

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



CENTRO DE INVESTIGACIÓN:

**TECNOLOGIAS ECOLOGICAS RACIONALES PARA EL
TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

SEGUNDO INFORME TRIMESTRAL

**“SISTEMA DE TRATAMIENTO FISICOQUIMICO PARA
LA REMOCION DEL CROMO EN EFLUENTES
INDUSTRIALES PARA SU DISPOSICIÓN FINAL”**

Docente Responsable: Dr Máximo Fidel Baca Neglia

Callao, 2019

PERÚ

INFORMACION BASICA

1. INFORME TRIMESTRAL N° 2
2. PERIODO: 1° de Abril de 2019 al 30 de Junio de 2019
3. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: **“SISTEMA DE TRATAMIENTO FISICOQUIMICO PARA LA REMOCION DEL CROMO EN EFLUENTES INDUSTRIALES PARA SU DISPOSICIÓN FINAL”**
4. CENTRO DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías ecológicas racionales para el tratamiento de efluentes.
5. PROFESOR RESPONSABLE: Dr. Máximo Fidel Baca Neglia - 1233
 - 5.1. CATEGORÍA: Asociado
 - 5.2. DEDICACIÓN: Tiempo Completo
 - 5.3. CONDICIÓN: Ordinario
6. PROFESORES PARTICIPANTES
 - 6.1. MARÍA TERESA VALDERRAMA ROJAS
 - 6.1.1. CATEGORIA: Principal
 - 6.1.2. DEDICACIÓN: Tiempo Completo
 - 6.1.3. CONDICIÓN: Ordinario
 - 6.2. JANET MAMANI RAMOS
 - 6.2.1. CATEGORIA: Auxiliar
 - 6.2.2. DEDICACIÓN: Tiempo Completo
 - 6.2.3. CONDICION: Ordinario
 - 6.3. JOSE PABLO RIVERA RODRIGUEZ
 - 6.3.1. CATEGORIA: Auxiliar
 - 6.3.2. DEDICACIÓN: Tiempo Parcial
 - 6.3.3. CONDICIÓN: Ordinario
 - 6.4. TEOFILO ALLENDE CCAHUANA
 - 6.4.1. CATEGORIA: Principal
 - 6.4.2. DEDICACIÓN: Tiempo Parcial

6.4.3. CONDICIÓN: Ordinario

6.5. ABNER JOSUE VIGO ROLDAN

6.5.1. CATEGORIA: Auxiliar

6.5.2. DEDICACIÓN: Tiempo Completo

6.5.3. CONDICIÓN: Ordinario

6.6. SERGIO LEYVA HARO

6.6.1. CATEGORIA: Asociado

6.6.2. DEDICACIÓN: Tiempo Completo

6.6.3. CONDICIÓN: Ordinario

7. ESTUDIANTES DE APOYO

7.1. ARCE HUAMANI FRANKLIN	-	46671044
7.2. CRUZ CHIROQUE IVÁN ANTHONY	-	47417106
7.3. GUISELA LIZETT CONDORI APAZA	-	44124178
7.4. DELGADO RUIZ HORACIO	-	41225537
7.5. JEAN PAUL SARCO INMENSO	-	10788316

SEGUNDO INFORME TRIMESTRAL

I. INTRODUCCIÓN.-

El presente proyecto de investigación denominado “**SISTEMA DE TRATAMIENTO FISICOQUIMICO PARA LA REMOCION DEL CROMO EN EFLUENTES INDUSTRIALES PARA SU DISPOSICIÓN FINAL**”, evaluara el sistema de tratamiento fisicoquímico para la remoción del Cromo (Cr) del efluente industrial, con la finalidad de que los efluentes una vez tratados puedan disponerse a la alcantarillado de la ciudad como punto de disposición final, para ello debe cumplir con la normatividad vigente, como el referido al DS N° 021-2009-VIVIENDA del 20 de noviembre 2009, su Reglamento aprobado por DS N° 003-2011-VIVIENDA del 22 de mayo 2011 y la modificatoria del DS N° 021-2009-VIVIENDA, aprobada por DS N° 001-2015-VIVIENDA del 09 de enero del 2015.

Los efluentes industriales con alto contenido de metales específicamente el Cr (VI) y Cr total que se hallan contaminados por la presencia de este metal y que sin tratamiento no cumplen con los Valores Máximos Admisibles (VMA) aprobados por el DS N° 001-2015-VIVIENDA, son los provenientes de la Industrias del Cueros (curtido de pieles), Industrias Textiles (pigmento de color), Industrias de Recubrimiento Metálico (procesos electro galvánicos), Industria Químicas (fungicidas, anticorrosivos) entre otras.

Para nuestro caso evaluaremos los efluentes de una industria galvánica, para ello, nos hemos puesto en contacto hasta con tres factorías industriales dos de las cuales se ubican en el Callao, tales como **JAHESA Aceros Inoxidables S.A.** e **Industrias del Zinc S. A.**, mientras la tercera **Grupo Forte SAC** se ubica en el distrito de Ate y que nos ha permitido una visita técnica a sus plantas y ubicar los puntos de muestreo para extracción de muestras puntuales y compuestas, cuyos resultados presentáramos en nuestro primer informe trimestral.

