

# PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA HILANDERÍA GUIJARRO, GUANO-CHIMBORAZO

Magdy Echeverría, Ana Mejía López<sup>1</sup>, Janneth Jara

1. amejialopez@yahoo.es

Revisión por Gina Álvarez



imagen ilustrativa

## RESUMEN

En presente estudio tiene como objetivo elaborar un Plan de Manejo Ambiental, de las aguas residuales industriales generadas en las instalaciones de la Hilandería Guijarro y que son evacuadas al río Guano sin ningún tratamiento. Para tal efecto se identifica, califica y evalúa los impactos ambientales de los procesos productivos de la Hilandería Guijarro, determinándose que el componente agua es el de mayor impacto. Se caracteriza las aguas y se obtiene que el consumo promedio es 227.45 m<sup>3</sup>/día. Los efluentes no cumplen con la normativa del TULAS para descarga a un cuerpo de aguas dulce en alguno de los parámetros. El efluente afecta la calidad de las aguas del río Guano, obtenidos valores del ICA de 47% y 40% para antes y después de la descarga respectivamente, que según la NSF es agua de mala calidad. Se elabora el plan de manejo ambiental de las aguas, en el que se propone un enfoque preventivo, que incorpora la aplicación de medidas y buenas prácticas de consumo, permitiendo minimizar el consumo de agua y por ende disminuir el caudal de los efluentes, y también un enfoque correctivo, mediante la implementación de un sistema de tratamiento de las aguas residuales cuyo diseño fue determinado mediante pruebas de tratabilidad. Se aplica el plan, consiguiendo una disminución significativa del impacto al río.

**Palabras clave:** TULAS, aguas residuales, hilandería.

## SUMMARY

In this study aims to develop an Environmental Management Plan, the industrial wastewater generated at the facilities of Spinning Guijarro and Guano are evacuated to the river without any treatment. To this end identifies, describes and evaluates the environmental impacts of production processes of the Spinning Guijarro, determining that the water component is the most impact. It features water and we find that the average consumption is 227.45 m<sup>3</sup>/day. Effluents do not comply with the regulations of TULAS for downloading a fresh water body in one of the parameters. The effluent affects the quality of the river Guano, ICA obtained values of 47% and 40% before and after unloading, respectively, which the NSF is poor water quality. It prepares the environmental management plan of water, which proposes a proactive approach, incorporating measures and good practices of consumption, allowing to minimize water consumption and therefore reduce the flow of effluent, and a co-rective approach, by implementing a system for treating wastewater whose design was determined by treatability tests. Getting the plan applies a significant reduction of impact to river.

**Keywords:** TULAS, waste water, spinning.

### Introducción

La Hilandería Guijarro es una empresa que se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Guano, localizada en la parroquia La Matriz. La empresa se dedica a la producción de hilo a partir de la lana de oveja.

La Hilandería, para sus procesos de lavado de lana y tinturado del hilo, utiliza una gran cantidad de agua, una gran variedad de tintes, incluyendo ácidos, bases, sales, agentes humectantes, colorantes y otros acabados auxiliares; muchos de estos no permanecen en el producto final, sino que son desechados en los efluentes. Además los procesos se manejan en forma discontinua, por lo que las concentraciones de los materiales residuales varían significativamente.

Los residuales líquidos de la hilandería son evacuados sin ningún tratamiento al cauce del río Guano que cruza el cantón de su mismo nombre, este río es un afluente de la cuenca del río Chambo que cubre un 98% en la provincia de Chimborazo. La cuenca del Río Chambo forma parte del sistema hidrográfico del río Pastaza, que pertenece a la vertiente del Amazonas. Por lo que su protección debe ser considerada como una acción prioritaria.

El plan de manejo ambiental de aguas desarrollado en este estudio establece la forma de cómo prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales, provocados por los efluentes de la hilandería. En él se suministran herramientas operativas, que permiten llevar a cabo un adecuado control ambiental de las actividades diarias que se desarrollan en dicho centro y cumplir con lo contemplado en la Legislación Ambiental

Ecuatoriana vigente. La ejecución del plan, fue apoyada por fondos asignados por el Proyecto Gestión Integrada de la Cuenca del Chambo, ejecutado en consorcio entre el Centro Ecuatoriano de Servicios Agrícolas (CESA) y la Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras (AVSF) y la Agencia de Agua Sena Normandía.

