

## INTRODUCCIÓN

La evolución de las industrias ha llegado a una etapa en la cual, se ha creado la capacidad de modificar todo cuanto le rodea. El avance a nivel tecnológico crece de una manera exponencial pero a su vez crecen los niveles de contaminación de los recursos naturales. Debido a esto la empresa debe tener una serie de acciones encaminadas a lograr un buen posicionamiento a nivel industrial y económico, pero también, a la protección de medio ambiente. Por esto el presente trabajo presenta una propuesta de un “sistema amigable” con el medio ambiente.

El desarrollo industrial suele implicar la necesidad de disponer de recursos hídricos para poder llevar a cabo sus actividades, pero a medida que crece la población también crece la demanda de los productos de la industria por ende también aumenta la demanda del recurso hídrico.

La utilización del recurso hídrico provoca una disminución de su calidad y, en muchos casos, un deterioro ambiental al ser devuelta directamente al medio receptor tras su utilización; de aquí parte la idea de un sistema amigable con el medio ambiente el cual consiste en la reutilización del agua, ¿pero como lograrlo?. En la actualidad existe una gran variedad sistemas de tratamiento para las aguas residuales, cuyo propósito es modificar las propiedades físicas o químicas de los residuos, además de disminuir o eliminar la toxicidad de estos compuestos, para este trabajo se presenta la propuesta de una incorporación de un sistema de desinfección química con cloro a la planta de tratamiento de agua residual de una empresa dedicada a la transformación del vidrio ubicada en el municipio de Chía.

Al transcurso del trabajo se especifican los aspectos a tener en cuenta al momento de hacer vertimientos, desde las características de las aguas residuales hasta los diferentes tipos de tratamiento, también se encuentra todo el marco legal que se debe seguir para realizar los vertimientos a aguas municipales.

La propuesta esta enfocada en los siguientes aspectos, el impacto ambiental que generan los vertimientos, la representación grafica del estado actual de la planta de tratamiento de agua residual, la representación grafica de la propuesta en donde se denota la distribución de la planta incluyendo la adición del sistema de cloración y el mantenimiento preventivo de los equipos de la planta de tratamiento de agua residual para garantizar el cumplimiento de las características del agua para su reutilización en el proceso.

## **1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La planta del proceso de transformación del vidrio ubicada en el municipio de Chía desarrolla un proceso en donde se realizan actividades como corte, lavado y pintado en los cuales se hace uso del agua como materia prima. En el proceso de corte el agua es utilizada como refrigerante para las cuchillas, en el proceso de lavado es usada como materia principal para retirar las partículas de polvo y virutas resultantes del proceso de corte; también es usada como medio de limpieza en el área de pintado. Como resultado de estos procesos obtenemos aguas contaminadas con partículas de vidrio (residuos sólidos) y agentes químicos de la pintura, las cuales son vertidas a la red de alcantarillado municipal de Chía.

La empresa cuenta actualmente con una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), que trabaja por medio de un método físico-químico en donde se lleva a cabo la remoción de sólidos suspendidos, remoción de DBO soluble (demanda bioquímica de oxígeno) y remoción de patógenos, para cumplir con la normatividad exigida por los entes ambientales en el momento de realizar los vertimientos.

Al continuar con los vertimientos de agua hacia la red de alcantarillado se acelera una problemática ambiental asociada con el cambio climático, la disminución de la capa de ozono, la contaminación hídrica y la notable escasez de agua. Este inconveniente no es ajeno a ningún tipo de industria, por lo tanto el tema de los vertimientos es un problema de ordenación de los recursos hídricos y, por lo tanto, va más allá del mero control que puedan ejercer las autoridades ambientales.

Las industrias y las entidades ambientales han reconocido que la prevención de la contaminación es más rentable que el control de esta, por lo tanto las industrias deberían optimizar los procesos de tratamiento implementando tecnologías o a través de procesos físicos, químicos o biológicos reduciendo los riesgos al ser humano y al medio ambiente.

Por lo tanto para la empresa de transformación del vidrio es útil el uso de un sistema de desinfección química que permita hacer una reutilización del recurso hídrico.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Los problemas ambientales que se tienen hoy en día y que no son ajenos a ningún tipo de industria o persona en la sociedad, tienen que ser reconocidos de una manera positiva, es decir, se ve la necesidad de mitigar el impacto ambiental que generan las industrias; por lo tanto es responsabilidad de todos contribuir con el desarrollo de actividades en pro del medio ambiente ya que esto va mas allá de los problemas económicos y políticos que le puedan generar a las industrias, aunque como se menciona anteriormente es mas económico invertir en como controlar nuestros residuos, que solucionar los problemas ambientales que estos generan.

Por lo tanto para la empresa de transformación del vidrio, la incorporación de un sistema de desinfección química con cloro en su planta de tratamiento de agua residual industrial, es adecuado para cumplir con los características necesarias que debe tener el agua para su reutilización dentro del proceso productivo de la planta; contribuyendo así a disminuir costos de consumo y lo mas importante la preservación del recurso natural.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer un plan de reutilización del agua residual industrial del proceso de transformación del vidrio para reducir el vertimiento hacia el sistema de alcantarillado del municipio de Chía.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ü Identificar las características requeridas del agua residual industrial para su reutilización en el proceso de transformación del vidrio.
- ü Identificar el sistema adecuado para el tratamiento del agua residual industrial que permita su reutilización.
- ü Diagramar la propuesta del plan de reutilización del agua residual industrial.

## **1.4 MARCO REFERENCIAL**

### **1.4.1 Marco teórico**

#### **1.4.1.1 La Calidad del Agua**

Los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, acuíferos, etc.) constituyen suministros naturales de agua no son puros en el sentido de que carecen de productos químicos disueltos como sucede con el agua destilada, desionizada.

El concepto de calidad del agua es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La determinación de la calidad del agua depende del uso que se le va a dar. No basta con decir: "esta agua está buena," o "esta agua está mala." Agua apropiada para riego de jardines puede no ser de buena calidad para agua potable.

Se conoce al agua como disolvente universal porque tiene capacidad para disolver lentamente casi cualquier cosa con la que llegara a estar en contacto. Desde que la lluvia cae a través de la atmosfera, discurre sobre la superficie terrestre o se infiltra en ella, esta constantemente disolviendo la materia.

#### **1.4.1.2 Definición de agua residual**

Se puede definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos procedentes de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

En la medida en que se vaya presentando acumulación y estancamiento del agua residual pueden generarse gases de mal olor debido a la descomposición orgánica que ésta posee; además es importante anotar que en el agua residual hay existencia de microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar en ciertos residuos industriales.

## 1.4.2 Características de las aguas residuales

Es común clasificar a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. No obstante, muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado.

El agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal corresponde a una amplia variedad de usos. La Tabla 1. Presenta una lista de contaminantes que es común encontrar en las aguas residuales municipales, así como la fuente que los genera y sus consecuencias ambientales.

La cantidad de los constituyentes de las aguas residuales varía marcadamente dependiendo del porcentaje y tipo de desechos industriales presentes y de la dilución ocasionada por la entrada de agua subterránea que se infiltra a la red de alcantarillado. La Tabla 2. Se presentan valores típicos de los constituyentes más importantes del agua residual.

Tabla 1. Contaminantes importantes de las aguas residuales

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos patógenos.	Desechos domésticos.	Causa enfermedades transmisibles.
Nutrientes.	Desechos domésticos e industriales.	Pueden causar eutrofización.
Compuestos orgánicos refractarios.	Desechos industriales.	Pueden causar problemas de sabor y olor, pueden ser tóxicos o cancerígenos.
Metales pesados.	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Sólidos inorgánicos disueltos.	Debido al uso doméstico o industrial se incrementa con respecto a su nivel en el suministro de agua.	Puede interferir con el reúso del efluente.

Fuente: Metcalf & Eddy, Inc.

Tabla 2. Análisis típico del agua residual municipal

Constituyente	Concentración, mg/l		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, totales	1200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos totales	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables, ml/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días a 20°C(DBO5)	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo (total com P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO3)	200	100	50
Grasas	150	100	50

Fuente: Metcalf & Eddy, Inc.

A continuación se describen los componentes más significativos de las aguas residuales, que son: sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables y microorganismos patógenos.

#### 1.4.2.1 Sólidos suspendidos

Un metro cúbico de agua residual pesa aproximadamente 1, 000,000 de gramos. Contiene alrededor de 500 gramos de sólidos totales; éstos pueden estar en forma suspendida o en disolución. Los sólidos totales se determinan evaporando un volumen determinado de muestra y pesando el residuo sobrante. Los resultados se expresan en mg/l.

De los aproximadamente 500 gramos de sólidos totales, la mitad son sólidos disueltos tales como calcio, sodio y compuestos orgánicos solubles. Los 250 gramos restantes son insolubles. La fracción insoluble consiste en aproximadamente 125 gramos de material que puede sedimentarse en 30 minutos si se deja al agua en condiciones de quietud. Los 125 gramos restantes permanecerán en suspensión por mucho tiempo.