II. AVANCE DEL PROYECTO SEGÚN CONOGRAMA.-

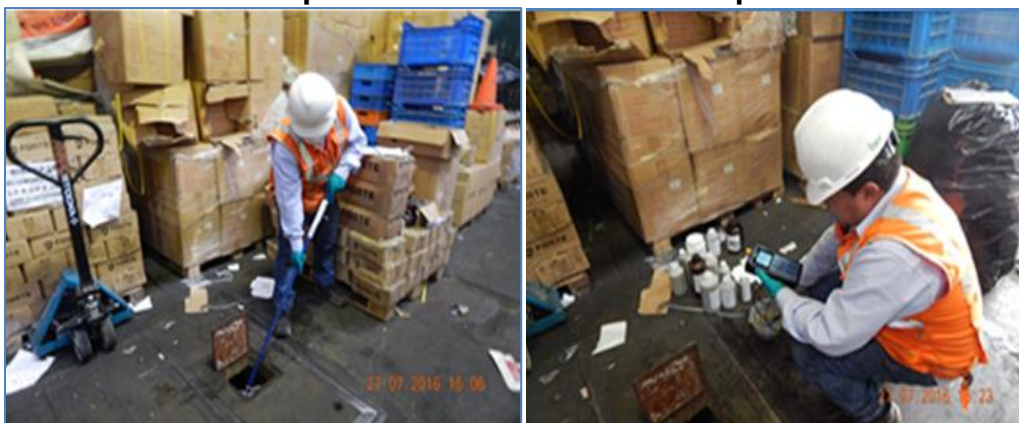
2.1. Caracterizar los efluentes no domésticos a partir de muestras monitoreadas.

Tabla 1
Característica del efluente en el colector principal

Parámetros	Resultado de Análisis de Colector General	Unidad	VMA DS N° 021-2009-VIVIENDA
DBO ₅	2500	mg/L	500
DQO	3944	mg/L	1000
Sólidos Totales en Suspensión	1085	mg/L	500
Cromo total	18.84	mg/L	10
Cromo hexavalente *	-	mg/L	0.5
Cobre total	24.34	mg/L	3
Plomo total	0.734	mg/L	0.5

Nota: * Modificatoria por DS N° 001-2015-VIVIENDA

Figuras 1 y 2
Corresponde a la toma de muestra puntual



2.2. Tratamiento fisicoquímico (PJ) de las muestras (puntuales y/o compuestas) de efluentes monitoreados.

Protocolo de Prueba de Jarras:

- Equipo: Prueba de Jarras (1L de capacidad/jarra), Número de jarras por prueba 4 unidades;
- Velocidad de Mezcla rápida: 120 rpm;
- Tiempo de Mezcla rápida: 1min;

- Velocidad de Mezcla lenta: 30 rpm;
- Tiempo de Mezcla Lenta: 15 min;
- Tiempo de sedimentación: 20 min.

Reactivos utilizados:

- Sulfato de aluminio solución al 10%, (% en Vol.);
- Polielectrolito aniónico solución al 0.5 %, (% en peso);
- Polielectrolito Catiónico al 1%, (% en peso).

Dosis optima aplicada para análisis por laboratorio acreditado:

- Dosis de Sulfato de Aluminio Acido: 7 ml/L;
- Dosis de Polímero Catiónico: 20 ppm
- Dosis de Polímero Aniónico dosis: 4ppm

Resultados:

La Figura 3 muestra el efluente Acidificado a pH de 2.00, al concluir la Mezcla Rápida

Figura 3



La Figura 4 muestra al efluente Acidificado a pH 2.00, a los 4 min de Sedimentación

Figura 4



La Figura 5 muestra al efluente Acidificado a pH 2.00, a los 8 min de Sedimentación

Figura 5



La Figura 6 muestra al efluente Acidificado a pH 2.00, a los 12 min de Sedimentación

Figura 6



La Figura 7 muestra al efluente Acidificado a pH 2.00, a los 15 min de Sedimentación

Figura 7



La Figura 8 muestra al efluente Acidificado a pH 2.00, a los 30 min de Sedimentación

Figura 8



2.3. Caracterización de las muestra de efluentes tratados en las PJ.

Tabla 2

Parámetro	Unidad	Inicial	Final
Turbiedad	NTU	680	7.0
pH	Unidades	4.5	2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	40.6	7.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	183.6	62.3
Cromo Total	mg/L	11.57	8.6
Cobre total	mg/L	2.22	1.2
Plomo Total	mg/L	0.028	0.017

2.4. Determinación de la eficiencia de remoción de parámetros dentro de los VMA.

Tabla 3

Parámetro	% Remocional
Turbiedad	98.97
pH	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno	82.51
Demanda Química de Oxígeno	66.06
Cromo Total	25.66
Cobre total	45.94
Plomo Total	64.70

III. CONCLUSION RESPECTO AL AVANCE.-

Las pruebas preliminares demuestran que es posible remover el Cromo total hasta 25.66%, es decir de 11.57 mg/L (Valor por encima de VMA) a 8.6 mg/L (valor que se halla menor a 10 mg/L = VMA), para el caso del

Cobre y Plomo total se encontró una reducción de 45 % y 64.7 % respectivamente, es decir a los valores finales de 1.2 mg/L y 0.017 mg/l respectivamente es decir a valores que se hallan menores a los VMA exigidos por el DS N° 021-2009 – VIVIENDA.

