

CUADERNO DE IMPACTOS AMBIENTALES Y BUENAS PRÁCTICAS EN EL PUESTO DE TRABAJO EN EL SECTOR DE GALVANOTECNIA

Proyecto



ECOMETAL

HERRAMIENTAS DE CONCIENCIACIÓN Y
SENSIBILIZACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE LA
CONTAMINACIÓN EN EL SECTOR METAL-MECÁNICO



Fundación Biodiversidad



AIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO
METALMECÁNICO



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo

"El Fondo Social Europeo contribuye al desarrollo del empleo, impulsando la empleabilidad, el espíritu de empresa, la adaptabilidad, la igualdad de oportunidades y la inversión de recursos humanos"

"Acciones cofinanciadas por el Fondo Social Europeo en un 70% (para Objetivo 1) y un 45% (para Objetivo 3) y por la Fundación Biodiversidad, en el marco de los Programas Operativos de "Iniciativa Empresarial y Formación Continua" 2000-2006"

"Acciones Gratuitas dirigidas a trabajadores activos de PYME's y profesionales autónomos relacionados con el sector medioambiental que desarrollen su actividad en la Comunidad Valenciana"

Edita: AIMME

Diciembre 2006

Autor: Jesús Ribera Ferrando

Cofinancian: Fundación Biodiversidad
y Fondo Social Europeo

Agradecimientos:

AIMME agradece a las empresas CANDEL HIJOS S.L., CROMADOS LAFUENTE S.L., CROMATS SANTAPERPETUA S.L., MASUNO, HERRAJES BLASCO C.B., INDUSTRIAS AMARRO S.A., METALBALAT S.C.L.V., NIQUELADOS CRU S.L., y VALVULAS ARCO S.A., y a Rafael Mossi Peiró, su colaboración en la elaboración de esta guía.

Contenido	Pag.	Contenido	Pag.
1 El valor del medio ambiente.....	2	5 Buenas prácticas medioambientales en el	
2 Aspectos e impactos medioambientales.....	4	puesto de trabajo:	30
3 Aspectos medioambientales de un taller		5.1 Buenas prácticas en la recepción	
de galvanotecnia:	7	y preparación de piezas.....	30
3.1 Aspectos medioambientales		5.2 Buenas prácticas en el	
claves.....	7	mantenimiento de baños.....	31
3.2 Consumo de energía.....	8	5.3 Buenas prácticas para la reducción	
3.3 Consumo de agua.....	10	y recuperación de arrastres.....	32
3.4 Consumo de materias primas.....	12	5.4 Buenas prácticas en los enjuagues.....	34
3.5 Aguas residuales.....	16	5.5 Buenas prácticas en la gestión de	
3.6 Residuos.....	19	compras e inventario.....	34
3.7 Emisiones atmosféricas.....	20	5.6 Buenas prácticas en el	
3.8 Ruido.....	21	almacenamiento de productos químicos.....	35
4 Contaminantes y sus efectos:	22	5.7 Buenas prácticas en la manipulación	
4.1 Metales pesados.....	22	de productos químicos.....	36
4.2 No metales.....	24	5.8 Buenas prácticas en el transporte y	
4.3 Surfactantes.....	24	almacenamiento de las piezas tratadas.....	36
4.4 Complejantes.....	25	5.9 Buenas prácticas en el	
4.5 Ácidos y álcalis.....	26	mantenimiento preventivo.....	37
4.6 Otros iones.....	27	5.10 Buenas prácticas en la prevención	
4.7 Disolventes.....	28	de fugas y derrames.....	37

EL VALOR DEL MEDIO AMBIENTE

La Comunidad Valenciana, tierra de mar, es universalmente conocida por sus playas. Con cientos de kilómetros de costas y más de 50 municipios litorales, posee una floreciente industria turística. Sin embargo es una de las comunidades españolas con mayor riqueza interior. Los 19 parques naturales, tanto de interior como de litoral, sus 31 parajes naturales municipales y más de 250 micro reservas de flora y fauna, entre las que destacan sus maravillosos humedales, hacen de estas tierras una de las más ricas en biodiversidad.

Pero esta naturaleza se está viendo amenazada. El progreso, la presión urbanística, la despoblación del interior, la concentración de habitantes en las zonas costeras, el alto consumo energético, la industria, el transporte... hacen peligrar el frágil equilibrio de la naturaleza. Y la industria del metal no es ajena a estas amenazas. El sector del metal representa el 23 % del empleo industrial, con una participación superior al 26 % del valor añadido bruto de la industria, alcanzando el 35 % de las exportaciones de la Comunidad Valenciana. Este sector acoge actividades tan diversas como la metalurgia, la fabricación de productos metálicos, la industria de la construcción

de maquinaria, electrodomésticos, automóviles... así como actividades auxiliares imprescindibles entre las que destacan la galvanotecnia, la aplicación de pintura y el mecanizado.

Con más de 36.000 empresas, el sector metal-mecánico da trabajo a más de 223.000 trabajadores.

La relevancia de este sector industrial como motor de la economía valenciana, se transmite de forma paralela en la incidencia que ejerce sobre el medio ambiente.

Las operaciones galvánicas, absolutamente necesarias en el sector del metal, son susceptibles de generar importantes impactos ambientales, derivados principalmente de la elevada toxicidad de los productos químicos que utiliza, y cuya gestión y tratamiento es clave para la conservación del medio.

Las empresas no pueden cruzarse de brazos e ignorar los riesgos reales que planean sobre nuestro entorno. Todos jugamos un papel importante en la lucha contra la contaminación. Nuestra forma de trabajar puede repercutir positivamente sobre el medio ambiente, aplicando



buenas prácticas como: dejar escurrir adecuadamente las piezas a la salida de los baños; separar los residuos y almacenarlos en sus contenedores; evitar los derrames en la manipulación de aceites y taladrinas; y otras muchas que están a nuestro alcance. Son nuestra contribución a una naturaleza más límpia y más bella. La naturaleza nos da todo para vivir, es nuestro deber mantenerla como la hemos encontrado.



ASPECTOS E IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

Cuando se habla de la protección medioambiental, parece obvio que se tenga que definir primero qué es el medio ambiente. Una definición de medio ambiente podría ser: el entorno en el cual una empresa opera, incluyendo el aire, el agua, tierra, recursos naturales, flora, fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

Cualquier proceso de una empresa puede tener una repercusión sobre el medio ambiente. Aquellas partes de un proceso que pudieran tener tal repercusión sobre el medio ambiente se denominan aspectos medioambientales. Algunos aspectos medio-ambientales frecuentes en los procesos de las industrias del sector metal-mecánico son:

- a) las emisiones atmosféricas
- b) los vertidos al agua
- c) producción de residuos
- d) ruido
- e) empleo de materias primas y recursos naturales

Los aspectos medioambientales de un proceso dado pueden producir en el medio ambiente cambios adversos o beneficiosos, en mayor o menor grado. Estos cambios se denominan impactos medioambientales.

