

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**DISEÑO DE FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO**

**POR**

**ALEJANDRO MADRIGAL OLARTE**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN COAHUILA MÉXICO**

**MARZO DE 2007**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

DISEÑO DE FILTROS DE CARBON ACTIVADO

POR

ALEJANDRO MADRIGAL OLARTE

TESIS QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR ASESORIA Y APROBADO, COMO REQUISITO

PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO.

ASESOR:

  
ING. JOEL LIMONES AVITIA.

ASESOR:

  
ING. RUBÍ MUÑOZ SOTO.

ASESOR:

  
MC. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ.

  
MC. VÍCTOR MARTINEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

MARZO DE 2007

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**

**TESIS QUE EL C. ALEJANDRO MADRIGAL OLARTE Y QUE  
SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TITULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE:**

---

**DR. JOSÉ LUIS REYES**  


## DEDICATORIAS

### A DIOS.

A DIOS por estar a mi lado enseñándome el buen camino, el saber que cuando lo necesite estuvo a mi lado y que todos los días esta en mis pensamientos y en mis oraciones, por darme el privilegio de vivir todas las bendiciones que me ha dado.

### A MIS PADRES.

A mi padre Ramón Madrigal Ventura y mi Madre Josefina Olarte López por el apoyo incondicional durante toda mi vida. Por el cariño y amor que recibo de los dos, gracias padres por educarme y darme la mejor herencia; mis estudios. Les dedico con todo mi amor esta tesis, es poco para lo mucho que se merecen, pero de todo corazón les doy las Gracias, que Dios me los bendiga siempre.

### A MIS HERMANOS.

Rosa, José Carlos, Gerardo, Carolina, Mariela, Crisálida Híchel, por todo el apoyo recibido de los seis, por todos los momentos que hemos pasado, los consejos que he recibido de ustedes y el amor que les tengo y recibo de ellos, los quiero, pero sobre todo, son los mejores hermanos.

Efraín (f), siempre estas en mis pensamientos y en mi corazón gracias por cuidarme en donde estés.

## A MIS ABUELITOS

María de la Luz, hercília, Román, Rosa por sus oraciones y sus buenos deseos.

## A MIS AMIGOS

Jorge Martín, Marcos, Elías, Gabriel, Jesús, Humberto, Wilber, Lisandro, y Enrique por la amistad que recibí de todos ustedes y por los buenos momentos que pasamos.

## AGRADECIMIENTOS

A MI "ALMA TERRA MATER" por darme la oportunidad de formar parte de esta gran familia y por brindarme las herramientas suficientes para afrontar mi vida profesional.

Al Ing. Joel Limones Avitia. Por todo su apoyo en la realización de esta tesis, sus conocimientos y su amistad. GRACIAS.

Al Dr. José Luis Reyes Carrillo por su apoyo en la realización de mi tesis.  
GRACIAS.

ING. Rubi Muñoz Soto por su confianza y todo su apoyo para realizar mi tesis  
GRACIAS.

M.C. Hugo Aguilar Márquez que el trayecto de mi carrera profesional recibí su apoyo y amistad. GRACIAS.

## ÍNDICE

TEMA	PÁGINA
INDICE GENERAL	I
INDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	III
RESUMEN	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.-OBJETIVOS	4
1.2.- OBJETIVO ESPECIFICO	4
1.3.- METAS	4
1.4.- HIPÓTESIS	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
2.2.- LA IMPORTANCIA DEL AGUA	6
2.3.- DEFINICION, COMPOSICION Y PROPIEDADES DEL AGUA	8
2.3.1.- FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL AGUA	9
2.3.2.- TIPOS DE AGUA	10
2.3.3.- PURIFICACION DE AGUA POR SEDIMENTACION	11
2.3.4.- PURIFICACION DE AGUA POR FILTRACION	11
2.3.5.- PURIFICACION DE AGUA POR DESINFECCION	12
2.3.6.- PURIFICACION DE AGUA POR CLORACION	12
2.3.7.- PURIFICACION DE AGUA POR OZONO	12
2.3.8.- PURIFICACION DE AGUA POR RAYOS ULTRAVIOLETA	13
2.4.- CAUSAS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA	13
2.5.- DEFINICIÓN DE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO.	14
2.6.-SELECCIÓN DEFINITIVA DEL CAG Y SU RELACIÓN CON EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ADSORCIÓN.	17
2.7.- LA ZONA DE TRANSFERENCIA DE MASA EN CAMAS DE CAG.	18
2.8.- CARACTERÍSTICAS DE LA CURVA DE RUPTURA.	19

2.8.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CURVA DE RUPTURA.	20
2.9.- RELACIÓN ENTRE LA CURVA DE RUPTURA Y EL DISEÑO DEL SISTEMA.	21
2.10.- ADSORBEDORES DE CAG, MODOS DE OPERACIÓN Y CONFIGURACIÓN.	22
2.10.1.- FLUJO ASCENDENTE Y DESCENDENTE.	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	24
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMARCA LAGUNERA	24
3.2 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	30
VII. BIBLIOGRAFÍA	31
GLOSARIO	37



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	CURVAS DE RUPTURA TÍPICAS, QUE MUESTRAN EL EFECTO DEL TCCV	20
FIGURA 2.	EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL CAG EN LA LONGITUD DE LA ZTM.	21
FIGURA 3.	FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO.	29

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.	ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUAS	27
-----------	-------------------------------	----

## RESUMEN.

La presente tesis tuvo como objetivo determinar parámetros para el diseño de un filtro a base de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales. El término carbón activado designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distribución de poros y superficie específica) y en su granulometría. La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno. Tanto que el carbón activado posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activado da lugar a una distribución de tamaños de poro bien determinada normalmente. Así, se puede distinguir entre tres tipos de poros según su radio: *macro poros* ( $r > 25 \text{ nm}$ ), *meso poros* ( $25 > r > 1 \text{ nm}$ ) y *micro poros* ( $r < 1 \text{ nm}$ ). La distribución del tamaño de poro depende fundamentalmente de tres factores: el origen de la materia prima, el tipo de activación y la duración del proceso de activación.