IV. CONCLUSIONES.-

Corresponde, básicamente a la característica preliminar de la muestra puntual extraída, que se observa en la **Tabla 1: Característica del efluente en el colector principal**

Este efluente, muestran los parámetros que exceden los VMA, tales como, DBO₅, DQO, SST, Cr total, Cu total y Pb total. Debido a ello, se plantea la exigencia de tratar los efluentes para cumplir con alcanzar los VMA para aquellos parámetros que exceden estos previos a su disposición final, que es la alcantarilla o colector público, por ello se debe aplicar un tratamiento, del tipo fisicoquímico, para ello se simula el tratamiento a través de las pruebas de jarras, cuyos resultados se muestran en la **Tabla 2**, la tabla muestra las características del efluente monitoreado en el alcantarillado a la salida de la planta en la que todos los parámetros analizados superan entre otros los VMA enmarcados por el DS N° 021-2009 – VIVIENDA, y en otra columna muestra el resultado luego de haberse realizado las pruebas de jarras al conseguirse la dosis óptima de los reactivos químicos tales como:

- Dosis de Sulfato de Aluminio Ácido: 7 ml/L;
- Dosis de Polímero Catiónico: 20 ppm
- Dosis de Polímero Aniónico dosis: 4ppm

Obteniéndose como resultado que todos los parámetros analizados se hallan por debajo de los VMA exigidos por el DS N° 021-2009 – VIVIENDA.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.-

Se revisan los siguientes materiales bibliográficos.-

Acosta et al. (2009). **Identificación del Manejo de Metales de Vertimientos de la Industria Galvánica.** Gestión Integral en Ingeniería Neogradina.

- G. Salas Carlotta, (2005); **“Reúso de cromo en el tratamiento de Efluentes de una curtiembre”**, Revista Peruana Químia, Ingeniería Químia, Vol. N° 2, 2005. Páginas 61 - 67.
- G. Espinosa Narváez & G. Mera Córdoba, (2015), **Alternativas ambientales para la remoción de cromo hexavalente en residuos líquidos de los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño**. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales – Colombia.
- Orozco Barrenechea C. et. al. (2004); **Contaminación Ambiental – Una visión desde la Química**; Ed. Thomson, España.

ANEXOS.-

Presentamos las actividades desarrolladas por los docentes miembros del centro de investigación:

a. Docentes: Dr. Máximo Baca Neglia

Revisando el proyecto de tesis de los estudiantes:

BAZALAR RENZO ARROYO	-
ORTEGA MANUEL RAMOS	-

Título del Proyecto de Tesis.- “Remoción del Cadmio y del Cromo presente en los efluentes generados por la industria galvánica, mediante la electrocoagulación”

b. Docentes: Lic. Janet Mamani Ramos.

Ing. Josué Vigo Roldan

Lic. Sergio Leyva Haro

Dr. Máximo Baca Neglia

Revisando el informe final de tesis de los estudiantes:

ARCE HUAMANI FRANKLIN	-	46671044
CRUZ CHIROQUE IVÁN ANTHONY	-	47417106

Título del Proyecto de Tesis.- “Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficios de reses, mediante el método de electrocoagulación a flujo continuo”

c. Docentes: MsC. Teresa Valderrama Rojas

Dr. Pablo Rivera Rodríguez

Mg. Allende Ccahuana Teófilo

Dr. Máximo Baca Neglia

Revisando el proyecto de tesis de los estudiantes:

GUISELA LIZETT CONDORI APAZA	-	44124178
DELGADO RUIZ HORACIO	-	41225537
JEAN PAUL SARCO INMENSO	-	10788316

Título del Proyecto de Tesis.- “Evaluación de la eficiencia del reactor biológico secuencial de la planta piloto FIARN utilizando microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes residuales domésticos para su reúso en el riego de áreas verdes”

d. Docentes: Lic. Janet Mamani Ramos.

Ing. Josué Vigo Roldan

Lic. Sergio Leyva Haro

MsC. Teresa Valderrama Rojas

Dr. Pablo Rivera Rodríguez

Mg. Allende Ccahuana Teófilo

Dr. Máximo Baca Neglia

Revisión bibliográfica para el Proyecto en ejecución, denominado: “SISTEMA DE TRATAMIENTO FISICOQUIMICO PARA LA REMOCION DEL CROMO EN EFLUENTES INDUSTRIALES PARA SU DISPOSICIÓN FINAL”

Relación del material bibliográfico seleccionado:

- Gema Eunice ACOSTA, Diana Lucia CRISTACHO M, Edgar Alexander OSPINA y Nelly Bibiana MORALES; **IDENTIFICACIÓN DEL MANEJO DE METALES EN VERTIMIENTOS DE LA INDUSTRIA GALVÁNICA.**

IDENTIFICACIÓN DEL MANEJO DE METALES EN VERTIMIENTOS DE LA INDUSTRIA GALVÁNICA

IDENTIFICATION OF METAL MANAGEMENT IN DUMPING OF GALVANIC INDUSTRY

Gema Eunice, Acosta¹
Diana Lucia, Cristancho M.²
Edgar Alexander, Ospina³
Nelly Bibiana, Morales.⁴