Para la determinación de los sólidos suspendidos y de los sólidos disueltos se requiere filtrar la muestra. La filtración se lleva a cabo por medio de un filtro de membrana. Para determinar los sólidos suspendidos, el filtro es secado y pesado; en seguida se filtra un volumen determinado de muestra, se le seca y pesa otra vez. La diferencia de peso dividida por el volumen de muestra utilizada, proporciona la concentración de sólidos suspendidos. Para la determinación de los sólidos disueltos, del líquido filtrado se toma un cierto volumen, se evapora hasta su secado y se pesa el residuo remanente. Basta realizar dos de las determinaciones de las concentraciones de sólidos y la tercera viene dada por la suma o diferencia de las otras dos.

Los sólidos volátiles son aquella fracción que se volatiliza a 550° C. La concentración de sólidos volátiles se suele considerar como una medida aproximada del contenido de materia orgánica, o en ciertos casos, de las concentraciones de sólidos biológicos tales como bacterias o protozoos. Los sólidos volátiles pueden determinarse sobre la muestra original (sólidos volátiles totales), sobre la fracción suspendida (sólidos suspendidos volátiles) o sobre la fracción filtrada (sólidos disueltos volátiles). La determinación se hace por incineración en una mufla del residuo obtenido en el análisis de los sólidos totales. Cuando se trata de determinar los sólidos suspendidos volátiles, debe añadirse, bien un filtro de vidrio (el cual dará lugar a una pequeña pérdida de peso, que habrá que corregir) o un filtro de acetato de celulosa (no da lugar a cenizas). La fracción volátil se obtiene por diferencia entre el residuo remanente después del secado y el posterior a la incineración. Este último se denomina sólidos fijos o cenizas y constituye una medida aproximada del contenido mineral del agua residual.

Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. Incluso las partículas de materiales inertes adsorben sustancias orgánicas en su superficie.

### **1.4.2.2 Compuestos orgánicos biodegradables**

Aunque los sólidos suspendidos orgánicos son biodegradables a través de la hidrólisis, comúnmente se considera que son orgánicos solubles. Los constituyentes orgánicos solubles de las aguas residuales están compuestos principalmente de:

Proteínas: 40 a 60%

Carbohidratos: 25 a 50%

Lípidos: aproximadamente 10%

Las proteínas son principalmente aminoácidos, mientras que los carbohidratos son azúcares, almidones y celulosa. Los lípidos incluyen grasas y aceites. Todos estos materiales contienen carbono, que puede ser convertido biológicamente a bióxido de carbono, ejerciendo así una demanda de oxígeno. Las proteínas contienen nitrógeno, de manera que también ejercen una demanda de oxígeno nitrogenada.

El método usado comúnmente para la medición de la cantidad de material orgánico demandante de oxígeno es la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esta prueba se basa en la premisa de que toda la materia orgánica biodegradable contenida en una muestra de agua será oxidada a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O por microorganismos que usan el oxígeno molecular.

### **1.4.2.3 Microorganismos patógenos**

Todas las formas de microorganismos patógenos se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas e incluyen: bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Algunos de estos microorganismos son descargados al ambiente por portadores. Aunque es raro que estén presentes los microorganismos que causan algunas de las enfermedades más severas, por seguridad se asume que lo están en número significativo y que representan un peligro para la salud. Afortunadamente sólo unos cuantos microorganismos patógenos en estado viable sobreviven al tratamiento.

#### **Bacterias**

Son microorganismos unicelulares, comúnmente sin color y constituyen la menor forma de vida capaz de sintetizar el protoplasma a partir de su ambiente. Pueden tener forma cilíndrica o de bastón (bacilos), oval o esférica (cocos) o espirales (espirilos). Los desórdenes intestinales son síntomas comunes de la mayoría de

las enfermedades transmitidas por las bacterias patógenas transportadas por el agua.

### **Virus**

Son las estructuras biológicas inferiores de las cuales se conoce que contienen toda la información genética necesaria para su propia reproducción. Son tan pequeños que sólo pueden ser observados con la ayuda de un microscopio electrónico. Los virus son parásitos obligados que requieren un huésped en donde alojarse. Los síntomas asociados con infecciones causadas por virus transportados por el agua comúnmente involucran desórdenes del sistema nervioso, más que del tracto intestinal.

### **Protozoarios**

Constituyen el nivel inferior de la vida animal. Son organismos unicelulares más complejos que las bacterias y los virus en su actividad funcional. Son organismos auto-contenidos que pueden vivir libremente o en forma parásita. Pueden ser patógenos o no patógenos, microscópicos o macroscópicos. Debido a que son altamente adaptables, los protozoarios están ampliamente distribuidos en las aguas naturales, aunque sólo unos cuantos protozoarios acuáticos son patógenos. Las infecciones causadas por protozoarios se manifiestan por desórdenes intestinales menos severos que los asociados con bacterias.

### **Helmintos**

El ciclo de vida de los helmintos, o gusanos parásitos, frecuentemente incluye dos o más animales huéspedes, uno de los cuales puede ser humano, y la contaminación del agua puede ser causada por el vertido de desechos animales y humanos que contienen helmintos. La contaminación puede ser también a través de especies acuáticas u otros huéspedes, como insectos y caracoles.

Los procesos de tratamiento convencionales están diseñados para reducir a niveles aceptables los sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables y microorganismos patógenos, antes de la disposición de las aguas residuales.

Puede ser que se requieran procesos de tratamiento del agua residual adicionales para reducir los niveles de nutrientes en caso de que el efluente tenga que descargarse en un ecosistema delicado.

Cuando se ha anticipado la necesidad de reúso, se requieren procesos para remover los compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y para reducir el nivel de sólidos inorgánicos disueltos.<sup>1</sup>

### **1.4.3 Tipos de tratamientos para agua residual**

Aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos se conocen como operaciones unitarias, mientras que aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza con base en procesos químicos o biológicos se conocen como procesos unitarios.

Al referirse a operaciones y procesos unitarios es porque se agrupan entre sí para constituir los tratamientos primario, secundario y terciario.

#### **1.4.3.1 Tratamientos preliminares**

Aunque no reflejan un proceso en sí, sirven para aumentar la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios. Las aguas residuales que fluyen desde los alcantarillados a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), son muy variables en su flujo y contienen gran cantidad de objetos, en muchos casos voluminosos y abrasivos, que por ningún motivo deben llegar a las diferentes unidades donde se realizan los tratamientos y deben ser removidos. Para esto son utilizados los tamices, las rejillas, los microfiltros, etc.

---

<sup>1</sup> Antecedentes del tratamiento de aguas residuales, Características de las aguas residuales, Capítulo 2, [documento en línea] < [http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca\\_virtual/doc003/CAPITULO2.pdf](http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc003/CAPITULO2.pdf)>

Figura 1. Tratamientos preliminares



FUENTE:

<http://imagenes.acambiode.com/empresas/6/5/4/2/65424020082656565653535769504565/productos/tamiz%20estatico.jpg>

Tamizado: Los tamices auto limpiantes están contruidos con mallas dispuestas en una inclinación particular que deja atravesar el agua y obliga a deslizarse a la materia sólida retenida hasta caer fuera de la malla por sí sola. La gran ventaja de este equipo es que es barato, no tiene partes móviles y el mantenimiento es mínimo, pero necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida.

Figura 2. Tamices



Fuente:<http://imagenes.acambiode.com/empresas/6/5/4/2/65424020082656565653535769504565/productos/tamiz%20estatico.jpg>

Rejas: Se utilizan para separar objetos de tamaño más importante que el de simples partículas que son arrastrados por la corriente de agua. Se utilizan solamente en desbastes previos. El objetivo es proteger los equipos mecánicos e instalaciones posteriores que podrían ser dañados u obstruidos con perjuicio de los procesos que tuviesen lugar. Se construyen con barras metálicas de 6 o más mm de espesor, dispuestas paralelamente y espaciadas de 10 a 100 mm. Se limpian mediante rastrillos que pueden ser manejados manualmente o accionados automáticamente.

Para pequeñas alturas de la corriente de agua se emplean rejas curvas y para alturas mayores rejas longitudinales dispuestas casi verticalmente.

Microfiltración: Los microfiltros trabajan a baja carga, con muy poco desnivel, y están basados en una pantalla giratoria de acero o material plástico a través de la cual circula el agua. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie interior del microfiltro que dispone de un sistema de lavado continuo para mantener las mallas limpias. Se han utilizado eficazmente para separar algas de aguas superficiales y como tratamiento terciario en la depuración de aguas residuales. Según la aplicación se selecciona el tamaño de malla indicado. Con mallas de acero pueden tener luces del orden de 30 micras y con mallas de poliéster se consiguen buenos rendimientos con tamaños de hasta 6 micras.

### **1.4.3.2 Tratamientos primarios**

El principal objetivo es el de remover aquellos contaminantes que pueden sedimentar, como por ejemplo los sólidos sedimentables y algunos suspendidos o aquellos que pueden flotar como las grasas.