El carbón activo en grano puede usarse en el tratamiento de aguas potables sustituyendo a los filtros de arena o como complemento de estos en una segunda etapa de filtración. En el primer caso el carbón activo en grano actuaría como filtro mecánico y adsorbente, mientras que en el segundo caso solo funcionaría como adsorbente con una mayor eficiencia en la retención de micro contaminantes. Una de las funciones del carbón activo en el

IV

tratamiento de aguas es la eliminación de concentraciones residuales de agentes oxidantes como cloro y ozono y de los derivados cancerígenos, trihalometanos, originados en estos tratamientos. El carbón activo actúa adsorbiendo estos productos o catalizando su paso a formas reducidas inofensivas. La capacidad de un carbón activo para eliminar concentraciones residuales de contaminantes viene dada por la altura de la columna de carbón activo necesaria para reducir la concentración de dicho contaminante de una solución a la mitad. El carbón activo retiene materia orgánica, algas, detergentes, pesticidas, y en general todos los compuestos que causan problemas de olores y sabores en las aguas destinadas al abastecimiento de poblaciones. La capacidad de un carbón activo para adsorber materia orgánica viene dada por su índice de adsorción.

## I. INTRODUCCIÓN.

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconocía el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua esta 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, hielo, resultando prácticamente inaccesible. Por tanto, podemos terminar diciendo que para el hombre y sus actividades industriales y agrícolas, sólo resta un 0.62 % que se encuentra en lagos, ríos y agua subterráneos. La cantidad de agua disponible es ciertamente escasa, aunque el mayor problema es aún su distribución irregular en el planeta (DYNA, 1998).

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nocivo. ¿Qué contamina el agua? Agentes patógenos como: Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos

orgánicos. Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas. Las sustancias químicas inorgánicas como ácidos o compuestos de metales tóxicos como mercurio y plomo, envenenan el agua. Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (Chaher, 2003).

La filtración del agua es la separación de una mezcla de sólidos en suspensión y agua, que incluye el paso del fluido a través de un medio poroso, que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la mezcla y además es el paso final de un proceso denominado clarificación (Ostroff, 1979).

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 significa una mayor carga de aguas residuales. Si se entiende por desarrollo sostenible aquel que permita compatibilizar 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, directamente mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas como se ha mencionado, 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 (DYNA, 1998).

Un método empleado normalmente y debajo costo para el tratamiento del agua es la filtración la cual puede efectuarse en muchas formas: con baja carga superficial (filtros lentos), o con alta carga superficial (filtros rápidos), en medios porosos o en medios granulares, con flujo ascendente de abajo hacia arriba o descendente de arriba hacia abajo y mixto (parte ascendente y parte descendente). Por último, el filtrado puede trabajar a presión o por gravedad, según sea la magnitud de la carga hidráulica que exista sobre el lecho filtrante (Patton, 1995).

Normalmente en una planta de tratamiento el medio filtrante usado en los filtros está constituido por lechos de sólidos (arena, granate, antracita o una combinación de dichos materiales). Otros sólidos pueden ser los gránulos de carbón activado para los filtros con el diámetro de partículas deseado (Ostroff, 1979).

La forma del carbón activado tiene importancia no sólo por el aspecto hidráulico (pérdida de carga inicial) sino por la relación superficie volumen, ya que el proceso de la filtración es con frecuencia la consideración más importante para asegurar el funcionamiento satisfactorio de un filtro (Patton, 1995).

### **1.1.- OBJETIVOS:**

Diseñar un filtro de carbón activado empleado para el proceso de depuración de aguas residuales.

Identificar los principales problemas y definir las técnicas y métodos que deben de aplicarse en su diseño.

### **1.2.- OBJETIVO ESPECIFICO:**

Determinar las bases necesarias para el diseño de un sistema de filtros a base de carbón activado

### **1.3.- METAS:**

Determinar los elementos para el diseño de un sistema de filtros a base de carbón activado para el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales.

### **1.4.- HIPÓTESIS**

La aplicación del carbón activado mineral en el tratamiento de aguas residuales, mejora la calidad de las aguas residuales para su reutilización.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1.- ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, las grandes ciudades del mundo presentan importantes problemas de salud pública debido a la contaminación por sustancias tóxicas y gérmenes patógenos, provocados por la falta del tratamiento de las aguas residuales urbanas e industriales previo a su descarga en el medio natural. Por lo tanto surge la necesidad de construir instalaciones de sistemas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo el problema que surge en la eficiencia de estos sistemas de tratamiento. Una solución podría ser la construcción de nuevos sistemas de tratamientos para reducir la construcción de plantas de aguas. Los tratamientos de aguas residuales han sufrido importantes avances tecnológicos en los últimos tiempos. Investigaciones referidas al efecto de ciertos contaminantes, normas ambientales cada vez más estrictas y factores económicos, han impulsado al desarrollo de nuevas tecnologías. Uno de los desafíos es la minimización de los residuos (Hines, 2002).

A través de los años ha aumentado progresivamente el deterioro que ha venido sufriendo el medio ambiente, afectándose por ésta problemática todos los recursos naturales. El agua es uno de los recursos naturales que no se escapa a esta realidad, siendo probablemente el recurso natural más importante del mundo, ya que sin éste ya no podría existir la vida y la industria no funcionaría. Es así como se ha puesto énfasis en frenar tal problemática, para ello se han tomado medidas concretas, una de ellas es



la creación de plantas de tratamiento de los efluentes líquidos para reducir el nivel de contaminación de las aguas industriales a ser desechadas o reutilizadas. Con estos sistemas de tratamiento se pretende reducir al máximo la contaminación y sus efectos, asegurar la protección del medio ambiente y de los seres vivos, y asegurar un desarrollo urbano e industrial sustentable (Niño *et al.*, 2004).

## **2.2.- LA IMPORTANCIA DEL AGUA**

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía. El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y su fórmula química es H<sub>2</sub>O. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente (EcoPortal. 2005).

La evaluación 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; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda. La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están:

agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor (InfoAgua. 2005).