¹ Química, MSc, Facultad de Ingeniería, Investigador grupo Tecnologías Ambientales y Química Teórica
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

gema@unice@yahoo.es

² Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Joven Investigador grupo Tecnologías Ambientales y Química Teórica
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

diana.cristancho@umng.edu.co

³ Ing. Ambiental, Facultad de Ingeniería, Investigador grupo Tecnologías Ambientales y Química Teórica
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

alexander.ospina@umng.edu.co

⁴ Lic. en Química, Facultad de Ingeniería, Joven Investigador grupo Tecnologías Ambientales y Química Teórica
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia

nelly.morales@unimilitar.edu.co

Resumen: La industria de la galvanotecnia se caracteriza por el posicionamiento de compañías que satisfacen las necesidades de un mercado basado en el recubrimiento de productos metálicos, los cuales traen consigo grandes impactos producidos por los altos volúmenes en vertimientos de sustancias residuales. Dado que estos productos de desecho son de gran toxicidad, conviene conocer el funcionamiento de estas industrias y el manejo que dan a los residuos, así como las concentraciones máximas permitidas por la norma. El trabajo inicia con la visita a algunas empresas del sector, ubicadas en Bogotá. Se tratan con mayor detalle los procesos que generan las aguas residuales para el control de efluentes de acuerdo con el tipo de contaminante que se pretende eliminar.

Palabras clave: electroquímica, industria galvánica, metales pesados, contaminación ambiental, tratamientos químicos y aguas residuales.

Abstract: The electroplating industry is characterized by positioning companies which meet the needs of a coated-metal products market which bring higher impacts caused by high-volume substances in wastewater discharges. Because of these high-toxicity waste products it is necessary to know the regulations in force of the environmental and maximum concentrations by the kind of operation in this industry. The purpose of this study is identifying the spill management in galvanic industry given some visits to companies of this sector in Bogota. The processes generating wastewater for effluent control according to the kind of pollutant to be eliminated will be discussed in further detail.

Keywords: electrochemistry, galvanic industry, heavy metals, environmental pollution, chemical treatment and sewage.

1 Introducción

Toda actividad humana tiene un impacto dentro y fuera de su entorno, la contaminación no sólo altera el equilibrio ecológico produciendo efectos negativos en algunas especies animales y vegetales o la proliferación descontrolada de otras, sino que puede destruir en forma definitiva la vida en los lugares afectados. En la mayoría de los países industrializados se ha tomado conciencia de este reto que obliga a detener la destrucción de nuestro hábitat. Así los sectores industriales se ven abocados a evitar o minimizar los impactos negativos sobre el ambiente, ya sea a través de la implementación de prácticas de prevención de la contaminación o mediante el tratamiento de los efluentes antes de ser vertidos a su destino final [1]. En los últimos años el nivel de industrialización de Bogotá se ha incrementado debido al aumento de la tasa poblacional; especialmente en algunos campos tales como: comidas, textiles y químicos, de hecho la industria galvánica ha sido obligada a producir en mayor escala y con un elevado nivel tecnológico.

La industria galvánica desecha metales en disolución durante sus procesos industriales, ello implica la contaminación de algunos cuerpos de agua. El propósito principal de realizar visitas a las industrias del sector es hacer un sondeo sobre los métodos que usan para el manejo y disposición de los residuos con metales que se vierten en las aguas residuales.

2 Marco Teórico

Las aguas residuales provenientes de industrias galvánicas y metalúrgicas constituyen uno de los desechos industriales inorgánicos de mayor poder contaminante por sus características tóxicas y corrosivas. Las impurezas que se pueden encontrar son numerosas y de naturaleza, concentración y tamaño diferente. Las características tóxicas, principalmente en las aguas residuales de industrias galvánicas, se obtienen por concentraciones normalmente elevadas de cianuros y metales pesados. Además, la elevada acidez o alcalinidad de dichas aguas confieren al desecho un fuerte poder corrosivo [2].

Dentro de las impurezas se incluyen aceites, grasas, espumas, minerales solubles como bicarbonatos, sulfatos, nitratos, cloruros, cianuros, gases disueltos como CO_2 , H_2S , NH_3 , emulsionantes (orgánicos y tensoactivos), aditivos (inorgánicos y orgánicos, para inducir el refinamiento del grano y la nivelación de la superficie del recubrimiento), y principalmente una apreciable concentración de metales (Caso del actual estudio), como resultado de la disolución metálica de las piezas de trabajo. El tamaño de las impurezas puede variar desde dimensiones submicrónicas (suspensiones coloidales) hasta milimétricas (arenas y partículas metálicas) [8].

El sector de las industrias de galvanotecnia está agrupado bajo el conjunto de industrias dedicadas al recubrimiento de productos metálicos. Existen en Bogotá numerosos establecimientos enmarcados en esta agrupación, dispersos tanto en las zonas residenciales como industriales y comerciales. De acuerdo con la base de datos de la Cámara de Comercio de Bogotá, de un total de 521 empresas dedicadas al sector galvánico en Colombia, 325 se encuentran matriculadas en la capital y cumplen con la normatividad exigida por las autoridades ambientales [4].

De acuerdo con el proceso de galvanizado, se tiene otra clasificación de esta industria en Bogotá, por ejemplo en galvanizado electroquímico (150 compañías), Doping (goteo) cincado en caliente (10 compañías), anodizado (30 compañías), pintura en caliente (40 compañías), otros incluyendo las no registradas (180 - 200 compañías) para un total aproximado de 450 compañías en el Distrito Capital. Estas industrias generan una gran cantidad de residuos contaminantes debido a metales como; cinc, níquel, cromo (VI), cobre, cadmio en proporciones no determinadas, que además de ser muy tóxicos, inhiben el tratamiento biológico de los residuos líquidos [3].

