

---

---

# **MANUAL DE LA INDUSTRIA DE LA GALVANOPLASTIA PARA EL MEDIO AMBIENTE INTERNO Y EXTERNO**

---

---



**Swisscontact**

Fundación Suiza de  
Cooperación para el  
Desarrollo Técnico



Corporación para el  
Desarrollo de la  
Producción y el Medio  
Ambiente Laboral

---

---

# **MANUAL DE LA INDUSTRIA DE LA GALVANOPLASTIA PARA EL MEDIO AMBIENTE INTERNO Y EXTERNO**

---

---



**Swisscontact**

Fundación Suiza de  
Cooperación para el  
Desarrollo Técnico



Corporación para el  
Desarrollo de la  
Producción y el Medio  
Ambiente Laboral

## INDICE

PRESENTACION .....	5
1. OBJETIVOS .....	7
- Reducir los costos de operación, mejorar y optimizar técnicamente el proceso .....	7
- Cumplir con las leyes de seguridad, higiene industrial, salud ocupacional y ambientales vigentes .....	8
- Mejorar el medio ambiente de trabajo y reducir la contaminación .....	9
- Mejorar la calidad del producto .....	9
2. DESCRIPCION DEL PROCESO .....	10
3. MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO .....	13
3.1. Riesgos del trabajo .....	14
3.2. Problemas más comunes .....	17
3.3. Medidas de seguridad e higiene del trabajo .....	17
3.3.1. Medidas básicas de prevención y protección del medio ambiente de trabajo .....	18
3.3.2. Medidas de protección personal a los trabajadores .....	19
3.4. Control de la salud de los trabajadores .....	21
4. IMPACTOS DE LA GALVANOPLASTIA AL MEDIO AMBIENTE .....	24
4.1. Toxicología .....	25
4.2. Medidas de eliminación, reducción y tratamiento de la contaminación .....	28
5. ASPECTOS LEGALES .....	38
6. INFORMACION .....	41

## MANUAL DE LA INDUSTRIA DE LA GALVANOPLASTIA PARA EL MEDIO AMBIENTE INTERNO Y EXTERNO

Ec. Peter Lutz  
REPRESENTANTE SWISSCONTACT

Dr. Raúl Harari  
DIRECTOR DEL IFA

Autores:  
SWISSCONTACT  
Departamento de Proyectos Ecológicos.  
Ing. Eduardo Guerra (Méjico)  
Pablo Torres Subía

IFA  
Ing. Byron Rodríguez (Seguridad Industrial)  
Dr. Raúl Harari (Salud Ocupacional)

Fecha:  
Octubre de 1995  
Primera Edición

Diagramación:  
Patricia Torres J.

IMPREFEPP

Prohibida la reproducción total o parcial, o fotocopiado sin mencionar la autoría de SWISSCONTACT e IFA.

## **PRESENTACION**

Swisscontact (Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico) e IFA (Corporación para el Desarrollo de la Producción y el Medio Ambiente Laboral), presentan el siguiente documento que es un esfuerzo común para articular, desde la perspectiva del medio ambiente de trabajo y medio ambiente externo un enfoque integral para el mejoramiento de la producción en la industria de galvanoplastia.

El esfuerzo compartido de empresarios, técnicos y trabajadores permitirá, haciendo uso de este documento, avanzar en el mejoramiento de la producción, la protección de la salud de los trabajadores y la comunidad y el cuidado medio ambiental.

Swisscontact dentro del proyecto de Galvanoplastia, está trabajando con varias empresas que se dedican a ésta actividad, tanto en la ciudad de Quito como en Ambato, en las cuales se han implementado algunas de las medidas mencionadas en éste manual, también se indican los resultados que se han obtenido.

Iván Idrovo  
SWISSCONTACT

Raúl Harari  
IFA

## **1. OBJETIVOS:**

El presente manual es una herramienta de trabajo dentro de la empresa.

Los objetivos a lograr mediante la utilización de este manual dependerán directamente de la colaboración y participación del empresario y son los siguientes:

- Reducir los costos de operación, mejorar y optimizar técnicamente el proceso.
  - Cumplir con las leyes de seguridad, higiene industrial, salud ocupacional y ambientales vigentes.
  - Mejorar el medio ambiente de trabajo y reducir la contaminación.
  - Mejorar la calidad del producto.
- **Reducir los costos de operación, mejorar y optimizar técnicamente el proceso**

La aplicación de medidas para la protección del medio ambiente, mejora de la calidad de producto y optimización del proceso pueden significar ahorros en los costos de operación si tomamos en cuenta lo siguiente:

Mejora de la calidad de producto

- Reducción de químicos utilizados
- Reducción de volúmenes de agua utilizados y por lo tanto de los costos del tratamiento de las mismas.
- Reducción de costos por contaminación de baños.
- Reducción de costos por retrabajos.

Optimización del proceso

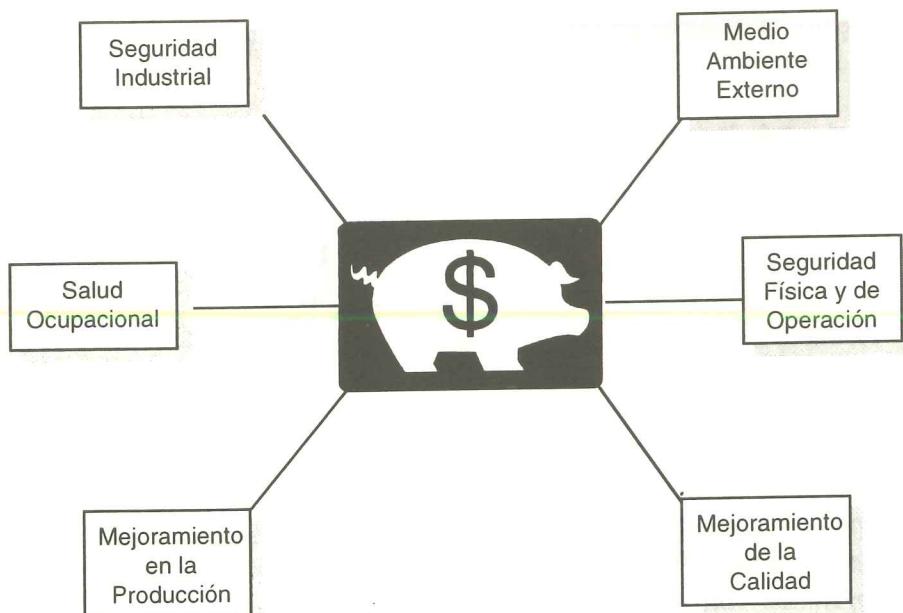
La implementación del control sistemático de parámetros de operación, mantenimiento preventivo de instalaciones y equipo, y la capacitación del personal son medidas con las cuales no solo logramos optimizar los distintos procesos de producción sino que

también ayudamos a la reducción de los impactos ambientales generados en la empresa.

- **Cumplir con las leyes de seguridad, higiene industrial, salud ocupacional y ambientales vigentes**

Existen leyes de seguridad, higiene, salud ocupacional y ambientales, las cuales en forma de ordenanzas o reglamentos especifican medidas de la seguridad en los lugares de trabajo y los límites de emisiones permitidas para diversas sustancias, esto es para el aire, el agua o el suelo.