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsible de tiempo. Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina. Cada país debe tener una institución que se encargue de dicho control. En Estados Unidos existen parámetros mencionados en la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) que norman en relación a las especificaciones de todo tipo en el agua potable, en el área microbiológica se toman en cuenta niveles de alerta y niveles de acción (Gómez, 2004).

A pesar del control y prevención que se persigue en muchos países, se reportan aguas contaminadas con coliformes lo que hace que la calidad del agua no sea la deseada, si bien muchos países tienen agua en grandes

cantidades, el aumento poblacional, la contaminación de las industrias, el uso excesivo de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas negras y la erosión de suelos por la deforestación hacen que ese recurso sea escaso. En Guatemala cada año se producen 380 millones de metros cúbicos de aguas negras y de ellos, sólo 19 millones son tratados. El resto llega con toda su carga contaminante a los ríos y lagos. La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua potable segura. Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al año y 20% de todas las especies acuáticas de agua fresca están extintas o en peligro de desaparecer (Morea, 2005).

### **2.3.- DEFINICION, COMPOSICION Y PROPIEDADES DEL AGUA**

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). A la presión atmosférica normal (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es a los 0 °C y su punto de ebullición a los 100 °C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse. Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura. El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos. Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos

de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes (Ramírez, 2004).

### **2.3.1.- FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL AGUA**

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. Es esencial para todos los tipos de vida, incluso para aquellos organismos que la evolución condujo a tierra firme, el agua resulta indispensable, de modo que una buena parte de sus estrategias de adaptación tienden al mantenimiento de un cierto grado de humedad en su interior. Pueden resumirse en cinco las principales funciones biológicas del agua (Discovery Communications Inc., 2005).

- Es un excelente disolvente, especialmente de las sustancias iónicas y de los compuestos polares. Incluso muchas moléculas orgánicas no solubles como los lípidos o un buen número de proteínas forman, en el agua, dispersiones coloidales, con importantes propiedades biológicas.
- Participa por sí misma, como agente químico reactivo, en la hidratación, hidrólisis y oxidación-reducción, facilitando otras muchas reacciones.
- Permite el movimiento en su seno de las partículas disueltas (difusión) y constituye el principal agente de transporte de muchas sustancias nutritivas reguladoras o de excreción.
- Gracias a sus notables características térmicas (elevados calor específico y calor de evaporación) constituye un excelente termorregulador, una propiedad que permite el mantenimiento de la vida de los organismos, en una amplia gama de ambientes térmicos.

- Interviene, en especial en las plantas, en el mantenimiento de la estructura y la forma de las células y de los organismos (Discovery Communications Inc. 2005).

### **2.3.2.- TIPOS DE AGUA**

Existen diferentes tipos de agua, de acuerdo a su procedencia y uso: de manantial, potable y residual. El agua de manantial es el flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área restringida. Puede aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, laguna o lagos. Su localización está en relación con la naturaleza de las rocas, la disposición de estratos permeables e impermeables y el perfil del relieve, ya que un manantial tiene lugar donde un nivel freático se corta con la superficie. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener origen atmosférico (agua de lluvia que se filtra en la tierra y surge en otro lugar a menor altitud) o ígneo, dando lugar a manantiales de agua caliente o aguas termales, calentadas por contacto con rocas ígneas.

La naturaleza a través del ciclo del agua, trabaja para limpiarla, sin embargo no tiene la capacidad suficiente para eliminar todas las sustancias y contaminantes que se vierten al agua. Por ello el agua captada de los ríos es llevada por una línea de conducción, a una planta de tratamiento para purificarla y hacerla potable y apta para el consumo humano. Ya potable el agua es conducida a tanques de distribución que a través de redes de distribución surten a los diferentes sectores de la ciudad. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. Las aguas residuales pueden tener origen

doméstico, industrial, subterráneo o meteorológico y reciben los siguientes nombres respectivamente: domésticas, industriales, de infiltración y pluviales (Excel Water Technologies, 2005).

### **2.3.3.- PURIFICACION DE AGUA POR SEDIMENTACION**

La sedimentación consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se dirijan al fondo. La mayor parte de las técnicas de sedimentación se fundamentan en la acción de la gravedad. La sedimentación puede ser simple o secundaria. La sedimentación simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial; mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbidez será menor, haciendo el agua más transparente. El reposo natural prolongado también ayuda a mejorar la calidad del agua, pues provee oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares, lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua. La sedimentación secundaria ocurre cuando se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua (Bros, 2005).

### **2.3.4.- PURIFICACION DE AGUA POR FILTRACION**

La filtración es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido al hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar fácilmente.

Se emplea para obtener una mayor clarificación, generalmente se aplica después de la sedimentación para eliminar las sustancias que no salieron del agua durante su decantación (EcoPortal. 2005).

### **2.3.5.- PURIFICACION DE AGUA POR DESINFECCION**

Se refiere a la destrucción de los microorganismos patógenos del agua ya que su desarrollo es perjudicial para la salud. Se puede realizar por medio de ebullición que consiste en hervir el agua durante 1 minuto y para mejorarle el sabor se pasa de un envase a otro varias veces, proceso conocido como aireación, después se deja reposar por varias horas y se le agrega una pizca de sal por cada litro de agua. Cuando no se puede hervir el agua se puede hacer por medio de un tratamiento químico comúnmente con cloro o yodo (Gómez, 2004).

### **2.3.6.- PURIFICACION DE AGUA POR CLORACION**

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar (A.T. Export., 2005).

### **2.3.7.- PURIFICACION DE AGUA POR OZONO**

Es el desinfectante más potente que se conoce, el único que responde realmente ante los casos difíciles (presencia de amebas, etc.). No comunica ni sabor ni olor al agua; la inversión inicial de una instalación para

tratamiento por ozono es superior a la de cloración pero posee la ventaja que no deja ningún residuo (Urbieta, 2005).