La galvanotecnia es una técnica que consiste en la electrodeposición de un recubrimiento metálico sobre una superficie que puede ser no metálica (galvánica) o metálica (galvanostegia). La industria galvánica involucra consumo de agua en los baños de proceso, en las etapas de lavado y enjuague (ver figura 1). Las descargas de estas aguas residuales están compuestas por efluentes que se caracterizan por su carga contaminante tóxica en términos de su contenido de cianuro, metales pesados como el cromo hexavalente, ácidos y álcalis. El proceso

de recubrimiento metálico en general, es muy poco efectivo, ya que solo una pequeña cantidad de las sustancias utilizadas se depositan en la pieza; hasta un 90% de las sustancias pueden evacuarse a través de las aguas residuales.

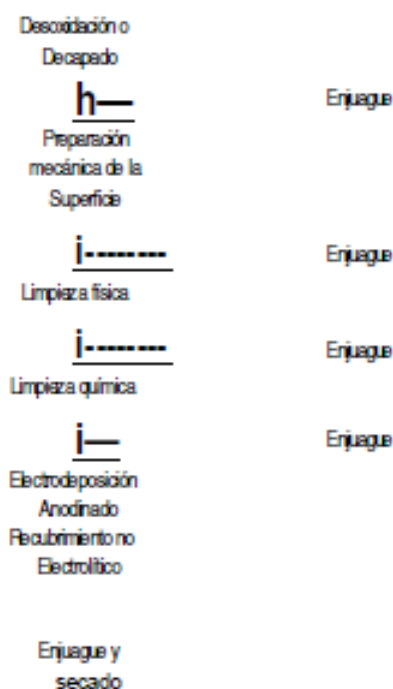


Figura 1. Proceso general para el tratamiento de recubrimientos galvánicos

Fuente: Secretaría de Ambiente, 2003

Los principales compuestos disueltos que deben ser controlados son: cromo hexavalente, estaño bivalente, iones de paladio, cobre, níquel, plata, sodio, potasio y algunos orgánicos reductores como formaldehído y azúcares. En general los residuos líquidos descargados por la industria galvánica provienen de aguas de lavado, enjuague, enfriamiento, goteos, derrames de trasiego, líquidos de lavado de gases, baños de procesos agotados, mantenimiento de baños de proceso, baños de remoción y acondicionamiento y pérdidas accidentales entre otros. Como resultado de estos procesos galvánicos en Bogotá se presentan grandes cantidades de efluentes líquidos, residuos sólidos, humos, gases y vapores [7].

De acuerdo con los estudios realizados por el Ministerio del Medio Ambiente y la Secretaría de Ambiente, 2003, dependiendo del tamaño de la planta, el volumen de los efluentes oscila entre 0,05 m³/hora y 0.2 m³/hora. Algunas de estas plantas procesan sus líquidos residuales neutralizando con cal y filtrando, por tanto se generan residuos sólidos que deben ser tratados con diversos mecanismos.

Los sólidos generados están constituidos por los lodos resultantes de los baños de proceso, desengrase, decapado y enjuague, así como también los lodos que se obtienen de los procesos de tratamiento de estas aguas residuales. La composición de estos lodos es variada, pueden contener metales como níquel, cobre, cromo, zinc y otros metales pesados. En el caso del desengrase de aluminio para la industria de anodizado, los lodos generados están compuestos por aluminato de sodio; en el decapado de piezas de hierro, los lodos son óxidos y cloruros férricos. Otros residuos sólidos son el polvo y partículas metálicas producidas durante la preparación preliminar de la superficie por abrasión.

A manera de ejemplo, según datos del Ministerio de Medio Ambiente de 10 empresas visitadas en Bogotá, 5 tienen instalados y en operación sus propios sistemas de tratamiento de aguas residuales y en 4 compañías los residuos sólidos son controlados hasta que no sean contaminantes, pero en una de esas 5 compañías el tratamiento

elegido no es el adecuado y los desechos sólidos podrían contener tóxicos. El volumen total estimado de sólidos generados en estas compañías es de 1 a 2 ton/mes.

Con relación a las emisiones atmosféricas, se presentan gases, vapores, humos y neblinas. En algunas etapas del proceso, se producen gases por efecto de las reacciones electroquímicas, los vapores generados de solventes ácidos alcalinos de los procesos de desengrase, activación, neutralización y proceso de cromado.

3 Desarrollo de la Investigación

Para elaborar un diagnóstico sobre el manejo y disposición de los residuos en las empresas dedicadas a la industria galvánica e identificar los principales contaminantes en sus residuos, se realizaron visitas a cinco empresas del sector. Por indicaciones de los empresarios se obtuvo información acerca de las sustancias que producen contaminación en las aguas residuales. Con el fin de evitar inconvenientes con las empresas visitadas no se dará el nombre de las mismas.

Las fotografías que se presentan a continuación fueron tomadas de algunas de las empresas entrevistadas, las cuales se enumerarán como empresa N° 1, 2, 3, etc. La empresa N° 1 (Ver figura 2) utiliza principalmente la técnica de recubrimiento denominado cincado. Otra de las industrias visitadas emplea recubrimientos electrostáticos y galvánicos con metales como oro y cobre.



Figura 2. Proceso de inmersión en baños de lavado de las piezas. Empresa N° 1.