### Materiales y métodos

#### Materiales

- Espectrofotómetro
- Absorción atómica
- Estufa
- Mufla
- Desecador
- Materiales de vidrio y porcelana
- Equipo de jarras
- Reactor prototipo de lodos activados

#### Métodos

En primera instancia se realiza una recopilación de datos. Se analiza cada proceso, recogiendo información de los productos que intervienen, examinando los impactos medioambientales y toxicológicos que presentan cada uno de ellos, se determina el consumo de agua; se caracteriza las corrientes, a objeto de una identificación y cuantificación de oportunidades de reducción de usos de agua, prevención de la contaminación y segregación de las corrientes.

La cantidad se determina mediante el registro de los medidores durante un mes de trabajo.

Para la composición, se diseña un sistema de muestreo compuesto, tomando muestras los días lunes, martes y miércoles durante tres semanas, en las coordenadas que se anotan a continuación:



**Punto 1:** Latitud: 9822268 Norte (N)  
Longitud: 762798 Oeste (W)  
Elevación: 2699 m.s.n.m.  
Lugar: Margen izquierda aguas arriba del río Guano



**Punto 2:** Latitud: 9822319 N  
Longitud: 762907 W  
Elevación: 2680 m.s.n.m.  
Lugar: Punto de Descarga de la Tintorería Junto al Río Guano



**Punto 3:** Latitud: 9822317 N  
Longitud: 762948 W  
Elevación: 2680 m.s.n.m.  
Lugar: Margen izquierda aguas abajo a 20 m de la descarga

Los análisis se realiza siguiendo los criterios de muestreo y conservación de las muestras propuestos por “Standard Methods for Examination Wastewater”, midiéndose los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO); Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), contenido de sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (S. sed.), aceites y grasas (A&G), color, pH, temperatura, fosfatos, nitratos y metales pesados.

Para cumplir con los procesos de identificación calificación y evaluación de los impactos ambientales significativos, se emplea la metodología que está basada en la aplicación de la matrices causa-efecto modificado de Leopold, matriz que permite identificar y ponderar de manera clara los impactos de las actividades de la hilandería sobre los distintos componentes ambientales de su entorno. También se desarrolla en base a las observaciones y resultados de análisis fisicoquímicos de las descargas de las aguas residuales industriales, del río Guano antes y después de la descarga, con el objeto de promover la toma de decisiones a favor de la minimización de residuos y/o del tratamiento de los mismos.

Para la interpretación de los resultados de estos análisis, se utiliza el Índice de Calidad del Agua (ICA). El método se basa en el “Water Quality Index”, modificado, que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF). En la determinación del ICA interviene 9 parámetros: Coliformes Fecales, pH, DBO5 Nitratos, Fosfatos, cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos totales, Oxígeno disuelto El rango de resultados oscila entre 0% (Agua muy contaminada) y 100% (Agua totalmente limpia). Un índice de calidad entre 50 y 0 implica prácticamente la imposibilidad de utilizar el agua para cualquier uso

Para desarrollar el Plan de Manejo Ambiental de las Aguas, se estructura en tres etapas:

En la primera etapa se definen los objetivos y principios que permitirán prevenir, controlar y mitigar los impactos identificados en la evaluación ambiental realizada en la parte del diagnóstico.

En la segunda etapa se definen las metas, acciones, indicadores y medidas encaminadas a dar solución a la proble-

mática que presenta la Hilandería, para esto se desarrolla 2 fichas ambientales: La primera que describe acciones bajo un enfoque preventivo que permitan controlar y minimizar los impactos ambientales y la segunda que plantea acciones, mediante un enfoque correctivo a través del tratamiento de las aguas residuales generadas.