### **2.3.8.- PURIFICACION DE AGUA POR RAYOS ULTRAVIOLETA**

La desinfección por ultravioleta usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que, cuando pasa el flujo de agua a través del estuche, los rayos ultravioleta son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento. Cuando la energía ultravioleta es absorbida por el mecanismo reproductor de las bacterias y virus, el material genético (ADN/ARN) es modificado, de manera que no puede reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y el riesgo de contraer una enfermedad, es eliminado. Los rayos ultravioleta se encuentran en la luz del sol y emiten una energía fuerte y electromagnética. Están en la escala de ondas cortas, invisibles, con una longitud de onda de 100 a 400 nm (1 nanometro= $10^{-9}$ m).

### **2.4.- CAUSAS DE LA CONTAMINACION DEL AGUA**

Las fuertes concentraciones de población contribuyen a la rápida contaminación del agua y otros tipos de contaminación. Agua contaminada es el agua a la que se le incorporaron materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Los principales contaminantes del agua son:



- Agentes patógenos: bacterias, virus, protozoarios y parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- Desechos que requieren oxígeno: los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.
- Sustancias químicas inorgánicas: ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo) que envenenan el agua.
- Los nutrientes vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).
- Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes que amenazan la vida.
- Sedimentos o materia suspendida: partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.
- Sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer.
- Calor: ingresos de agua caliente disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables (Gómez, 2004).

## **2.5.- Definición de un filtro de carbón activado.**

A nivel mundial, las aguas residuales siguen constituyendo, por volumen, la mayor fuente de contaminante del medio ambiente marino y costero. Además, las descargas costeras de aguas, han aumentado dramáticamente

en las últimas tres décadas. Más aún, debido a la alta demanda de agua en sectores urbanos, el suministro de agua tiende a sobrepasar la capacidad del alcantarillado municipal, incrementando el volumen de aguas residuales (Greenpeace, 1998).

Los filtros de carbón activado funcionan por el mismo principio que los filtros de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Se diseña normalmente para remover cloro, sabores y olores y demás químicos orgánicos. También es uno de los procesos finales de los sistemas de tratamiento de agua, su función es pulir la descarga final. (Acsmedioambiente, 1998 – 2001).

La adsorción con carbón activo es un proceso donde un sólido se utiliza para eliminar una sustancia soluble del agua. En este proceso el carbón activo es el sólido. El carbón activo se produce específicamente para alcanzar una superficie interna muy grande (entre 500 - 1500 m<sup>2</sup>/g). Esta superficie interna grande hace que el carbón tenga una adsorción ideal. El carbón activo viene en dos variaciones: Carbón activado en polvo (PAC) y carbón activado granular (GAC). La versión de GAC se utiliza sobre todo en el tratamiento de aguas, puede fijar las siguientes sustancias solubles por adsorción

Adsorción de sustancias no polares como:

- Aceite mineral

- Poli-hidrocarburos aromáticos (PACs)
- (Cloruro) Fenol
- Adsorción de sustancias halogenadas: yodo, bromo, cloro, hidrogeno y flúor.
- Olor
- Sabor
- Levaduras
- Varios productos de fermentación
- Sustancias no polares, esto es, no solubles en agua (Metcalf y Eddy, 1991)

La primera consideración en el diseño de un sistema de adsorción con carbón activado (CAG) es la selección del Carbón. La manera más precisa de realizarla es mediante pruebas dinámicas en columnas piloto. Sin embargo estas requieren de mucho tiempo para determinar el tiempo de vida útil esperado del CAG y pretender aplicarlas a toda la gama de carbones que puede haber disponibles en el mercado sería muy costoso e impráctico (Castro y Díaz, 2001).

La microporosidad del carbón activado lo hace un adsorbente preferencial de moléculas de bajo peso molecular, tales como, gasolinas, fenoles y pesticidas, que son los principales contaminantes dañinos presentes en aguas de pozo, lagos y ríos. Por sus características, el carbón activado es altamente eficaz en la remoción de sabor y olor del agua. También pueden emplearse para remover sólidos suspendidos, sustituyendo a la arena o a la antracita que se utilizan para estos fines sin que se requiera cambiar o

modificar los filtros existentes. Asimismo el carbón CARBOFILT CAG<sup>R</sup> tiene mayor dureza que cualquier otro en el mercado, y por lo tanto presenta mayor resistencia a la erosión (A M C S, 2003).

El primer efecto de los filtros de carbón activado sería netamente mecánico, esto es de retención de partículas de diámetros relativamente grandes, lo que generalmente se obvia debido a que estos filtros se colocan después de los filtros de arena, lo que implicaría que el agua se encuentra libre de sólidos en suspensión. A continuación toma importancia el efecto de absorción del carbón activado, el cual se encarga de eliminar, como se apuntó anteriormente, los malos olores y malos sabores del agua, mediante la eliminación de los compuestos orgánicos de cadena larga, tales como fenoles, disolventes, colorantes, derivados aromáticos, etc. En cuanto al frente de agotamiento del carbón activado, este se comporta de manera lineal, saturándose primero las capas superiores y descendiendo hasta llegar a fondo. Al igual que los filtros de arena, los filtros de carbón poseen sistemas de distribución similares a estos, siendo que el carbón se sustenta de igual manera sobre el lecho de grava. Así mismo, también el sistema de retrolavado en estos filtros es el mismo, lo que permite la eliminación, si no de todo el material absorbido, de una parte de este (Greenpeace, 1998).

## **2.6.-Selección definitiva del CAG y su relación con el diseño del sistema de adsorción.**

Después de haber seleccionado de manera preliminar aquellos carbones que a primera vista son los más adecuados, la selección definitiva del mejor requiere de pruebas dinámicas. Antes de describir estas pruebas, es

necesario comprender el significado de la zona de transferencia de masa y de la curva de ruptura, el efecto que en ellas tiene el tiempo de contacto en cama vacía, así como conocer el tipo de absorbentes de CAG y sus posibles modos de operación y configuraciones. Todo esto se explica a continuación (Groso, 1997).