El cumplimiento o incumplimiento a estas leyes ambientales hacen susceptible a una empresa, tanto de recibir sanciones económicas como de hacerla partícipe de incentivos fiscales, esta situación motiva a la implementación de medidas para el manejo medio ambiental de la empresa y de este modo poder cumplir con los límites requeridos para las emisiones contaminantes generadas, en este caso, en los diferentes procesos de la Galvanoplastia.



- **Mejorar el medio ambiente de trabajo y reducir la contaminación**

En este punto nos referimos a tomar la protección del medio ambiente como parte integrante del proceso productivo de la empresa, ya que dentro de los procesos de la Galvanoplastia se generan una serie de contaminantes que impactan tanto al aire, al agua y al suelo de distintas maneras. Estos contaminantes no solo afectan a los trabajadores, sino que tienen efectos dañinos para la comunidad, la flora y la fauna. Por lo tanto es necesario implementar soluciones para eliminar o reducir estos impactos al medio ambiente de trabajo y externo.

- **Mejorar la calidad del producto**

La aplicación de medidas para la protección del medio ambiente dentro de la empresa, no solo ayuda a la reducción de los impactos generados al medio ambiente, sino que mejora la calidad del producto. Medidas tales como: mejora de los escurrimientos de las piezas, enjuagues de recuperación (reducción de los arrastres), mejora del enjuague (criterio de enjuague y enjuague por aspersión).

## 2. DESCRIPCION DEL PROCESO

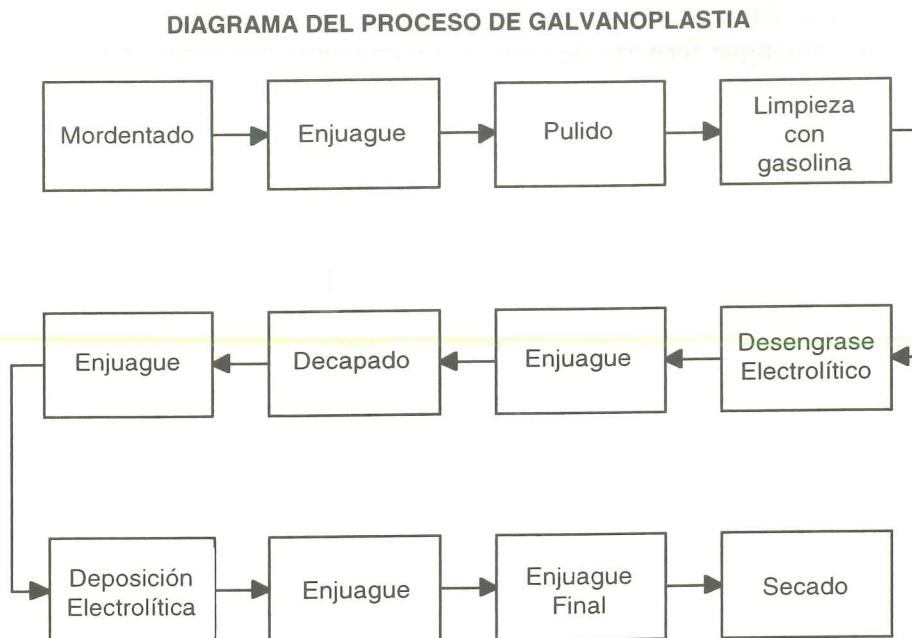
Los procesos de cobreado, niquelado, cromado y zincado consisten básicamente en aplicar un recubrimiento metálico sobre la superficie de una pieza metálica o plástica con el objeto de proporcionarle una capa protectora contra la corrosión.

La superficie metálica (metal base) debe estar limpia, libre de grasa y óxido para lograr conseguir la adherencia necesaria del recubrimiento.

Se consigue la adherencia de la capa protectora metálica, mediante un proceso electrolítico sumergiendo las piezas en un baño activo (cobre, níquel, cromo, zinc).

### Flujo del Proceso de Galvanoplastia

El diagrama de flujo siguiente muestra los pasos a seguir en un proceso de galvanoplastia.



### Lavado con ácido o mordentado

Aquí sometemos la pieza a un lavado con ácido para remover capas profundas de óxidos.

### Lavado con agua

Se sumerge la pieza en una tina con agua con lo cual se elimina el exceso de ácido del proceso anterior.

### Pulido

En esta etapa se procede a cepillar la pieza en un esmeril, para quitar las asperezas de piezas metálicas se utilizan discos de tela, cabuya recubiertos de una solución de polvo de esmeril ligada con cola o con un sistema de bandas abrasivas de diferente grano según la necesidad. Posteriormente se da brillo mediante un disco de tela impregnado de una pasta abrasiva.

### Limpieza con gasolina

Se limpian las piezas con gasolina para retirar todos los residuos de grasa y polvos de esmeril que quedaron del paso anterior.

### Desengrasante

La función principal es saponificar y eliminar las grasas que quedan dentro de los poros del metal que no fueron eliminadas en la limpieza mecánica. Este desengrasante nos garantiza una buena adherencia del metal a depositarse.

### Enjuague

La finalidad del enjuague es la remoción de productos químicos de la superficie de las piezas.

### Neutralizado

Su función principal es neutralizar el exceso de alcalinidad que pueda

quedar en el material y activar la superficie para que puedan producirse depósitos con buena adherencia.

### **Enjuague**

Su finalidad es la remoción de productos químicos de la superficie de las piezas.

### **Electrodepositión de metales**

(Cobreado/Enjuague/Niquelado/ Enjuague/ Cromado/ Enjuague)

Consiste en la deposición del metal en la superficie de las piezas, ésto se lo realiza con la inmersión de las piezas en soluciones de electrolitos y aplicación de electricidad.

### **Enjuague final**

Este enjuague remueve los productos químicos de los pasos anteriores de la superficie de las piezas.

### **Secado**

Se realiza un secado para la eliminación de humedad del enjuague. Se lo puede hacer en centrífugas cuando las piezas son pequeñas. Este proceso sirve para evitar que el producto salga con manchas.

### **LISTA DE MATERIAL UTILIZADO EN LOS PROCESOS DE GALVANOPLASTIA**

<b>ACIDOS</b>	<b>SALES</b>
- Acido crómico	- Sulfato de cobre
- Acido sulfúrico	- Sulfato de níquel
- Acido nítrico	- Nitrato de potasio
- Acido bórico	- Cobre metal
- Acido clorhídrico	- Cloruro de níquel
<b>ALCALIS</b>	<b>PULIDO</b>
- Hidróxido de sodio	- Cola
<b>SOLVENTES</b>	<b>OXIDOS</b>
- Gasolina	- Esmeril 220
	- Cebo
	- Pasta líquida
	- Esmeril 240
	- Pasta sólida
	- Discos de cabuya, tela
	- Oxido de Zinc

### **3. MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO**

En el medio ambiente de trabajo se presentan un conjunto de contaminantes físicos, químicos, biológicos, del microclima, de la sobrecarga de trabajo físico y mental y de los factores de seguridad que forman parte del proceso productivo, de la organización y condiciones

del área de trabajo, los cuales interactúan con los componentes socio-técnicos de la producción.

### 3.1 RIESGOS DEL TRABAJO

Se entiende por riesgos del trabajo la presencia de componentes de la producción que pueden producir efectos nocivos sobre la salud física y mental de los trabajadores.