El tratamiento primario presenta diferentes alternativas según la configuración general y el tipo de tratamiento que se haya adoptado. Se puede hablar de una sedimentación primaria como último tratamiento o precediendo un tratamiento biológico, de una coagulación cuando se opta por tratamientos de tipo físico-químico.

Sedimentación primaria: Se realiza en tanques ya sean rectangulares o cilíndricos en donde se remueve de un 60 a 65% de los sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales. En la sedimentación primaria el proceso es de tipo floculante y los lodos producidos están conformados por partículas orgánicas.

Un tanque de sedimentación primaria tiene profundidades que oscilan entre 3 y 4m y tiempos de detención entre 2 y 3 horas. En estos tanques el agua residual es sometida a condiciones de reposo para facilitar la sedimentación de los sólidos sedimentables. El porcentaje de partículas sedimentadas puede aumentarse con tiempos de detención más altos, aunque se sacrifica eficiencia y economía en el proceso; las grasas y espumas que se forman sobre la superficie del sedimentador primario son removidas por medio de rastrillos que ejecutan un barrido superficial continuo.

Precipitación química - coagulación: La coagulación en el tratamiento de las aguas residuales es un proceso de precipitación química en donde se agregan compuestos químicos con el fin de remover los sólidos. El uso de la coagulación ha despertado interés sobretodo como tratamiento terciario y con el fin de remover fósforo, color, turbiedad y otros compuestos orgánicos.

### **1.4.3.3 Tratamientos secundarios**

El objetivo de este tratamiento es remover la demanda biológica de oxígeno (DBO) soluble que escapa a un tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos sedimentables.

El tratamiento secundario intenta reproducir los fenómenos naturales de estabilización de la materia orgánica, que ocurre en el cuerpo receptor. La ventaja es que en ese proceso el fenómeno se realiza con más velocidad para facilitar la descomposición de los contaminantes orgánicos en períodos cortos de tiempo. Un tratamiento secundario remueve aproximadamente 85% de la DBO y los SS (sólidos suspendidos) aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno, fósforo, metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO) y bacterias patógenas.

Además de la materia orgánica se va a presentar gran cantidad de microorganismos como bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, etc. que entran en estrecho contacto con la materia orgánica la cual es utilizada como su alimento. Los microorganismos convierten la materia orgánica biológicamente degradable en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y nuevo material celular. Además de estos dos ingredientes básicos microorganismos – materia orgánica biodegradable, se necesita un buen contacto entre ellos, la presencia de un buen suministro de oxígeno, aparte de la temperatura, PH y un adecuado tiempo de contacto.

Para llevar a efecto el proceso anterior se usan varios mecanismos tales como: lodos activados, lagunaje, filtro biológico.

**LODOS ACTIVADOS:** Es un tratamiento de tipo biológico en el cual una mezcla de agua residual y lodos biológicos es agitada y aireada. Los lodos biológicos producidos son separados y un porcentaje de ellos devueltos al tanque de aireación en la cantidad que sea necesaria. En este sistema las bacterias utilizan el oxígeno suministrado artificialmente para desdoblar los compuestos orgánicos que a su vez son utilizados para su crecimiento.

A medida que los microorganismos van creciendo se aglutinan formando los lodos activados; éstos más el agua residual fluyen a un tanque de sedimentación secundaria en donde sedimentan los lodos. Los efluentes del sedimentado pueden ser descargados a una corriente receptora; parte de los lodos son devueltos al tanque con el fin de mantener una alta población bacteriana para permitir una oxidación rápida de la materia orgánica.

**LAGUNAJE:** El tratamiento se puede realizar en grandes lagunas con largos tiempos de retención (1/3 días) que les hace prácticamente insensibles a las variaciones de carga, pero que requieren terrenos muy extensos. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente.

**FILTRO BIOLÓGICO:** Está formado por un reactor, en el cual se ha situado un material de relleno sobre el cual crece una película de microorganismos aeróbicos con aspecto de limos.

La altura del filtro puede alcanzar hasta 12m. El agua residual se descarga en la parte superior mediante un distribuidor rotativo cuando se trata de un tanque circular. A medida que el líquido desciende a través del relleno entra en contacto con la corriente de aire ascendente y los microorganismos. La materia orgánica se descompone lo mismo que con los lodos activados, dando más material y CO<sub>2</sub>.

#### **1.4.3.4 Tratamientos terciarios**

Tiene el objetivo de remover contaminantes específicos, usualmente tóxicos o compuestos no biodegradables o aún la remoción complementaria de contaminantes no suficientemente removidos en el tratamiento secundario.

Como medio de filtración se puede emplear arena, grava antracita o una combinación de ellas. El pulido de efluentes de tratamiento biológico se suele hacer con capas de granulometría creciente, duales o multimedia, filtrando en arena fina trabajando en superficie. Los filtros de arena fina son preferibles cuando hay que filtrar flóculos formados químicamente y aunque su ciclo sea más corto pueden limpiarse con menos agua.

La adsorción con carbón activo se utiliza para eliminar la materia orgánica residual que ha pasado el tratamiento biológico.<sup>2</sup>

#### **1.4.4 Sistemas de desinfección**

Cualquier agua que pasa por los tratamientos primario y secundario deberá desinfectarse con el fin de proteger la salud pública. Los tres procesos principales de desinfección de las aguas residuales son la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV)

Cloración:

En caso de que las exigencias del tratamiento lo indiquen se proveerá del equipo adecuado para clorar el efluente. Para el nivel alto de complejidad los cloradores deben ser de capacidad adecuada y tipo automático. Deben proveerse instalaciones adicionales automáticas para regular y registrar gráficamente el cloro residual. El sistema de cloración automática depende del cuerpo de agua receptor del efluente de la planta y será controlado por el caudal.

La capacidad requerida del clorador variará, dependiendo de los usos de los puntos de aplicación del desinfectante. Para desinfección, la capacidad debe ser adecuada para producir una concentración residual de cloro en el efluente de la planta medido por un método estándar, de manera que reduzca la concentración de coliformes viables y sea consistente con los valores especificados para el cuerpo de agua receptor.

Muchos sistemas municipales de tratamiento de agua y aguas residuales en todo el mundo utilizan el método de desinfección por cloración. Aunque es una opción muy común, debe hacerse notar que las sustancias químicas órgano cloradas que acompañan a este proceso de desinfección pueden causar problemas de salud pública, poner en peligro la vida acuática y quedarse en el medio ambiente durante períodos prolongados. En vista del interés de balancear los impactos ambientales de la cloración con la necesidad continua de una desinfección efectiva, muchas empresas de servicio de agua han comenzado a seguir otras opciones en cuestión de desinfección.

---

<sup>2</sup> <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientoresiduales/tratamientoresiduales.html>

La ozonización y la radiación UV son dos opciones adicionales de desinfección, que no dan como resultado el depósito de sustancias químicas residuales en el agua tratada. Los sistemas de tratamiento por ozonización han sido utilizados en las operaciones de tratamiento de agua desde principios del Siglo XX. Fue en la década de los 70 cuando los ingenieros de diseño en Estados Unidos comenzaron a utilizar el ozono como una alternativa del cloro en la desinfección de aguas residuales. Los sistemas de desinfección por ozono lo producen mediante la creación de una descarga en corona, similar a los relámpagos y rayos durante las tormentas eléctricas. Posteriormente el ozono se mezcla con agua o aguas residuales para lograr la desinfección deseada.

En el proceso de radiación UV, los rayos ultravioleta actúan para desinfectar las aguas residuales desactivando los organismos patógenos a través de cambios fotoquímicos inducidos dentro de las células del organismo. La desinfección UV funciona en forma diferente a la cloración y la ozonización, en el sentido de que durante el proceso UV, los patógenos no son destruidos y más bien pierden su capacidad de reproducción. En un sistema de desinfección UV de aguas residuales, la acción natural de este proceso es acelerada mediante la concentración intensa de rayos ultravioleta.

En general, en comparación con la ozonización, los sistemas UV son menos costosos de construir y operar. Los costos de operación, mantenimiento y energía de los sistemas UV y de ozonización dependen de la calidad del agua, pero las comparaciones finales en general favorecen a la desinfección UV. En el contexto estadounidense, el proceso UV también tiende a ser menos costoso en comparación con los costos de un sistema de cloración. Esto se debe principalmente a los riesgos relacionados con el manejo del cloro y los costos de los seguros contra posibles accidentes dentro de las plantas.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Tratamiento de aguas residual, [documento en línea] <http://www.watergimex.org/tdaresiduales.htm>

## **1.5 MARCO LEGAL**

### **1.5.1 Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT**

El MAVDT como entidad de planeación, tiene como funciones primordiales contribuir y promover el desarrollo sostenible adoptando políticas para la regulación del medio ambiente como los recursos naturales renovables y el agua potable.

Este ente tiene varios objetivos estratégicos que formulan políticas, orientan procesos, promueven y facilitan el desarrollo sostenible del agua potable y regulan la conservación de ecosistema.