En general las industrias emplean métodos análogos de tratamiento para metales y usan sustancias similares en los procesos de recubrimiento. La empresa N° 2 realiza recubrimiento de alambre y cables eléctricos, también tratamientos de cobrizado, cincado y anodizado en los cuales recubren desde chapas y fallebas hasta botones (Ver figura 2).

La empresa N° 3 realiza procesos galvánicos, con tratamiento sobre latón y recubrimientos con cobre, oro y plata y produce medallas, chapas para cinturones, botones etc. (Ver Figura 3). Emplea reactivos altamente corrosivos y también compuestos cianurados (Ver figura 4).

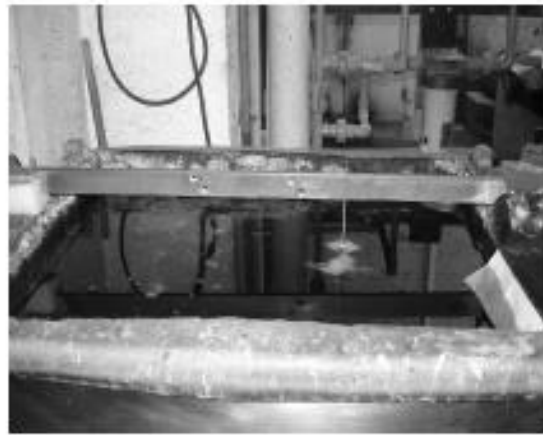


Figura 3. Proceso de inmersión en baños de lavado de las piezas. Empresa N° 2.



Figura 4. Proceso de inmersión en baños de lavado, compuestos altamente corrosivos. Empresa N° 3.

La empresa N° 4 utiliza procesos de galvanizado y recubrimientos en la fabricación de armas y acabado de las mismas. La empresa N° 5 se dedica a la transformación de joyas (figuras precolombinas) con base de plomo, y recubrimientos de oro y plata (Ver Figura 5).



Figura 5. Proceso de inmersión con tecnología electroquímica. Empresa N° 5.

En cada una de las empresas citadas realizan tratamiento de aguas residuales empleando filtros o resinas de intercambio iónico, estos filtros o resinas de intercambio no recogen todos los contaminantes solubles en agua y son costosos. En general la intención al realizar este diagnóstico, es hacer un sondeo para verificar la clase de tratamientos que utilizan las diferentes empresas dedicadas al sector en cuanto a mantenimiento y recolección de sus aguas. Según la inspección realizada se concluye que muchas de las industrias llevan a cabo tratamientos simples, los cuales no dan resultados de descontaminación completa y la mayoría de veces

sólo realizan los controles cuando se les va a hacer la visita de control por la entidad medio-ambiental; prevalece el producir la ganancia comercial a la conciencia medioambiental.

Los impactos ambientales ocasionados por los residuos producidos en la actividad de la galvanotecnia tienen directa relación con la naturaleza tóxica de muchos de los compuestos químicos involucrados, los cuales son los elementos base de la industria y deterioran significativamente el medio ambiente. En Colombia no existe un estudio estadístico claro de la cantidad de contaminante producido por las empresas mencionadas, ni del aporte al aumento de residuos nocivos a la salud y el medio ambiente.

Los residuos contaminantes presentes en los efluentes líquidos descargados, los sólidos generados y vapores emitidos a la atmósfera afectan al medio circundante así como la salud de las personas. En general cada empresa emite sustancias o elementos de acuerdo con la materia prima utilizada, que está en concordancia con los productos comercializados. Los efectos producidos abarcan desde el deterioro de los sistemas de recolección de aguas servidas, el deterioro de sistemas de tratamientos microbiológicos, inhibiendo el desarrollo microbiano, hasta el efecto en la salud de los trabajadores expuestos y la población en general.

Tabla 1. Relación de los residuos y su origen

Residuo	Corriente	Proceso
Álcalis corrosivo	Residuo líquido	Limpieza y electrodeposición
Ácidos nítrico, sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico	Residuo líquido	Limpieza
Detergentes	Residuo líquido	Limpieza
Aceites y grasas Tóxico	Residuo líquido Solvente agitado	Limpieza
Cianuro Tóxico	Baño de recubrimiento, agua de lavado, otras aguas, lodos.	Electrodeposición remoción, Tratamiento calórico, desmanchado.
Cromatos Tóxico	Baño de recubrimiento. Agua de lavado, lodos, otros.	Electrodeposición, cromato, recubrimiento.
Emisiones de vapores Ácidos y alcalinos Tóxico	Atmósfera de trabajo	Desengrase, baños de cobre, níquelado y cromado.
Partículas de pintura y de polvo Tóxico	Atmósfera de trabajo.	Pintura, preparación mecánica de piezas.

Fuente: FUNDES, 1999.

Tabla 2. Efectos de los contaminantes sobre aguas superficiales.

Parámetro	Efecto
PH	Efectos sobre las aguas destinadas a consumo humano, bebida animal, riego, estética y vida
Temperatura	Las altas temperaturas desfavorecen la dilución del oxígeno en la masa de agua, alterando el desarrollo de la vida acuática.
Sólidos suspendidos	Se produce acumulación de sedimentos que ocasionan embaucamiento y depósitos de terrenos
Aceites y grasas	Efectos sobre la absorción de oxígeno atmosférico en el agua, afectando los procesos de fotosíntesis de algas, plantas y organismos acuáticos en general.
Metales pesados y tóxicos	Interfieren en los procesos naturales de auto depuración biológica de cuerpos receptores.
Detergentes	Interfieren en los procesos de absorción de oxígeno, creando ambientes anaeróbicos.