#### Factores de inseguridad

Entre los factores de inseguridad presentes se pueden mencionar:

**Asperezas metálicas:** pueden producir cortes o escoriaciones.

**Caída de objetos:** pueden producir golpes a los trabajadores.

**Área de pulido:** puede generar partículas que entran a los ojos.

**Tinas de producto:** puede haber caída accidental de personas.

**Pisos resbaladizos:** producen caídas y traumatismos de operarios.

#### Factores de riesgos del trabajo

En los procesos de galvanoplastia se emplean diferentes tipos de productos y se realizan diversas actividades que por su naturaleza implican riesgos, por lo que se requiere de un control apropiado de los mismos.

#### Riesgos químicos

Dentro del proceso de Galvanoplastia se utilizan una serie de productos químicos, los cuales deben ser transportados apropiadamente, ya que el manejo de los mismos implica ciertos riesgos.



PRODUCTO QUÍMICO	RIESGO
1. Ácido sulfúrico:	Quemaduras químicas graves en piel y mucosas.
2. Ácido clorhídrico:	Lesiones pulmonares por inhalación de vapores.
3. Sosa cáustica:	Quemaduras químicas graves en piel y mucosas.
4. Sulfatode níquel:	Irritación de la piel
5. Cloruro de níquel:	Dermatitis.
6. Ácido bórico:	Quemaduras y úlceras de piel.
7. Ácido crómico:	Lesiones de piel.
8. Cianuro de zinc:	Lesiones crónicas de piel, inclusive cáncer.
	Intoxicaciones generales.



#### Riesgos físicos

Entre los riesgos físicos presentes se pueden mencionar

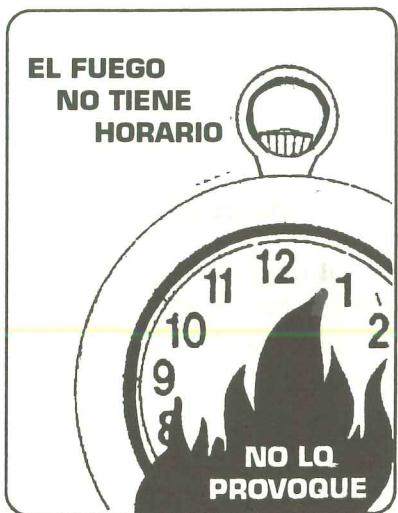
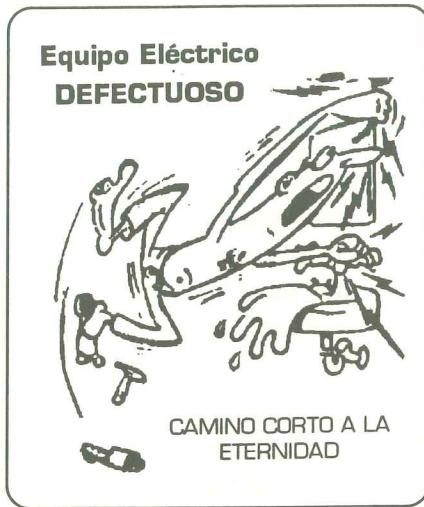
- raspaduras debido a bordes metálicos
- golpes por caída de objetos o piezas metálicas.
- entrada de partículas a los ojos en área de pulido.
- Caídas de operarios en pisos resbaladizos.

## Riesgos eléctricos

Estos pueden presentarse debido a las malas condiciones en las que se encuentran las conexiones eléctricas tales como: cables flojos, sueltos, sin aislamiento adecuado.

En Galvanoplastia se utiliza energía eléctrica en el proceso electrolítico y para el calentamiento de las tinas, el voltaje utilizado es de 110V, por lo que está presente el riesgo de electrocución, sobre todo si las conexiones están en mal estado.

Este riesgo puede ser mortal, más aún cuando se utilizan 220V.



### Riesgo de incendio y/o explosión

En las operaciones se utilizan ácidos, gasolina, etc los cuales por su naturaleza pueden provocar incendios o explosiones. Además que pueden reaccionar violentamente en contacto con otros productos.

El hidrógeno naciente en el baño de cromo puede ocasionar por una chispa, una explosión en la superficie, la cual puede ocasionar salpicaduras de la solución al operario.

La presencia de cajas de cartón, madera, gas de cocina, etc., puede eventualmente también provocar incendios.

## Riesgos ergonómicos

Debido al tipo de trabajo que deben efectuar los operadores se pueden presentar los siguientes riesgos de adaptación al mismo:

- Posición de trabajo diario de pie.
- Excesos de esfuerzo físico al levantar piezas.
- Posiciones incómodas de trabajo (por ejemplo en pulido, enjuague y escurrimiento de piezas)
- Posición insegura del trabajador en el proceso de cromatizado o tropicalizado.

### 3.2 PROBLEMAS MAS COMUNES

Los problemas más comunes que se pueden encontrar en un medio ambiente de trabajo típico de una empresa de Galvanoplastia se indican a continuación:

1. Almacenamiento inadecuado de productos químicos.
2. Manipulación de substancias químicas en condiciones peligrosas.
3. Manejo de sales de cianuro en forma inadecuada.
4. La manipulación y el transporte de piezas se lo ejecuta en forma manual.
5. Presencia de vapores tóxicos en el ambiente de trabajo.
6. Presencia de polvo en el ambiente (área de pulido).
7. Iluminación deficiente en el área de trabajo.
8. Conexiones eléctricas en mal estado.
9. Piso mojado y resbaladizo.

### 3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO

Las siguientes recomendaciones de Seguridad deben ser implementadas:

### **3.3.1 Medidas básicas de prevención y protección del medio ambiente de trabajo**

- a. Se debe iniciar una campaña de Seguridad e Higiene con el Personal, en la que se contemple capacitación en los siguientes temas.
  - Manejo seguro de productos químicos.
  - Actuación en situaciones de emergencia.
  - Curso básico de primeros auxilios.
  - La electricidad y sus riesgos.
  - La ergonomía en el trabajo.
  - Combate de incendios con productos químicos.
- b. Se deben colocar avisos de seguridad de los distintos productos que se manejan y de los riesgos presentes en el proceso.
- c. Deben colocarse barandas de protección y agarraderas en las distintas tinas para evitar que alguna persona pueda caerse.
- d. Se deben colocar sistemas de extracción localizada de vapores tóxicos, especialmente en donde la concentración de los mismos sea excesiva.
- e. En el área del pulido se deben colocar sistemas de extracción localizada inferior para polvo.
- f. Se deberá analizar un sistema de transporte de las piezas entre tinas, lo cual mejorará la productividad en el proceso y disminuirá las dificultades ergonómicas en los trabajadores.
- g. Las instalaciones eléctricas deben ser aisladas con materiales a prueba de la acción de ácidos, para evitar su deterioro temprano y posibilidades de cortocircuitos o daños en equipos.
- h. Se debe dotar de una red de extintores de incendio, preferiblemente tipo ABC y CO<sub>2</sub>. El personal deberá estar capacitado en el uso de los mismos.

- i. Se debe disponer de un sitio independiente para el almacenamiento de los productos químicos separando los ácidos del resto de productos, con las estanterías y ventilación adecuados.
- j. La bodega de almacenamiento debe ser construida con materiales no inflamables.
- l. Se debe disponer de un sistema y procedimiento de traspase de ácidos adecuado para evitar riesgos de salpicaduras o derrames.
- k. Se deben tener procedimientos claros de operación así como de manejo de productos químicos, etc.