Existe una relación de “causa-efecto” entre aspecto e impacto ambiental, de tal manera que los impactos ambientales (desertificación, pérdida de masa forestal y recursos naturales, etc) vienen por una incorrecta gestión de los aspectos ambientales de las empresas entre otras causas. Por ejemplo:

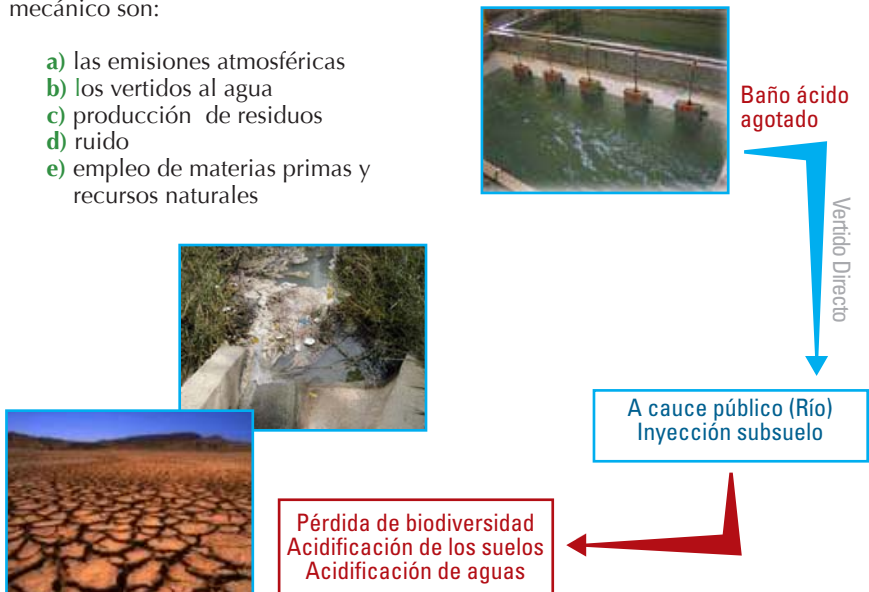


Fig. 1 Impactos medioambientales de un vertido directo



ASPECTO	IMPACTO
Consumo de materiales: Acero	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de recursos naturales.
Consumo de sustancias peligrosas: Consumo de ácidos	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de recursos naturales. Contaminación del suelo.
Consumo de agua	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de recursos naturales.
Consumo de energía: Energía eléctrica Consumo de combustibles	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de recursos naturales. Efecto invernadero.
Generación de emisiones atmosféricas: Emisión de CO2 Emisión de SO2 Emisión de COV's	<ul style="list-style-type: none"> Efecto invernadero. Reducción de la capa de ozono. Lluvia ácida. Smog. Disminución de recursos naturales.
Producción de residuos peligrosos: Lodos ácidos Lodos ricos en metales pesados peligrosos Envases contaminados	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del suelo.
Producción de vertidos	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del suelo. Contaminación de aguas superficiales, acuíferos, ...

Tabla 1 Relaciones entre aspecto e impacto ambiental

En este sentido, cuando se hable de gestión ambiental se estará haciendo referencia a la gestión de todo aquellos “aspectos” que interrelacionan entre la empresa y el medio ambiente o entorno.

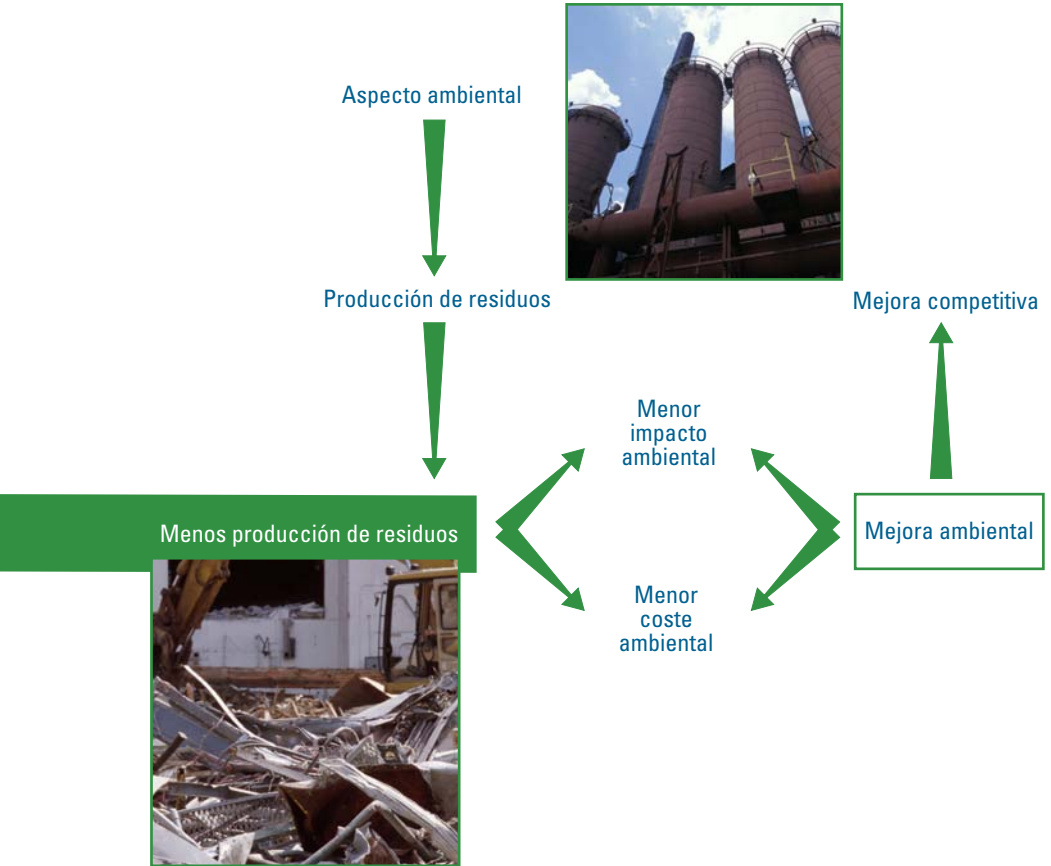
Si el objetivo principal de una correcta gestión empresarial es que funcione adecuadamente, obtenga beneficios y se desarrolle, una correcta gestión ambiental es conseguir lo anteriormente citado de una manera respetuosa con el medio ambiente, es decir reduciendo al mínimo el impacto ambiental negativo al entorno.

