEITE POR MEDIO DE VASOS COMUNICANTES	53
FIGURA 4. CONSTRUCCIÓN DE UN LECHO DE FILTRO	55
FIGURA 5. CORTE TRANSVERSAL DE UN FILTRO DE ARENA RÁPIDO (ADAPTADO DE LINSLEY Y FRANZINI).....	56
FIGURA 6. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA EN EL AUTOLAVADO.....	66

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales de gran importancia, y junto con el aire esencial para la vida humana.

La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas, ya sea por el desabasto (inaccesibilidad) o por la calidad de agua que llega hasta ciertos lugares. Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

El agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza y cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, en contra de lo que pudiera parecer, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano. Más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas, y no están disponibles para casi ningún propósito. Del 3% restante, por encima del 2% se encuentra en estado sólido, resultando prácticamente inaccesible. Por tanto, podemos terminar diciendo que para el hombre y sus diversas actividades industriales y agrícolas, sólo resta un 0,62 % que se encuentra en lagos, ríos y agua subterráneas. La cantidad de agua disponible es ciertamente escasa, aunque mayor problema es aún su distribución irregular en el planeta.

El uso de los recursos naturales provoca un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen y en los ecosistemas en donde se utilizan. El caso del agua es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro de agua provoca una mayor carga de aguas residuales. Si se entiende por desarrollo sustentable (sostenible) aquel que permita compatibilizar (equilibrar) el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas.

Hay que considerar también que el hombre influye sobre el ciclo del agua de dos formas distintas, bien directamente mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas, o bien indirectamente alterando la vegetación y la calidad de las aguas.

Nuestro mundo por muchos años ha sido descuidado y maltratado por nosotros los seres humanos. La industrialización y el modernismo son algunos factores que ayudan a la contaminación de nuestro ambiente. Pero... ¿Por qué no utilizar la industrialización y tecnología a nuestro favor?

El presente proyecto propone un sistema de tratamiento de agua para ser implementado en un autolavado que diariamente arroja agua contaminada de aceite, grasas y partículas de jabón al alcantarillado para descargarse en el río, que además de contaminar el agua de los ríos, se le da un uso insostenible (irracional) como si el abastecimiento de la misma no fuese un problema fuerte hoy en día...debido al pequeño porcentaje que solo podemos utilizar. Consiste en la separación de arena y aceite además de la grasa del agua aprovechando la gravedad y la densidad de las partículas, posterior a esto el agua fluye a una cisterna en la que terminan de sedimentar los sólidos para pasar a través de filtros que retienen la turbidez y malos olores del agua para así ser almacenada en los tinacos de su pronta utilización.

De esta manera al ser tratada el agua que se utiliza en el lavado de autos se podrá aprovechar para su mismo proceso, logrando así un uso sostenible sin despilfarro y menor aportación a la contaminación de los ríos. Además bien podría ser implementado en los diversos autos lavados logrando así un gran ahorro de agua que escasea en ya numerosos lugares.

ANTECEDENTES

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En la actualidad, una de las fuentes de contaminación de los cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas y mares son las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, los campos agropecuarios y las ciudades. Estas descargas contaminan el agua al aportar a los causes materia orgánica, heces fecales, detergentes, colorantes, grasas y aceites, sustancias químicas, patógenos, metales pesados entre otros; todos estos contaminantes disminuyen la calidad del agua haciéndola no apta para consumo humano, ni para la vida de organismos presentes en estos cuerpos de agua, afectando de esta manera el ecosistema y el ambiente en general. Por esto, es de suma importancia potabilizar el agua antes de su uso así como su tratamiento después del mismo.

En ingeniería ambiental el término “tratamiento de aguas” conjunta las operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico, cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables del agua. La finalidad de estas operaciones es obtener el agua con las características adecuadas para su uso o para su disposición final, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de origen como de su destino final.

CONTAMINANTES HABITUALES EN LAS AGUAS RESIDUALES

Arenas

Entendemos como tales, a una serie de particular de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando

están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

Grasas y Aceites

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie de esta dando lugar a la aparición de natas y espumas.

Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Residuos Con Requerimiento De Oxígeno

Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se llevan a cabo por consumo de oxígenos del medio. Estas oxidaciones se realizan bien por vía química o biológica.

Nitrógeno y Fósforo

Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

Agentes provenientes de animales incluyendo el ser humano

Son organismos que pueden estar contenidos en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

Otros Contaminantes Específicos

Incluyen sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos, por ejemplo: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE

1. En 1994, cuando entro en vigor la norma NOM-CCA-031-ECOL/93, para las descargas de lavado automotriz, simultáneamente al contrato, con Automóviles Metropolitanos S.A. de C.V. para diseñar e instalar una planta de tratamiento que la cumpliera, se adquirió el conocimiento del ozono como oxidante, del que se hicieron evidentes sus ventajas:
 - Oxidante natural que no deja residual, característica que le permite reciclar aguas residuales, entendiendo por reciclar el realizar siempre el mismo servicio con la misma agua, en un sistema cerrado en el que no sean necesarias las descargas.
 - Se produce en el sitio a partir del oxígeno del aire, mediante un transformador de corriente eléctrica, que provoca en un electrodo el arco eléctrico que lo transforma en O₃ (Ozono).
 - Su acción oxidante es, cuando menos, 3,000 veces superior al cloro.
 - Su vida es menor a 15 minutos, se transformándose nuevamente en oxígeno, que no es dañino.

Este hallazgo y su aplicación en el diseño de sistemas de tratamiento de agua residual, producto de lavado automotriz, la transformó en una recicladora, que permitió realizar el servicio siempre con la misma agua.

La incorporación de esta experiencia a proyectos nuevos, ha concluido en el **“Sistema Integral de Abasto y Saneamiento de Agua con Descarga CERO” (SIASA)**, siendo:

- De aplicación universal, satisface los requerimientos de todo tipo de inmuebles y servicios a los que se aplica.
- Insertado en el ciclo hidrológico natural, sin alterarlo, después de la condensación y precipitación pluvial, mediante un mecanismo de captación que la controla y maneja durante eventos extraordinarios y

permite que el consumo del inmueble durante el temporal, se efectúe con agua de lluvia, se almacene la que resulte conveniente y económico al usuario para el estiaje y facilite que los excedentes se infiltren de manera natural para recarga de acuíferos y mantos freáticos.

- Incluido en el reúso de las aguas residuales de un servicio en otro y/o su reciclaje, mediante el tratamiento idóneo por tipo de contaminante, que le permita reusarla “n” veces, sin que exista descarga alguna y si la hubiese, sería de excedentes de agua tratada limpia, para terminar de insertarse al ciclo hidrológico al facilitar su infiltración para recarga de mantos freáticos.

Contribuye a:

1. **Control de la demanda.** Desarrollar hábitos y técnicas orientadas al ahorro del recurso:

- Efectuar presupuestos de consumo por servicio, en calidad y cantidad
- Medir lo consumido
- Pagar a tarifas reales el consumo
- Reutilizar agua residual producto de un servicio en otro

Reciclar, en el entendido de utilizar siempre la misma agua en el mismo servicio.

2. **Descarga cero.** Evitar descargas de agua contaminada de sulfatos, nitratos y aceite que esta contiene después del proceso de lavado de un auto, al drenaje, desarrollando procesos adecuados que permitan el reúso del agua misma.

EN EL SERVICIO DE LAVADO Y ENGRASADO DEL ANGEL

Cabe señalar que el beneficio y efectividad del proceso que requiere el lavado y engrasado del Angel depende del tratamiento específico de esta agua según sus contaminantes.

El proceso de lavado de carrocerías se realiza por los siguientes pasos:

- Sacar tapetes del auto y lavarlos
- Aspirar el interior del vehículo
- Enjuagar la carrocería para quitar polvo y suciedad, con un pistola a presión
- Lavar el auto con jabón
- Enjuagar la carrocería con pistola a presión
- Secar el auto
- Limpiar vidrios
- Acomodar tapetes dentro del auto y aplicar abrillantador para llantas.

Cuando el lavado de auto lleva un servicio completo le anteceden los siguientes pasos:

- Colocar el auto en el gato hidráulico y lavar motor con diesel
- Subir el auto a una altura de 1.5 m para lavar el chasis, salpicaderas y rims con agua a presión
- Aplicar aceite a presión y a bajar el auto

Estos son algunos de los principales puntos que se llevan a cabo durante el lavado, son actividades que no toman más de 50 minutos por auto siendo un servicio completo y, no más de 30 minutos siendo un lavado de carrocería. Como se muestra en la **Tabla 1**.

Tarea	Enjuagado *A presión	Tiempo	Enjuagado A *cubetadas	Tiempo	Tiempo total de servicio completo
lavado de carrocería	19 litros	2 minutos	48 litros	6 minutos	25 minutos
Lavado de chasis y motor	38 litros	4 minutos	-----	-----	20 minutos
Lavado completo	57 litros	6 minutos	68 litros	10 minutos	45 minutos

Tabla 1. Litros de agua y tiempo utilizado para lavar un vehículo, tomando en cuenta solo el tiempo en el que se arroja agua al drenaje.

* La máquina para agua a alta presión (karcher) arroja 9.5 lt/min de agua

* Las cubetas contienen 4 lt. de agua que son arrojadas al instante después de que son acarreadas

Considerando los datos aportados en la **tabla 1** se puede deducir que al lavar un auto utilizando una karcher se arrojan 9.5 lt/min y al lavar un auto utilizando cubetas para lavar la carrocería y karcher para lavar el chasis se arrojan 6.8 lt/min puesto que la carrocería si se lava a cubetadas pero el chasis a presión. Al finalizar el día el autolavado lava de 60 a 75 autos siendo un día bueno de trabajo y entre estos autos no más de 25 con un servicio completo. Mientras que siendo un día con poco trabajo se lavan de 45 a 60 autos de estos no más de 15 servicios completos. Tomando en cuenta el mayor desperdicio de agua que es lavando la carrocería a cubetadas y el chasis a presión, se utilizan 4550 litros de agua en la jornada laboral para el lavado de autos. Como se muestra en la **Tabla 2**.

75 autos (lavado de carrocería)	*	48 lt	=	3600 lt
25 lavados de chasis	*	38 lt	=	950 lt
			suma	4550 lt

Tabla 2. Total de litros de agua para el lavado de autos.

Se utilizan 4550 litros de agua para lavar todos los carros que llegan en la jornada laboral, tomando en cuenta que se utiliza agua para el lavado de manos del personal y del propio establecimiento además de un margen considerable, se tiene que el agua a tratar son 6000 litros por jornada laboral.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua unifica los sistemas físicos (como la atmósfera, los suelos y las rocas) con los sistemas vivos, lo cual también es un factor importante en la sociedad humana, pues afecta la forma en que las personas se relacionan unas con otras por medio de una intrincada red de leyes, derechos, servicios y actividades. El uso de reservas limitadas de agua por cualquier segmento de la sociedad afecta a las demás personas y organismos vivos.

Con el tiempo, el agua corriente impulsó máquinas que cortaban madera, molían granos y suministraban potencia motriz para muchos procesos industriales. La abundancia del agua la hacía ideal como disolvente universal para limpiar y arrastrar todo tipo de residuos de las actividades humanas. Hasta hace poco tiempo el enfoque del suministro de agua para cualquier propósito era sencillo: o bien hasta el lugar donde se necesitaba. Una vez utilizada, el agua se descargaba por lo general en el cuerpo de agua más próximo, en muchos casos en la misma fuente de la cual procedía. El suministro a bajo costo de grandes cantidades de agua fue uno de los cimientos de la sociedad moderna.