### **3.3.2 Medidas de protección personal a los trabajadores**

- a. Se debe dotar a los operarios de la planta de un completo equipo de protección personal consistente en :
  - Mascarilla de protección respiratoria (doble cartucho) con filtros para ácidos y/o vapores tóxicos.
  - Mascarilla de protección respiratoria con filtro de polvo (Área de pulido)
  - Pantallas faciales para protección de cara y ojos (para el área de pulido).
  - Gafas de protección contra productos químicos.
  - Guantes adecuados.
  - Ropa de trabajo resistente a los ácidos (poliéster o dacrón) y delantal de neopreno o pvc.
  - Calzado con suela antideslizante y puntera metálica.



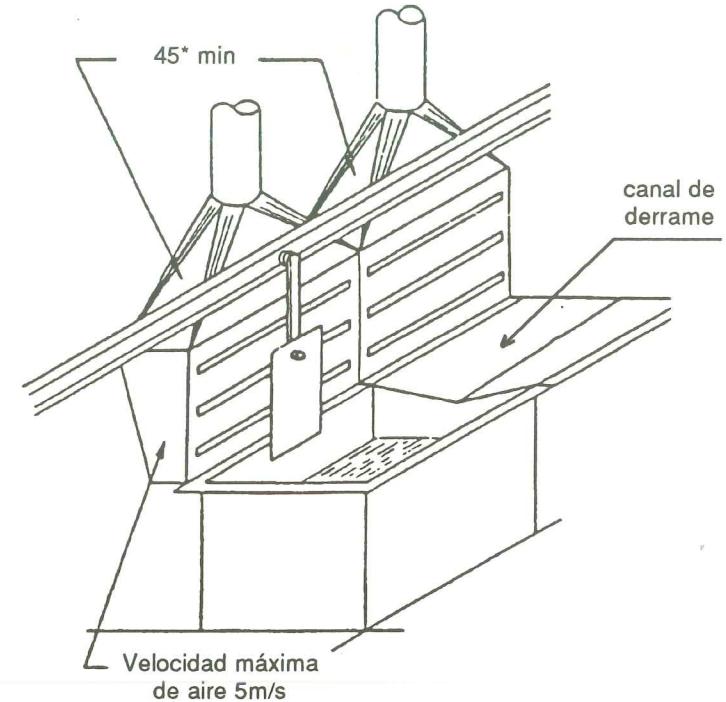
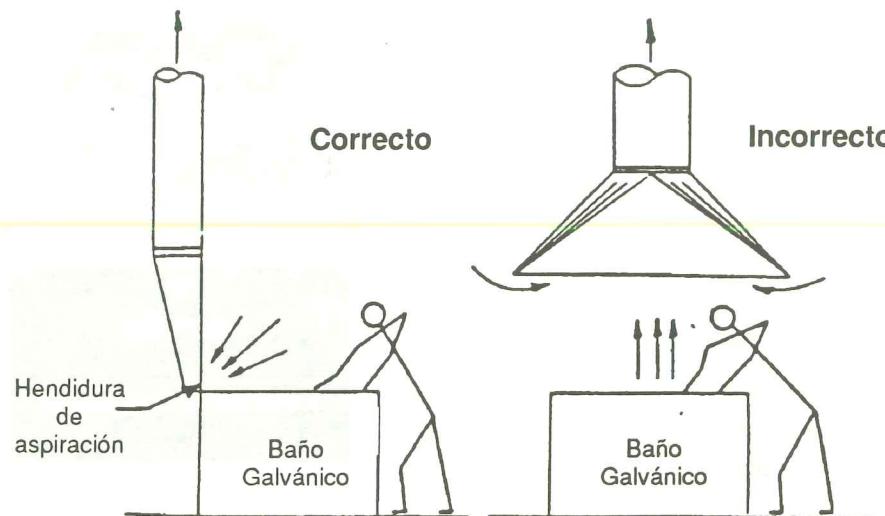
- b. Se debe disponer de duchas de emergencia y fuentes para baños oculares.
- c. Dotar de un botiquín de primeros auxilios en el que debe existir productos neutralizantes de ácidos (Bicarbonato sódico al 2% en el caso del ácido sulfúrico).
- d. Se debe disponer de buenas instalaciones sanitarias y exigir a los operarios que observen una estricta higiene personal, con baño diario.
- e. Los operarios deben tener una rutina diaria de enjuague bucal con bicarbonato sódico.



Ejemplos de mejoramiento de los puestos de trabajo:

#### **Posición de la extracción:**

La extracción debe situarse de manera que el contaminante sea removido sin atravesar la zona buco-nasal del trabajador.



#### **3.4 CONTROL DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES**

La prevención debe ser la base estratégica de consideración de la salud de los trabajadores, pero también la asistencia y control médico deben estar garantizados por el riesgo que entraña el proceso de Galvanoplastia para la salud humana. Estos riesgos son tanto de tipo inmediato (quemaduras, heridas, etc.) como crónico (enfermedades pulmonares hasta el cáncer).

#### **Los factores de riesgo del trabajo y la salud en la industria de galvanoplastia**

El cuadro de la página siguiente indica los factores de riesgo del trabajo más comunes en los distintos procesos de Galvanoplastia.

**FACTORES DE RIESGO DE LA INDUSTRIA GALVANICA SEGUN SU EFECTO EN DIVERSOS SISTEMAS DEL ORGANISMO HUMANO**

SISTEMA	RIESGOS
<b>RESPIRATORIO</b> Rinitis, asma faringitis, traqueitis, bronquitis, sinusitis.	Acidos: sulfúricos, clorhídrico Vapores nitrosos Níquel, cromo, sulfuro de zinc, cloruro de zinc, cianuro, cobre Aminas alifáticas; trietanolamina, dietildiamina Formaldehido Solventes Sílice y polvo abrasivos
<b>OCULAR</b> Conjuntivitis, úlcera corneal, blefaritis	Acidos: sulfúrico, clorhídrico Vapores nitrosos Solventes Cromo
<b>DIGESTIVO</b> Gastritis, duodenitis	Acido sulfúrico, clorhídrico, cromo cianuro Solventes
<b>GLANDULA TIROIDES</b> Hipotiroidismo	Cianuro
<b>PIEL</b> Dermatitis, úlceras cutáneas, eritema	Acido clorhídrico, sulfúrico, cianuro cromo, níquel Permanganato Aminas alifáticas Solventes
<b>NERVIOSO</b> Depresión, irritabilidad encefalopatías, neuropatías	Formaldehido Cloruro de metileno Sales solubles de manganeso Permanganato Percloroetileno
<b>CARDIOVASCULAR</b> Cardipatías	Níquel Trielina
<b>DENTAL</b> Pérdida de dentina	Acido sulfúrico, clorhídrico y amoníaco
<b>HIGADO</b> Intoxicación hepática	Solventes

Debe indicarse que las formas más comunes de exposición a los mismos son:

- a) Inhalación (polvos, gases y vapores).
- b) Contacto (líquidos y polvos).
- c) Vía digestiva (líquidos y polvos).