Por ello, con el fin de reducir el impacto ambiental asociado a la actividad y/o

producto, es importante que las empresas conozcan sus aspectos ambientales y sus impactos que producen, de esta manera podrán controlarlos, reducirlos y prevenirlos. De esta manera se podrá establecer los objetivos y metas que garanticen una eficaz mejora continua, que conllevará una mejora de la competitividad de las empresas.

Dicho con otras palabras: controlando y gestionando adecuadamente los aspectos ambientales, se reducirán los impactos y se reducirán los costes ambientales y, en consecuencia, se producirá una mejora de la competitividad de las empresas.

Fig.2 Efectos de una adecuada gestión ambiental



3

ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DE UN TALLER DE GALVANOTECNIA

3.1. Aspectos medioambientales clave

Con mayor o menor grado, todos los procesos de galvanotecnia presentan problemas de contaminación. La mayor parte de los productos químicos utilizados en los procesos galvánicos aparecen o se pierden en forma de contaminación. Merecen una especial consideración aquellos procesos que implican el uso de sustancias altamente tóxicas o cancerígenas, y que presentan dificultades para su destrucción o estabilización. Algunos de estos procesos son:

- Procesos cianurados, incluyendo cinc, cobre, latón, bronce y plata
- Cromado
- Capas de conversión usando compuestos de cromo hexavalente

Los principales aspectos medioambientales que se pueden encontrar en un taller de galvanotecnia son el consumo de energía y agua, consumo de materias primas, vertidos de aguas residuales, residuos sólidos y líquidos, y emisiones a la atmósfera.

Como la mayor parte de los procesos son acuosos, el consumo de agua y su gestión y vertidos son quizás los aspectos medioambientales más relevantes, y muy relacionados con estos el uso de materias primas y su pérdida en forma de contaminación medioambiental.

La electricidad se consume fundamentalmente en los procesos electroquímicos, como fuerza motriz del equipamiento de las instalaciones y como energía de calefacción. Se usan distintos tipos de combustibles predominantemente para calentar los baños que trabajan en caliente y para el secado de piezas.

Los principales contaminantes de los vertidos de aguas residuales son metales que se encuentran en forma de sales solubles. Dependiendo de los procesos, también es posible encontrar en los vertidos cianuros (aunque cada vez menos), así como cierto tipo de tensioactivos que pueden presentar baja biodegradabilidad y efectos acumulativos. El tratamiento de las aguas residuales cianuradas con hipoclorito puede producir halometanos. Algunos complejantes (incluyendo el cianuro y EDTA) pueden interferir en la eliminación de metales en el agua residual o aumentar la peligrosidad de los metales pesados presentes en las aguas naturales. Otros iones, como cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos y aniones conteniendo boro pueden alcanzar valores significativos a nivel local.

El peso de los talleres de galvanotecnia en las emisiones a la atmósfera por parte de las industrias no es de los más importantes, pero algunas emisiones que pueden llegar a ser localmente significativas son NO_x, HCl, HF y otros ácidos procedentes de operaciones de

decapados, y aerosoles conteniendo cromo hexavalente procedentes de los baños de cromado. Los procesos de preparación mecánica de superficies producen emisiones de partículas, como una combinación de abrasivos y partículas metálicas. También pueden producirse emisiones de volátiles orgánicos procedentes de operaciones de desengrase con disolventes.

3.2. Consumo de energía

En un taller de galvanotecnia existen distintas fuentes de consumo de energía:

Electricidad utilizada en los procesos electrolíticos: puede suponer entre un 20 y un 40 % del total de electricidad consumida. Los baños ácidos suelen consumir menos electricidad porque son más eficientes (con la excepción singular de los baños de cromado). Los baños alcalinos consumen corriente eléctrica en reacciones electrolíticas parásitas como la electrolisis del agua y oxidación de sustancias como los cianuros.



Fig.3 Rectificadores de un taller de anodizado

Electricidad utilizada para el calentamiento de los baños: puede suponer también entre un 20 y un 40 % de la electricidad consumida. Los calentadores eléctricos se utilizan sobre

todo en instalaciones manuales y baños de poco volumen o como complemento a otros sistemas de calefacción que funcionan con combustibles como gas-oil, gas u otros.

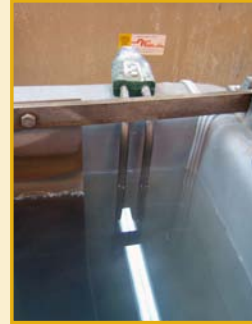


Fig.4 Calentador eléctrico

Electricidad utilizada para el enfriamiento de los baños: su consumo se sitúa entre un 0 a un 15 % del consumo total. Existen procesos que se calientan a medida que van trabajando alcanzando temperaturas que ponen en peligro su buen funcionamiento. Estos procesos requieren de un sistema de enfriamiento que es consumidor de electricidad y generalmente también de agua.



Fig.5 Sistema de refrigeración de un baño de cobre ácido



Fig.6 Equipo de frío de un sistema de refrigeración

Electricidad utilizada para equipos auxiliares: en los talleres de galvanotecnia se utilizan un buen número de motores eléctricos asociados a bombas, agitadores, equipos para el traslado de las piezas de una posición a otra del proceso, compresores, extractores, supresores, etc



Fig.7 Extractores



Fig.8 Bomba de filtro



Fig.9 Agitadores de una depuradora de aguas residuales



Fig.10 Compresores

Electricidad utilizada para el secado: las operaciones de secado pueden realizarse con sistemas eléctricos o mediante el uso de combustibles.



Fig.11 Túnel de secado por aire

Electricidad utilizada para iluminación, acondicionamiento y ventilación de las áreas de trabajo: las tres últimas fuentes de consumo citadas (equipos auxiliares, secado e iluminación, acondicionamiento y ventilación) suman un importante consumo que se puede situar entre un 18 y un 53 % del total.



Fig.12 Iluminación de un taller de galvanotecnia

Combustibles utilizados para el calentamiento de los baños: se utilizan combustibles tales como gas-oil, gas natural e incluso carbón o madera para el calentamiento de los circuitos de calefacción que están en contacto con los baños. Estos circuitos pueden llevar agua caliente, vapor o aceites térmicos

que suministran la energía necesaria para mantener la temperatura de las soluciones de los baños. La utilización de estos combustibles producen gases de combustión que pasan a formar parte de las emisiones a la atmósfera, como se verá más adelante.



Fig.13 Caldera para calefacción de baños electrolíticos

Combustibles utilizados para el secado de las piezas: el secado de las piezas puede hacerse mediante el calentamiento de aire a través de la combustión de distintos combustibles. Igual que en la utilización de combustibles para el calentamiento de los baños se producen emisiones a la atmósfera por los gases de combustión.