Para la primera medida, el plan incorpora una visión racional en el uso del recurso agua dentro de las instalaciones de la Hilandería Guijarro, al contemplar la aplicación de medidas y de buenas prácticas de consumo de agua institucional, que permitan armonizar los procesos de operación de la empresa, a través de políticas ambientales en temas de aprovechamiento racional del recurso agua, buscando promover la conservación del patrimonio ambiental y con ello alcanzar mejores condiciones y calidades de vida a través de la construcción de una industria más amable y sostenible ambientalmente.

Para el enfoque correctivo se desarrolla medidas que están regidas bajo un contexto de viabilidad técnica, económica y ecológica, a través de diseños ingenieriles, para lo cual se analizan los diferentes métodos técnicos para disminuir las cargas contaminantes, mediante pruebas de tratabilidad en el laboratorio para seleccionar el sistema de tratamiento más óptimo, se estudian tratamientos físico-químicos (coagulación, floculación y sedimentación) y tratamientos biológicos (lodos activados).

Los ensayos de coagulante y floculante, se realizan a través de pruebas de jarras, empleando la metodología de Eckenfelder y de Willcomb, para seleccionar la dosificación adecuada de los químicos utilizados y evaluar la calidad del floculo formado.[4]. Se utilizaron un oxidante, tres coagulantes y un floculante, los cuales fueron evaluados de manera combinada.

Para los ensayos de lodos activados, se emplea un reactor de mezcla completa a escala, modelo diseñado por Blanco H. 1997. Los ensayos se realizan para cuatro tiempos de residencia (4, 8, 12, 24 horas). En cada uno de los reactores se determina sólidos suspendidos volátiles (SSV) y a la salida de éstos la DQO, hasta conseguir la máxima reducción.

Se combina el proceso, realizando primeramente el tratamiento por lodos activados, seguido del tratamiento fi-

sicoquímico y finalmente se pasa por un filtro de carbón. Con los resultados de las pruebas se diseña y construye la planta de tratamiento.

En la tercera etapa se presenta la valoración del desempeño ambiental a nivel del manejo del recurso agua que garantizarán la implementación del programa en la Hilandería.

## Resultados y discusión

### Identificación y evaluación de impactos

El mayor impacto es la cantidad de agua que utiliza la empresa debido a mal uso (fugas, desperdicios por llaves no cerradas, forma de enjuague de las lanas). Se determinó que el consumo promedio de agua es de 227,5 m3/día.

En cuanto a los resultados de los análisis de las aguas del río antes y después de la descarga, interpretados en base al ICA dan valores de 46,8% y 40,3% respectivamente, considerada según el criterio de la NSF, como de mala calidad. La diferencia es un indicativo de la influencia negativa del efluente a la calidad del río.

Otro impacto detectado es la coloración y la formación de espumas en la superficie del río. Éste se origina por los tintes y tensoactivos, respectivamente. El color altera el ambiente paisajístico e impide el desarrollo normal de las especies y la espuma reduce la proporción de oxígeno transmitido a través de la superficie del río y limita la capacidad de autodepuración de la corriente.



## Desarrollo del Plan de Manejo Ambiental de Aguas (PMAA).

**Etapa 1:** Los objetivos que se plantean en el PMAA, para mitigar los impactos observados son:

1. Desarrollar campañas de capacitación que incentiven y promuevan el ahorro y uso eficiente del recurso agua.
2. Dar una adecuada disposición a los residuos líquidos que se generan en los procesos productivos de la Hilandería Guijarro, dando cumplimiento con las normas de vertimiento del TULAS.

Para cumplir con el objetivo 1 se desarrollan la siguiente ficha ambiental:

<b>USO EFICIENTE DEL AGUA</b>	CÓDIGO: FMA-01 FECHA: Agosto/2010 PÁGINA 1 de 2
<b>Objetivo específico 1:</b>	
Desarrollar campañas de capacitación que incentiven y promuevan el ahorro y uso eficiente del recurso agua.	
<b>PROBLEMA:</b>	
La falta de cultura y uso sustentable del recurso agua son insuficientes para lograr una apropiación y participación de los dirigentes y empleados en temas institucionales que incentiven y promuevan el ahorro y uso eficiente del recurso agua.	
<b>IMPACTOS POTENCIALES:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erosiones de suelos por fugas no identificadas</li> <li>➤ Consumo superior de agua sobre las necesidades reales</li> <li>➤ Costos elevados por facturación de servicios públicos</li> <li>➤ Incumplimiento de regulaciones nacionales</li> </ul>	
<b>ESTRATEGIA:</b>	
Establecer e implementar medidas educativas que incentiven y promuevan el ahorro y uso eficiente del recurso agua.	
<b>SUBPROGRAMA:</b>	
Educación ambiental	
<b>ALCANCE:</b>	
Todo el personal de la Hilandería Guijarro	
<b>METAS:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Concienciar al 100% de los directivos y empleados de la importancia del ahorro y uso eficiente del recurso agua</li> <li>➤ Reducir el consumo del agua en 4% a 5% anual</li> <li>➤ Reducir los costos en el consumo de agua en un 2% anual</li> </ul>	

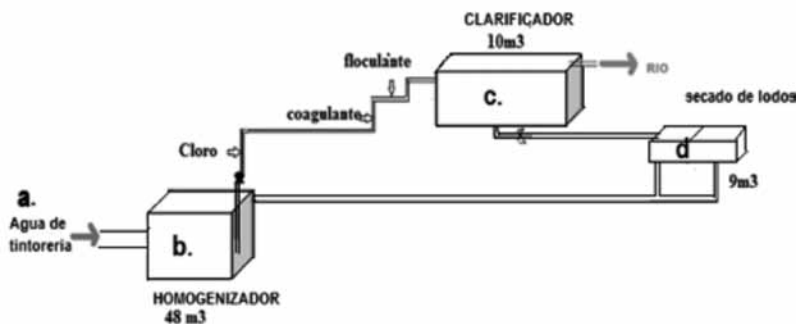


Figura 1. Diagrama de la planta de tratamiento del agua residual para la sección de tinturado.

Fuente: Ana Mejía López

<b>USO EFICIENTE DEL AGUA</b>	CÓDIGO: FMA-01 FECHA: Agosto/2010 PÁGINA 2 de 2
<b>ACCIONES:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Promover la importancia del ahorro y uso eficiente del recurso agua</li> <li>2. Adecuar las instalaciones físicas para el uso racional</li> <li>3. Detección de pérdidas de agua</li> <li>4. Recirculación y reúso</li> <li>5. Publicaciones sobre actividades de cultura del agua</li> </ol>	
<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Formular un programa de uso eficiente y ahorro del agua que debe:</li> <li>➤ Establecer programas de medición</li> <li>➤ Establecer metas anuales de reducción de pérdidas y ahorro del agua</li> <li>➤ Establecer programas de capacitación ambiental</li> <li>➤ Llevar y conservar registros actualizados y confiables de producción y uso de agua para los procesos</li> <li>➤ Reúso</li> <li>➤ Establecer un programa de detección de fugas</li> <li>➤ Establecer factibilidad de programas para el reúso del agua</li> <li>➤ Incentivar el uso de las aguas lluvias</li> <li>➤ Instalar aparatos y accesorios de bajo consumo de agua</li> </ul>	
<b>MOMENTO DE IMPLEMENTACIÓN:</b>	
➤ Aplica durante toda la etapa de operación del sistema	
<b>RESPONSABLE:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CESA programa de conservación de la subcuenca del río Guano</li> <li>➤ Tesista ejecutora del presente plan y Maestrante del programa protección ambiental de la ESPOCH</li> </ul>	
<b>INDICADOR:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Actividades y estrategias implementadas</li> <li>➤ Seguimiento al desarrollo del indicador</li> </ul>	

<b>MONITOREO:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Actas de asistencia a charlas</li> <li>➤ Número de actividades y estrategias implementadas</li> </ul>
<b>RECURSOS:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Humano</li> <li>➤ Logístico</li> <li>➤ Financiero</li> </ul>

Se ejecutan cada una de las acciones indicadas en las fichas, dando como resultados una concientización en el uso y ahorro del agua, realizando cambios en los procesos, uno de ellos es la construcción de un nuevo sistema de enjuague como se evidencia en la Figura 1



Figura 1

La segunda ficha, indicada a continuación, da cumplimiento al objetivo 2 y se ejecutan las acciones y actividades que se indican en la misma.