El crecimiento exponencial de la población y la expansión industrial crearon la necesidad de suministrar y distribuir agua en mayores cantidades. Esta necesidad se satisfizo construyendo presas, embalses, desviaciones de ríos, tuberías y acueductos para llevar agua desde fuentes distantes y no contaminadas. La aplicación generalizada de la tecnología moderna a la provisión de agua en abundancia para usos municipales, industriales y agrícolas sin restricción, sin incentivos que alienten su reutilización o conservación, ha incrementado en alto grado la competencia por fuentes limitadas de agua fácilmente accesible. Ciertas actividades, como las grandes extracciones de agua para fines mineros o agrícolas, que antes no

afectaban a otros usuarios del agua, ahora inciden de manera directa en la provisión de agua municipal de ciudades que están a cientos kilómetros de distancias. Además de los problemas técnicos que implica la satisfacción de las necesidades de agua, existen crecientes preocupaciones ambientales que es preciso atender. Las inquietudes acerca de los efectos de largo plazo del uso del agua y la pérdida de la misma para fines estéticos y recreativos suelen hallarse en conflicto con el objetivo de mantener un suministro de agua a bajo costo.

CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE

El agua en todas sus formas constituye una provisión fija aproximada de $1.36 \times 10^{18} \text{ m}^3$. Esta suma astronómica hace difícil entender por qué existe escasez en muchos lugares, la cantidad se reduce de forma drástica. Aproximadamente el 97.2% de la provisión mundial de agua se encuentra en los océanos. El 2.8% restante es agua dulce, pero más del 75% de esta cantidad está encerrada en los bancos de hielo polares, en el suelo y en formaciones rocosas, y en la atmósfera, lo cual deja menos del 25% disponible como agua superficial y subterránea. Desafortunadamente, el acceso a más del 99.4% de estas aguas de superficie y subterráneas no es fácil, y dependemos del 0.6% que está para abastecernos de agua. **Figura 1**

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, Agua para todos, agua para la vida (marzo 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los $1.170 \text{ km}^3 / \text{año}$, cifra que en 1995 se situaba en $752 \text{ km}^3 / \text{año}$. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se

vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

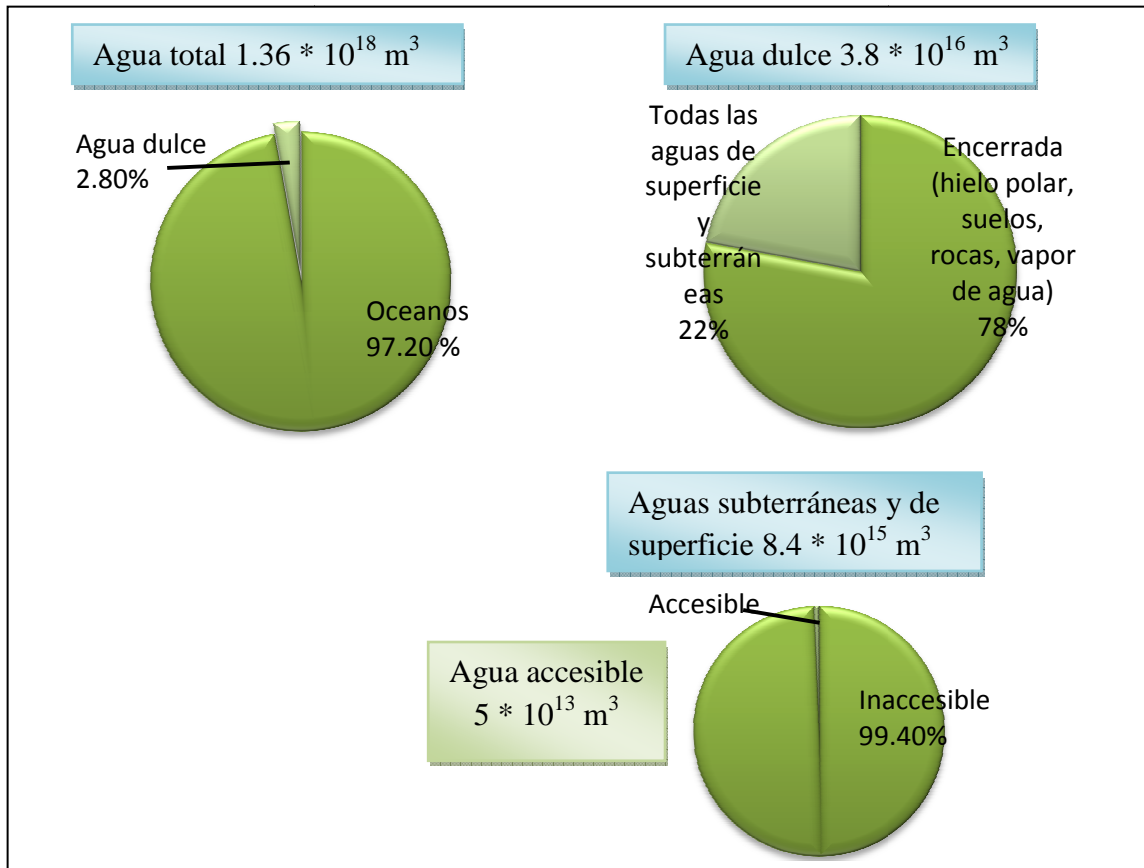


Figura 1. Las fuentes de agua como porcentajes del abasto total (Fuente: Van der Leeden)

Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos.

Es el caso de España, la nación europea con mayor déficit hídrico. Según el Libro Blanco del Agua, el consumo en España es de $35.000 \text{ Hm}^3/\text{año}$. Sin embargo, su uso presenta particularidades respecto a la media mundial, ya que el 68% se destina a regadío, el 18% a abastecimiento de población e industria, y el 14% restante a sistemas de refrigeración de producción de energía.

OPCIONES PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA

La creciente demanda de agua ha llevado a muchos países que en conjunto contienen alrededor del 30% de la provisión de agua dulce del mundo, a examinar formas de suministrar el agua indispensable conservando las reservas para uso futuro.

Se puede identificar dos enfoques principales. El primero consiste en emplear grandes proyectos de ingeniería para obtener más agua de diversos sistemas dulces antes de que estos desagüen en el océano. Esta solución conocida como tipo de suministros. El segundo se basa en un mayor reciclado del agua tanto construido como natural, antes de que el agua se pierda por evaporación o regrese a la reserva oceánica. Este enfoque se describe como tipo de reutilización, el cual, en efecto, vuelve a recircular el agua como un subciclo del ciclo hidrológico global.

Opciones de suministro

1. Las presas y embalses son los medios más antiguos para controlar el flujo de agua. Sus beneficios son la igualación y control del flujo de las corrientes, la generación de energía eléctrica, el control de crecidas y sequías y la recreación. Por otro lado, los problemas incluyendo incluyen el azolvamiento de los embalses con el tiempo, mayores pérdidas por evaporación debido a la gran área superficial y la reducción de los flujos en los deltas de los ríos en áreas costeras, la cual permite la entrada de agua salada.

2. Las desviaciones de corrientes de agua de un área a otra se están empleando en mayor proporción, en especial en especial en California, a partir de la importante desviación del río Colorado en 1931 para abastecer la ciudad de Los Ángeles. Los beneficios de un suministro abundante de agua para el desarrollo doméstico e industrial son obvios. Las desventajas de estos proyectos de gran envergadura son: su costo, las pérdidas por

evaporación y la tendencia a causar acumulación de sales y deterioro de suelos por un drenaje inadecuado de los proyectos de irrigación.

3. Las aguas subterráneas contienen el 97% de toda el agua dulce de estados Unidos y abastecen alrededor del 20% de las necesidades del país. Esta fuente por lo general es de mejor calidad que el agua superficial y se puede extraer para su uso en áreas alejadas de las redes municipales de distribución. La extracción de aguas subterráneas se debe limitar a la rapidez con la cual se recarga el acuífero; de lo contrario, el nivel freático de agua subterráneo bajará, se reducirá la cantidad disponible y aumentara el costo de su extracción. La recarga de acuíferos relativamente poco profundos se hace con bastante facilidad, pero las reservas profundas en áreas secas pueden requerir cientos de años para recargarse y por tanto son, en términos prácticos, no renovables.

4. La desalinización es objeto de una atención cada vez mayor conforme los países áridos informan de éxitos en ciertas aplicaciones. La osmosis inversa (OI), que obliga el paso del agua a través de una membrana semipermeable que deja pasar el agua pero retiene las sales disueltas, es el más práctico de varios métodos de desalinización, entre ellos la destilación convencional. Las unidades de OI son costosas y consumen una cantidad relativamente grande de energía, pero a medida que su uso se incremente serán más económicas para la purificación del agua.

5. El uso de icebergs como fuente de abastecimiento de agua para ciudades costeras áridas es objeto de atención de tiempo en tiempo. Entre los problemas aún no resueltos se cuentan los efectos ambientales, la fusión durante el transito y los métodos para fundir el hielo y llevar el agua a tierra.

6. La reubicación de la población lejos de las áreas donde hay escasez de agua o que ya soportan tantos usuarios cómo es posible es una alternativa obvia. Esta opción será objeto de mayor atención a medida que el

costo del agua aumente y se pongan en práctica el reciclado y la conservación.

Opciones de reutilización

1. Un mejor tratamiento para permitir una mayor reutilización de aguas que se han contaminado será un elemento vital en las futuras políticas de recursos hidráulicos. Cuando no se puede recurrir a nuevas fuentes, el aumento en el número de veces que el agua se reutiliza antes de su regreso al ciclo hidrológico será el único medio de satisfacer la demanda a largo plazo, puesto que la cantidad total de agua disponible es fija.

2. La reducción de la evaporación de superficies acuáticas tiene el potencial de disminuir de manera significativa el consumo de agua en la agricultura, el mayor usuario individual de recursos hidráulicos.

3. Las técnicas de conservación de agua podrían tener una eficacia inmediata para ampliar los recursos de agua dulce. Incluso medidas relativamente sencillas, como la instalación de accesorios especiales en grifos y duchas, permiten ahorrar una buena cantidad de agua. La mayor parte del equipo industrial que utiliza agua fue proyectado bajo el supuesto de una abundante provisión de agua. Por consiguiente, un diseño eficiente reducirá de manera drástica las necesidades industriales de agua. No todas las técnicas de conservación son de naturaleza técnica.

4. Los cambios en las actitudes sociales y económicas en relación con el abastecimiento y distribución de agua dulce también desempeñan un papel importante en la conservación del agua.

TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición y tratamiento.

Aguas Residuales Urbanas

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

Los aportes que generan esta agua son:

Aguas Pluviales. Proceden del agua de lluvia recogida en los tejados y cubiertas de las edificaciones.

Las aguas grises. Son todas aquellas que son usadas para nuestra higiene corporal o de nuestra casa y sus utensilios. Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables. Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto

Las aguas negras. Son un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. También se les llama aguas servidas, aguas residuales, aguas fecales, o aguas cloacales. Residuales, pues han sido usadas y por tanto constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere.

Aguas Residuales Industriales

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua.

Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

A veces, las industrias no emite vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial.

Estas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar. Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

El predominio de un fin u otro en el tratamiento de aguas residuales municipales depende de las condiciones locales, especialmente de la abundancia o escasez de recursos hídricos: históricamente, la reutilización se ha establecido de manera pionera en las regiones con escasez de agua, mientras se ha evitado o pospuesto en las regiones ricas en agua.