Fig.14 Túnel de secado

3.3. Consumo de agua

El consumo de agua que se produce en un taller de galvanotecnia es importante. Se puede consumir agua en las siguientes operaciones:

Formulación de baños: se trata del agua necesaria para formular los distintos baños utilizados. Los que más consumen son aquellos que se agotan, y que por tanto deben ser periódicamente renovados (desengrases, decapados, etc.), y los que trabajan en caliente. A estos últimos es necesario añadirles agua con cierta frecuencia, ya que van perdiendo progresivamente nivel debido al efecto de la evaporación.



Fig.15 Evaporación de un baño de níquel

Enjuagues: el agua de alimentación de los enjuagues es la principal causa de consumo de agua de los talleres de galvanotecnia. Se utiliza para evitar la contaminación entre baños, la cristalización de sales en la superficie de la pieza y el pelado, manchado o ampollado de los recubrimientos. Al mismo tiempo, los enjuagues son también la principal fuente de vertidos de aguas residuales y de pérdidas de materias primas.



Fig.16 Enjuague en cascada



Fig.17 Enjuague simple



Fig.18 Instalación automática de enjuagues

Refrigeración de baños: la refrigeración de aquellos baños que deben trabajar a temperatura ambiente puede llevarse a cabo mediante la instalación de serpentines a través de los cuales pasa agua fría. El mayor consumo debido a esta operación se produce cuando el circuito de refrigeración trabaja en abierto y el agua, una vez ha abandonado los serpentines, es vertida o reutilizada en otras operaciones. Los circuitos cerrados donde el agua se enfría mediante torres

de refrigeración, consumen mucho menos pero tienen otros aspectos medioambientales asociados entre los que se encuentra el riesgo de legionella.



Fig. 19 Intercambiadores de calor de una planta de anodizado



Fig. 20 Operaciones de desinfección de una torre de refrigeración

Agua de limpieza y baldeos: el consumo de agua debido a actividades de limpieza y baldeo de suelos no es desde luego de la magnitud de los anteriores consumos, pero no por ello debe despreciarse sobre todo porque es origen de contaminación de las aguas residuales y puede llegar a presentar importantes concentraciones de contaminantes.



Fig. 21 Goteos procedentes de un baño de cromo decorativo

3.4. Consumo de materias primas

Las materias primas que se utilizan en los procesos galvánicas son múltiples y variadas. La principal fuente de contaminación que se produce en un taller galvánico proviene principalmente de las pérdidas de estas materias primas, las cuales, en muchos casos suponen la más importante causa de consumo de una materia dada. Debido a la importancia que tienen estas pérdidas desde el punto de vista medioambiental es interesante hacer algunas consideraciones sobre ellas.

En un proceso galvánico existen varios puntos donde se pierde materia prima. Teniendo como referencia un proceso standard donde se incluye un baño galvánico y su correspondiente enjuague, las pérdidas se ven reflejadas en el siguiente esquema:

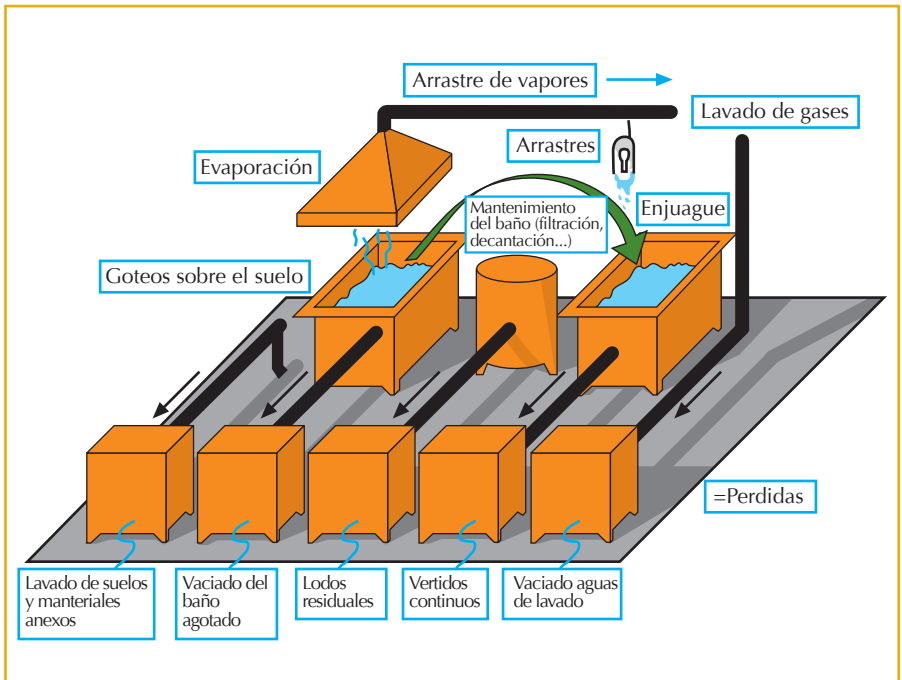


Fig 21 Pérdidas producidas en un baño galvánico

A continuación se detallará el origen de las pérdidas producidas en un proceso galvánico.

Pérdidas sistemáticas.

- Estas pérdidas son de varios tipos:
- Vaciado total o parcial de baños agotados
- Pérdidas por arrastres del baño en las aguas de enjuague
- Pérdidas por evaporación de los baños
- Pérdidas por fugas y derrames
- Limpieza de materiales
- Limpieza de equipos, filtros, ánodos, etc.
- Depuración de baños de trabajo

La evaluación de estas pérdidas puede ser efectuada a partir de las cantidades de productos químicos consumidas, las cuales dependen de los siguientes factores:

- Modo operacional
- Condiciones operativas

A pesar de la gran diversidad existente de procesos productivos, se pueden establecer valores representativos de tasas de pérdidas para distintos baños de tratamiento :

Tabla 2 Pérdidas de productos producidas en los procesos galvánicos (J.N. Breuil).