Es por estas razones que el MAVDT, a través de la resolución 1023 del 28 de 2005 resuelve adoptar las guías para el manejo seguro y gestión como instrumento de autoregulación ambiental en base al sector industrial con un contenido de gran interés que contribuyen con la preservación del medio ambiente.

En la normatividad del MAVDT se encuentran leyes, decretos, y resoluciones relacionados con agua y saneamiento básico, las cuales son reguladas por las corporaciones regionales de cada departamento o municipio.

### **1.5.2 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR**

“La CAR al igual que las demás corporaciones tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.”<sup>4</sup>

Las funciones de la CAR se encuentran establecidas en la Ley 99 de 1993; además en las normas jurídicas que se encuentran dentro del estatuto de la CAR expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

---

<sup>4</sup> Corporación autónoma regional de Cundinamarca, Así es la CAR [documento en línea], <http://www.car.gov.co/?dcategoria=>

La CAR cuenta actualmente con más de 1200 documentos para consulta en los que se pueden consultar normas, leyes, decretos, acuerdos, etc.

### 1.5.3 Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA

La CRA como entidad reguladora, impulsa el desarrollo del sector agua potable y saneamiento básico proporcionando las garantías necesarias para el equilibrio económico, social y ambiental que establece un modelo de gestión informativa y reguladora, de procesos y de control interno ambiental.

Al igual que el MAVDT, la CRA tiene objetivos y funciones específicos como promover la competencia entre las empresas que prestan el servicio de agua potable y cuidar que esta sea de calidad; además podrá optar por normas de comportamiento de acuerdo a la enfoque de cada empresa.

A continuación se relaciona la normatividad vigente de la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico:

Tabla 3. Listado de normas de tipo del Reglamento Técnico del sector (RAS)

NOMBRE	DESCRIPCION	NORMA
Resolución 2023 de 2009 que modifica la 1096 de 2000	Esta resolución establece los nuevos criterios y parámetros básicos de diseño, para determinar la capacidad con la que deben dimensionarse los elementos funcionales de los sistemas de acueducto y alcantarillado a construirse en el país, y de esta forma, busca solucionar los problemas de sobredimensionamiento generados por las altas dotaciones y los niveles elevados de pérdidas técnicas y periodos de diseño; y como consecuencia de lo anterior, optimiza la utilización de recursos para las inversiones del sector.	Resolucion 2023 de 2009 que modifica la 1096 de 2000
Resolución N° 1096 de 2000	Esta es la Resolución del Ministerio de Desarrollo Económico por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.	Resolución N° 1096 de 2000
Documentación Técnico Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico	La presente documentación técnico normativa señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Se expide en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1.994, que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles.	Norma documentacion Tecnica Normativa del sectoro Agua Potable y Saneamiento Basico

Tabla 3. (Continuación)

NOMBRE	DESCRIPCION	NORMA
Sistemas de Acueducto	Esta es la primera actualización de los títulos B-Sistemas de Acueducto, C-Sistemas de Potabilización, D-Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales, E-Tratamiento de aguas residuales, F-Aseo Urbano y G-Aspectos complementarios; fruto del análisis de un grupo de profesionales que participaron en los comités de la Junta Técnica Asesora del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS. Cada uno de estos títulos es un Manual de prácticas de buena Ingeniería que recoge el interés general del sector por lograr un acercamiento a las condiciones reales del país, estableciendo los criterios y recomendaciones para el diseño, construcción, supervisión técnica, interventoría, operación y mantenimiento propios de los sistemas de Agua potable y saneamiento básico.	Norma Sistemas de Acueducto
Sistemas de Potabilización	El presente título está dirigido al desarrollo de estudios y diseño de todos los componentes de un sistema de potabilización del agua, en sus etapas de conceptualización, diseño, puesta en marcha, operación y mantenimiento que se desarrolle en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.	Norma de Sistemas de Potabilización
Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales	El presente reglamento establece las condiciones requeridas para la concepción y desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales. De esta manera permite orientar la planificación, diseño, construcción, supervisión técnica, operación, mantenimiento y seguimiento de estos sistemas y sus componentes. En este reglamento se establecen las disposiciones de obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional en las etapas de conceptualización, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y seguimiento de todas y cada una de las obras, de tal manera que se garantice su efectividad, seguridad, estabilidad, durabilidad, adecuabilidad y sostenibilidad y redundancia a lo largo de su vida útil. Todas las prescripciones establecidas deben ser aplicadas por todos los niveles de complejidad del sistema, a menos que se especifique lo contrario.	Norma Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales

Tabla 3. (Continuación)

NOMBRE	DESCRIPCION	NORMA
Sistemas de aseo urbano	<p>El propósito del siguiente título es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de aseo urbano que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.</p> <p>El presente título incluye el cálculo de la población, la producción per cápita y demanda, criterios para diseño de sistemas de recolección, transporte y estaciones de transferencia, sistemas de aprovechamiento, incineración, rellenos sanitarios y residuos peligrosos que forman parte de los sistemas de aseo urbano, cuyas prescripciones particulares se referencian en la tabla F.1.1. No se incluyen los residuos de construcción y demolición regulados por la r</p>	Norma Sistemas de aseo urbano
Aspectos coplementarios	<p>El propósito de este capítulo es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos relacionados con: análisis y diseños geotécnicos y estructurales, aspectos de construcción, aspectos de supervisión técnica, aspectos de vulnerabilidad y reducción de riesgos en los sistemas de agua potable y saneamiento básico que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un Nivel de Complejidad determinado.</p> <p>El presente Título incluye las siguientes actividades que forman parte de los aspectos complementarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Aspectos geotécnicos</li> <li>· Aspectos estructurales en tuberías de acueducto y alcantarillado</li> <li>· Aspectos de construcción</li> <li>· Interventoría</li> <li>· Vulnerabilidad y reducción de riesgos</li> </ul>	Norma Aspectos coplementarios
Compendio de la normatividad técnica y jurídica del sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias	<p>La presente sección del Reglamento Técnico del Agua Potable y Saneamiento Básico tiene por objeto presentar una lista de toda la normatividad técnica y jurídica relacionada con el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y de las actividades complementarias, con el fin de presentar una ayuda eficaz a los usuarios de éste para facilitar su comprensión.</p>	Norma Compendio de la normatividad técnica y jurídica del sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias

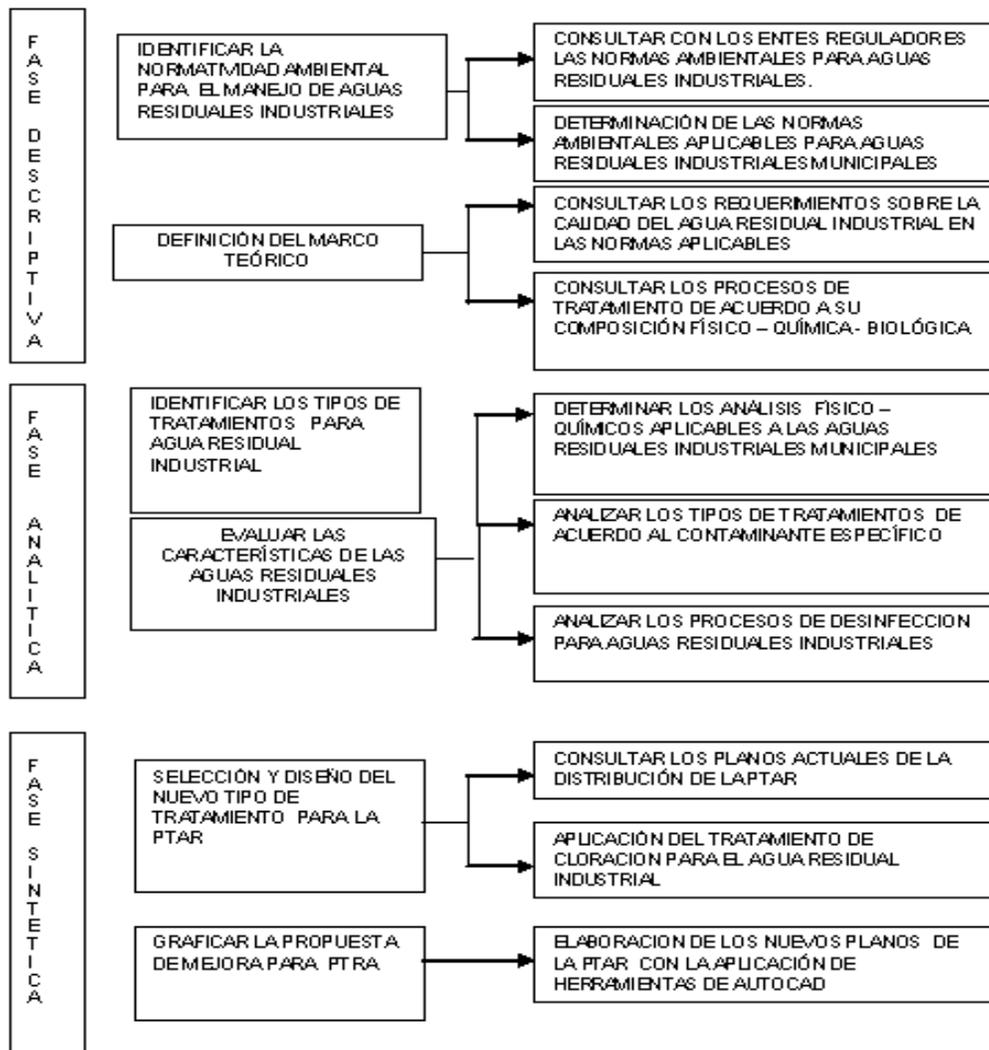
Fuente:[http://www.cra.gov.co/normas\\_clasificadas.shtml?s=c&m=b&cmd%5B101%5D=c-1-Reglamento%20T%E9cnico%20del%20sector%20\(RAS\)](http://www.cra.gov.co/normas_clasificadas.shtml?s=c&m=b&cmd%5B101%5D=c-1-Reglamento%20T%E9cnico%20del%20sector%20(RAS))