**El nivel de exposición depende de:**

- a) Concentraciones de los productos y combinaciones entre ellas.
- b) Presencia y formas de exposición.
- c) Presencia o no de protección ambiental o personal

Es posible medir las concentraciones ambientales de estas sustancias y correlacionarlas con los datos de salud.

PROPIEDADES CANCERIGENAS DE NIQUEL Y CROMO		
SUSTANCIA	CANCEROGENICIDAD	EXAMENES DIAGNOSTICOS
COMPUESTOS DEL NIQUEL	Tumor pulmonar de nariz y de senos paranasales	Citológico del esputo Citológico del sedimento urinario Rx standard de tórax Estudio de sangre oculta en heces u orina
COMPUESTOS DEL CROMO	Tumor pulmonar (Cr VI)	Citológico de esputo Rx standard de tórax

# SALUD DE LOS TRABAJADORES DE LA INDUSTRIA GALVANICA

## EXAMENES CLINICOS NECESARIOS

- Datos de base:
- Síntesis por aparato del chequeo clínico
  - Radiografía del tórax
  - Espirometría
  - Hemograma
  - Examen de química sanguínea:  
Creatinina, glicemia, transaminasas
  - Examen de orina
- Exámenes Complementarios:
- Examen de garganta, nariz y oídos
  - Examen dermatológico
  - Examen alergológico
  - Estudio funcional respiratorio completo
  - Radiografía de senos paranasales
  - Proteinograma urinario por electroforesis

## 4. IMPACTOS DE LA GALVANOPLASTIA AL MEDIO AMBIENTE

Dentro de los diferentes procesos de la Galvanoplastia se generan una serie de contaminantes que impactan al medio ambiente en la forma de emisiones al aire, aguas residuales y desechos sólidos. A continuación se mencionan y describen estos impactos:

### Emisiones al aire

Estas se presentan tanto en la preparación mecánica de las piezas, como en los diferentes procesos de galvanizado. Estas emisiones comprenden:

- humos
- gases y vapores
- polvos y partículas finas

### Aguas residuales

Estas se generan sobre todo en los diferentes procesos de galvanizado en la forma de :

- aguas ácidas
- aguas alcalinas
- aguas que contienen aceites y grasas
- aguas residuales que contienen cianuros
- aguas residuales que contienen metales pesados

### Desechos sólidos

Estos se presentan tanto en la preparación mecánica de las piezas, como en los diferentes procesos de galvanizado, estos desechos comprenden entre otros:

- lodos
- cenizas
- restos de textiles
- restos de materia prima
- restos de materiales auxiliares
- recipientes vacíos y empaques

Hay una serie de medidas que se pueden implementar en la empresa, con el fin de eliminar, reducir el volumen y dar el tratamiento requerido a los contaminantes producidos, así como el dar una correcta disposición de los desechos generados. Estas medidas pueden ser de tipo interno, incluyendo el reciclaje y de tipo externo como es el caso del tratamiento de las aguas residuales y la disposición de los desechos sólidos.

### 4.1 TOXICOLOGIA

Debido a la toxicidad de las sustancias contenidas en las diferentes aguas residuales, emisiones al aire y desechos sólidos se

requiere que se eliminen, reduzcan o traten estos contaminantes. A continuación se describen algunos de los efectos que en la flora y la fauna se presentan debido a los contaminantes:



### Cianuro

El cianuro actúa impidiendo las reacciones de oxidación del fósforo, que son las que permiten la respiración celular. Dosis del 1 mg/l provocan la muerte de truchas en 20 minutos. Los iones de cianuro pueden reaccionar con metales pesados y producir sustancias aún más tóxicas. El envenenamiento puede ocurrir tanto por ingestión oral como subcutánea o por inhalación.

### Cromo hexavalente

El cromo hexavalente tiene características muy tóxicas y carcinogénicas, pudiendo ser más fácilmente asimilado por los organismos vivos. Se ha llegado a establecer que, concentraciones de cromo a partir de 1,0 mg/l tienen efectos letales en los peces. Los moluscos y crustáceos pueden llegar a acumular concentraciones de hasta 400 veces por encima de los niveles permisibles; esto puede causar envenenamiento agudo en aquellos animales o seres humanos que los utilizan como alimento.

### Cobre

El exceso de cobre resulta altamente tóxico para plantas marinas e invertebrados, pero es relativamente tóxico para los mamíferos. Concentraciones de 0,1 mg/l resultan tóxicas para la mayoría de especies de plantas acuáticas. Por ejemplo, langostas, a las que se había mantenido durante dos meses en tanques de aluminio, acero inoxidable y hierro, murieron en un día al ser trasladadas a los tanques revestidos de cobre. Así mismo, moluscos de agua dulce, expuestos a efluentes de cobre, en concentraciones dentro de los límites legales establecidos, de una planta de galvanizado, cien metros por debajo del sitio de la descarga, acumularon 20,64 mg/l de cobre en 14 días y murieron. Es decir el cobre se puede bioacumular. También produce migración de los moluscos. El cobre en presencia de detergentes tienen una reacción aditiva que produce una mayor y más rápida intoxicación de los peces.

### Zinc

El zinc reduce el nivel de oxígeno de la sangre que fluye por las branquias de los peces, ya que afecta al mecanismo de transporte de gases de la membrana branquial, haciendo que el pez muera por falta de oxígeno. También es responsable de la disminución del pH sanguíneo, probablemente debido a que aumenta el nivel de ácido láctico. Produce retraso en el crecimiento de algunas especies de peces. El número de especies, así como la cantidad de individuos por especie, disminuye notablemente mientras la cantidad de zinc aumenta. Las poblaciones de la mayoría de invertebrados acuáticos disminuyen.

## Níquel

Afecta a los huevos y larvas de peces. Además en mamíferos produce cáncer, tumores. Algas de agua dulce e invertebrados son más sensibles al níquel que los peces de agua dulce, los cuales a su vez son más sensitivos que las especies de agua salada. El níquel se acumula en las cadenas de alimentación acuáticas y se han reportado factores de magnificación que van desde valores tan altos como 40.000 en algas.

A continuación se presentan las dosis (mg/kg) a las que ciertos organismos mueren en un período de 96 horas, en presencia de determinados metales.

ORGANISMOS	CROMO	COBRE	NIQUEL	ZINC
Peces	91	2.5 - 3.2	350	60
Crustáceos	10	0.17 - 100	6.47	0.4 - 50
Moluscos	--	0.16 - 0.5	--	10 - 50
Poliquetos	2 - 5	0.15 - 0.5	25.72	1.8 - 55

## 4.2 MEDIDAS DE ELIMINACION, REDUCCION Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACION

En la industria de la Galvanoplastia existen una serie de medidas, tanto **internas** como **externas**, cuya implementación posibilita a una empresa el eliminar en la fuente, reducir el volumen o dar un tratamiento adecuado de los contaminantes generados en los diferentes procesos productivos.

Dentro de las medidas que **eliminan** la contaminación en la fuente tenemos:

- Eliminación de cianuro en los desengrases.
- Eliminación del cianuro en el zincado.

- Sustitución del cromo hexavalente por trivalente, en el cromado.

Dentro de las medidas que **reducen** la contaminación se encuentran:

- Reducción del arrastre.
- Control de parámetros de operación.
- Mantenimiento preventivo y correctivo.
- Reciclaje.