<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	CÓDIGO: FMA-02 FECHA: Agosto/2010 PÁGINA 1 de 2
<b>Objetivo específico 2:</b>	
Dar una adecuada disposición a los residuos líquidos que se generan en los procesos productivos de la Hilandería Guijarro	
<b>PROBLEMA:</b>	
Vertimiento de aguas residuales de tipo industrial al río Guano	
<b>IMPACTOS POTENCIALES:</b>	
➤ Degradación del río	
<b>ESTRATEGIA:</b>	
Diseñar y desarrollar un programa para el tratamiento de aguas residuales y manejo eficiente en el uso del recurso agua en las instalaciones de la empresa	

<b>SUBPROGRAMA:</b>
Tratamiento de las aguas residuales
<b>ALCANCE:</b>
Toda la comunidad beneficiaria de la subcuenca del río Guano
<b>METAS:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Implementar un sistema para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la empresa</li> <li>➤ Remover en un 80% color, más del 90% en carga de sólidos suspendidos, más 50% en carga de DBO de las aguas residuales una vez implementado el sistema de tratamiento</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Caracterización de las aguas residuales</li> <li>➤ Diseño de la planta de tratamiento</li> <li>➤ Construcción de la planta de tratamiento</li> <li>➤ Tratamiento <i>in situ</i></li> <li>➤ Obtención de permiso de vertimientos</li> </ul>

<b>USO EFICIENTE DEL AGUA</b>	<b>CÓDIGO:</b> FMA-02
	<b>FECHA:</b> Agosto/2010
	<b>PÁGINA</b> 2 de 2

<b>ACTIVIDADES A DESARROLLAR:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Caracterizar las aguas residuales</li> <li>➤ Establecer programas de medición</li> <li>➤ Realizar el estudio de tratabilidad</li> <li>➤ Realizar el diseño y construcción de la planta</li> <li>➤ Ejecutar acciones de: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Obtención de permisos y licencias respectivas para la etapa de construcción</li> <li>○ Control de contaminación en el sitio de origen</li> <li>○ Educación ambiental</li> <li>○ Relaciones con la comunidad</li> <li>○ Monitoreo y control</li> <li>○ Control de aire y ruido</li> <li>○ Operación en situación normal</li> <li>○ Operación en situación de emergencia</li> </ul> </li> <li>➤ Llevar y conservar registros actualizados y confiables de la forma cómo han ejecutado y cumplido la operación y control de los sistemas de producción y conducción de agua potable</li> </ul>

<b>MOMENTO DE IMPLEMENTACIÓN:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aplica durante toda la etapa de construcción y operación del sistema</li> </ul>

<b>RESPONSABLE:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El industrial</li> </ul>

<b>MONITOREO:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reporte de los análisis</li> <li>➤ Reporte de caudales</li> <li>➤ Verificación mensual del avance de las obras</li> </ul>

<b>RECURSOS:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Humano</li> <li>➤ Logístico</li> <li>➤ Financiero</li> </ul>

### Acción 1. Caracterización

Los efluentes contienen cargas significativas con presencia de tintes y reactivos químicos disueltos, oscilaciones de pH y temperatura, mientras que las aguas del lavado de lana contienen importan-

Tabla 1. Resultados estadísticos de los resultados de los análisis agua comparados con la norma del TULAS

Fuente: Ana Mejía L.