## 1.6 DISEÑO METODOLÓGICO

Para llevar a cabo la propuesta de reutilización del agua residual industrial del proceso de transformación del vidrio, es necesario elaborar una metodología que permita cumplir con los objetivos propuestos en cada una de las etapas de su desarrollo.

La metodología a utilizar esta basada en la ejecución de actividades que permitan cumplir con los objetivos establecidos en el presente proyecto.

Figura 3. Esquema Metodológico



### **1.6.1 Fase Descriptiva**

Esta fase constituye la definición y contextualización del área problemática y la recopilación de la información para construir un marco teórico de referencia el cual se desarrolla en conjunto con las áreas temáticas relacionadas al argumento y que sirva de apoyo a la propuesta planteada.

Las fuentes de consulta del presente proyecto son fuentes secundarias como: consulta de la normatividad sobre los vertimientos de aguas residuales industriales municipales con los entes reguladores y de control como:

- Ø La CAR (Corporación Autónoma Regional)
- Ø El MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial)
- Ø La CRA (Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico)
- Ø Consultas en libros, artículos de periódicos, trabajos de grado e Internet sobre la temática a desarrollar.

Todas estas herramientas proporcionan al presente trabajo el marco de referencia necesario para dar fundamento al desarrollo de la propuesta planteada y su realización en la fase final.

Tomando como marco de referencia las normas sobre tratamiento de aguas residuales industriales, se pueden definir los siguientes aspectos:

- Ø Determinación de las normas ambientales aplicables para los vertimientos de aguas residuales industriales municipales.
- Ø Identificación de los requerimientos exigidos por las normas ambientales sobre las características de calidad de las aguas residuales industriales municipales.
- Ø Identificar los análisis físico – químicos exigidos por las normas ambientales para los vertimientos de aguas residuales industriales municipales.

### **1.6.2 Fase Analítica**

En esta fase se inicia el análisis de la información recolectada que define los fundamentos sobre los cuales se basará el desarrollo del presente trabajo.

- Ø Identificación y análisis de los diferentes tipos de tratamientos de aguas residuales industriales.

- Ø Evaluación y análisis de las características físico-químicas de las aguas residuales industriales.
- Ø Análisis de los tipos de procesos de desinfección para las aguas residuales industriales.

Esta fase soporta de manera objetiva el estudio de la problemática planteada.

### **1.6.3 Fase Sintética**

Es la fase final del proyecto, donde se evidencia el cumplimiento de los objetivos definidos anteriormente planteados.

En esta fase se realiza la postulación de la propuesta de incorporación de un sistema de cloración para la planta de tratamiento de agua residual industrial, con el fin de reducir el vertimiento al sistema de acueducto y alcantarillado municipal de Chía.

## 2. TECNOLOGIAS AMBIENTALES EN PROCESOS INDUSTRIALES

### 2.1 DIAGNOSTICO AMBIENTAL PRELIMINAR

La empresa de transformación del vidrio, en el desarrollo de su proceso realiza actividades que generan residuos. A continuación se identifican los impactos y aspectos ambientales significativos:

Tabla 4. Aspectos e impactos ambientales

Aspectos ambientales Tipo de aspectos	Descripción	Impacto ambiental
Consumo de Agua	Agua de pozo y acueducto para refrigeración, generación de vapor, mezcla de concreto, enfriamiento de platinas y lavado de carpas y puertas	Aumento demanda recurso hídrico
Consumo de insumos / Materiales / Materia Prima	Papel separador, cinta, plástico, discos y bandas de pulido, vidrio, piedras de óxido de cerio, discos de esmeril, zuncho, cartón, cuchillas, trapos, sub ensambles, icopor, etiquetas, lijas, rodaja de corte, tiza, cinta 3M, PVB, panas, separadores plásticos y de silicona, jeringas, aserrín, traperos, escobas, madera, EVA, colbón, grapas, cemento, arena, ladrillo, grava, metal, baterías (pilas para instrumentos de medición), tinta de sellos, esferos, micropuntas, vidriograf, guantes de hilaza y cirugía, algodón y telas, corrector, disolvente, limpiavidrios, jabón cera, traperos, escobas, bolsa, floculantes, carbón activado, bacteria Exro 35	Aumento demanda recurso natural
Consumo de energía	Utilización de equipos eléctricos en general	Aumento demanda recurso natural
Consumo de productos químicos	Acido acético, óxido de cerio, sulfato de aluminio, pintura, pómx, tiza, soldadura oxiacetilénica, alcohol, desengrasantes, silicona, talco separador, jabón, solventes, duvanol, detergentes, recipientes de limpiadores y aflojantes, limpiadores, pegantes, refrigerante R22, thinner, varsol, taladrina, argón, resina epoxica, polvo de aluminio, desinfectantes, limpiavidrios, medicamentos, cera, coque del lecho filtrante, coagulante, microbicida y floculante	Aumento demanda recurso natural
Consumo/combustibles y lubricantes	Lubricantes para Maquinas, aceites, gas natural, gasolina	Aumento demanda recurso natural
Derrame	Lubricantes y productos químicos: pinturas, aceites, solventes, sellantes, adhesivos	Contaminación Agua y/o suelo
Fugas	Escape de sustancias	Contaminación atmosférica y/o alteración de la calidad del aire

Tabla 4. Continuación

Generación aguas residuales	Agua alterada durante el proceso agua con zarro, residuos de cemento, arena, epoxicos, pinturas y solventes, agua de refrigeración, agua de cubetas (hervido), agua con desinfectante, detergentes, polvo, grasas, sólidos, con jabón, con carga orgánica	Contaminación del agua
Generación de residuos no aprovechables	Polvo o tierra, trapos y franelas contaminados, recipientes contaminados, guantes, tapabocas, siliconas, cinta, zuncho, separadores de caucho, bandas de lija, zarro, talc o separador, fibra de vidrio, asbesto, tiza, pomes, etiquetas, membranas, puntas de cautin, retal de cobre, cinta 3M, panas, wypall, icopor, jeringas, gorros, guantes cirugía, tapa oídos, tapabocas, bolsas, traperos, aserrín, vasos de icopor, papel contaminado, vidrio laminado, materiales eléctricos, plástico, lodos orgánicos, bolsas de cemento, rebaba de resina epoxica, petos, cuchillas, tela resistente al calor, vidrio templado con serigrafía, vidrio de color, subensambles, muestras de empaque y filler tape, basura general, residuos sanitarios, carbón activado, coque del lecho filtrante, silica gel	Aumento residuos a ser enviados a disposición final, disminución de la capacidad del relleno sanitario y/o contaminación del suelo
Generación de residuos peligrosos	Pinturas, aceites, solventes, sellantes, y adhesivos por vencimiento, recipientes de sustancias químicas usados, óxido de cerio, trapos, franelas, toallas impregnadas de sustancias químicas, cinta canela para sedas, sedas rotas en operación o lavado, guantes de microfibra contaminados con sustancias químicas jeringas con producto químico, brochas, gafas de seguridad, baterías usadas, lámparas, balastros, lámpara UV, estopa con grasa, aceite y/o solventes, emulsión agua-aceite, telas de asbesto, resina epoxica, tela resistente al calor, residuos de curación, cartuchos usados de impresoras y fotocopiadoras, computadores dañados	Aumento residuos peligrosos a ser dispuestos
Generación emisiones atmosféricas	Partículas volátiles de pinturas, aceites, solventes, sellantes y adhesivos, gases de purga del autoclave, Incendio y/o explosión, gases de combustión, gases de soldadura,	Alteración de la calidad del aire
Generación Lodos	Lodos orgánicos y inorgánicos	contaminación del suelo
Generación Olores	Vapores orgánicos	Alteración de la calidad del aire
Generación Residuos Aprovechables	Madera plástico papel de oficina metales varios cartón, vidrio.	Aumento de residuos a se aprovechados

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta la tabla 4, se identifico que el proceso productivo de la empresa genera residuos sólidos líquidos y gaseosos, sin embargo el objeto principal de este trabajo es el tratamiento de agua residual, por lo tanto las demás fuentes de contaminación fueron abordadas de una manera general.