### **2.7.- La zona de transferencia de masa en camas de CAG.**

El carbón activado granular (CAG) se utiliza en tanques o columnas por los que circula el fluido que va a purificarse. La altura de la cama de carbón es  $a$ ; la altura de la zona de transferencia de masa (ZTM) es  $a_T$ , y el diámetro de la columna es  $D$ . La ZTM es la porción de la cama de carbón en la que ocurre la adsorción. En otras palabras, es la distancia entre la capa de carbón saturado, que está encima y la capa de carbón no utilizado, que está abajo. Conforme continúa la operación de la columna, la ZTM se desplaza a través de toda la longitud, hasta que su parte inferior alcanza el fondo de la misma en este momento aumenta repentinamente la pendiente de la curva de la grafica. Mientras la ZTM se mueve hacia fuera de la columna, la curva sigue subiendo de manera sostenida. Después que toda la ZTM a salido, la cama de carbón está saturada en su totalidad y la concentración de la impureza en el efluente,  $C_f$  es la misma que en el influente,  $C_o$ . esta curva se llama curva de ruptura y el punto en que la concentración del soluto en el efluente rebasa un valor máximo establecido para el tratamiento se llama punto de ruptura (Groso, 1997).

## 2.8.- Características de la curva de ruptura.

La curva de ruptura de un sistema de adsorción puede modificarse al cambiar el tiempo de contacto en cama vacía (TCCV). Este parámetro es el tiempo de residencia que tendría el fluido si la cama de carbón estuviera vacía; es decir, no corresponde al tiempo real de contacto entre el fluido y el carbón. El TCCV (minutos) se calcula mediante la siguiente ecuación:

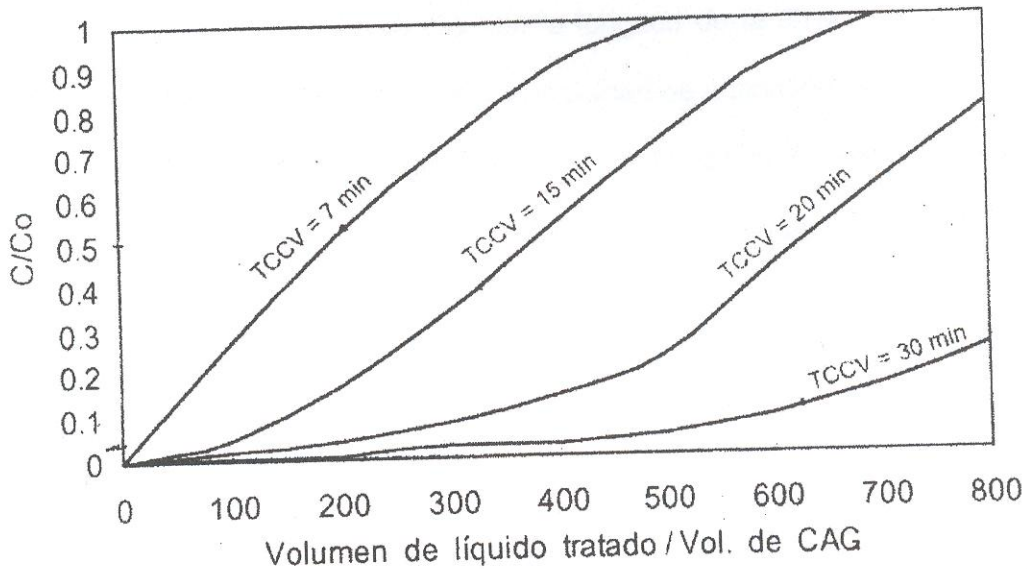
$$\text{TCCV} = \frac{V}{F}$$

En donde V es el volumen de la cama CAG y F es el flujo volumétrico (l/min).

El TCCV puede variarse aumentando o disminuyendo la altura de la cama a un flujo constante o cambiando el flujo a una altura de cama constante. Al modificar el TCCV, se altera la forma de la curva de ruptura. Mientras menor es el TCCV, mas pronto se alcanza dicho punto. Se ejemplifican las curvas de ruptura para distintos valores de TCCV. Existe una clara relación económica entre el volumen de la cama y la frecuencia con la que se requiere sustituir al carbón: mientras mayor es el volumen de la cama, menor es la frecuencia de sustitución.

Al incrementar el TCCV no solo se retrasa la aparición del punto de ruptura sino que se aumenta el grado de utilización del carbón. El porcentaje del carbón que esta totalmente saturado en el punto de ruptura es mayor mientras mas profunda sea la cama. Sin embargo, mas allá de cierta altura de cama, es mayor el efecto de aumento del costo por el volumen adicional de la misma, que la disminución del costo por la mejor

utilización del carbón; por lo tanto, existe una profundidad de cama óptima desde el punto de vista de costos (Groso, 1997).



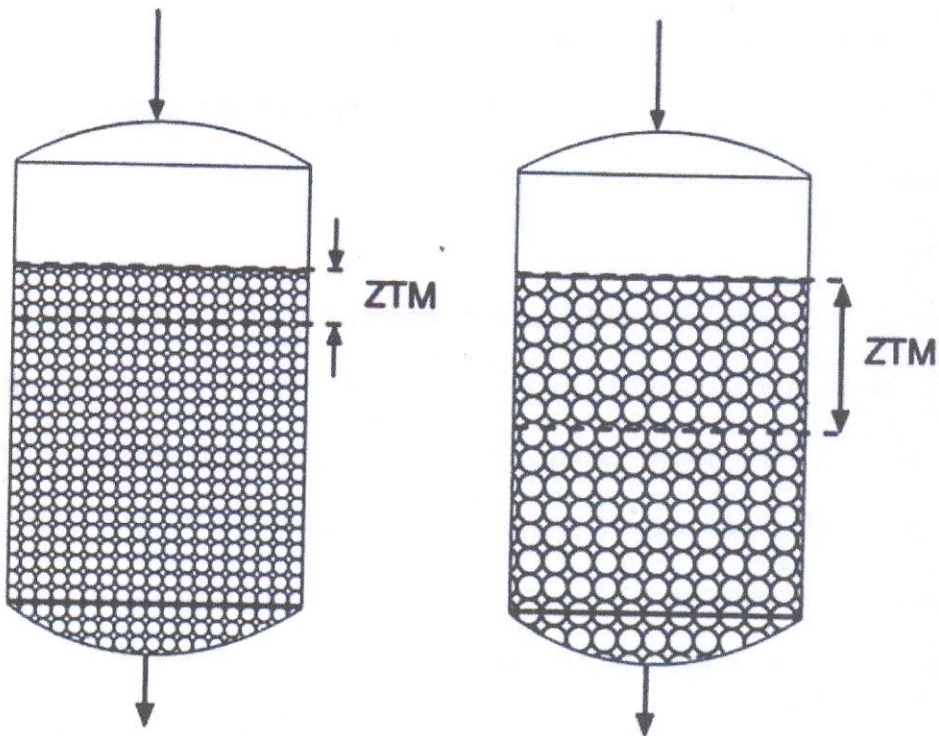
**Figura 1.** Curvas de ruptura típicas, que muestran el efecto del TCCV.