El tipo de tecnología utilizada en el tratamiento de aguas residuales municipales depende no sólo del destino del agua residual, sino de la disponibilidad de recursos materiales y humanos para construir y operar las plantas de tratamiento. Estos y otros condicionantes han determinado el desarrollo de la industria del tratamiento de aguas residuales municipales en México.

En 1992 había en México 394 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, que trataban un caudal de 30,6 m³/s de aguas residuales (CNA, 1999), sobre un total estimado (Escalas, 2006) de 187 m³/s de aguas residuales recolectadas por las redes de alcantarillado. Es decir, se trataba sólo 19% de las aguas residuales municipales conducidas a los sistemas de alcantarillado. Operaban, por tanto, un número reducido de

plantas de tratamiento para las necesidades del país, tratando un porcentaje reducido del caudal total de aguas residuales. Además, a finales de los años noventa 39% de las plantas de tratamiento estaba fuera de operación (CNA, 1999), un porcentaje muy elevado. Según diversos expertos del sector, se construyeron un número elevado de plantas de tratamiento que luego los ayuntamientos no podían operar, normalmente por falta de recursos económicos y humanos para gestionar su operación.

Esta ha sido una situación recurrente en México, hasta que los tres niveles de gobierno han incrementado sus recursos y su compromiso con el tratamiento de las aguas residuales municipales. En muchos municipios mexicanos, no existía una estructura adecuada de tarifas del servicio de agua y saneamiento, lo que impedía la autosuficiencia de este servicio (incluido el tratamiento de las aguas residuales). En muchos casos, el municipio tampoco disponía de financiamiento alternativo suficiente para subsidiar los costos de agua potable y saneamiento. Esta situación subsiste en parte, especialmente en los municipios de las zonas más deprimidas

CAPÍTULO IV

MARCO NORMATIVO

En 1997 y 1998 se promulgaron las normas oficiales mexicanas (NOM), actualmente vigentes, sobre descargas de aguas residuales. Son decretos federales de obligado cumplimiento, que establecen los límites de descarga (vertido) a los diferentes cuerpos de agua y al suelo, así como a las redes de alcantarillado: NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996¹, respectivamente.

Estas normas supusieron un marco regulador unificado para todos los municipios y usuarios de las redes de alcantarillado. Los límites de descarga de aguas residuales municipales a cuerpos receptores se establecieron en función de los cuerpos de agua, mientras que la descarga a alcantarillado se unificó y ya no dependió de la actividad de la industria: se derogaron normas anteriores que establecían la normativa de descarga según el ramo industrial.

Los límites establecidos por las NOM mencionadas son en general bastante permisivos.

Sin embargo, establecieron un marco normativo generalizado y un calendario escalonado de implantación de la norma, que debía favorecer la generalización del saneamiento integral de las aguas residuales en el país.

Descargas a suelo y cuerpos de agua

La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles en la descarga a suelo y agua en función de los tipos de cuerpos receptores establecidos en la Ley Federal de Derechos. En la descarga a río con “protección de la vida acuática” se establecen límites moderadamente altos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y “n” sólidos suspendidos totales (SST) de 30 y 40 mg/l, respectivamente (promedios mensuales). En

¹ Anteriormente conocidas por NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1997, nomenclatura que en parte subsiste, pese a su modificación según acuerdo de la Semarnat publicado en el DOF el 23/04/2003.

cambio, en la descarga a ríos calificados para “uso en riego agrícola” se establecen límites de 150 mg/L, tanto para DBO5 como para SST. Y para la descarga al suelo para riego agrícola, no se establecen límites de DBO5 ni de SST. Esto implica en la práctica que para algunas aguas residuales diluidas no se requeriría tratamiento alguno, o bastaría con una sedimentación primaria para cumplir con la normativa de descarga.

Sin embargo, y en contradicción con lo anterior, el límite de patógenos en todos los tipos de descarga se establece en un promedio mensual de 1000 NMP de CF/100 ml (número más probable de coliformes fecales por 100 ml): este límite sería probablemente excesivamente estricto para determinados cultivos y técnicas de riego. En cambio, resultaría demasiado permisivo para otros cultivos o técnicas de riego. De hecho, estas concentraciones de CF se consiguen normalmente tras un proceso secundario y una desinfección. Estas y otras cuestiones están siendo consideradas, y se preparan revisiones a las NOM en los próximos años.

Proceso de implantación de las normas

La **Tabla 3** muestra el calendario de implantación previsto para la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Descargas municipales	
Fecha de cumplimiento a partir de:	Rango de población
1 de enero del 2000	Mayor de 50000 habitantes
1 de enero de 2005	De 20001 a 50000 habitantes
1 de enero de 2010	De 2010 de 2501 a 20000 habitantes

Tabla 3. Calendario establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996

Este calendario fue incumplido por la mayoría de municipios de más de 20 000 habitantes, sobre todo por falta de recursos financieros. Al incumplir la

normativa, los municipios incurrieron en deudas con la Federación por impago de los derechos de descarga establecidos en la Ley Federal de Derechos.

Para estimular el cumplimiento de la normativa, sucesivos decretos federales ofrecieron a los municipios la condonación de las deudas a cambio de que elaboraran y ejecutaran planes para establecer el saneamiento de sus aguas residuales. La condonación de la deuda quedó condicionada al cumplimiento trimestral de los objetivos de un programa, de lo contrario el municipio debería pagar los derechos, que serían descontados de sus participaciones federales. Este proceso se instrumentó a través del Programa de Acciones para el Saneamiento (PAS) (Sánchez Luna, 2004).

El PAS se ofreció inicialmente a poblaciones de más de 20 000 habitantes (un total de 306 en todo el país). A finales de 2004, 288 poblaciones se habían adherido al programa, de las que 232 estaban desarrollando acciones de saneamiento (CONAPO, 2004). En noviembre de 2004 se abrió el programa a las poblaciones de más de 2 500 habitantes.

Aún no se han podido obtener todos los resultados esperados del PAS, puesto que muchas obras están en fase de proyecto o ejecución.

En diciembre de 2004 funcionaban en México 1 300 PTAR municipales, que trataban un caudal de 64,5 m³/s (CNA, 2005), lo que representaba 31,5% del caudal recolectado por los sistemas de alcantarillado. Entre 1992 y 2004 se pasó de 394 a 1 300 plantas en operación, y de 30,6 a 64,5 m³/s de aguas residuales municipales tratadas. La cobertura del tratamiento pasó de 19% a 31.5%, lo que todavía es un valor bajo. Sin embargo, localmente se han producido incrementos sustanciales en el porcentaje de aguas residuales que son depuradas, o en el número de plantas en construcción.

Normativa para la reutilización del agua residual municipal

La normativa para la reutilización agrícola quedó establecida en la NOM-001-

SEMARNAT-1996. En la reutilización para uso público urbano (parques, jardines, camellones,...) rige la NOM-003-SEMARNAT-1997. La **Tabla 4** muestra los límites establecidos en los principales parámetros por la NOM-003-SEMARNAT-1997. Se establecen los límites de patógenos en 1 000 NMP de CF/100 mL para reutilización sin contacto directo con el público, y de 240 NMP CF/100 mL para reutilización con contacto directo con el público.

En la práctica, las autoridades y los operadores de plantas de tratamiento han establecido valores muy inferiores de CF en el agua para uso público urbano. En varias plantas de PTAR municipales de San Luis Potosí, los valores reales de CF en riego de parques públicos y campos de golf se encuentra por debajo de 5 NMP/100 ml.

Tipo de reuso	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto h/L	Grasas y aceites mg/L	DBO₅ mg/L	SST mg/L
Servicios al público con contacto directo	240	1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1000	5	15	30	30

Tabla 4. Límites de algunos parámetros establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-1997, para reutilización de aguas residuales en servicios al público.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos mecánico-físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el medio ambiente y, un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo), apropiado para su disposición o reuso.

A este tratamiento es muy común llamarlo depuración de aguas residuales, para diferenciarlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas residuales son generadas por uso doméstico de las viviendas, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual se generan (por ejemplo: fosas sépticas u otros medios de depuración) o bien pueden ser colectadas y conducidas mediante una red de tuberías —y eventualmente bombas— a una planta de tratamiento municipal.

Todas las acciones para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas y/o municipales están típicamente sujetas a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles).

Por otra parte los efluentes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Las actuales plantas de tratamiento de agua se proyectan para suministrar de manera continua agua que satisfaga los estándares de agua potable en las llaves (grifos). Para conseguir esto intervienen cuatro condiciones principales: selección de fuentes, protección de la calidad de agua, métodos de tratamiento por aplicar y, prevención de la contaminación.

Entre las precauciones comunes para impedir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales se ha establecido la prohibición de descargas de alcantarillados sanitarios y pluviales cerca del embalse de agua, la instalación de cercas para impedir la contaminación por uso recreativo, las restricciones a la aplicación de fertilizantes y plaguicidas en áreas que drenan al embalse.

Instituir reglamentos que se ocupen con amplitud de la protección de la fuente puede ser difícil porque en un proyecto específico pueden participar varias jurisdicciones, desde locales hasta federales. Por consiguiente una considerable cooperación política es un requisito previo para la reestructuración de sistemas de abastecimiento de agua a gran escala que ofrezcan certidumbre.

Las principales operaciones unitarias que intervienen en el tratamiento de aguas superficiales son las de tamizado, coagulación/floculación, sedimentación, filtración.

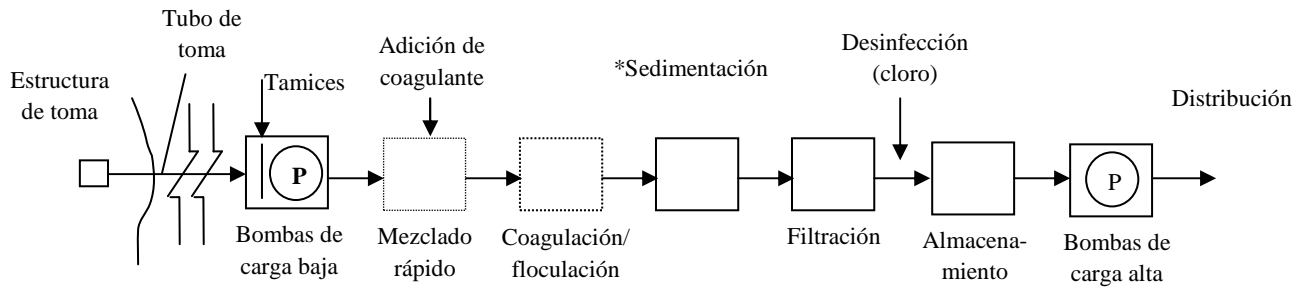
Las operaciones de tratamiento de agua llevan a cabo una o más de tres tareas fundamentales:

- Separación de sustancias en suspensión como aceites y sustancias particuladas como arena y arcilla, materia orgánica, bacterias y alga (tratamiento primario)
- Extracción de sustancias disueltas como las que causan color y dureza (tratamiento secundario)
- Extracción o destrucción de bacterias y virus patógenos (tratamiento terciario).

La selección de los procesos de tratamiento depende del tipo de fuente de agua y de la calidad que se desea.