Dentro de las medidas externas tenemos aquellas que dan un **tratamiento** a los contaminantes generados y de esta forma eliminan o reducen su toxicidad o peligrosidad de modo que estos no representen un problema para el medio ambiente.

Dentro de las medidas que sirven para dar un tratamiento a los contaminantes tenemos:

- Tratamiento de las aguas residuales.
- Disposición o recuperación de los lodos galvánicos.

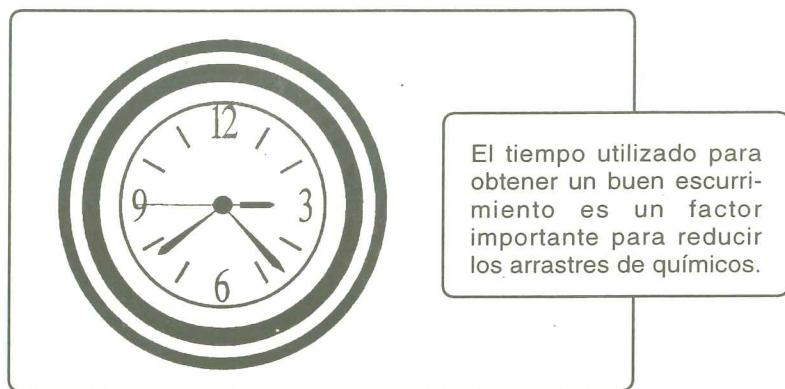
### • Reducción del arrastre

El arrastre es la cantidad de líquido transportado por las piezas desde los baños activos (proceso) hasta los enjuagues, también la cantidad de líquido transportado desde los baños de pretratamiento (desengrases, decapados) o enjuagues hacia los baños activos (proceso). Este arrastre nos puede generar los siguientes problemas:

- Pérdida de sustancias químicas.
- Contaminación de los baños activos.
- Uso excesivo del agua de enjuague.
- Mala calidad del producto.
- Costo más alto por el tratamiento de aguas residuales (volumen).

Las medidas a implementar para reducir el arrastre son:

- Mejora del escurrimiento de las piezas.



- Instalación de enjuagues de recuperación.
- Instalación de un sistema de rociado.



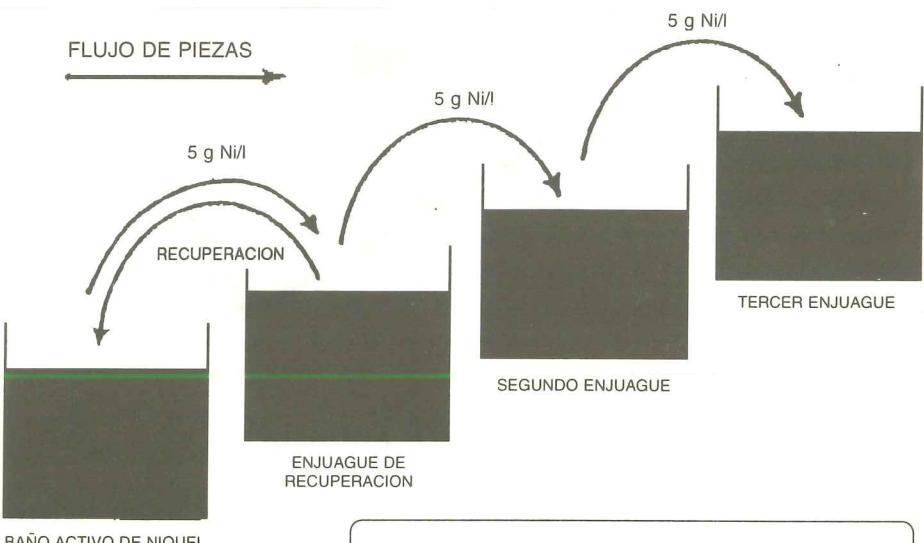
Las medidas antes mencionadas fueron implementadas en varias empresas en la ciudad de Quito y Ambato, lográndose muy buenos resultados, entre ellos tenemos:

- \* Reducción del consumo de agua, de un 15 a un 20 %, dependiendo de la empresa.

- \* Aumento de la concentración del enjuague del niquelado (enjuague de recuperación), en más de un 50 %, por lo tanto aumenta la recuperación al baño activo.
- \* Reducción de la concentración en el enjuague final del niquelado de un 30 a un 60 %, dependiendo de la empresa (para un mismo tiempo de descarga del enjuague).
- \* Reducción de la concentración en el enjuague final del cromado de un 30 a un 50 %, dependiendo de la empresa.

Todos éstos resultados son comprobados, y fueron evaluados dando un seguimiento adecuado entre los meses de mayo a septiembre, habiéndose instalado las medidas señaladas anteriormente en el mes de agosto. La inversión para la implementación de éstas medidas es mínima, debido a que las medidas son sencillas.

- Instalación de enjuagues de cascada estáticos.

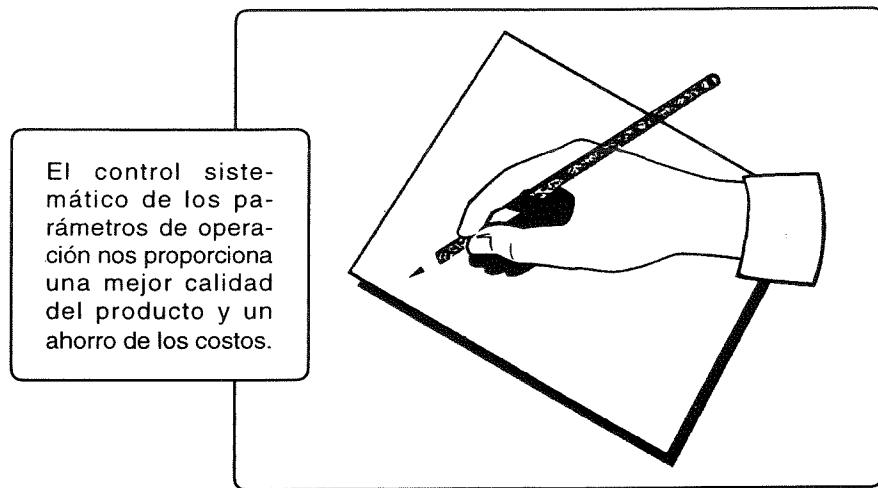


Los enjuagues en cascada no solo nos brindan una posibilidad de recuperación, sino que reducen el arrastre de químicos mejorando el efecto de enjuague.

### • Control de los parámetros de operación

El control de los parámetros de operación de los baños activos (proceso) es un punto importante para la reducción de la contaminación. El controlar de manera sistemática la temperatura, el pH, la concentración de los baños y el criterio de enjuague nos aseguran una operación óptima de los diferentes procesos de galvanizado, reduciendo los problemas en cuanto a:

- Sobreutilización de productos químicos.
- Excesivo consumo de energía.
- Mala calidad del producto.
- Descargas innecesarias de los enjuagues.



### • Esferas de polipropileno y/o antiespray

Para reducir las emisiones al aire producidas en los baños activos, sobretodo en el cromado se pueden utilizar esferas de polipropileno o ciertos agregados químicos (antiespray), los cuales tienen la función de crear una cubierta sobre la superficie del baño activo impidiendo la formación de vapores o nieblas.