PRODUCTO QUÍMICO	TRATAMIENTO UTILIZADO		PERDIDA EXPRESADA EN % DEL CONSUMO DE PRODUCTO			
			Baños agotados y arrastres	Vapores	Reacciones químicas	TOTAL
CIANURO	Trat. electrolítico	Desengrase	60-90%	10%	10-40%	100%
		Baño de electro-deposición	50-60%	10%	30-40%	100%
	Trat. químicos	Desengrase	80-90%	0-5%	10%	100%
		Neutralización	80-90%	0-10%	10%	100%
	Trat. Térmicos	30-50%	20%	20%	50-70%	
CROMO VI	Cromado duro		0-25%	25-50%	0-5%	30-50%
	Cromado decorativo		50-60%	20-30%	0-5%	80-90%
	Pasivado Trat. químicos		60-80%	0-20%	0-20%	70-90%
DEPOSICIÓN DE METALES	Cobre ácido/alcalino/cianurado		5-20%	—	—	5-20%
	Zinc ácido/alcalino/cianurado		5-15%	—	—	5-15%
	Níquel ácido		5-15%	—	—	5-15%
DEPOSICIÓN QUÍMICA DE METALES	Cobre químico		30-70%	—	—	30-70%
	Níquel químico		30-80%	—	—	30-80%

Pérdidas accidentales

Estas pérdidas son, por definición, difíciles de cuantificar. Proviene de accidentes, como por ejemplo:

- Perforación de una cuba de trabajo
- Desbordamiento de una cuba de trabajo
- Contaminación de un baño por falsa maniobra (adición de un producto indeseable)
- Fugas en conducciones
- Sinfonado de la cuba

Pérdidas producidas en el almacenamiento y manipulación de las materias primas

No se puede olvidar que los productos químicos, antes de ser empleados en la cadena de tratamiento de superficies, pueden ser en origen una fuente potencial de contaminación:

- Durante su almacenamiento
- En su manipulación
- En la gestión de los envases

A continuación se exponen los principales riesgos de contaminación:

ORIGEN		RIESGOS DE CONTAMINACIÓN
Apertura de recipientes	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes frágiles • Deformaciones de los mismos • Generación de gas en el interior • Golpes y accidentes en el momento de la manipulación • Malas condiciones de almacenaje • Explosión 	<p>Goteo en el suelo Vertido a la red de alcantarillado</p>
Goteo	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes mal cerrados • Conducciones defectuosas • Manipulación poco cuidadosa • Vertido en operaciones de carga y descarga 	<p>Vertido al suelo por goteo</p>
Deterioro de un baño de trabajo por mezclas incompatibles	<ul style="list-style-type: none"> • Error en la identificación de un producto • Etiquetado erróneo o ausencia de etiquetado • Reutilización del etiquetado 	<p>Vertido en el baño de recubrimiento</p>
Envases	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de los envases deteriorados, conteniendo producto 	<p>Vertido en contenedor de residuos general de la empresa</p>

Tabla 3 Riesgos de contaminación por manipulación y almacenaje de productos. (J.N. Breuil)

Las materias primas consumidas en un taller de galvanotecnia pueden clasificarse en los siguientes grandes grupos :

Disolventes: se utilizan fundamentalmente para operaciones de desengrasas. Se pierden por evaporación, ya que son muy volátiles, por arrastre y en el residuo de disolventes agotados.



Fig. 22 Disolventes utilizados para el deslizado

Álcalis (sosa, potasa, lechada de cal): se utilizan en la formulación de desengrasas y baños alcalinos y como reactivo de ajuste de pH en el tratamiento de las aguas residuales. Se pierden en los baños agotados y arrastres principalmente y algo en reacciones químicas y en los vapores de los baños calientes.



Fig. 23 Sosa cáustica en perlas

Ácidos (clorhídrico, sulfúrico, nítrico, fluorhídrico): se utilizan en la formulación de baños ácidos, decapados, activados y como reactivo de ajuste

de pH tanto de los baños ácidos como de las aguas residuales. Se pierden en arrastres, en los baños agotados, reacciones químicas, y en algunos casos de forma importante (como el HCl) en los vapores.



Fig. 24 Etiqueta de corrosivo de un envase de ácido clorhídrico

Sales metálicas: se utilizan en la formulación de los baños de recubrimiento y para el mantenimiento de las concentraciones de trabajo de los mismos. El metal de tales sales se deposita en los baños de deposición y las sales se pierden por arrastre fundamentalmente. Mención especial merecen las sales de cromo hexavalente que constituyen la principal pérdida por arrastre de los talleres de cromado.



Fig. 25 Almacén de sales metálicas de un taller galvanítico

Cianuros: se utiliza en la formulación de baños de recubrimiento cianurados, en los desengrasas (cada vez menos) y en ciertas formulaciones de strippers. Algunos

cianuros utilizados son metálicos cuando se utilizan en la formulación de baños de recubrimiento. Además de perderse en los desengrases agotados, por arrastre y en los vapores de los baños, se consumen de forma importante en las reacciones químicas cuando se transforman en carbonatos.



Fig. 26 Cianuros utilizados en baños cianurados

Hipoclorito: se consume en el tratamiento de las aguas residuales cianuradas.



Fig. 27 Reactor de oxidación de cianuros de una depuradora de aguas residuales

Tensioactivos y otros aditivos: los tensioactivos son utilizados en muchos procesos tales como desengrases, como asistentes en procesos de decapados para facilitar el escurrido de las piezas, como agente antipicaduras en baños de recubrimiento y como abrillantantes. También se utilizan para prevenir la formación de aerosoles en baños de cromo hexavalente y baños de cinc alcalino. Se consumen en reacciones químicas y se pierden en arrastres y baños agotados.

Complejantes (tartrato, EDTA, NTA, gluconato, quadrol): los complejantes utilizados en los procesos galvánicos se usan fundamentalmente por su poder secuestrante de metales. Pueden encontrarse en desengrases, en otros baños electrolíticos y de forma significativa en los baños de deposición sin corriente. Se pierden por arrastre, baños agotados y por reacciones químicas.

Otras sales: además de las sales expuestas se pueden encontrar otras no metálicas que se usan como sales conductoras o tamponantes. Se encuentran sobre todo en los baños electrolíticos de recubrimiento.

Anodos: los ánodos metálicos son la principal fuente del metal utilizado en el recubrimiento de las piezas. El metal del ánodo se consume en el depósito electrolítico, pero también en los arrastres y en los residuos anódicos.

3.5. Aguas residuales

El vertido de aguas residuales es el aspecto medioambiental más significativo que se puede encontrar en un taller de galvanotecnia. Los distintos tipos de aguas residuales que se producen son los siguientes:

Aguas de enjuague: constituyen la principal fuente de aguas residuales de un proceso galvánico. Como se ha comentado, los enjuagues se utilizan para eliminar de las piezas los restos de soluciones químicas que arrastran las piezas a la salida de los baños. Los enjuagues contienen pequeñas concentraciones de las sales arrastradas. Es lo que constituye la contaminación de esas aguas y lo que hace necesario un tratamiento, en orden a eliminar esa contaminación y producir un vertido con el mínimo impacto medioambiental. El tratamiento de estas aguas se realiza "in-situ", es decir, en la propia planta.