La **figura 2** muestra un bosquejo de una planta típica de tratamiento de aguas superficiales. En donde el agua fluye por gravedad a través de una estructura y un tubo de toma, los tamices quitan los objetos más grandes y

unas bombas de carga baja suben el agua que entra hasta el nivel de la planta de tratamiento; donde en este punto en adelante el agua recorre la planta por gravedad.



*Cuando se requiere

Figura 2. Esquema de una planta de tratamiento que utiliza una fuente de agua superficial

En ocasiones, el agua sin tratamiento y de baja turbidez se trata por sedimentación simple (sin aditivos químicos) para retirar las partículas más grandes, y después la filtración para eliminar las pocas partículas que no se sedimentaron. Sin embargo, por lo común las partículas del agua sin tratamiento son demasiado pequeñas para separarse en un tiempo razonablemente breve solo por sedimentación y filtración simple. A fin de remedar esto se agrega un producto químico para coagular/flocular las partículas pequeñas llamadas coloides, en otras más grandes susceptibles de asentarse en tanques de sedimentación o separarse de manera directa en un filtro. Cuando una sedimentación antecede a la filtración, los filtros pueden operar por periodos más largos, o a velocidades mayores, antes de que sea necesario lavarlos a contracorriente. El agua clarificada que se toma de la parte superior de los tanques de sedimentación se lleva a los filtros, donde todas las partículas residuales en suspensión se separan por colado, asentamiento y adhesión a la arena u otro material filtrante a medida que el agua fluye por los pequeños poros del lecho del filtro. La filtración del agua coagulada/floculada sin previa sedimentación (llamada filtración directa) es

eficaz para aguas de baja turbidez (de 5 a 20 Unidades) y de hecho constituye la práctica en muchas de las recientes plantas de tratamiento de agua. Después de la filtración y antes de que fluya al depósito de almacenamiento el agua se desinfecta, por lo general con cloro. Después, el agua tratada se bombea (por medio de bombas de carga alta) al sistema de distribución para surtir a los clientes y para mantener los niveles en los depósitos de almacenamiento si es necesario.

Eliminación del hierro del agua potable

Los métodos para eliminar el exceso de hierro incluyen generalmente transformación del agua clorada en una disolución generalmente básica utilizando cal apagada; oxidación del hierro mediante el ion hipoclorito y precipitación del hidróxido férrico de la solución básica. Mientras todo esto ocurre el ion Cl^+ está destruyendo los microorganismos patógenos del agua.

Eliminación del oxígeno del agua de las centrales térmicas

Para transformar el agua en vapor en las centrales térmicas se utilizan calderas a altas temperaturas. Como el oxígeno es un agente oxidante, se necesita un agente reductor como la hidrazina para eliminarlo.

Eliminación de los fosfatos de las aguas residuales domésticas

El tratamiento de las aguas residuales domésticas incluye la eliminación de los fosfatos. Un método muy simple consiste en precipitar los fosfatos con cal apagada. Los fosfatos pueden estar presentes de muy diversas formas como el ion Hidrógeno fosfato.

Eliminación de nitratos de las aguas residuales domésticas y procedentes de la industria

Se basa en dos procesos combinados de nitrificación y desnitrificación que conllevan una producción de fango en forma de biomasa fácilmente decantable

CAPITULO V

SISTEMA PROPUESTO

CONTENIDO DEL AGUA A TRATAR (AFLUENTE)

Arena: El auto al ser lavado desprende arena de la carrocería, polvo y arena de los tapetes, arena y lodos de las llantas y rines. Todo esto son sólidos en suspensión que se encuentra en el agua, algunos sólidos siendo la arena notable que logra sedimentarse y otros sólidos que permanecen en suspensión ocasionando cierta turbidez del agua. En la **tabla 5** se muestra los posibles tamaños de la arena a sedimentar en el proceso de tratamiento.

Arena Extra Gruesa	Gran. 3.0 a 5.0mm
Arena Gruesa	Gran. 2.0 a 3.0mm
Arena Media	Gran. 1.0 a 2.0mm
Arena Fina	Gran. 0.7 a 1.2mm
Tierra	Gran. 0.3 a 0.8mm

Tabla 5. Tamaño de la arena

Bolsas, envolturas, partículas grandes: el auto tiene una limpieza por dentro además de ser aspirado, los desechos de basura son arrojados al área de lavado que corren no en su totalidad al punto de desagüe. Esta basura resulta ser: envolturas, bolsas de polietileno, hojas o papel, palitos de madera de paletas, entre otros de similar tamaño.

Jabón: Para el lavado de los autos se requiere agua jabonosa lo cual es preparada antes de empezar la jornada de trabajo, siendo 2 tambos de 200lt de agua con 1/2 kg. de jabón respectivamente y 2 garrafas de 20 litros de agua con 1/4 kg. de jabón respectivamente; en total 1 kilogramo y medio de jabón (axión).

Grasa y aceite: cuando hay servicios completos de lavado se aplica ½ litro de aceite para carros chicos y 1 litro de aceite para camionetas en toda la parte del chasis que sirve de lubricación y protección contra la corrosión; al

aplicar este aceite al chasis de los autos cae al suelo una mínima parte de aceite que es mezclado con el agua que va a dar al alcantarillado.

Estos componentes que se mezclan con el agua al finalizar el lavado de autos, son la causa de que el agua no pueda utilizarse de nuevo para el mismo ciclo. El agua corre hacia un canal de desagüe estando revuelta con los elementos para la limpieza del auto.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

DESARENADO

Los desarenadores empleados en tratamientos de agua potable son generalmente rectangulares de tipo canal, es decir se trata simplemente de un canal en donde la velocidad del agua se reduce propiciando de esta forma la sedimentación de las partículas granulares. Bien podrían separarse mediante un ciclón pero hay peligro de desgaste por abrasión y se presentan apreciables pérdidas de carga, no obstante en estos se obtiene un excelente rendimiento aún con arenas más pequeñas.

El desarenado es apropiado para:

- Evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones,
- Proteger las bombas y otros aparatos de la abrasión.
- Evitar sobrecargas en las siguientes fases del tratamiento.

En aguas potables, el proceso de desarenado se sitúa frecuentemente en la captación, sin embargo si durante el transporte el agua ha recogido sedimentos, puede ser necesario un nuevo desarenado en la planta. La extracción de la arena se puede realizar directamente con una bomba aspirante, montada sobre un puente móvil, por barrido con cadenas sin fin, puentes de rasquetas o extraído manualmente.

Este tipo de desarenado se encuentra siendo aplicado en el lavado, para evitar que se desagüe al drenaje los costales de arena que semanalmente retiran de los canales (alcantarillas locales del propio autolavado).

Estos canales son zangas situadas en todo el extremo del lavado para:

- Evitar escurrir el agua hacia la calle
- Evitar que el agua con alto grado de partículas se deposite en la alcantarillado
- Recolectar la arena cada semana en ocasiones según se note a simple vista la altura del estancamiento de la arena.

Funcionamiento

En todo el extremo final del lavado está situado un canal con parrilla de 1.30 m de profundidad con 0.40 m de ancho en todo el canal. En este va a parar toda el agua con arena y partículas, aquí logra sedimentarse la mayor cantidad de arena; y la arena que no se ha sedimentado, al rebasar el agua el nivel de esta zanja pasara a otro compartimiento con 1.10 m de profundidad y 0.40m de ancho permitiendo sedimentar la arena que no lo ha hecho; y por último se encuentra un canal de 1 m de profundidad que sirve como margen de error de las posibles partículas que no han logrado sedimentarse, teniendo un mayor tiempo para su asentamiento.

El recorrido del agua de canal a canal del desarenado fluye a través de una malla logrando tamizar la basura que puede caer. Las mallas se encuentran situadas hasta el último extremo de cada canal permitiendo que la basura quede estancada

De esta manera al final del desarenado el agua fluye para el siguiente proceso de eliminación de las grasas y aceite.

SEPARACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DEL AFLUENTE

El manejo de las aguas aceitosas, se lleva a cabo mediante un sistema de separación gravitacional, aprovechando la diferencia de densidad entre el agua y el aceite, eficientes para remover aceite libre o dispersiones fácilmente separables.

La trampa de grasas es un tanque o caja con un separador o tabique en el centro que divide la caja en dos compartimientos. Este tabique o separador no alcanza a tocar el fondo de la caja lo que permite la comunicación de las aguas contenidas en los compartimientos.

Funcionamiento

Uno de los compartimientos denominado compartimiento de entrada, recibe superficialmente las aguas contaminadas con aceites (provenientes del canal perimetral), por diferencia de densidades, las grasas y aceites flotan. Por efecto de vasos comunicantes las aguas sin aceites pasan del primer compartimiento al segundo como se muestra en la **Figura 3**. El aceite que va quedando en la parte alta de la trampa se va recuperando mediante una bomba que se transfiere a tambores.

Para su correcto funcionamiento es necesario que la trampa permanezca siempre con un nivel alto de agua. Adicionalmente es importante recolectar periódicamente el aceite atrapado en una de sus cámaras. Así mismo, vaciar la caja y extraer los sólidos (lodos) que han podido depositarse en el fondo de ésta.

Se debe de tomar en cuenta:

- Calcular el volumen de aceite que se va a descargar (efluente) para determinar el periodo con que se extraerá el aceite de la trampa.
- Estimar el tiempo de vaciado del depósito, máximo dos minutos.

- Diseñar hidráulicamente el interceptor para garantizar el paso del caudal calculado, dándole un tiempo de retención conveniente para que se produzca la separación.
- La relación largo:ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2:1 m a 3:2 m.
- La profundidad no deberá ser menor a 0.80 m.
- La capacidad mínima de la trampa de grasa debe ser de 300 litros.
- Las trampas de grasa pueden ser construidas de metal, ladrillos y concreto, de forma rectangular o circular.

El servicio de lavados tiene como máximo 25 autos que entra al servicio completo y se le aplica un litro de aceite en toda la parte del chasis (no todo el litro de aceite es arrojado al suelo puesto que la mayor parte del aceite queda plasmado en el chasis), considerando que medio litro de aceite fuese arrojado al suelo, se estima que 12 litros y medio de aceite son los que llegan a mezclarse con el agua para dirigirse a la trampa de aceite y que estos litros queden retenidos en la trampa.

La trampa tendrá 2 m de largo y 1 metro de ancho con 2 m de profundidad, quedando así cada compartimiento tendrá 1 m de largo por 1 m de ancho. La capacidad de cada compartimiento será de 2000 litros; tomando en cuenta que en el primer compartimiento se dará la separación; los 12 litros y medios que son arrojados al suelo quedaran perfectamente captados.

El aceite captado en el primer compartimiento puede acumularse durante dos semanas, almacenando en este periodo 187.5 litros de aceite aproximadamente si se tiene mayor demanda de servicios completos en el servicio de lavado. El aceite deberá retirarse en este lapso de tiempo, de no ser posible, las dimensiones de la trampa permite que el aceite sea retirado en los posteriores días.