### 2.8.1.- Características de la curva de ruptura.

La curva de ruptura no solo depende del TCCV, sino de las características del influente, las principales son la composición y concentración de las impurezas en el fluido, la temperatura y el pH; entre las del carbón no solo están las inherentes a su materia prima y método de fabricación sino, de manera especial, el tamaño de sus partículas (Groso, 1997).

A un flujo y a un TCCV dados, las curvas de ruptura son distintas para diferentes solutos y diferentes carbones. Las dos variables fisicoquímicas

que determinan las características de estas curvas son las constantes de equilibrio y la constante de la velocidad de adsorción. Esta última aumenta de manera sustancial al disminuir el tamaño de la partícula del carbón lo que tiene como efecto una disminución en la longitud de la ZTM y por eso e menor tamaño de partícula aumenta la velocidad de adsorción. Mientras más corta es la ZTM para un carbón dado, el punto de ruptura aparece mas tarde y la curva de ruptura es más pronunciada hacia arriba (Groso, 1997).



**Figura 2.** Efecto del tamaño de partícula del CAG en la longitud de la ZTM.

### **2.9.- Relación entre la curva de ruptura y el diseño del sistema.**

El tratamiento de agua con CAG tiene un objetivo definido que consiste en lograr un efluente en el que la concentración del soluto no sobrepase cierto



valor. La obtención de varias curvas de ruptura a distintos TCCVs brinda la información necesaria para dimensionar el absorbedor. El TCCV seleccionado para el diseño será aquel que corresponda a la combinación mas barata entre el volumen de absorbedor y la frecuencia de sustitución del carbón. Esta selección se realiza de frecuencia de sustitución del carbón, hasta uno muy pequeño con mayor frecuencia de sustitución (Groso, 1997).

## **2.10.- Adsorbedores de CAG, modos de operación y configuración.**

### **2.10.1.- Flujo ascendente y descendente.**

El carbón activado granulado adsorbe de la misma manera, independiente de que el fluido circule en un sentido ascendente o descendente: por lo tanto en ambos casos las dimensiones de la cama y del equipo son iguales. Cuando el flujo es descendente, el carbón también actúa como filtro reteniendo los sólidos suspendidos en la parte superior de la cama. La desventaja esta en que hay que contar con una bomba capaz de vencer la caída de presión que puede llegar a ser considerable cuando hay presencia de sólidos suspendidos. Al llegar a ser inaceptable la caída de presión hay que efectuar un retrolavado (Groso, 1997).

La adsorción en flujo ascendente puede realizarse manteniendo la cama de carbón compacta o fluidizada. El segundo caso es el más común y se conoce como adsorción en cama expandida, que se utiliza en el tratamiento de líquidos con un alto contenido de sólidos suspendidos. La mayoría de estos sólidos no retienen, si no pasan entre las partículas de carbón a lo

largo de toda la cama y salen con el efluente tratado, evitando así un taponamiento prematuro y las consiguientes pérdidas de tiempo y de agua para el lavado. En este modo de operación, la caída de presión es relativamente baja y solo se requieren lavados ocasionales para remover sólidos suspendidos que hayan acumulado (Groso, 1997).

La curva de ruptura no solo permite estimar la frecuencia de sustitución del carbón, sino que brinda información para decidir si es conveniente o no el uso de más de un absorbedor conectado en serie. Esta alternativa es atractiva cuando la ZTM es muy larga, lo que corresponde a una curva de ruptura muy acostada. Con este arreglo es posible sustituir el carbón agotado del primer absorbedor de la serie, mientras se sigue utilizando el de los siguientes equipos, lo que se describe con mayor detalle en la siguiente sección (Groso, 1997).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La región lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud Oeste, y los paralelos 25° 05' y 26° y 54' de latitud Norte. La altitud de esta región sobre el nivel del mar es de 1,139 m. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28.8° C., una mínima de 11.68° C y una temperatura media de 19.98° C.

#### 3.2 Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL, la cual se localiza en Periférico y Carretera a Santa Fe, Km. 1.5, en Torreón, Coahuila, México; durante el periodo de diciembre de 2006. El objetivo de esta tesis fue diseñar un filtro a base de carbón activado, con aguas concentradas de la Universidad.

Para realizar los cálculos de las filtraciones del agua en los lugares donde se tomaron las muestras, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Q = A V$$

Donde:

$$Q = \text{Gasto}$$

$$A = \text{Área}$$

$$V = \text{Velocidad}$$

$$TCCV=V/F$$

Donde:

TCCV= Tiempo de contacto en cama vacía

V= Volumen de la cama de carbón

F= Flujo volumétrico

### **Descripción del material utilizado**

Se utilizo una bomba de vacio, vaso de precipitado, embudo erlenmeyer, tres muestras de agua, carbón activado, papel filtro y una regla de 30 cm.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muestras de agua de un registro municipal con una cama de carbón activado de 2 cm. de altura.

1º muestra tiempo de filtrado es 3:56:83 min.

2º muestra tiempo de filtrado es 8:29:23 min.

Muestra de agua de la fuente de la universidad con una cama carbón activado de 3 cm. de altura

3º muestra tiempo de filtrado es 8:33:61 min.