En la siguiente matriz se muestran los impactos ambientales que hacen referencia a la planta de tratamiento de agua residual industrial, ya que este es el tema central del trabajo.

Tabla 5. Matriz de Impactos Ambientales

Área física proceso	Que se hace?	Tipo de aspecto	Aspecto ambiental	Tipo de impacto	Clase +o-	significancia
PTAR	Operación PTAR	Generación de aguas residuales	Agua alterada durante el proceso	contaminación del agua	-	media
PTAR	Mantenimiento y limpieza de trampas	Generación de lodos	lodos orgánicos	aumento de residuos a ser enviados a relleno sanitario generación de olores	-	media
PTAR	Operación PTAR	Generación de aguas residuales	por inadecuado funcionamiento de caja de de trampa de grasas se generan aguas residuales con grasa	contaminación del agua generación de olores	-	medio
PTAR	Operación PTAR	Generación de aguas residuales	por aumento de lodos en la planta disminuye la capacidad de retención de sistema y genera aguas con alto contenido solido	contaminación del agua, generación de olores	-	medio
PTAR	Mantenimiento y limpieza de trampas	generación de residuos no aprovechables	coque de lecho filtrante	aumento de residuos a ser enviados a relleno sanitario	-	medio
PTAR	adición de químicos en aguas residuales	consumo de productos químicos	coagulante, microbicida y floculante	aumento demanda del recurso natural	-	bajo

Fuente: Autores

### **2.1.1 Caracterización de las corrientes residuales**

En la tabla 5 se identificaron los impactos ambientales que genera la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTAR).

Los impactos que genera la planta son: aguas residuales, generación de olores y generación de residuos sólidos en este caso lodos.

Las aguas resultantes del proceso de transformación del vidrio llegan a la planta de tratamiento con residuos de las actividades como corte, lavado y pintado, es decir, el agua a tratar contiene residuos sólidos como virutas provenientes de la actividad de corte, tierra o polvo proveniente de la actividad de lavado y con residuos de pintura.

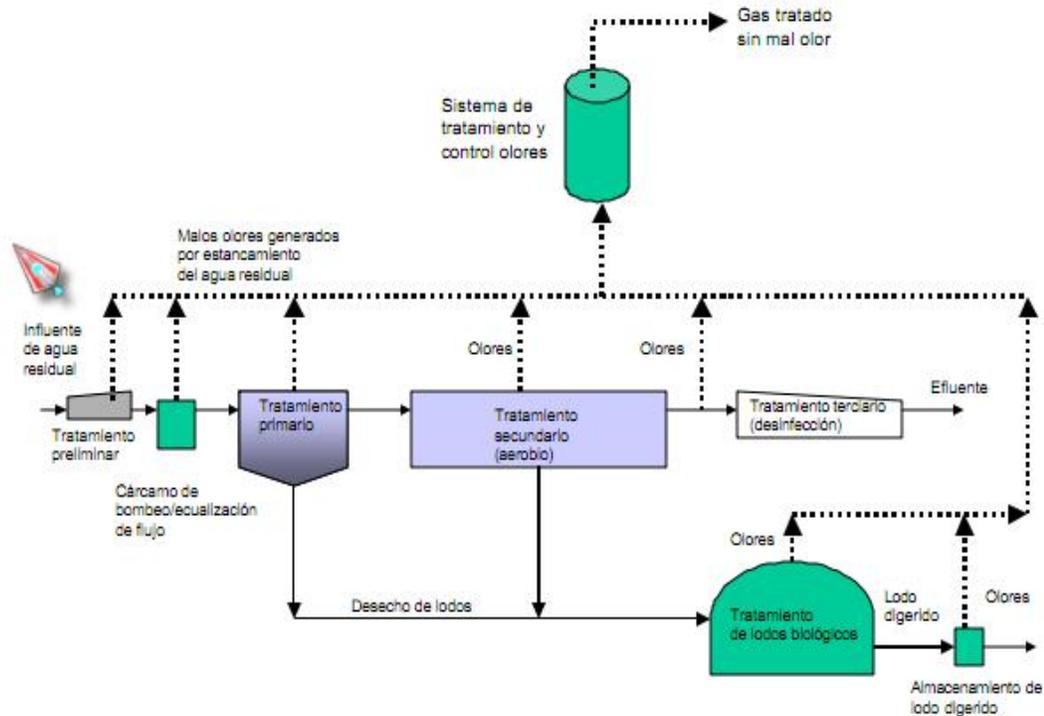
La PTAR realiza un tratamiento preliminar, primario físico-químico y secundario (ver marco teórico), con el fin de acondicionar el agua según las normas legales para poder realizar los vertimientos al alcantarillado municipal de chia (ver marco legal).

Los vertimientos son considerados un impacto ambiental generado por la PTAR, aunque se le realicen tratamientos, ya que en el vertimiento no se ha eliminado toda la carga contaminante, y al realizarse constantemente se estaría contaminando los entes receptores o canales receptores, con una cantidad mínima de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), pero al realizarse de una manera continua los niveles de DBO en los entes receptores aumentan.

Otro impacto ambiental producido en la planta es la contaminación del aire, debido a la descomposición microbiológica de la materia orgánica contenida en el agua residual y en los lodos. Aunque la planta de tratamiento se encuentre ubicada bajo tierra, es considerado un componente contaminante, debido a que en el tratamiento que se realiza al agua no se eliminan los olores y en ninguna parte del proceso se encuentra con ventilación, por lo tanto los vertimientos realizados tienen olores que afectan el medio receptor, en este caso la red de alcantarillado y su posterior llegada a los ríos.

En la figura 4 se muestra el esquema de una planta de tratamiento de agua residual en donde se denotan los puntos en los cuales se generan olores.

Figura 4. Esquema de una planta de tratamiento



Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf>

El otro impacto ambiental producido por la planta de tratamiento de agua residual es la generación de residuos sólidos o lodos, los cuales son un subproducto del tratamiento de las aguas residuales, estos son retenidos en una trampa que cuenta con un filtro en donde se lleva a cabo la separación de los residuos sólidos de los líquidos (cribado), son considerados una fuente de contaminación debido a que estos aumentan el número de residuos a ser dispuestos en un relleno sanitario, en donde por efecto de descomposición generan olores y afectan la composición natural del suelo.

En la tabla 6 se identifican y se caracterizan según aspecto ambiental los impactos negativos de la PTAR

Tabla 6 impactos negativos de la PTAR

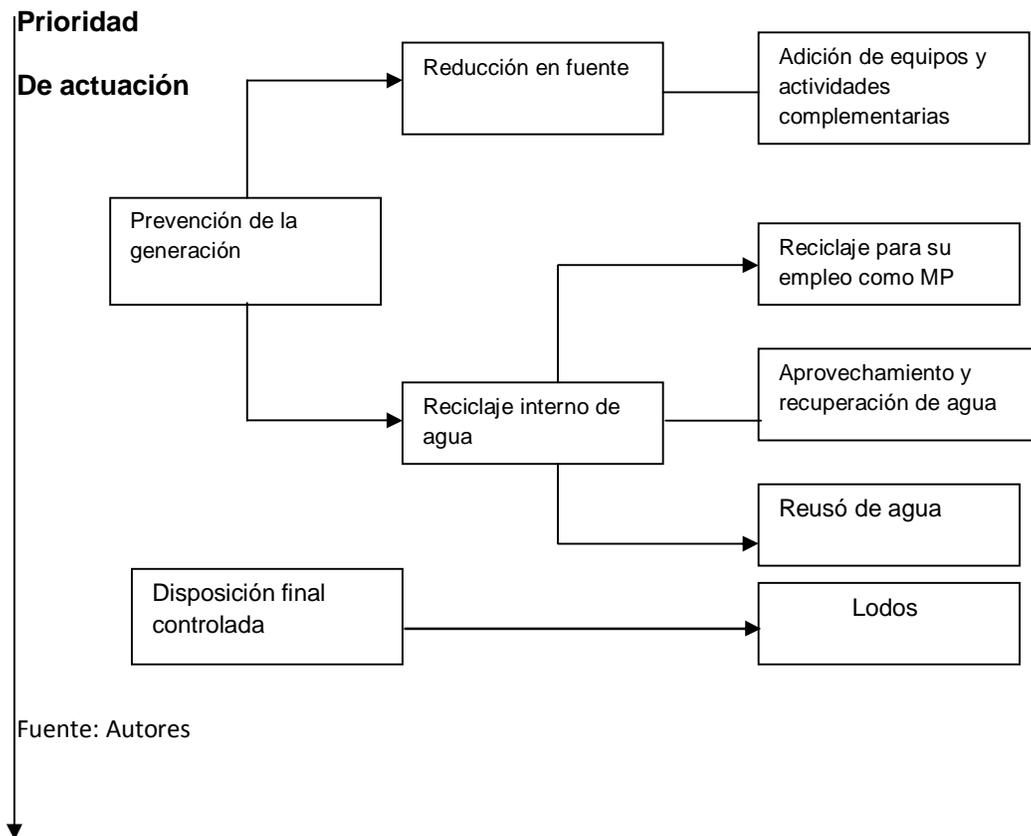
COMPONENTE AMBIENTAL	ACTIVIDADES QUE GENERAN IMPACTO			
	INDICADOR AMBIENTAL	TANQUE PRINCIPAL	TRAMPA DE LODOS	TANQUE CON CARBÓN ACTIVADO
AIRE	Generación de olores	Generación de olores	Generación de olores	
AGUA	Aportes de DBO (material orgánico)			
RESIDUOS SÓLIDOS	lodos		lodos	

Fuente: autores

## 2.2 MEDIDAS CORRECTIVAS

Para mitigar el impacto ambiental que genera el vertimiento de agua residual industrial a la red de alcantarillado del municipio de chía se puede representar mediante una escala que genera posibles acciones, las cuales se pueden observar en la figura 5.