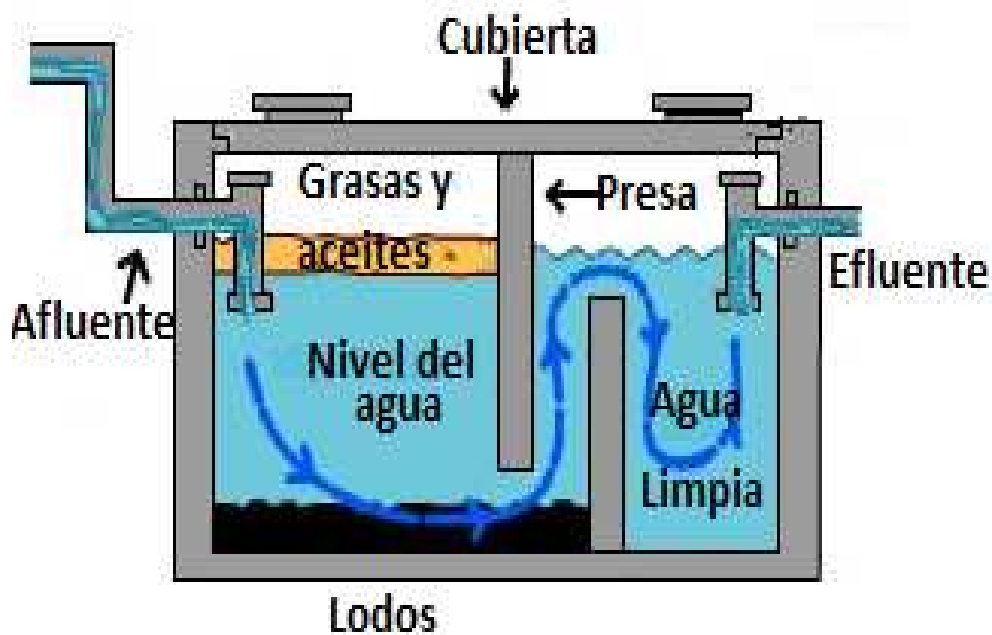


Figura 3. Trampa de aceite por medio de vasos comunicantes .

El agua libre ya de aceite pasa por simple gravedad a una cisterna donde se almacena para su próximo proceso de filtración.

FILTROS (PARA RETIRAR PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN QUE PROVOCAN LA TURBIDEZ ENTRE OTRAS CARACTERÍSTICAS)

Se emplean dos tipos de filtros: el de arena lento y el de arena rápido.

Los **filtros de arena lentos** procesan agua a una velocidad de 3 a 4 L/min. * m² (menos de 0.1 gpm/ft²).

El agua del estanque o cisterna se bombea al interior de grandes litros de arena lentos al aire libre, con o sin una previa sedimentación simple, según la calidad del agua sin tratar. El espesor del lecho de filtración es aproximadamente de 0.6 a 1.2m, con desagües que transportan el agua filtrada al depósito de almacenamiento. Cuando los poros del filtro se obstruyen en grado excesivo, es necesario interrumpir la aplicación de agua

y retirar de forma manual las capas superiores de arena para limpiar el filtro. Los filtros de arena lentos requieren grandes áreas de terreno y mucha mano de obra a causa de la frecuente limpieza necesaria para producir cantidades suficientes de agua. Aunque los filtros de arena lentos pasaron de moda con la introducción de los filtros de arena rápidos, ofrecen un medio práctico de filtración de agua para pequeñas comunidades y municipios en países en vías de desarrollo. En comparación con los filtros de arena rápidos, su construcción es más económica, su operación es más sencilla, y eliminan mejor las bacterias, lo cual es una consideración importante si otros medios de desinfección son pocos confiables.

Los **filtros de arena rápidos** procesan agua a una velocidad de 80 a 160 L/min * m² (de 2 a 4 gpm/ft²) (Rich, 1961) o más, es decir unas 40 veces mayor que la de los filtros de arena lentos. El medio filtrante también es una capa de arena fina o de antracita y otros materiales que se sostienen sobre una capa de grava u otra estructura de soporte. La **figura 4-a** muestra un corte transversal de un lecho filtrante de arena, y la **figura 4-b** representa un lecho filtrante de arena y antracita. La **figura 5** es un corte transversal de un filtro de arena rápido representativo, el cual muestra la caja de filtro, el lecho y los accesorios. Estos filtros se alojan ordinariamente en un edificio para proteger el agua de la intemperie y de posibles fuentes de contaminación. El agua clarificada de los tanques de sedimentación o de floculación fluye al interior de la caja del filtro y recorre por gravedad el lecho filtrante hasta los desagües inferiores, los cuales conducen a depósitos de almacenamiento para el agua tratada. La velocidad a la cual el agua atraviesa un filtro disminuye poco a poco a medida que se acumulan partículas en los granos del filtro y se reduce al tamaño de los poros. Para conseguir un gasto uniforme, se utiliza un controlador externo del gasto (alguna forma de restricción ajustable en el tubo de salida) para mantener aproximadamente constante la pérdida total de desnivel a través del filtro y, en consecuencia, el flujo. La profundidad de 2.5 a 3 m de la caja del filtro limita el desnivel disponible para forzar el paso del agua por el lecho filtrante. Cuando se

excede el límite de pérdida de desnivel, el filtro se limpia por medio de una operación que se conoce como *lavado a contracorriente*. Se bombea agua a presión a través de los tubos y desagües inferiores y hacia arriba, a través del filtro. Este flujo inverso expande el lecho filtrante hasta en un 50% y permite eliminar las partículas de suciedad más ligeras con el agua de lavado que rebosa hacia los canales destinados a la misma y se vierte en la alcantarilla. Cuando no se dispone de alcantarilla, el agua de lavado se trata localmente y, si es necesario, los sólidos se llevan a otro lugar para eliminarlos.

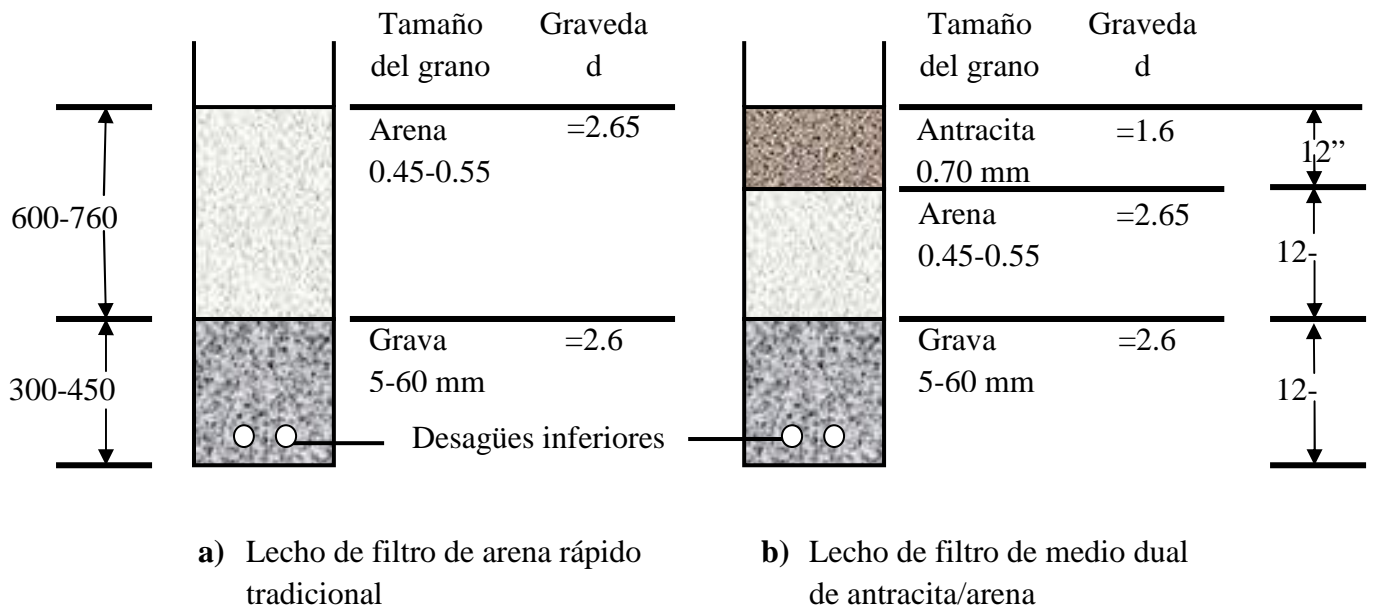


Figura 4. Construcción de un lecho de filtro

Nota: la dificultad que presentan los filtros de arena es que se produce obstrucción en las capas superiores de arena fina. La antracita (carbón), puesto que tiene un diámetro de partícula mayor y es más ligera que la arena, permanece sobre la misma y consigue que una mayor proporción del filtro sea eficaz para eliminar sólidos en suspensión.

La rapidez del lavado a contracorriente se debe controlar para impedir que los granos de arena o de antracita sean arrastrados por el agua de lavado. El lavado a contracorriente toma de 10 a 15 min y se efectúa de manera tradicional una vez al día, o con mayor frecuencia si es necesario. El agua que se emplea para el lavado es por lo general el 4% del agua producida. Cuando se interrumpe la operación de lavado a contracorriente, el medio filtrante se sedimenta en su lugar para quedar como estaba antes del lavado, puesto que, de acuerdo con la ley de Stokes, las partículas más grandes (o más densas) se sedimentan con mayor rapidez que las partículas más pequeñas (o más ligeras).²

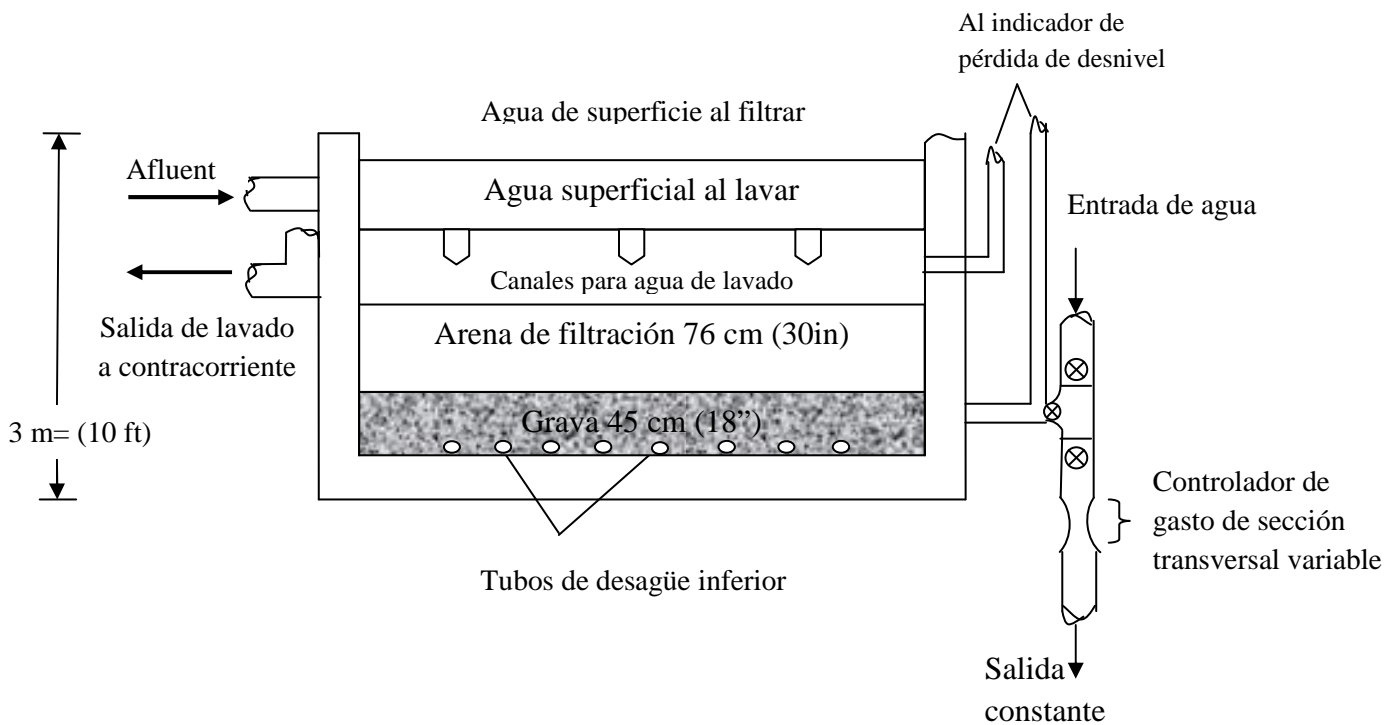
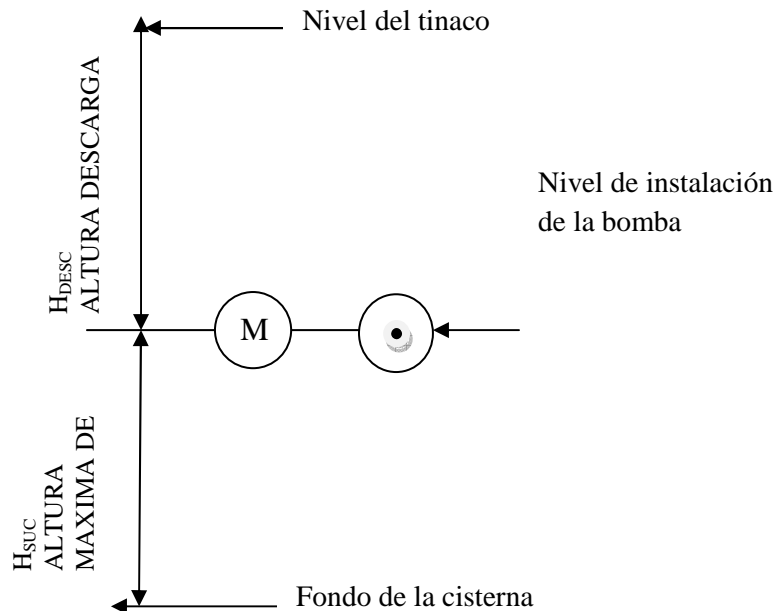