4º muestra tiempo de filtrado es 3:02:76 (cama de 1 cm. de altura)

Muestras de aguas de un canal de aguas con diferentes capas.

1º muestra tiempo de filtrado es 1:34:48 min. Cama de carbón activado de medio cm. de altura

2º muestra tiempo de filtrado es 2:18.57 min. Cama de carbón activado de 1 cm. de altura

3º muestra tiempo de filtrado es 3.10:10 min. Cama de carbón activado de 1.5 cm. de altura

4º muestra tiempo de filtrado es 4:09:63 min. Cama de carbón activado de 2 cm. de altura

**Cuadro 1. Análisis de muestras de aguas**

Sitios de muestreo	Antes de la filtración	Filtración con carbón activado	Tiempo de filtración	Después del filtración
Agua municipales				
1º muestra	Turbiedad	Cama de 2 cm de altura	3:56:83 min	Cristalina
2º muestra	Turbiedad	Cama de 2 cm de altura	8:29:23 min	Cristalina
Agua de la fuente de la UAAAN-UL				
3º muestra	Turbiedad	Cama de 3 cm de altura	8:33:61 min	Cristalina
4º muestra	Turbiedad	Cama de 1 cm de altura	3:02:76 min	Cristalina
Aguas de canal de riego de la UAAAN-UL				
1º muestra	Turbiedad	Cama de 0.5 cm de altura	1:34:48 min	Cristalina
2º muestra	Turbiedad	Cama de 1 cm de altura	2:18:57 min	Cristalina
3º muestra	Turbiedad	Cama de 1.5 cm de altura	3:10:10 min	Cristalina
4º muestra	Turbiedad	Cama de 2 cm de altura	4:09:63 min	Cristalina

Carga hidráulica para 50 ml de agua residual

$$\frac{8 \times 30}{\text{Lpm/cm}^2}$$

$$0.3731 = 0.03166 \text{ lpm/cm}^2$$

$$0.2293 = 0.01948 \text{ lpm/cm}^2$$

$$0.1612 = 0.01368 \text{ lpm/cm}^2$$

$$0.1222 = 0.01037 \text{ lpm/cm}^2$$

$$C_H = \frac{F}{A}$$

Calculamos A de la Ecuación (1)

$$\frac{C_H}{F} = A = \frac{0.03166 \text{ LPM/CM}^2}{0.3731 \text{ LPM}} = 0.08485 \text{ CM}^2$$

$$A = 0.08485 \text{ cm}^2$$

Calculamos V a partir de la Ecuación (2)

$$\text{TCCV} = \frac{V}{F}$$

$$\text{TCCV} \times F = V$$

$$1.34 \text{ min.} \times 0.3731 \text{ Lt/min.} = 0.499 \text{ Lt} = V = \text{volumen de la cama}$$

$$V = 0.499 \text{ Lt.}$$

$$A = 0.08485 \text{ Cm}^2$$

$$a = \frac{V}{1000 A}$$

$$a = \frac{V}{1000 A} = \frac{0.499 \text{ Lt.}}{1000 (0.08485 \text{ CM}^2)}$$

$$a = \frac{0.499 \text{ Lt.}}{84.85 \text{ Cm}^2}$$

$$a = 0.00588 \text{ Cm}^2$$

**Figura 3. Filtros de carbón activado.**



Una de las funciones del carbón activo en el tratamiento de aguas es la eliminación de concentraciones residuales de agentes oxidantes como cloro y ozono, y de los derivados cancerígenos, trihalometanos, originados en estos tratamientos. El carbón activo actúa adsorbiendo estos productos o catalizando a su paso a formas reducidas inofensivas. El diseño de los filtros de carbón activo granular depende de la calidad del agua y de la disponibilidad de espacio, así como de las etapas de tratamiento necesarias. Esto pudiera corresponder por Urso servicios ambientales (2000) que la capacidad de adsorción de diversas sustancias, junto con la gran facilidad y rapidez de eliminación del medio tratado y la posibilidad de, una vez agotado, ser regenerado para su reutilización, permite un tratamiento eficaz y barato en múltiples aplicaciones, en muchas de las cuales es un producto insustituible.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El presente experimento permitió comprobar que a partir de la filtración se puede obtener un agua cristalina la cual se puede utilizar para riego de jardines, campos etc. Los resultados obtenidos en las filtraciones del agua no tuvieron ninguna diferencia ya que el carbón activado cumplió con las expectativas de la filtración al obtener las aguas cristalinas. Por lo anterior el diseño de filtros a base de carbón activado es considerado como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales ya que reduciría costos de producción en construir plantas de tratamientos de aguas residuales. Ante todo lo anterior queda claro, que debemos protegernos del agua no pura, pues si bien es cierto que no siempre encontramos todos los desechos al mismo tiempo, sino un número definido de contaminantes en nuestra agua, el riesgo que corremos es que a largo plazo nuestra salud empiece a verse afectada, debido a que no tomamos las medidas adecuadas. Uno de los recursos más utilizados para purificar el agua de microorganismos es el cloro, pero puede ser perjudicial para la salud, como nos dicen algunos expertos y recalcamos en este trabajo. Una última consideración es pensar en la conveniencia de solicitar el análisis del agua que llega a nuestra casa a algún laboratorio, para saber con certeza que tipo de impurezas tiene.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

A.T. Export. 2005. (En línea) Desinfección.  
<http://www.atexport.com/pagesp/info/desinfpis.htm>. (Consulta 17 de  
septiembre de 2006.

ACS Medio Ambiente Filtros de carbón activado  
[http://www.acsmedioambiente.com/equipos/filtros\\_de\\_carbon\\_activado.htm](http://www.acsmedioambiente.com/equipos/filtros_de_carbon_activado.htm).  
(En línea) (Consultado 13 de septiembre, 2006).

Australian Marine Conservation Society, 2003: Our Point of View - The  
Facts magazine, ciudad, Australia

Blatchley III, E.R., B.A Hunt., R., Duggirala, J.E. Thompson, J., ZHAO,  
T., Halaby, R.L., Cowger, C.M., Straub y J.E., Alleman, 1997. *Effects of  
disinfectants on wastewater effluent toxicity*. Wat. Res. 31.