Parámetros	Unidad	VALORES DE LA DESCARGA			Límites máximos permisible de descarga
		V. Mínimo	V. Promedio	V. Máximo	
Caudal	L/s	11,68	20,68	28,76	
Oxígeno disuelto	Mg/L	1,23	2,38	3,19	
pH		7,28	7,99	8,61	5,0-9
Temperatura	°C	18,6	19,94	20,9	MENOR a 35
Color	Und. PtCo	4710	7164	11894	Inapreciable en dilución 1/20
Conductividad	µS/cm	534	671,1	825	
DQO	mg/L	416	617,9	1002	250
DBO	mg/L	360	473	709	100
Sólidos totales	mg/L	483,3	621,47	899,35	1600
Sólidos suspendidos	mg/L	136	184,3	361	100
Sólidos sedimentables	ml/L	0,2	0,95	2,1	1
Nitratos	mg/L	27	41,1	54	10
Detergentes	mg/L	0,02	0,18	0,41	0,5
Sustancias solubles en hexano	mg/L	27	35,1	58	0,3
Cromo	mg/L	0,07	0,17	0,29	0,5
Cobre	mg/L	0,22	0,44	0,78	1
Cobalto	mg/L	0,06	0,21	0,59	0,5
Fenoles	mg/L	0,02	0,1	0,28	0,2

tes cantidades de sólidos suspendidos, grasas y sustancias químicas disueltas. En la tabla 1 se presentan los resultados promedios, máximos y mínimos comparados con los límites permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce indicadas en la normativa ecuatoriana TULAS, en el que se determina que los efluentes incumplen en los parámetros de color, DQO, DBO, sólidos suspendidos, nitratos y sustancias solubles en hexano.

De los ensayos de caracterización se obtienen los resultados para el diseño de la planta, la misma que consta de un sistemas de segregación de corrientes con el fin de separar las aguas de tintorería de las aguas de lavado de lana, tanque de almacenamiento y homogenización de donde se tomarán las muestras necesarias para la verificación y el control del sistema de tratamiento, sistema de clarificación con sus unidades de coagulación, floculación y sedimentación para eliminar las partículas suspendidas y coloidales y un lecho de secado de lodos para la disposición de lodos que se obtienen del tratamiento

En la Figura 1 se esquematiza el sistema con sus capacidades.

En las imágenes siguientes se observa el proceso de construcción:

#### Tanque de Homogenización

ANTES



DESPUÉS

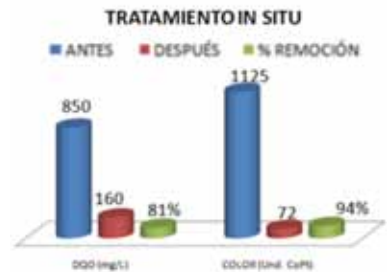




### Tanque Clarificador y lecho de lodos

Los resultados obtenidos de las pruebas preliminares se presentan en la gráfica adjunta.

ANTES



Para el tratamiento se requiere hipoclorito de sodio en una concentración de 0,5 ppm, 500 ppm de coagulante FSM-1 y 2,5 ppm de floculante PHP-70, que en las pruebas realizadas en planta reduce el color en un 94% y la DQO en un 81%.

DESPUÉS



Con la construcción de las distintas obras y el cumplimiento del PMA se logró reducir los contaminantes del agua residual lo que permitirá mejorar significativamente la calidad del agua del río Guano, dando una mejor imagen corporativa a la hilandería y cumpliendo con los objetivos planteados en el presente trabajo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INDUSTRIA TEXTIL. CEPIS Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1996. Informe técnico sobre minimización de residuos en la industria textil. Lima-Perú. <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/gtz/minitext/mtextil.html>. 2010-10-5

HAGLER, Bailly. Prevención de la Contaminación en la Industria Textil. CEPIS/OPS. Lima-Perú. pp.189. 03-05-2005

ROMERO, JAIRO. 2004. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: TEORÍA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO. 3.Ed. Bogota-Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería, 950 p

INDUSTRIA TEXTIL. REMAPAR. 1998. Impacto Ambiental de Productos Químicos Auxiliares Usados en la Industria Textil. Argentina. <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/repamar/gtzproye/impacto/impacto.html>. 2010-10-12

CRESPI, M. Procesos Productivos en la Industria Textil. Química textil (Argentina). N°117. pp13, Julio 1995.

METCALF & EDDY, 1995 Ingeniería de Aguas Residuales- trad. del inglés TRILLO, Juan. 2.ed. España, Mc Graw Hill. pp 18-29;53-135;221-283;345-557

APHA.AWWA.WCPF. Estándar Methods for the examination of water and wasterwater 15 th Edition. Joint Editorial Board.

Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). Ecuador 2003-03-31.