### • Mantenimiento preventivo

El realizar un mantenimiento preventivo periódico de la instalaciones de la planta, nos asegura un óptimo funcionamiento de las mismas lo cual nos reporta una serie de beneficios entre los que se encuentran los siguientes:

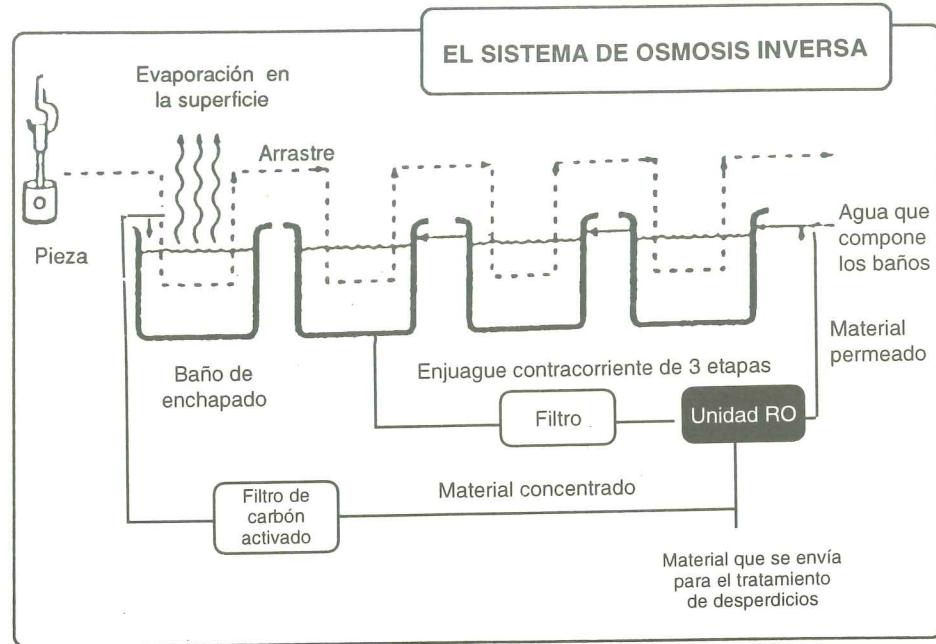
- Reducción de los costos de energía.
- Reducción de pérdidas por filtraciones en los baños.
- Reducción de costos por retrabajos debidos a mala calidad.
- Reducción de costos por sobreutilización de químicos en los baños.
- Reducción del riesgo de accidentes con impactos al medio ambiente.

De cualquier manera, debe existir siempre una disponibilidad del mantenimiento correcto.

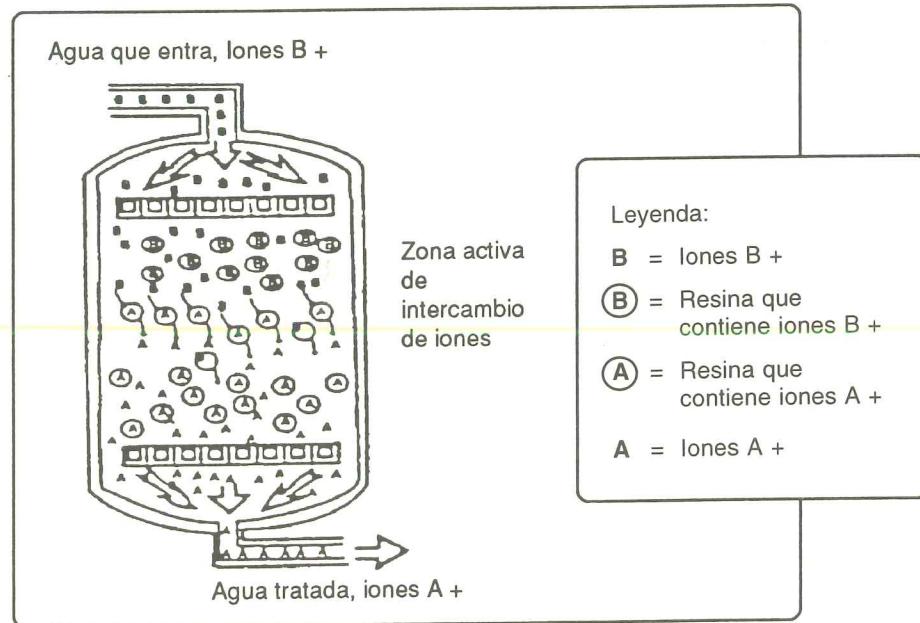
### • Reciclaje

Por reciclaje entendemos la reutilización o recuperación de sustancias utilizadas durante el proceso, las mismas que normalmente se pierden al ser descargadas en las aguas residuales. Entre las técnicas utilizadas para la recuperación o reutilización de sustancias como el Cobre, Níquel, Cromo, agua de enjuagues, etc., en la Galvanoplastia, tenemos las siguientes:

- Evaporación.
- Osmosis inversa.



- Intercambiador iónico.



- Recuperación electrolítica.
- Electrodiálisis.

Cabe aclarar que la implementación de estas técnicas no solo implica un alto costo sino además se requiere de un espacio dentro de la planta para los equipos requeridos. Por lo tanto la aplicación de esta técnica, en pequeñas empresas de galvanizado, no es muy viable.

- Tratamiento de las aguas residuales

Una vez que las medidas internas de prevención se han implementado, a excepción del reciclaje, se ha logrado reducir los volúmenes de agua utilizados; pero con estas medidas no se puede alcanzar a cumplir con los límites de descarga establecidos para las diferentes substancias que componen las aguas residuales generadas en las empresas de galvanizado, a menos que se hayan substituido estas substancias por otras no contaminantes.

Debido a esto se hace necesario el tratamiento de las aguas residuales generadas y así poder cumplir con las leyes y reglamentos ambientales vigentes para las descargas de estas aguas.

El tratamiento de la aguas residuales puede incluir, dependiendo de las substancias presentes en el proceso lo siguiente:

- Eliminación del cianuro.
- Reducción del cromo hexavalente.
- Precipitación.
- Neutralización.

- Eliminación del cianuro

La eliminación de los cianuros se efectúa por medio de la oxidación del cianuro para obtener cianato y posteriormente dióxido de carbono y nitrógeno. Para este proceso se necesitan agentes oxidantes muy fuertes tales como el cloro, las combinaciones disociadoras de cloro (ej., hipoclorito de sodio) u oxígeno activo (ozono).

Con la formación de cianato, cuyo factor de toxicidad es 1000 veces inferior al cianuro, se considera que la eliminación del cianuro es completa. Tal como se mencionó anteriormente, el cianato puede ser luego oxidado para transformarlo en dióxido de carbono y nitrógeno.

#### • Reducción del cromo VI

Las uniones de cromo VI son fuertes agentes de oxidación y por lo tanto tienen un efecto tóxico. Generalmente se efectúa la depuración reduciendo los cromatos a uniones de cromo III, los cuales son eliminados en el momento de la precipitación realizada para efectos de neutralización, en forma de hidróxido de cromo poco soluble.

Los agentes de reducción más apropiados son sales de ácido sulfúrico, en la práctica son principalmente soluciones de bisulfito de sodio. También se pueden utilizar sales de hierro II (vitrol de hierro), pero éstas generan grandes cantidades de lodo.