Brissaud F. and Lesavre J. 1993. Infiltration percolation in France: 10  
years experience. *Wat. Sci. Tech.* Vol.10

European Commission, 1999. DG VII - 83: Transport research - Fourth framework programme -EMARC - MARPOL rules and ship generated waste, Luxembourg, Europe.

Excel Water Technologies, 2005. (En línea) Desinfección por Ultravioleta. <http://www.excelwater.com/spa/b2c/uvprocess.php>. (Consultado 12 de noviembre de 2006).

FAQ de la Microbiología del Agua. 2005. (En línea) Preguntas frecuentes. <http://www.lenntech.com/espanol/FAQ-microbiologia-del-agua.htm>. (Consulta 20 de octubre de 2006).

Gómez, Adela., 2004. (En línea) Contaminación del Agua. [http://eureka.ya.com/ecositio/cont\\_agua.htm](http://eureka.ya.com/ecositio/cont_agua.htm). (Consultado 12 de noviembre de 2006 ).

Greenpeace Research Laboratories, 1998: Greenpeace Report on the World's Oceans.

Grietji, Z; J. B. Van Lier, y G. Lettinga, 2000. Technical Expert Consultation on Appropriate and Innovative Wastewater Management for Small Communities in EMR Countries. WHO.

Groso C. G, 1997, el carbón activado granular en el tratamiento del agua, primera edición, editorial "Aconcagua ediciones y publicaciones, S.A. de C, V, Pág. 54 – 68.

Havelaar, A. H, TH.J., Nieuwstad, Meulemans, C.C.E., Olphen, M. Van., 1991. *F-specific RNA bacteriophages as model viruses in UV disinfection of wastewater*. Wat. Sci. Tech. 24 Pág.

Hines Ellen. 2002, Freshwater y Marine Pollution, Department of Geography y Human Environmental Studies, San Francisco State University.

InfoAgua., 2005. (En línea) El Agua. <http://www.infoagua.org>. (Consultado 19 octubre, 2006).

Metcalf y Eddy, 1991. (En línea) Wastewater Engineering, tercera edición; página 317. <http://www.lenntech.com/espanol/adsorcion.htm> (consultado 19 octubre, 2006).

Morea, L. 2005. (En línea) Contaminación del Agua. <http://www.monografias.com/trabajos/contamagua/contamagua.shtml>. (Consultado 13 de septiembre, 2006).

Nino, Z.M., Pérez, S.A. y M.J. Llobregat, 2004. (En línea) Desarrollo de un Programa de Simulación de Procesos para el Tratamiento de Efluentes Líquidos. P.47-54.

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642004000200009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642004000200009&lng=es&nrm=iso)>. [Citado 26 Septiembre 2006],

Ostroff A. G: 1979 "Introduction to Oilfield Water Technology". Published by the National Association of Corrosion Engineers. Houston, Tx, USA.

Patton C. 1995 "Applied Water Technology". Published by the Campbell Petroleum Series. Second Edition. Dallas, Tx, USA.

Ramírez, A. 2004. (En línea) Recursos Naturales en Grave Deterioro. [http://www.cepredenac.org/05\\_nove/a\\_prensa/2004/mar\\_04/mar\\_04d.htm](http://www.cepredenac.org/05_nove/a_prensa/2004/mar_04/mar_04d.htm). (Consultado 13 de septiembre, 2006)

Revista "DYNA" 1998. (En línea) aguas residuales ([http://WWW.articulosdefiltros \ aguas residuales.htm](http://WWW.articulosdefiltros\aguasresiduales.htm)). (Consultada el 22 de mayo, 2006).

Rigola, L. y M. Boixareun 2003 (En línea) Tratamiento de aguas industriales: Aguas De Proceso Y Residuales Editores. (Consultada el 22 de mayo, 2006).

Rita Chaher 2003. (En línea)

<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpypkEuyZZhnnQVCPG.php>.

Contactar <mailto:rita1@geocities.com> (consultado el 01 de octubre de 2006).

Shelef G. y Y. Azov, 1996. The coming era of intensive wastewater reuse in the Mediterranean region. *Wat. Sci. Tech.* 33, pp10-11.

Urbieto, J. 2005. (En línea) Contaminación y Purificación del Agua. <http://www.monografias.com/trabajos12/conpurif/conpurif.shtml>. (Consultado 13 de septiembre, 2006).

Urso Servicios Medioambientales, S.L. 2000 (En línea) filtración de agua con carbón activo. <http://www.supercable.es/~urso/filtroca.htm> (Consultado 10 de enero, 2007).

## GLOSARIO

**Aglomeración urbana:** Zona geográfica formada por uno o varios municipios, o por parte de uno o varios de ellos, que por su población o actividad económica constituya un foco de generación de aguas residuales que justifique su recogida y conducción a una instalación de tratamiento o a un punto de vertido final.

**Aguas residuales domésticas:** Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

**Aguas residuales industriales:** Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

**Aguas residuales urbanas:** Las aguas residuales domésticas o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.

**Estuario:** La zona de transición, en la desembocadura de un río, entre las aguas dulces y las aguas costeras.

**Fangos:** Los lodos residuales, tratados o no, procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.

**Sistema colector:** Todo sistema de conductos que recoja y conduzca las aguas residuales urbanas, desde las redes de alcantarillado de titularidad municipal, a las estaciones de tratamiento.

**Tratamiento adecuado:** El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación, en virtud del cual las aguas receptoras cumplan después del vertido, los objetivos de calidad previstos en el ordenamiento jurídico aplicable.

**Tratamiento primario:** El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO 5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%.

**Tratamiento secundario:** El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos que se establecerán reglamentariamente.



**Un habitante equivalente:** La carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO 5), de 60 gramos de oxígeno por día.

**Zona menos sensible:** Medio o zona de aguas marinas declaradas expresamente con los criterios que se establecerán reglamentariamente.

**Zona sensible:** Medio o zona de aguas declaradas expresamente con los criterios que se establecerán reglamentariamente.