Fuente: FUNDES, 1999

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente reglamenta el cumplimiento de los estándares permitidos para todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y/o cuerpo de agua. Las opciones de prevención de la contaminación dentro del marco de la gestión ambiental de una empresa se pueden jerarquizar según el grado de facilidad de implementación y los costos asociados. Así, la más alta prioridad se le asigna a la prevención de la contaminación a través de las buenas prácticas, la reducción en la fuente y el reciclaje.

Tabla 3. Efectos de ciertos contaminantes sobre la salud.

Parámetro	Efecto de su inhalación	Efecto de su ingestión
Cadmio	Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio. Disfunción renal.	Tumores testiculares Disfunción renal Hipertensión Arteriosclerosis Inhibición del crecimiento Cáncer.
Cromo	Cáncer pulmonar Cáncer gastro intestinal Enfermedades de la piel	Cáncer pulmonar Úlceras Perforaciones en tabique nasal Complicaciones respiratorias
Plomo	Interferencia en el proceso de formación de elementos sanguíneos Daños al hígado y riñón, Efectos neurológicos	Afecciones a la piel Anemia Disfunción neurológica, Daños al riñón
Níquel	Enfermedad respiratoria Defectos y malformaciones en el nacimiento Cáncer pulmonar, Cáncer nasal	
Cianuro	Daños sistema respiratorio Letal	Daños sistema respiratorio Letal

Fuente: KIRK, 1962.

La reducción de la corriente de agua residual junto con la recuperación y reciclaje de los compuestos químicos del baño de aclarado, son las técnicas más adecuadas, no sólo por la intensificación del control de la

contaminación ambiental, sino también por las significativas ventajas económicas que se podrían conseguir.

Esta estrategia se puede avanzar mediante dos bloques de actuación:

- a) Acciones en el proceso en el interior de la planta
 - Minimización de productos químicos en el residuo (soluciones arrastradas)
 - Minimización del volumen de aguas de lavado
- b) Tratamiento de las aguas de vertido
 - Reciclar y/o recuperar materias primas (agua principalmente y metales)
 - Depuración de los efluentes residuos.



Figura 6. Proceso de inmersión en el baño de recubrimiento. Empresa N° 1.



Figura 7. Producto terminado. (Proceso de zincado, Empresa N° 1).



Figura 8. Producto terminado. (Proceso de Niquelado y dorado, Empresa N° 2).



Figura 9. Producto terminado. (Proceso de Niquelado, Empresa N°3).

Descripción de la Visita Empresa N° 5

El día 21 de abril del 2008 se visitó la empresa para conocer sus procesos de tratamiento de aguas residuales y se verificaron los procesos para el recubrimiento de sus productos Precolombinos. La empresa se acogió a la Ley 1074 de 1997 por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos para la ciudad de Bogotá D.C, que contiene la tabla de estándares máximos permisibles para verter a la red de alcantarillado público y/o a un cuerpo de agua, en la cual se estableció que el máximo permisible para el parámetro tensoactivos (SAAM), es de 0.5 (mg/L). De acuerdo con el análisis estadístico de la información obtenida mediante muestreos continuos de los efluentes industriales para los años 1999 y 2001, de los diferentes sectores productivos localizados dentro del área de jurisdicción de la Secretaría de Ambiente, se determinó que 20 (mg/L) corresponde al máximo permisible para el parámetro tensoactivos (SAAM), como rango óptimo para verter en la red matriz de alcantarillado público y/o cuerpos de agua”.

Tabla 4: Concentraciones máximas permisibles para vertido en un cuerpo de agua y/o red de alcantarillado público.

Parámetro	Símbolo	Norma (mg/L)
Arsénico	As	0.1

Bario	Ba	5.0
Cadmio	Cd	0.003
Cinc	Zn	5.0
Cobre	Cu	0.25
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	Cr total	1.0
Mercurio	Hg	0.02
Mercurio orgánico	Hg	N.D.*
Niquel	Ni	0.2
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.1
Tensoactivos	(SAAM)	0.5

Fuente: FUNDES, 1999.

* Se entenderá por valor No Detectable (N .D.) a la concentración de la sustancia que registra valores por debajo de los límites de detección empleando los métodos del manual Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Última Edición). "Concentraciones máximas permisibles para verter a un cuerpo de agua y/o red de alcantarillado público".

De acuerdo con la visita efectuada a la empresa N° 5, en cada enjuague de oro se perdían hasta 8 millones de pesos y se gastaban 92 m³ de agua, al implantar la tecnología electroquímica disminuyeron los costos de sus procesos y se redujo la cantidad de agua gastada a 32 m³. En muchos tratamientos para recuperar agua con productos químicos, se incrementa la cantidad de sólidos de desecho, los cuales también tienen que ser tratados, esto genera costos económicos y ambientales. Lastimosamente en Colombia no se ha oficializado alguna clase de tratamiento que se utilice para recuperar estos sólidos. Por esta razón la empresa emplea el proceso electroquímico-electrocoagulación, en el cual un ánodo se implanta en el agua contaminada, haciendo que los metales se adhieran al ánodo (hierro), sin agregar ningún tipo de químicos. La empresa emplea una tecnología electroquímica en la cual el proceso hace un intercambio iónico, utilizando resina tp 200 de Bayer, la única capaz de remover el cadmio 4. En el proceso el metal que se sacrifica es el hierro o el aluminio.