Figura 5. Corte transversal de un filtro de arena rápido (adaptado de Linsley y Franzini)

² Para instalaciones municipales pequeñas, aplicaciones industriales y sistemas de albercas, suelen utilizarse filtros de presión. Estos son recipientes cerrados, casi siempre cilíndricos, que contienen material filtrante a través del cual se fuerza el paso de agua por presión **utilizando una bomba centrífuga**, no por gravedad, como en el caso de los filtros de arena rápidos.

Calculo de la potencia para el motor de la bomba del sistema cisterna –filtro al tinaco

La bomba a utilizar es denominada “bomba centrífuga”, su función es subir el agua a la altura total (H) que se calcula de la forma siguiente:



La altura total (H) también se le conoce como altura manométrica o carga total, su valor es:

$$H = H_{SUC} + H_{DESC}$$

$$H = 7m$$

La potencia efectiva del motor de la bomba se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$HP = \frac{9.575 * G * H}{33000}$$

Donde:

HP= Caballos de fuerza del motor.

G= Gasto en litros/min., siendo el volumen por llenar/tiempo de llenado

6000 litros en 2 hrs de llenado

H= Altura manométrica o carga total en metros.

Teniendo que:

$$G = \frac{6000lt}{2hrs} * \frac{1hr}{60min} = 50lt/min$$

$$H = 2 m + 5 m = 7 m$$

$$HP = \frac{(9.575) * \left(\frac{50lt}{min}\right) * (7m)}{33000} = 0.10155303 HP$$

Se requiere un motor de 0.10964912 HP para bombear 6000 litros de agua de la cisterna que pasara por el filtro a presión antes de ser elevada al tinaco, que para esta potencia debe ser monofásico a 110 V. Se puede utilizar una bomba de ½ HP que con facilidad se encuentra en el mercado, siendo esta de utilidad y acorde las necesidades requeridas del motor.

En el lavado se implementara dos tanques filtrantes a presión que por medio de **una bomba centrifuga se bombeara** el agua de la cisterna para enviarla a través del filtro y así elevarla ya limpia hasta los tinacos del lavado.

1) FILTRO MULTICAMA

Los filtros Multicama, o también llamados multimedia o lecho profundo, tienen la finalidad de remover sólidos suspendidos en el agua de tamaños de hasta 15 micrómetros. Esto quiere decir que todo solido en suspensión (tierra, polen, basuras pequeñas, etc.) mayor a 15 micrómetros quedara retenido en el filtro para después ser desechado por el drenaje en el Retrolavado; no permitiendo de esta forma que estos sólidos pasen al torrente de servicio.

Esta función tiene como beneficio que el agua tratada queda parcialmente libre de sólidos en suspensión los cuales afectan la calidad potable y de proceso del agua.

Ahora este proceso de filtración es del tipo profundo en donde se coloca una sola capa (cama) de zeolita que sustituye a las capas de material filtrante que convencionalmente se utilizaban. De esta forma al utilizar la zeolita se retienen hasta 5 micras del sólido en suspensión.

El filtro Multicama de zeolita es un paquete listo para ser armado e instalado y consta de un tanque de fibra de vidrio, una válvula de montaje superior que puede ser automática o manual, un distribuidor y colector interno, y material filtrante (incluyendo grava o granzón) .

El granzón es un material similar a la grava que se coloca internamente arriba de los colectores del tanque para evitar que la zeolita (material filtrante) pase por dichos colectores.

La dimensión del tanque va en relación con los 6000 litros de agua en 2 horas a tratar, dando esto un gasto de 50 lt/min; de acuerdo a la **tabla 6** se necesita un tanque de 14" * 65" con 3.00 pie³ de material filtrante.

El Retrolavado del tanque se realiza con una válvula manual a 22.25 lt/min cuando se satura de sólidos, dando esto como resultando un menor paso de fluido hacia los tanques de distribución (tinacos).

Tanque	Pie ² Área Tanque	Pie ³ Vol. Tanque	Pie ³ Mat. Filtrante	Flujo de servicio	Retrolavado
				Normal	
				LPM	LPM
14" * 65"	1.07	5.10	3.00	50.60	22.25

Tabla 6. Dimensión del tanque³ y cantidad de material filtrante según los LPM requeridos.

ZEOLITA

La zeolita natural que ofrece Zeomex es un mineral con propiedades únicas. Su estabilidad y micro porosidad la hacen el medio de filtración perfecto para prácticamente cualquier aplicación en la industria de la purificación de agua y tratamiento de aguas residuales.

Está demostrado su mejor desempeño como medio filtrante en comparación con la arena y la antracita, y la combinación de ellas, resultando agua con menos sedimento y requiriendo menos mantenimiento.

Al utilizar la zeolita se elimina la necesidad de utilizar dos o más medios filtrantes, ya que cubre las especificaciones de darle profundidad a la cama de filtrado, y de retener partículas de hasta 5 micras. La **tabla 7** muestra las especificaciones de operación dentro del filtro, mientras que la **tabla 8** muestra las propiedades de la zeolita.

Flujo de servicio	10 a 20 gpm/pie ²
Flujo de Retrolavado	12 a 22 gpm/pie ²
Duración de Retrolavado	5 a 15 min.
Expansión requerido (Retrolavado)	40-50 %
Profundidad del lecho	30 a 48 in.

Tabla 7. Especificaciones de operación.

Propiedades físicas de la zeolita de Zeomex⁴.

³ Ver anexo A1 muestra las características del tanque de acuerdo a los LPM de agua a tratar.

⁴ Determinado en el laboratorio de pruebas de la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L.

Tamaño	1.18 mm
Mesh	12-30
Color	Blanco
Retención de humedad (%)	31.4
Porosidad (%)	35
Área de superficie	25 m ² /gr.
Absorción superficial	Hidrofílica
Carga superficial	Negativa.
Densidad específica	1830 Kg/m ³
Coefficiente de variación	2.45
Peso volumétrico (PVS)	725 Kg/m ³
Peso volumétrico varillado (PVVF)	780 Kg/m ³
Dureza Mosh	3
Estabilidad Térmica	Hasta 500 °C

Tabla 8. Propiedades

Desempeño de filtrado de la zeolita

- La zeolita tiene una tasa nominal de filtrado menor a 5 micras.
- Neutraliza significativamente el pH del agua
- El espacio permeable de los poros (a través de los cuales transmite agua) de los granos o fragmentos es 100% reducción de turbidez mayor a la del cuarzo.

- Reduce la acidez del agua
- Se requiere una menor cantidad de producto respecto a la arena de cuarzo y el carbón ya que posee una mayor superficie y porosidad.
- la zeolita produce una mayor claridad en el agua filtrada.
- Es el medio filtrante mas durable (más de 5 años)
- La zeolita solo requiere de un simple Retrolavado periódico para mantener su eficiencia y su desempeño
- Tiene una capacidad de flujo 4 veces superior a la de los medio filtrantes convencionales
- Incrementa la tasa de flujo en equipos con multimedia y sistemas de gravedad y presión comparado con los sistemas de filtrado de arena (la capacidad de una planta de filtrado puede ser doblada sin incrementar los costos de capital)
- Se requieren muy pocos ciclos de turbulencia en los sistemas que poseen zeolita, logrando un importante ahorro en energía.
- Tiene una mayor capacidad de retención debido a que posee una mayor área de superficie
- Ayuda a reducir malos olores
- Permite incrementar la capacidad de filtración de plantas existentes
- Al ser más ligera que la arena los costos del flete y mano de obra son menor.

2) FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

La función del filtro de carbón activado es la de remover contaminantes del agua por medio de adsorción.

Los contaminantes que son removidos por el carbón activado son los siguientes:

Compuestos inorgánicos

- Cloro libre
- Ozono
- Iodo
- Arsénico (en complejos orgánicos)
- Cromo (en complejos orgánicos)
- Mercurio (en complejos orgánicos)

Compuestos orgánicos

- Causantes de color
- Causantes de olor y sabor
- Benceno
- Tolueno
- Trihalometanos
- Pesticidas como Atrazina, Clordano, Dinoseb, Endrin, Heptaclor, Lindano, Picloram, Simazina y Toxafeno.

Estéticos

- Color
- Olor y sabor
- Espuma (sustancias activas al azul de metileno)

Para hacer su función el filtro de carbón activado requiere un flujo pico (en usos no críticos) no mayor a 10 gpm/pie² de área transversal del tanque o recipiente que lo aloja. Siendo el flujo óptimo de 5 gpm/pie². El flujo de Retrolavado debe ser de 10 gpm/pie². El tiempo de contacto óptimo es de 5 minutos y la cama debe tener una profundidad mínima de 60 cm (24").

El filtro de carbón activado es un paquete listo al igual que el filtro de Multicapa, ya listo para ser armado e instalado. Consta de un paquete de fibra de vidrio, una válvula de montaje superior que pueda ser automática o manual, un distribuidor y colector interno, y carbón activado (incluyendo grava o granzón).

Bajo el estándar de 50 lt/min de agua que se requiere tratar, se necesita un tanque de 21" * 62" con 7.00 pie³ de material filtrante. **Tabla 9.**

Cuando el tanque se sature de sólidos que causan el olor y color extraño al agua, tendrá una menor flujo de salida y es conveniente hacer un Retrolavado a 91 LPM.