#### • Precipitación

La precipitación de los metales con substancias alcalinas se realiza con los mismos productos químicos que son utilizados para la neutralización sencilla. Estos son sosa cáustica, el hidrato de óxido de calcio (lechada de cal) y el carbonato de sodio (soda). Los metales pesados se precipitan en forma de hidróxidos o sales básicas poco solubles y en algunos casos también en forma de sales poco solubles (carbonatos, fosfatos, cromatos). Los metales pesados una vez precipitados deben finalmente ser eliminados de las aguas residuales.

El tratamiento de aguas por precipitación es el de menor costo y el más sencillo y se lo puede realizar en la misma empresa en un pequeño tanque de tratamiento.

#### • Neutralización

Debido a la acción tóxica que ejercen las aguas ácidas en todos los seres vivientes, se requiere habitualmente que las aguas residuales,

antes de ser evacuadas hacia un desague, sean neutralizadas hasta alcanzar un pH de aproximadamente 6,5 hasta 9. En la galvanoplastia, las aguas muy alcalinas son una excepción, pero en caso de existir deben ser también neutralizadas.

La neutralización de aguas residuales que contienen metales pesados conlleva la precipitación de estos metales en forma de hidróxidos, en la medida que estos no se presenten en forma de iones complejos. En este último caso los complejos metálicos deben ser destruidos antes de la neutralización (ej., oxidación del cianuro o reducción del cromato).

#### • Disposición o recuperación de los lodos galvánicos

Una vez efectuada la precipitación de los metales en forma de hidróxidos poco solubles, estos sedimentan y forman los llamados lodos galvánicos. Estos deberán ser llevados mediante bombeo hacia una prensa en la cual, por medio de presión, son desaguados con el fin de reducir su volumen y también de esta manera reducir los costos de almacenamiento y transporte. Estos lodos que contienen metales pesados valiosos en forma concentrada, hacen atractiva su posible recuperación, para ello tenemos la posibilidad de una recuperación a través de procesos **pirometalúrgicos** o a través de procesos **hidrometalúrgicos**.

En el caso de que por determinadas circunstancias no sea posible una recuperación entonces se deberán poner estos lodos en un estado tal, que las sustancias que estos contienen no representen un problema para el medio ambiente. Esto se logra mediante una **solidificación** de estos lodos con: cemento, vidrio, cerámica, arcilla, etc. o mediante su **disposición** en un relleno sanitario especial para contener desechos tóxicos.

## **5. ASPECTOS LEGALES**

Las disposiciones legales vigentes sobre seguridad, higiene y salud en el trabajo se pueden enumerar, según las instituciones que las promovieron, de la siguiente manera.

### **Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos**

#### **- Código del trabajo**

En el Título IV (De los Riesgos del Trabajo), Capítulos I al V, incluyendo los artículos 344 al 435, se mencionan múltiples aspectos generales y específicos aplicables a la industria galvánica.

- Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, Decreto 2393 del 17-XI-86, cuyas disposiciones salientes aplicables a la industria galvánica son:

### **Título II - Capítulo V.**

Se refiere a: Medio Ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos y cuyos artículos principales son:

- |              |                         |
|--------------|-------------------------|
| Artículo 63. | Precauciones generales  |
| Artículo 64. | Exposiciones permitidas |
| Artículo 65. | Normas de control       |

### **Título IV - Capítulo VII.**

Se refiere a: Manipulación, almacenamiento y transporte de mercancías peligrosas.

Los artículos se incluyen entre el 135 y el 141.

### **Título V. Protección Colectiva**

Incluyen los Capítulos I al IX y los artículos 143 al 174.

### **Título VI. Protección Personal**

Incluye los artículos 175 y 184.

### **Título VII. Incentivos, Responsabilidades y Sanciones**

Incluye los artículos 185 al 191.

### **IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social)**

- Reglamento General del Seguro de Riesgo del Trabajo, Resolución No. 741 de 1991.

El Título I (De los Riesgos del Trabajo) en el Capítulo I (De los accidentes de Trabajo y de las Enfermedades Profesionales) incluye el artículo 4, en el cual se menciona que los agentes químicos 10 (cromo) y 14 (níquel) son considerados como factores de riesgo profesional.

Los artículos 44, 45 y 46 fijan responsabilidades de las empresas y del propio IEES para inspeccionarlas.

También se mencionan las actividades que tienen cierta peligrosidad y que ameritan atención especial.

Como aspectos generales a cumplirse desde el punto de vista legal, en cada empresa se encuentran:

1. Elaboración del Reglamento Interno de Seguridad e Higiene Industrial de cada empresa.
2. Conformación del Comité de Seguridad e Higiene Industrial.
3. Formación del Departamento de Seguridad e Higiene Industrial.

La disposición 1 se cumplirá en todas las empresas.

La disposición 2 se cumplirá en empresas con más de 20 trabajadores.

La disposición 3 se cumplirá en empresas con más de 100 trabajadores.

### **LEY DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL**

En el Ecuador existe la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, la cual estipula en su artículo 45 las concentraciones de descargas permitidas para efluentes líquidos de interés sanitario, parte de la cuales se describen a continuación.

SUSTANCIA	CONCENTRACION (mg/l)
Cianuro	1.0
Cobre	1.0
Cromo hexavalente	0.5
Níquel	2.0

### **ORDENANZA N° 2910 DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

Está referida a descargas industriales, efluentes y desechos sólidos y es muy clara respecto a las normas a seguirse en la industria en general en la ciudad de Quito.

## **6. INFORMACION**

El presente manual es resultado de las experiencias obtenidas a través del proyecto de reducción de emisiones y tratamiento de aguas residuales en pequeñas empresas de galvanizado, que la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico (SWISSCONTACT) está realizando en el Ecuador (1995).

Swisscontact además de proporcionar asesoría y apoyo técnico en la implementación de medidas que contribuyan a mejorar la productividad, la calidad y reducir el impacto ambiental, también en colaboración con PROFOPEM (Programa para el Fomento de la pequeña y mediana empresa) y otras instituciones promueven cursos de capacitación en el área del proceso de galvanizado y protección del medio ambiente.

Para mayor información, comunicarse a:

### **SWISSCONTACT**

Diego de Almagro 1408 y Orellana  
Casilla 17-16-1001  
Tel. 509-510/509-520  
Fax 565-020  
Quito-Ecuador

IFA Corporación para el Desarrollo de la Producción y el Medio Ambiente Laboral es un instituto ecuatoriano-sueco dedicado al mejoramiento del medio ambiente de trabajo simultáneamente con el mejoramiento de la producción, y aporta actualmente a la industria galvánica con propuestas específicas.

IFA realiza actividades de investigación, capacitación, difusión y asesoría técnica en los lugares de trabajo.

Para mayor información, comunicarse a:

**IFA**

Manuela Sáenz 578 y Abelardo Moncayo  
Tel/fax 256473  
Casilla 17-08-8386  
Quito-Ecuador

FUNDACION NATURA está participando también en el proyecto de Galvanoplastia y su objetivo es replicar las medidas implementadas en las empresas participantes del proyecto a otras, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo y del medio ambiente.

---

**SWISSCONTACT**

Diego de Almagro 1408 y Orellana  
Casilla 17-16-1001  
Tel. 509-510/509-520  
Fax 565-020  
Quito-Ecuador

---

**IFA**

Manuela Sáenz 578  
y Abelardo Moncayo  
Tel/fax 256473  
Casilla 17-08-8386  
Quito-Ecuador

---