4 CONCLUSIONES

La industria de galvanotecnia en Colombia, específicamente en Bogotá ha logrado un gran avance tecnológico, comparado con otras ciudades a nivel internacional, algunas de las cuales han contribuido a disminuir diferentes clases de contaminaciones, a pesar de ello, continúa siendo un riesgo para el medio ambiente y para nuestro entorno.

Después de varias consultas en la Secretaría de Ambiente, se conoció la normatividad vigente para la industria galvánica reglamentada mediante la resolución 1074 del 28 de octubre de 1997, y los estándares máximos permisibles para el funcionamiento de esta clase de compañías.

Con la visita a algunas de las industrias de galvanotecnia ubicadas en Bogotá, se observaron directamente los procesos que allí se llevan a cabo para la fabricación de diferentes productos, además se logró percibir la cantidad de contaminantes y residuos que son generados durante su producción.

En cuanto a las diferentes sustancias causantes de la contaminación, producidas en el rubro de la galvanotecnia y de los impactos ambientales que estas generan, se encontró que no existen estándares adecuados para impedir el funcionamiento de esta clase de compañías a pesar de conocer por medio de las entidades estatales la directa relación con la naturaleza tóxica y propiedades de los compuestos.

Con esta parte preliminar de la investigación, se logró identificar además de los impactos ambientales originados en la industria de la galvanotecnia, los efectos de los contaminantes sobre la salud humana y los perjuicios crónicos que esta puede ocasionar a futuro.

5 RECOMENDACIONES

Concebir la reutilización como un elemento adicional, pero especialmente significativo, para la gestión integral de los recursos hídricos y no como el remedio definitivo para solucionar los problemas de la escasez de agua.

Se recomienda realizar dos a tres visitas a otras de las industrias involucradas en el sector de la galvanotecnia.

Debido a que a los dueños de las empresas les interesa particularmente cumplir con las normas de vertimiento de aguas dictaminadas por la Secretaría de Ambiente, se propone dar a conocer y aplicar las normas a los empresarios para que se involucren con las nuevas tecnologías que les permitan realizar un manejo adecuado de residuos, cumplir con las normas, recuperar parte de los metales presentes en los desagües, disminuir pérdidas de sustancias y hacer más eficiente y lucrativa su producción.

Como una posible solución a este problema se ha propuesto el trabajo de investigación "Diseño de un prototipo para tratar las aguas residuales generadas en los procesos de recubrimientos galvánicos".

BIBLIOGRAFÍA

1. ACERCAR Industria, Planes de acción para mejoramiento ambiental GALVANOTECNIA., 2003.
2. CANEPA, L.; Perez,J. y Richter,C., "Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas". Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Manual DTIAPA N° C-5, tomo I, Lima - Perú, 1984.
3. DAMA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Guía para la elaboración de un programa de minimización de residuos en las MIPYMES. Talleres Grafkar, Bogotá. Páginas 9-29. 2001.
4. DAMA-ACERCAR. GALVANOTECNIA. Planes de acción para mejoramiento ambiental, Manual para empresarios de la PYME "Galvanotecnia". E.d. Tercer mundo editores, Bogotá, Colombia. pág. 5, 10-27, 2001.
5. FUNDES, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guía de buenas prácticas para el sector de la galvanotécnica. Ed. Bogotá, Colombia. Páginas 61-83. 1999.
6. KIRK O., Enciclopedia de Tecnología Química. Vol IX. Higiene y Toxicología en la Industria. UTEA. 1° Edición. México, páginas 353-361, 592-599, 1962.
7. MERCK COLOMBIA S.A, EL a, b, c, DE LA SEGURIDAD EN EL LABORATORIO. 3° edición, Departamento L. PRO. Bogotá, Colombia. Páginas 10-33. 1995.
8. SUN KOU, M.R.; Apolaya, M.; Balvin, E.; Neira, E. "Procesos para el Tratamiento de las Aguas Residuales de una Planta Galvánica de Cromo" Monografía: Catalizadores y Adsorbentes para la Protección Ambiental en la Región Iberoamericana. CYTED. ISBN N°84-913538-2-6, pag.195-200. 1998.

Dr. Máximo Fidel Baca Neglia
Docente Responsable – Código 1233

CRONOGRAMA DE AVANCES

Actividades	Número de Meses																	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a. Revisión de fuentes bibliográficas																		
b. Reconocimiento de la zona y definición del área de estudio, recopilación de información y facilidades existente.																		
c. Determinar los puntos de Monitoreo de las aguas residuales no domésticas. Monitorear los puntos de descarga																		
d. Caracterizar los efluentes no domésticos a partir de muestras monitoreadas.																		
e. Tratamiento fisicoquímico (PJ) de las muestras (puntuales y/o compuestas) de efluentes monitoreados.																		
f. Caracterización de las muestra de efluentes tratados en las PJ.																		
g. Determinación de la eficiencia de remoción de parámetros dentro de los VMA.																		
h. Determinación de parámetros hidráulicos para el diseño de la planta de tratamiento.																		
g. Diseño del sistema para el tratamiento fisicoquímico.																		
g. Elaboración de informes parciales			01			02			03			04			05			06
h. Elaboración del Informe Final (IF)																		IF
i. Elaboración de paper																		

Fuente: 