Tanque	Pie ² Área Tanque	Pie ³ Vol. Tanque	Pie ³ Mat. Filtrante	Flujo de servicio	Retrolavado
				Olor y sabor	
				LPM	LPM
21" * 62"	2.41	11.00	7.00	54.62	91

Tabla 9. Dimensión del tanque⁵ y capacidad de material filtrante (carbón activado).

CARBÓN ACTIVADO GRANULAR DE CONCHA DE COCO

⁵ Ver anexo A2. Muestra las características del tanque de acuerdo a los LPM de agua a tratar.

El CR1240C es un carbón activado granular producido a partir de la cascara de coco por medio de un proceso de activación de vapor a alta temperatura bajo un riguroso control de calidad. Tiene un área de superficie grande, una dureza mecánica alta, un volumen de poros alto y estabilidad química. La **tabla 10** muestra las propiedades físicas del carbón activado.

Propiedades físicas del carbón activado

Criba estándar (E.U.A.)	12*40
Tamaño de la Malla:	
Mayor de 12	5% máximo
Menor de 40	4% máximo
pH	9 inicio → 7.5 normal
Numero de yodo (mg/g)	1100 mínimo
Número de tetracloruro de carbono	55 mínimo
Numero de dureza	98 mínimo
Humedad (al empacar)	5% máximo
Densidad aparente (g/cc)	0.50 típico
Contenido total de ceniza	3% máximo

Tabla 10. Propiedades físicas del carbón activado.

Desempeño y características

- Alta capacidad de adsorción y eficiencia
- Dureza y durabilidad
- Estructura de los poros altamente desarrollada

- Elimina olor y sabor

DIAGRAMA DEL SISTEMA PROPUESTO

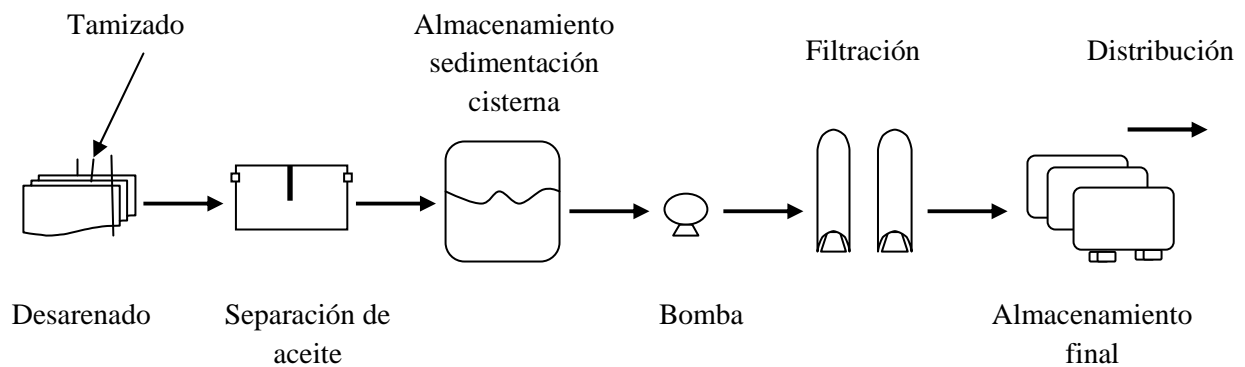


Figura 6. Proceso de tratamiento de agua en el autolavado.

En la **figura 6** se muestra el bosquejo del sistema para el tratamiento de agua en el lavado y engrasado del Ángel, donde pasa por un proceso de desarenado en el cual toda el agua con la que se lavan los autos cae al suelo hasta escurrirse lentamente a un canal o zanja colocado al extremo final del lavado. El agua pasa por tres canales o zanjas de diferente profundidad conforme se va rebosando y, de esta manera la arena va quedando asentada y el agua pasa libre de arena al proceso de separación de aceite en el cual se aprovecha la gravedad logrando que el aceite permanezca flotando en un compartimiento mientras que el agua fluye a una cisterna en la cual el agua se recolecta permitiendo sedimentarse las posibles partículas que no lograron retenerse en el proceso de desarenado. Cuando la cisterna alcanza su nivel de llenado, la bomba se activa pasando el agua por dos filtros: se carbón activado y zeolita (que le quitan el olor, turbidez, y los sedimentos de hasta 5 micras que aún permanecen en el

agua) mandándola a los tinacos para volver a utilizar el agua lista para lavar autos.

ESTIMACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Presupuesto	Costo
Cisterna de 6000 L con material para la instalación de la bomba	11490.00
Bomba centrífuga	1450.00
Filtro de carbón activado	21216.40
Filtro de zeolita	11188.20
Trampa de arena de concreto	11300.00
Trampa de aceite de concreto	1043.00
Parrilla de acero galvanizado para cubrir las trampas de aceite y arena	8165.00
Costo total presupuestado	65852.60

Tabla 11. Presupuesto del equipamiento del sistema propuesto.

Mano de obra:	Costo
Instalación del filtro de carbón activado	1392.00
Instalación del filtro de zeolita	1392.00
Construcción de trampa de arena	10000.00
Construcción de la trampa de aceite	800.00
Construcción de las rejillas de acero galvanizado	7000.00
Adaptación de la trampa de aceite a la cisterna	500.00

Costo total	21084.00
--------------------	-----------------

Tabla 12. Presupuesto de la mano de obra por la instalación del sistema.

Al implementar el sistema propuesto se erogarán costos: por equipamiento \$ 65853.00 m.n., de \$ 21084.00 m.n. por la instalación del sistema, totalizando \$ 86937.00 m.n.

Ha de tenerse en cuenta que en este costo total no se incluyen los costos de operación, mantenimiento preventivo y, correctivo, ni costos adicionales que puedan generarse cuando el sistema esté operando.

Considerando el alto costo por adquisición del agua para lavado de autos y no para el consumo humano, y además, los considerables volúmenes de agua que se requieren y posteriormente son desperdiciados, el sistema de tratamiento resulta ser rentable y razonablemente factible.

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

Debido al desabasto de agua que ocurre en nuestros alrededores y a la fuerte contaminación de la misma, en la actualidad, es necesario recurrir a emplear métodos, plantas, sistemas de tratamiento, o proyectos realizables que permitan el sano abastecimiento sustentable de agua y a la menor contribución de la contaminación.

Por ende la propuesta de un sistema de tratamiento de agua en el lavado del Ángel permitirá reutilizarla, evitando descargarla al sistema de alcantarillado, aportando el beneficio de reducción de descargas de agua contaminada por partículas en suspensión de aceite y jabón y el azolvamiento de los canales y ductos de descarga.

El agua al pasar por el proceso de desarenado, separación de aceite y grasas, y filtración por carbón activado y zeolitas, permitirá obtener un agua tratada lista para su reuso, sin partículas en suspensión ni nada que pueda afectar la calidad del servicio del lavado de autos y al medio ambiente.

Además esta propuesta representa un costo razonablemente aceptable que bien vale la pena la inversión financiera, tomando en cuenta la prioridad que va adquiriendo la problemática del agua en nuestro planeta.

BIBLIOGRAFÍA

J. GLYNN Henry y Gary W. Heinke; *Ingeniería Ambiental*, Segunda edición
PRENTICE HALL, México, 1999

ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto; *El ABC de las instalaciones de gas, hidráulicas y sanitarias*. Segunda edición .LIMUSA, México, 2007

<http://www.emmexico.com/zeoponiaem.pdf>
Productos para tratamientos de agua

http://www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf
Para selección de la bomba

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/monge_t_m/anexo-8.pdf
<http://sallavor.org/resources/Manual+sobre+desarenadores+y+sedimentadores.pdf>
Potencia de bombas

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xv.pdf>
Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa- unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural

http://www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/vivienda/gestion_ds_municipal/nuevas_guias/carbon_exploracion/contenid/medidas2.htm
Trampas de aceite y desarenadores

Proyectos

<http://www.slideshare.net/guestb9bf58/proyecto-de-autolavado-taller-i>

<http://filtrosyequipos.com/recicladora1.htm>

<http://sallavor.org/resources/Filtro+de+arena.pdf>

http://www.neutra-aigua.com/es_ES/documentacion.php
Normatividad

GLOSARIO

GLOSARIO

Azolvamiento: Taponamiento u obstrucción de ductos, canales, pozos, etc., por acumulación de sólidos sedimentados.

Bancos de hielo: Grandes masas de hielo dulce, que suelen ser arrastradas por las corrientes marinas. Los Iceberg son llamados bancos de hielo.

Caudal: Cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.

Coliformes: Microorganismos indicadores de contaminación fecal.

Condensación: Proceso en el cual se produce el cambio de estado de la materia que se encuentra en estado gaseoso y pasa a estado líquido. Siendo la condensación es el proceso opuesto al de vaporización.

Condonación: Anular, perdonar o remitir una deuda en todo o en parte. Dar por extinguida una obligación por voluntad del beneficiario.

Contaminación: Alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio.

Delta: Formación que surge en la desembocadura de un río hacia el mar y que se caracteriza por la formación de numerosos canales o ramas de ese río.

Descarga: Son los vertidos de agua que se arrojan al río.

Desagüe: Extraer o dejar salir el agua de un lugar.

Disolvente: Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno, siendo el medio dispersante de la disolución.

Efluente: La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua.

Embalses: Es una acumulación artificial de agua que tiene como particularidad poder ser parcial y/o totalmente vaciado por gravedad o por aspiración.

Erogar: Distribuir, repartir bienes o caudales.

Excretas Humanas: Son el conjunto de los desperdicios generalmente sólidos o líquidos producto final del proceso de la digestión.

Floculación: proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Fosfatos: sales o los esteres del ácido fosfórico. Tienen en común un átomo de fósforo rodeado por cuatro átomos de oxígeno en forma tetraédrica.

Freático: Que se acumula en el subsuelo, sobre una capa impermeable.

Hídrico: Del agua o relativo a ella.

Hidrozinás: Es un compuesto químico, siendo un líquido incoloro y oleoso, con un olor similar al del amoníaco y que libera vapores cuando está expuesto al aire.

Idóneo: Adecuado o conveniente para una cosa, especialmente para desempeñar una función, una actividad o un trabajo.

Incurrir: Caer en una acción merecedora de castigo o corrección.

Inmiscibles: Propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución homogénea.

Lipídica: Perteneciente o relativo a los lípidos o que los contiene.

Masas acuáticas: es una extensión de océanos, mares, ríos y lagos que cubre gran parte de la Tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales como estanques, pero la mayoría son naturales. Pueden estar conformada por agua dulce o salada, también las masas de aguas se distingue de acuerdo por su temperatura.

Nitratos: Compuestos inorgánicos, compuestos por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es NO_3 .

Óptimo: Que es extraordinariamente bueno o el mejor, por lo cual resulta inmejorable.

Ornamentales: Artículos destinados a adornar un espacio específico.

Osmosis inversa: proceso que requiere presión para forzar que el agua pura pase a través de la membrana, dejando las impurezas detrás, como lo son: sólidos disueltos, productos orgánicos, pirogénicos, materia coloidal submicroscópica, virus y bacterias del agua.

Oxidación: Combinación del oxígeno con otros elementos.

Patógeno: Cualquier microorganismo capaz de producir una enfermedad infecciosa. Incluye a los virus, bacterias, hongos y protozoos.

Planta de tratamiento: Facilidades para la purificación de residuos o efluentes, mediante métodos mecánicos, físicos, químicos y biológicos o combinación de éstos.