Fig. 28 Enjuagues posteriores a un baño de cromo decorativo

Baños agotados: se trata de desengrases, decapados, activados, neutralizados que cuando se agotan deben ser vertidos o tratados en un centro de tratamiento externo. Cuando se vierten, generalmente se dosifican al resto de las aguas residuales para su tratamiento en una instalación “in-situ” después de un tratamiento. Si estos baños no son vertidos, sino que se almacenan para su retirada a través de un gestor de residuos peligrosos, se consideran residuos. Se dice que un baño se agota o muere cuando deja de ejercer la función para la que se preparó. En el caso de los desengrases esto ocurre por acumulación de aceites y grasas; mientras que en el caso de los decapados, activados y neutralizados, ocurre por acumulación de metales. Este tipo de vertidos se diferencia del de las aguas de enjuague en que son mucho más concentrados pero su volumen es netamente inferior. En ocasiones, cuando se vierten junto al resto de aguas residuales, ocasionan problemas en los procesos de depuración, por lo que en muchos casos se recomienda (especialmente para los desengrases) su gestión externa.



Fig. 29 Concentrados agotados dosificados a una depuradora de aguas residuales

Soluciones agotadas de lavado de gases:

los vapores y aerosoles gases producidos por los baños electrolíticos frecuentemente necesitan ser tratados antes de ser emitidos a la atmósfera. Normalmente, este tratamiento se realiza haciendo pasar los gases residuales a través de una instalación de lavado de gases donde se pone en contacto íntimo una solución neutralizante con el gas contaminado. El sistema funciona en circuito cerrado, de tal forma que la solución que ha pasado a través de la corriente gaseosa se recoge y se vuelve a bombear para seguir ejerciendo su función de lavado. Esto hace que la solución se vaya concentrando progresivamente hasta llegar a un nivel en el que deja de ser eficaz, momento en el cual debe ser vertida.



Fig. 30 Instalación de lavado de gases

Efluentes de regeneración de resinas de intercambio iónico:

muchos talleres de galvanotecnia disponen en sus instalaciones de equipos de intercambio iónico o bien para producir agua decalcificada o desmineralizada, o para reciclar las aguas de los enjuagues. Estos sistemas retienen las sales, produciendo agua de calidad, hasta que su capacidad de retención se agota. Cuando esto se produce deben ser regeneradas, para lo cual se utilizan ácidos, álcalis o salmueras, en función del tipo de resinas que se utilicen, produciéndose en el proceso un efluente que contiene todas las sales que

se han ido reteniendo. Se trata de vertidos de una concentración intermedia entre las aguas de enjuague y los baños agotados, y que normalmente son tratadas en instalaciones “in-situ”.



Fig. 31 Instalación de intercambio iónico para el reciclaje de aguas de enjuague



Fig. 32 Instalación de intercambio iónico para la obtención de agua desmineralizada a partir de agua de red

Rechazo de ósmosis inversa: otro de los sistemas que utilizan los talleres de galvanotecnia para producir agua de calidad es la ósmosis inversa. La ósmosis inversa produce, a partir del agua de alimentación, dos corrientes de agua: una de baja salinidad llamada permeado, y otra más concentrada que la original llamada rechazo. Las sales que contiene el rechazo no son tóxicas, ya que son las



Fig. 32 Instalación de ósmosis inversa para la obtención de agua de calidad a partir de agua de red

mismas que un agua normal pero más concentrada. Se trata de un vertido que en muchas ocasiones no necesita ser tratado previo a su vertido, e incluso que puede ser reutilizado para alimentar enjuagues no críticos.

Aguas de refrigeración: son las aguas de los circuitos de refrigeración de los baños que trabajan a temperatura ambiente. Cuando se trabaja en circuito abierto se pueden verter directamente, ya que no contienen ningún contaminante más que la temperatura, por lo que muchas veces se reutilizan para alimentar las funciones de enjuague. Cuando se trabaja en circuito cerrado, el vertido lo constituyen las purgas. Estas purgas sí que pueden presentar algún problema de contaminación debido a los reactivos que se adicionan al agua para prevenir corrosión, incrustaciones y contaminación bacteriana.

Aguas de limpieza y baldeo: son las aguas residuales producidas en las operaciones de limpieza de mantenimiento y limpieza de derrames y fugas. Suelen presentar contaminantes procedentes de los goteos que se producen en el traslado de piezas, sobre todo en instalaciones manuales, con lo que deben ser conducidas a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. En ocasiones dan problemas en los tratamientos de depuración, ya que se producen mezclas de sales incompatibles que imposibilitan un adecuado tratamiento.



Fig. 33 Restos de goteos procedentes de baños de níquel

3.6. Residuos

Gran parte de los residuos que se producen en un taller de galvanotecnia son peligrosos y por tanto deben ser gestionados como tales. Dentro del grupo de los residuos líquidos destacan los procedentes de baños agotados, como ya se comentó en el apartado de las aguas residuales, mientras que en el de los residuos sólidos tienen una importancia significativa los lodos de los tratamientos de aguas residuales. Así pues, los residuos que es posible encontrar en un taller de galvanotecnia son:

Desengrases agotados: se agotan por acumulación de aceites y grasas.



Fig. 34 Baño de desengrase químico

Decapados agotados: se agotan por acumulación de metales.

Baños de procesos agotados o contaminados (neutralizados, activados, reductores, pasivados, etc.): normalmente se agotan por acumulación de metales

Stripers agotados: los strippers de metales se agotan por acumulación de metales y los de barnices y pinturas por acumulación de estos.



Fig. 35 Cabina de desmetalizado de bastidores

Soluciones de lavado de gases: se agotan por acumulación del contaminante de que han eliminado de la corriente gaseosa, ya sea cromo, cianuro, metales, o por neutralización de la solución de lavado en el caso de ácidos o alcalis.



Fig. 36 Instalación de lavado de gases

Envases vacíos: cuando los envases han contenido alguna sustancia peligrosa, el envase recibe la consideración de residuo peligroso por estar contaminado con restos de esa sustancia.



Fig. 37 Residuos de envases peligrosos

Lodos de depuración de aguas: como se ha comentado suele ser el residuo sólido más significativo. Por lo general es un residuo peligroso por contener sales de metales pesados como níquel, cromo, cobre y cinc.



Fig. 38 Lodos residuales con alto contenido en hierro



Fig. 39 Lodos residuales con alto contenido en cromo trivalente

Materiales filtrantes y adsorbentes utilizados en los procesos: se trata de los filtros y el carbón activo que se utiliza en el mantenimiento de los baños. También suelen ser peligroso por contener restos de las soluciones que han estado en contacto con ellos.