Figura 5. Impactos ambientales que generan los vertimientos



## 2.3 PROPUESTA DE MANEJO

### Tratamiento De Residuos Líquidos

Tratamiento de agua residual industrial: la empresa cuenta actualmente con una planta de tratamiento de agua residual que realiza un pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario (ver marco teórico).

La planta de tratamiento de de agua residual esta dispuesta para cumplir con los requisitos exigidos por los entes ambientales en el momento de realizar los vertimientos a la red de alcantarillado.

Se propone implementar una etapa de desinfección química con cloro con el fin de darle una reutilización al recurso hídrico.

Desinfección con cloro: el cloro actúa sobre microorganismos, patógenos, algas hongos y bacterias, es por esto que tiene una amplia aceptación a nivel industrial; el tratamiento por cloración, esta relacionado con el agua cuyas impurezas son

básicamente sustancias minerales disueltas, turbidez, sedimento, sabor, color y olor.

El uso del ozono y de la luz ultravioleta (ver marco teórico), es también frecuente en la industria, sin embargo, el uso de cloro tiene mayor aceptación por su capacidad de tratamiento ya que su dosificación depende del caudal o cantidad de agua a tratar, la dosificación oscila entre 0.1 ppm (partes por millón) y 10 ppm. El agua resultante y después de un tiempo de acción entre 20 y 30 minutos, debe tener un cloro residual entre el 0.1 y el 0.2 ppm, el agua tratada con cloro tiene una reserva de acción, lo cual implica que, si se contamina de nuevo el agua, existe una reserva de tratamiento, es por esto que para la empresa transformadora de vidrio es una buena opción para el tratamiento y posterior reutilización del agua proveniente de sus procesos.

#### Manejo de residuos sólidos

Lodos: para el manejo adecuado y disposición final de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales, la empresa tiene definido la subcontratación de una empresa con licencia ambiental para la prestación de servicios de recolección y disposición controlada de lodos en rellenos sanitarios.

La implementación del sistema de coloración es una gran alternativa ya que con este se obtiene la eliminación de olores y se culmina el tratamiento del agua permitiendo así, la reutilización del recurso hídrico, generando beneficios al medio ambiente y a la empresa, al medio ambiente ya que se reduce el nivel de vertimientos y a la empresa ya que se reduce el valor por consumo del agua.

### **3. EXPRESION GRAFICA**

Durante el desarrollo del presente trabajo se aplicaron los conceptos técnicos de este modulo para graficar el plano del estado actual de la planta de tratamiento de agua residual industrial y también se grafico la propuesta de la incorporación del sistema de cloración para la desinfección del agua residual para ser reutilizada; reduciendo así el vertimiento al sistema de alcantarillado del municipio de chía.

El desarrollo de este capitulo se puede observar desde el anexo 1 hasta el anexo 6.

#### 4. GESTIÓN EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

La planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTAR), tiene definida una estrategia de mantenimiento preventivo, el cual se puede definir como:

“El Mantenimiento Preventivo comprende todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en la producción.

La acción sistemática de revisar periódicamente, la podemos definir como inspeccionar-controlar y reparar, antes de que se produzca la avería”.<sup>5</sup>

Con este tipo de mantenimiento la empresa busca cumplir los siguientes objetivos:

- Aumentar el tiempo de servicio de los equipos ( pozos sépticos, trampas de lodos, tanques de almacenamiento y bombas)
- Proveer un medio que disminuya el numero de disfuncionamientos en la PTAR
- Reducir el mantenimiento correctivo de los equipos de la PTAR
- Disminuir la cantidad de repuestos a usar y a su vez disminuir los costes que estos implican
- Asegurar el cumplimiento de las características físico-químicas del agua al momento de realizar el vertimiento.

La empresa tiene estandarizado un plan de mantenimiento para la PTAR en donde se evidencia las actividades enfocadas al mantenimiento actual de la planta, pero en este no se contemplan los equipos propuestos para llevar acabo la reutilización del agua.

El plan de mantenimiento establecido por la empresa se evidencia en el figura 6.

---

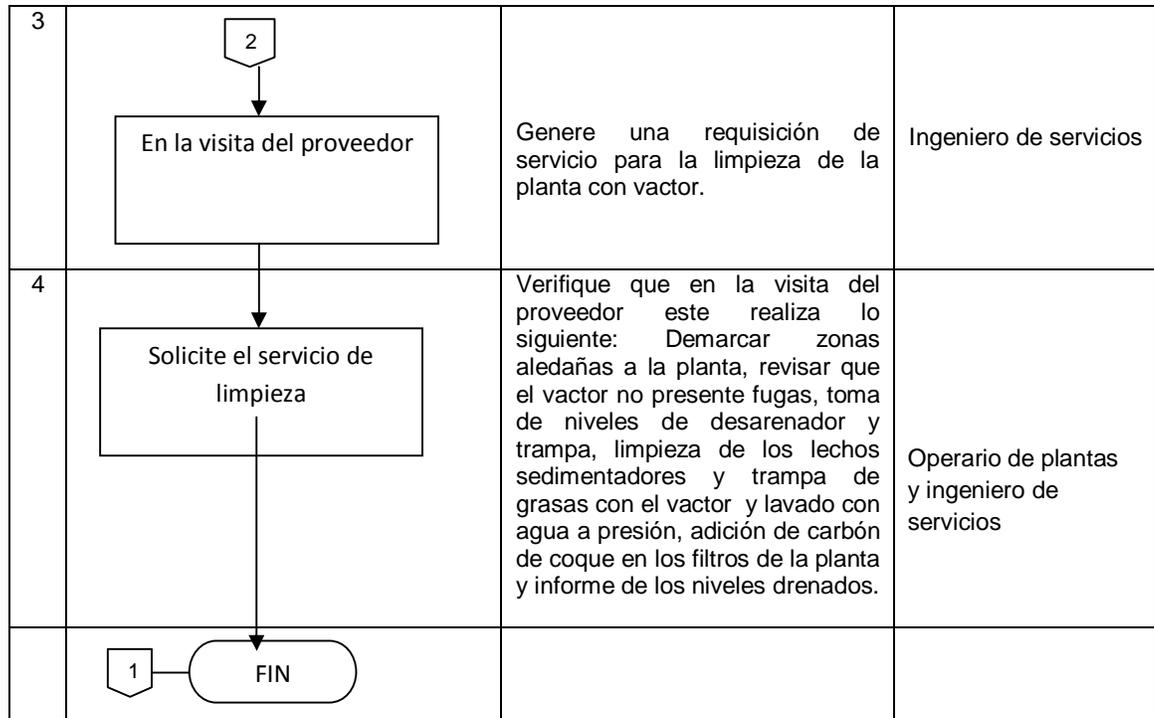
<sup>5</sup> Planificación del mantenimiento correctivo por averías, capítulo3, [www.sapiens.com/imagenes/comunidades/producción/parte\\_3.doc](http://www.sapiens.com/imagenes/comunidades/producción/parte_3.doc)

Figura 6. Flujograma de mantenimiento

Nº	DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1		<p>Aplice diariamente 250ml de bacterias exro 35 a posos sépticos y 500 ml a trampas de lodos</p>	Operario de plantas
2.		<p>2. Aplique los siguientes insumos en los tanques ubicados en la terraza del laboratorio( de donde a través de tubería se reparte hacia posos sépticos y trampa de grasa):</p> <p>1. coagulante exro 614: 110lt por cada 110 lt de agua , con una dosificación de 40 ml por minuto</p> <p>2. microbicida exro 740: 110 lt x 220 lt de agua con una dosificación de 40 ml por minuto</p> <p>3. floculante exro 663: 100 g x 500lt de agua con una dosificación de 50 ml por minuto.</p>	Operario de plantas
3.		<p>3. Dos veces por semana con ayuda de una pala retire de la trampa de grasas el aceite y la emulsión que se encuentra en la superficie del agua</p>	Operario de plantas
1			
2		<p>Al recibir la orden de trabajo, verifique el estado de los tanques y determine si necesita realizar limpieza</p>	Operario de plantas y ingeniero de servicios

Fuente: ING. De mantenimiento empresa de transformación del vidrio.