Precipitación: Reacción química que permite obtener un sólido a partir de un líquido. Tal situación normalmente ocurre cuando una sustancia insoluble se conforma en la disolución como consecuencia de una reacción química.

Rebosar: Salirse un líquido por los bordes del recipiente o depósito que lo contiene.

Reserva: área protegida de importancia para la vida silvestre, flora o fauna, o con rasgos geológicos de especial interés que es protegida y manejada por el hombre, con fines de conservación y de proveer oportunidades de investigación y de educación.

Residuales: Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo.

Restricción: Disminución o reducción a límites menores de una cosa.

Saneamiento: Conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental, teniendo por finalidad la promoción y el mejoramiento de condiciones de vida urbana y rural.

Suministrar: Dar o proporcionar a una persona o entidad una cosa que necesita.

Suspensión: Mezcla formada por pequeñas partículas de una sustancia dispersas en un fluido en el que no se disuelven.

Tarifa: Tabla de Precios, derechos o Impuestos ya estipulados.

Uso racional: Uso sostenible que otorga beneficios a la humanidad de una manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales de un ecosistema.

ANEXOS

Anexo A1. Filtros carbón activado

Tanque	Pie ² Área Tanque	Pie ³ Vol. Tanque	Pie ³ Mat. Filtrante	Flujo de servicio							
				Olores y sabores		Declarinar		Osmosis inversa		Retrolavado	
				GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM
8" * 44"	0.35	1.16	0.75	2.09	7.93	3.49	13.20	1.75	6.60	3.49	13.20
9" * 48"	0.44	1.58	1.00	2.65	10.03	4.42	16.70	2.21	8.40	4.42	16.70
10" * 54"	0.54	2.19	1.50	3.24	12.26	5.40	20.40	2.70	10.20	5.40	20.40
12" * 52"	0.78	3.00	2.00	4.68	17.71	7.80	29.50	3.90	14.80	7.80	29.50
13" * 54"	0.92	3.68	2.50	5.52	20.89	9.20	34.80	4.60	17.40	9.20	34.80
14" * 65"	1.07	5.10	3.00	6.41	24.28	10.69	40.50	5.34	20.20	10.69	40.50
16" * 65"	1.39	6.60	4.00	8.34	31.57	13.90	52.60	6.95	26.30	13.90	52.60
18" * 65"	1.77	8.30	5.00	10.60	40.13	17.67	66.90	8.84	33.40	17.67	66.90
21" * 62"	2.41	11.00	7.00	14.43	54.62	24.05	91.00	12.03	45.50	24.05	91.00
24" * 65"	3.14	13.40	10.00	18.85	71.34	31.42	118.90	15.71	59.50	31.42	118.90
30" * 72"	4.91	25.00	15.00	29.45	111.47	49.09	185.80	24.54	92.90	49.09	185.80
36" * 72"	7.07	35.30	20.00	42.42	160.56	70.70	267.60	35.35	133.80	70.70	267.60
42" * 72"	9.62	46.10	30.00	57.72	218.47	96.20	364.10	48.10	182.10	96.20	364.10
48" * 72"	12.57	61.90	40.00	75.42	285.46	125.70	475.80	62.85	237.90	125.70	475.80
63" * 67"	21.65	80.20	55.00	129.88	491.60	216.47	819.30	108.24	409.70	216.47	819.30
66" * 60"	23.76	118.80	80.00	142.56	539.90	237.60	899.30	118.80	449.70	237.60	899.30
72" * 60"	28.27	141.35	95.00	169.62	642.01	282.70	1070.00	141.35	535.00	282.70	1070.00
78" * 60"	33.18	165.90	110.00	199.08	753.52	331.80	1255.90	165.90	627.90	331.80	1255.90
84" * 60"	38.48	192.40	130.00	230.88	873.88	384.80	1456.50	192.40	728.20	384.80	1456.50
90" * 60"	44.18	220.90	150.00	265.08	1003.33	441.80	1672.20	220.90	836.10	441.80	1672.20
96" * 60"	50.27	251.35	170.00	301.62	1141.63	502.70	1902.70	251.35	951.40	502.70	1902.70
102" * 60"	56.75	283.75	190.00	340.50	1288.79	567.50	2148.00	283.75	1074.00	567.50	2148.00
108" * 60"	63.62	318.10	215.00	381.72	1444.81	636.20	2408.00	318.10	1204.00	636.20	2408.00
114" * 60"	70.88	354.40	240.00	425.28	1609.68	708.80	2682.80	354.40	1341.40	708.80	2682.80
120" * 60"	78.54	392.70	260.00	471.24	1783.64	785.40	2972.70	392.70	1486.40	785.40	2972.70
126" * 60"	86.59	432.95	300.00	519.54	1966.46	865.90	3277.40	432.95	1638.70	865.90	3277.40
132" * 60"	95.03	475.15	315.00	570.18	2153.13	950.30	3596.90	475.15	1798.4	950.30	3596.90
138" * 60"	103.87	519.35	350.00	623.22	2358.89	1038.70	3931.50	519.35	1965.70	1038.70	3931.50
144" * 60"	113.10	565.50	380.00	678.60	2568.50	1131.00	4280.80	565.50	2140.40	1131.00	4280.80

6

⁶ NOTA: Los flujos de los servicios están basados de la siguiente forma:
El de osmosis inversa a 5 gpm/pie² El de olores y Sabores a 6 gpm/pie², el Declarinar a 10 gpm/pie²

Anexo A2. Filtros Multicama

Tanque	Pie ² Área Tanque	Pie ³ Vol. Tanque	Pie ³ Mat. Filtrante	Flujo de servicio						Retrolavado	
				Excelente		Normal		Pico			
				GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM
8" * 44"	0.35	1.16	0.75	3.49	13.21	4.36	16.50	5.24	19.80	5.24	7.27
9" * 48"	0.44	1.58	1.00	4.42	16.72	5.52	20.90	6.63	25.10	6.63	9.20
10" * 54"	0.54	2.19	1.50	5.40	20.44	6.75	25.50	8.10	30.70	8.10	11.24
12" * 52"	0.78	3.00	2.00	7.80	29.52	9.75	36.90	11.70	44.30	11.70	16.24
13" * 54"	0.92	3.68	2.50	9.20	34.82	11.50	43.50	13.80	52.20	13.80	19.15
14" * 65"	1.07	5.10	3.00	10.69	40.46	13.36	50.60	16.03	60.70	16.03	22.25
16" * 65"	1.39	6.60	4.00	13.90	52.61	17.38	68.80	20.85	78.90	20.85	28.94
18" * 65"	1.77	8.30	5.00	17.67	66.88	22.09	83.60	26.51	100.30	26.51	36.79
21" * 62"	2.41	11.00	7.00	24.05	91.04	30.07	113.80	36.08	136.60	36.08	50.07
24" * 65"	3.14	13.40	10.00	31.42	118.91	39.27	148.60	47.12	178.40	47.12	65.40
30" * 72"	4.91	25.00	15.00	49.09	185.79	61.36	232.20	76.63	278.70	76.63	102.18
36" * 72"	7.07	35.30	20.00	70.70	267.60	88.38	334.50	106.05	401.40	106.05	147.18
42" * 72"	9.62	46.10	30.00	96.20	364.12	120.25	455.10	144.30	546.20	144.30	200.26
48" * 72"	12.57	61.90	40.00	125.70	475.77	157.13	594.70	188.55	713.70	188.55	261.68
63" * 67"	21.65	80.20	55.00	216.47	819.34	27.59	1024.20	324.71	1229.00	324.71	450.64
66" * 60"	23.76	118.80	80.00	118.80	449.66	166.32	629.50	237.60	899.30	285.12	1079.18
72" * 60"	28.27	141.35	95.00	141.35	535.01	197.89	749.00	282.70	1070.00	339.24	1284.02
78" * 60"	33.18	165.90	110.00	165.90	627.93	232.26	879.10	331.80	1255.90	398.16	1507.04
84" * 60"	38.48	192.40	130.00	192.40	728.23	269.36	1019.50	384.80	1456.50	461.76	1747.76
90" * 60"	44.18	220.90	150.00	220.90	836.11	309.26	1170.50	441.80	1672.20	530.16	2006.66
96" * 60"	50.27	251.35	170.00	251.35	951.36	351.89	1331.90	502.70	1902.70	603.24	2283.26
102" * 60"	56.75	283.75	190.00	283.75	1073.99	397.25	1503.60	567.50	2148.00	681.00	2577.59
108" * 60"	63.62	318.10	215.00	318.10	1204.01	445.34	1685.60	636.20	2408.00	763.44	2889.62
114" * 60"	70.88	354.40	240.00	354.40	1341.40	496.16	1878.00	708.80	2682.80	850.56	3219.37
120" * 60"	78.54	392.70	260.00	392.70	1486.37	549.78	2080.90	785.40	2972.70	942.48	3567.29
126" * 60"	86.59	432.95	300.00	432.95	1638.72	606.13	2294.20	865.90	3277.40	1039.08	3932.92
132" * 60"	95.03	475.15	315.00	475.15	1798.44	665.21	2517.80	950.30	3596.90	1140.36	4316.26
138" * 60"	103.87	519.35	350.00	519.35	1965.74	727.09	2752.00	1038.70	3931.50	1246.44	4717.78
144" * 60"	113.10	565.50	380.00	565.50	2140.42	791.70	2996.60	1131.00	4280.80	1357.20	5137.00

7

⁷ NOTA. Para los filtros de 8" a 62" los flujos de servicio están basados de la siguiente forma:

El excelente a 10 gpm/pie² el normal a 12.5 gpm/pie², el pico a 15 gpm/pie²

Para los filtros de 66" en adelante los flujos de servicio están basados de la siguiente forma:

El excelente a 5 gpm/pie² el normal a 7 gpm/pie², el pico a 10 gpm/pie²

Anexo A3. Conversión de unidades del SI (Métrico) a Inglés e inglés al SI

Multiplicar	Por	Para obtener
Litros	0,035531	Pies cúbicos
Litro/segundo (l/s)	15.87	GPM
Litros/ segundo	60	LMP
Metros	3281	Pies
Metros	3937	Pulgadas
Metros cúbicos	10^3	Litros
Minutos (tiempo)	$1667 \cdot 10^{-2}$	Horas
Pie cuadrado	929,03	Centímetro cuadrado
Pie cubico	28.32	Litros
Pulgada	2.54	Centímetro
Pulgada cuadrada	6,4516	Centímetro cuadrado

Anexo A4. Abreviaturas Y Símbolos

cc	Centímetro cuadrado
CF	Coliformes fecales
cm	Centímetro
CNA	Comisión nacional de agua
CONAPO	Comisión nacional de agua potable
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
ft	Pie
G	Gasto
g	Gramo
GPM	Galones por minuto
H	Altura
Hm ³	Hectómetro cubico
HP	Caballos de fuerza del motor
hr-hrs	Hora- horas
In - “	Pulgada
Kg	Kilogramo
km	Kilometro

LPM	Litros por minuto
lt	litro
m	metro
mg	Miligramo
min	Minuto
mm	Milímetro
NMP	Numero más probable
NOM	Norma oficial mexicana
OI	Osmosis inversa
O ³	Ozono
PAS	Programa de acciones para el saneamiento
pH	Logaritmo negativo de la concentración de ion hidrogeno
PVS	Peso volumétrico
PVVF	Peso volumétrico varillado
s (tiempo)	Segundo
SS	Sólidos en suspensión