Materiales de limpieza: se refiere a los trapos, papel etc. utilizados en la limpieza de las instalaciones y que contienen restos de los baños. También se incluyen aquí los adsorbentes que se utilizan para limpiar fugas y derrames.

Productos químicos deteriorados, caducados o fuera de uso: son aquellos productos que se han vuelto inservibles por haberse deteriorado (por ejemplo al haber sido expuestos a los agentes atmosféricos), que han caducado por haber estado demasiado tiempo almacenados o que han quedado fuera de uso por haber habido cambios en los productos de los procesos, o por haber dejado de trabajar con ellos.

Muestras de productos: son los productos que los proveedores dejan para probar y que no se van a utilizar finalmente.

Disolventes usados: se trata de los disolventes utilizados para desengrasar. Se agotan por acumulación de aceites y grasas. Si los equipos que se utilizan para desengrasar disponen de equipos de destilación, el residuo es el fondo de destilación, que es un lodo con restos de disolvente.

Materiales usados en el tratamiento de aguas: resinas de intercambio iónico, carbón activo, filtros, etc. Se consideran peligrosos por contener restos de los contaminantes que han separado.

3.7. Emisiones atmosféricas

Existen varias fuentes de emisiones atmosféricas en un taller de galvanotecnia. Aquellas que presentan un mayor impacto medioambiental son las procedentes de los procesos de cromado y desengrase con disolventes. Otros contaminantes que se pueden encontrar en las emisiones son ácidos en forma de gas o de vapor como NO_x , HF y HCl, y cianuros, ácido sulfúrico, y níquel presentes en los aerosoles que se producen en la superficie de ciertos baños. Las distintas emisiones procedentes de los procesos galvánicos se pueden agrupar en:

Vapores y gases ácidos: procedentes fundamentalmente de los procesos de decapado ácido con ácido clorhídrico, fluorhídrico y nítrico. El más común es el ácido clorhídrico cuyos vapores causan serios problemas de corrosión en las instalaciones y en las piezas. La problemática del nítrico no está tanto ligada al ácido en sí, sino a los gases nitrosos (NO_x) que se producen en la reacción del ácido con el metal a decapar. El ácido sulfúrico también es ampliamente utilizado, sin embargo su problema no se deriva tanto de los vapores que se pudieran producir en los decapados, sino de los aerosoles cargados con sulfúrico que se producen en procesos tales como el anodizado de aluminio, como se verá más adelante.

Aerosoles: son microgotas de soluciones que se producen principalmente en los baños electrolíticos por la acción del desprendimiento de hidrógeno ocurrido en los cátodos. Los más significativos, como se ha apuntado, son los de los baños de cromo, pero también pueden aparecer en los baños de níquel y otros baños ácidos, en el anodizado de

aluminio, en baños cianurados y en baños de cinc exento. Algunas operaciones de enjuague por spray, sobre todo cuando se realizan sobre el mismo baño, también pueden producir aerosoles. Además del problema medioambiental generan problemas de riesgo en el trabajo por la exposición a la que están sometidos los trabajadores.



Fig. 40 Baño de cromo decorativo y posición de recogida de gases



Fig. 41 Emisiones de un baño de níquel brillante

Compuestos orgánicos volátiles: provienen fundamentalmente de los procesos de desengrase con disolvente y de las operaciones de secado de lacas.



Fig. 42 Máquina abierta de desengrase con disolvente

Gases de combustión: son los gases que se producen en la combustión de gas, gas-oil y otros combustibles en las calderas destinadas a la calefacción de los baños y en los quemadores que se utilizan en el secado de las piezas.

Polvos y partículas: se producen en la manipulación de productos químicos pulverulentos, fundamentalmente el hidróxido calcio utilizado en la depuración de las aguas residuales y algunas sales cianuradas. Aquellos talleres que incluyen operaciones de pulido mecánico también presentan emisiones de partículas procedentes de los abrasivos y el metal pulido

3.8. Ruido

La industria de galvanotecnia no es una de las más significativas en cuanto a la contaminación acústica. No obstante, algunas de sus actividades son susceptibles de generar ruido. Así, por ejemplo, las operaciones de manipulación de piezas producen picos de ruido, sobre todo en la carga y descarga de componentes en instalaciones a bombo. Quizás la fuente más importante de contaminación acústica de carácter continuo sean los extractores de los sistemas de aspiración de gases. Otras fuentes de contaminación acústica continua son los supresores, las bombas de circulación de líquidos, los motores de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y los sistemas de refrigeración y calefacción ambiental.



Fig. 43 Extractores de una cabina de lacado

CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS

Las sustancias que pueden aparecer como contaminantes en las emisiones de los talleres de galvanotecnia coinciden prácticamente con la relación de materias primas que se ha mostrado en un apartado anterior. Esto es así porque, como se ha explicado, la contaminación de los talleres galvánicos está fuertemente asociada con las pérdidas de esas materias primas. Como la mayor parte de las sustancias se usan en las soluciones acuosas de los distintos baños, lo más frecuente es encontrarlas en las aguas residuales de los procesos y en las fugas y derrames accidentales.

4.1. Metales pesados

A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales no se degradan. Los metales pueden alterarse, pero los metales indeseables aún permanecen. La estabilidad de los metales también deja que sean transportados a distancias considerables tanto por aire como por agua.

Uno de los problemas más graves derivados de su persistencia es el efecto de la bioacumulación que se representa en la figura 44.