Figura 6. Continuación



Fuente: ING. De mantenimiento empresa de transformación del vidrio.

En este flujograma se identifica los procesos de mantenimiento, el cual tiene como función general realizar una limpieza y una revisión del aspecto de los equipos, este mantenimiento tiene como fin el prevenir inconvenientes dentro del proceso como, malos olores y probabilidades de estancamiento de aguas debido a residuos sólidos, para corregirlos el operario utiliza una pala para remover los residuos y aplica la bacteria exro que se encarga de desintegrar los microorganismos causantes de malos olores.

### Mantenimiento de los equipos propuestos.

Para cumplir con el objetivo general de este proyecto, como es la reutilización del agua residual proveniente del proceso de transformación del vidrio es necesario la implementación de un sistema de cloración, para ello se requiere el uso de:

bombas centrifugas, bombas dosificadoras o de diafragma y un tanque de aireación con agitador.

Los objetivos de realizar el mantenimiento de los equipos propuestos son:

- Asegurar el buen funcionamiento de los equipos (bombas centrifugas y dosificadoras y tanque agitador).
- Disminuir la probabilidad de paradas en el sistema de cloración.
- Conservar los componentes de las unidades de tratamiento como son: Registros, aspas, sellos, anillos de desgaste.
- Controlar la calidad del efluente del sistema de cloración en la PTAR.

Para llevar a cabo el mantenimiento se realizara el planteamiento de las actividades, de los materiales necesarios y el personal encargado.

Las actividades a realizar son de limpieza y revisión de funcionamiento mecánico y eléctrico, las cuales requieren el uso de herramientas encargadas de verificar el cumplimiento de las condiciones técnicas del equipo como: presión, temperatura y capacidad volumétrica.

Si bien el objetivo de Mantenimiento es lograr, con el mínimo coste, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinaria productivas se deben evitar los costos innecesarios, el mantenimiento a la PTAR debe establecerse en un periodo que no sea muy largo para el daño de los equipos; ni muy corto, pues supondría un aumento innecesario para el pago del trabajador.

Para asegurar la ejecución y la eficiencia del mantenimiento es necesario identificar las tareas a realizar, determinar la periodicidad de cada tarea y hacer una rutina que serán entregada al técnico, quien debe tener los conocimientos básicos del equipo a revisar y contar con las fichas técnicas del equipo que serán suministradas por el jefe de mantenimiento.

Las fichas técnicas de los equipos propuestos se pueden observar en el anexo 7. Ficha técnica de bomba centrifuga y anexo 8. Ficha técnica del tanque de agitación.

Las rutinas de mantenimiento se pueden observar desde el anexo 9 al anexo 14.

Para realizar la evaluación del mantenimiento, el técnico debe diligenciar el formato de rutina establecido para cada equipo. La empresa tiene definido un indicador de gestión el cual determina que el cumplimiento del mantenimiento debe ser igual o mayor al 95% de su totalidad.

## 5. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

Con base a todas las normas existentes del tema ambiental y a través de de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento básico se determinaron las normas y/o decretos referenciadas en la tabla 3 que aplican a los vertimientos de aguas residuales industriales municipales.

Mediante la realización de la propuesta de reutilización del agua residual industrial en la planta de transformación del vidrio, se identifico mediante el método de consulta la normatividad legal vigente que los diferentes entes de control y regulación ambiental tienen implementados para la preservación y sostenibilidad del medio ambiente.

Se identificaron las características de calidad exigidas para el vertimiento de aguas residuales industriales al efluente del sistema de alcantarillado municipal para controlar la contaminación que estas generan al medio ambiente.

Se desarrollo una propuesta con enfoque ambiental, que en la actualidad permita tener ecosistemas sostenibles para las generaciones futuras.

La toma de conciencia es un resultado del presente modulo ambiental para difundir a las generaciones la importancia de participar activamente en propuestas de prevención, reducción y control de impactos ambientales que puedan seguir deteriorando el planeta.

Realizar mantenimiento preventivo constante para mejorar la eficiencia y alargar la vida de los equipos

Documentar los procesos de mantenimiento preventivo de toda la planta, para facilitarle al técnico su labor y aumentar la eficiencia del mantenimiento.

Mantener en la superficie la rejilla de ventilación del tanque de agitación, libre basuras para hacer efectiva la semipotabilización del agua

Revisar los niveles de dosificación con cloro en el tanque de agitación, el nivel máximo permitido para el agua residual industrial en la planta es de 6 m (partes por millón), es decir, 6 mg por litro de agua a tratar

## 6. CONCLUSIONES

Al identificar y consultar los entes de control, planeación y regulación ambiental como son el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, se logro identificar las funciones misionales que de cada uno realiza sobre la gestión ambiental; asimismo toda la normatividad vigente que protegen el medio ambiente con el fin de mejorar la calidad de vida de la sociedad colombiana.

Existen varios tipos de tratamientos para aguas residuales y que cada uno desempeña una función determinada de acuerdo a al tipo de residuo específico generado, a la cantidad y/o la calidad del mismo ; los cuales son posibles alternativas para prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales que pueden llegar a generar al ser vertidas al alcantarillado.

La reutilización del agua proveniente del proceso, es una herramienta útil, pero no satisface el problema ambiental mundial, este proceso de reutilización es tan solo un medio de acción para mitigar el impacto que generan los residuos de la planta de transformación del vidrio sobre las fuentes hídricas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales CONPES 3177, fecha de consulta 09/07/11, consultada en:

<http://www.humboldt.org.co/iavh/documentos/politica/conpes/CONPES%203177%20AGUAS%20RESIDUALES.pdf>

Características de las aguas residuales, fecha de consulta, 16/07/11, disponible en:

[http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca\\_virtual/doc003/CAPITULO2.pdf](http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc003/CAPITULO2.pdf)

Listado de normas de tipo del Reglamento Técnico del sector (RAS), fecha de consulta 17/07/11, consultada en:

[Manuales del diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias, fecha de consulta 13/07/11, consultada en:](http://www.cra.gov.co/normas_clasificadas.shtml?s=c&m=b&cmd%5B101%5D=c-1-'Reglamento%20T%E9cnico%20del%20sector%20(RAS)'>http://www.cra.gov.co/normas_clasificadas.shtml?s=c&m=b&cmd%5B101%5D=c-1-'Reglamento%20T%E9cnico%20del%20sector%20(RAS)'</a></p></div><div data-bbox=)

[http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual\\_tratamiento.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento.pdf)

Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos, fecha de consulta 09/07/11, consultado en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf>

Méndez Delgado, Fernando. Los Procesos Industriales y el Medio Ambiente. 1 ed. Ibagué.:El Poir,2004. 235 p. (Serie No 2), fecha de consulta 15/07/11

Objetivos y funciones de la CAR, fecha de consulta 16/07/11, disponible en:

<http://www.car.gov.co/?idcategoria=1186>

Objetivos y funciones del MAVDT, fecha de consulta 16/07/11, disponible en:

<http://www.minambiente.gov.co/portal/default.aspx>

Plantas de tratamiento de aguas residuales – ARUIGRAFICO, fecha de consulta 11/07/11 consultado en:

<http://www.arquigrafico.com/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>

Planta piloto para tratamiento de aguas residuales industriales de aceso por medio de humedales construidos – laminas filtrantes, fecha de consulta 07/07/11, consultado en:

<http://www.uninorte.edu.co/divisiones/Ingenierias/IDS/upload/File/Memorias%20II-SIIR/7b-Ramos-Colombia-001.pdf>

Periódico Institucional de la Alcaldía de Chía. Junio – julio 2011.No22, 16p., fecha de consulta 19/07/11.

Proyecto planta de tratamiento de aguas residuales Bello, fecha de consulta 11/07/11, consultado en:

<http://www.docstoc.com/docs/20072977/PROYECTO-PLANTA-DE-TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-BELLO>

Tratamiento de aguas residuales, fecha de consulta 09/07/11 disponible en:

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientoresiduales/tratamientoresiduales.html>

Tratamiento de aguas residuales, fecha de consulta 09/07/11 disponible en:

<http://www.waterymex.org/tdaresiduales.htm>

Tratamiento de residuos industriales líquidos (RILES), fecha de consulta 11/07/11 consultado en:

[http://ambiente.usach.cl/~jromero/imagenes/MECESUP/Curso\\_MECESUP-Riles.pdf](http://ambiente.usach.cl/~jromero/imagenes/MECESUP/Curso_MECESUP-Riles.pdf)

Tecnologías para minimizar la generación de lodos residuales, fecha de consulta 15/07/11, consultado en:

<http://biblioteca.coqcyt.gob.mx/bvic/Captura/upload/TECNOLOGIAS-PARA-MINIMIZAR-LODOS-PROYEC.PDF>