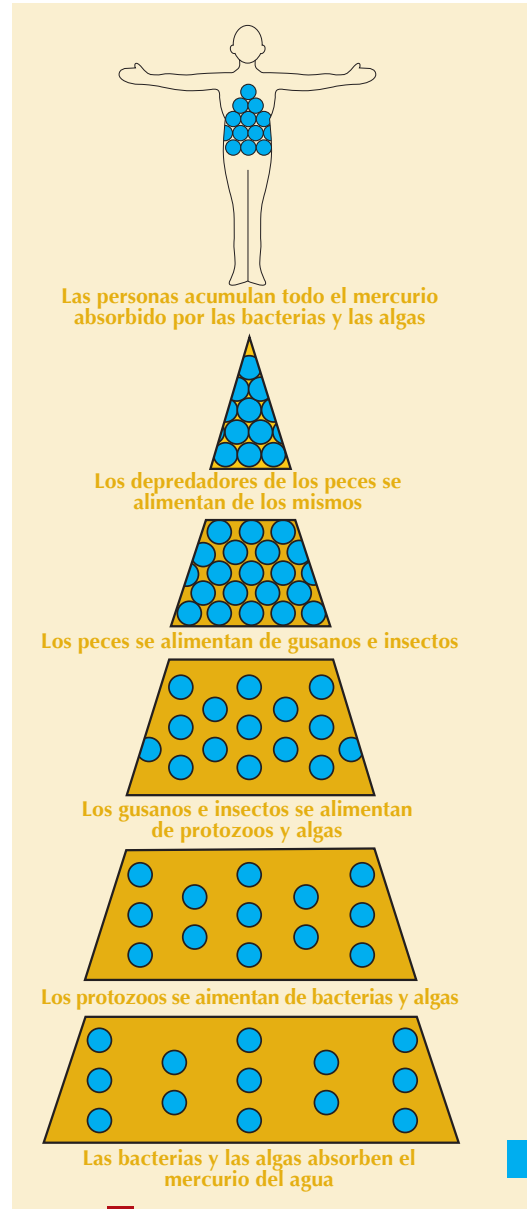


Fig. 44 Bioacumulación de mercurio



El primer indicio reconocido de este peligroso problema ambiental fue debido al mercurio y apareció a fines de 1953 en Japón. Los pescadores y sus familias que vivían a orillas de la bahía de Minamata, sufrieron el azote de una misteriosa enfermedad neurológica. A consecuencia de tal enfermedad murieron cuarenta y cuatro personas, y muchos supervivientes quedaron paralizados de por vida. El origen de la dolencia permaneció en el incógnito, hasta que se reparó en la aparición de síntomas parecidos en aves marinas y gatos domésticos. Esta observación dirigió la atención hacia los alimentos que compartían, peces y mariscos. Acabó por descubrirse que la causa de la enfermedad era el metilmercurio vertido en la bahía por una fábrica de plástico. Dicha sustancia se concentró en el pescado y los mariscos que luego fueron comidos por las víctimas. La concentración de mercurio encontrada en los peces alcanzó valores 12.000 veces más grandes que la que se observaba en el agua de la bahía.

Este incidente muestra el peligro que puede llegar a constituir para la salud la ingestión de animales o plantas desarrollados en zonas contaminadas.

Los seres humanos presentan también una tendencia a acumular metales, como lo demuestra la prolongada vida media de algunos de ellos en el cuerpo; 616 días para el cromo, 667 para el níquel y 933 para el cinc.

Aunque todos los metales utilizados en galvanotecnia (incluidos los metales de las piezas) pueden tener efectos adversos, los cuatro metales más significativos desde el punto de vista medioambiental y de seguridad y salud son:

Cromo: procedente de baños de cromado, pasivados de cromo, baños de mordentado de plásticos, baños de abrillantado

Níquel: procedente de baños de níquel, baños de níquel sin corriente, procesos de desmetalizado

Cinc: procedente de baños de cincado, baño de latón, pasivados de cinc, procesos de zámak, decapado de latón, procesos de desmetalizado.

Cobre: procedente de baños de cobre, baños de latón, decapados de latón, baños de cobreado sin corriente, procesos de desmetalizado

El cromo puede estar presente en las aguas residuales y en las emisiones atmosféricas en forma de aerosol. En su forma hexavalente es muy peligroso para la salud, es tóxico, causa irritación de la piel y de las mucosas y ciertos tipos de cáncer. También es muy tóxico para la vida acuática, tanto para el zooplacton como para los peces. En su forma trivalente es menos tóxico, pero aún es peligroso. Recientes Directivas europeas limitan la cantidad de cromo hexavalente que pueden contener ciertos productos de la industria, como automóviles y aparatos eléctricos y electrónicos.

El níquel aparece en las aguas residuales así como en las emisiones atmosféricas también en forma de aerosol. En su forma metálica y sus sales presentan riesgos para la salud: así el sulfato de níquel está clasificado como cancerígeno de categoría 3. También causa dermatitis alérgica por contacto. Sus efectos en otros seres vivos también son perniciosos.

Los cuatro metales son perjudiciales para las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, en distinto grado. Las bacterias responsables del proceso de depuración son muy sensibles a estos metales, pudiendo verse comprometida la eficacia del tratamiento depurador. Además, su presencia en los lodos residuales de estas depuradoras hace inviable la reutilización de esos lodos para fines agrícolas, convirtiéndose estos en un residuo peligroso.

4.2. No metales

Los no metales más relevantes desde el punto de vista medioambiental que se encuentran en los talleres de galvanotecnia son:

Cianuros: procedente de baños cianurados, desengrases cianurados, ciertas formulaciones de desmetalizado, ciertas formulaciones de activado

Hipoclorito: procedente de la etapa de oxidación de cianuro de las depuradoras de aguas residuales

Trihalometanos: se produce en las depuradoras de aguas residuales por reacción del hipoclorito con otras sustancias conteniendo carbono

Los cianuros constituyen un tóxico particularmente peligroso. Los más peligrosos son los simples (como los cianuros de sodio y de potasio). Los cianuros complejos son menos peligrosos, tanto menos cuanto más estable sea el complejo que forman. Así, por ejemplo, el cianuro complejo de hierro (que se forma frecuentemente en los talleres de cincado con cianuro) es prácticamente inofensivo, mientras que el cianuro complejo de cinc, poco estable, presenta

una toxicidad casi igual que la del cianuro libre. Sin embargo, estos cianuros complejos son de efecto retardado. El ferrocianuro potásico, muy estable y no tóxico para los peces, se descompone por una reacción fotoquímica liberando ácido cianhídrico y aumentando 1000 veces su toxicidad. Además de su elevada toxicidad, los cianuros liberan gas cianhídrico muy venenoso en condiciones ácidas.

La problemática medioambiental más reseñable del hipoclorito sódico, utilizado en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de cianuros, se relaciona con la formación de trihalometanos. Estas sustancias de carácter cancerígeno se forman al reaccionar el hipoclorito con los productos orgánicos contenidos en las aguas residuales, como tensioactivos, abrillantantes y otros aditivos. De ahí que se esté estudiando la posibilidad de sustituir este oxidante por otros que no produzcan subproductos nocivos (cabe señalar que de forma análoga, en los tratamientos de potabilización de agua se está desplazando cada vez más el hipoclorito sódico como desinfectante por otras alternativas, debido a la misma razón).

4.3. Surfactantes

En la industria de galvanotecnia se utilizan un buen número de sustancias químicas que se pueden englobar dentro de un grupo general con el nombre de surfactantes. Estas sustancias son agentes dispersantes, emulsionantes, humectantes, agentes de brillo y PFOS (perfluorooctano sulfanoto). También reciben el nombre de tensioactivos dado que tienen la propiedad de rebajar la tensión superficial del agua. Se pueden encontrar en los

desengrasas para facilitar la acción desengrasante de los mismos, en los decapados como agentes de inhibición y para facilitar el escurrido, y en los baños electrolíticos como agentes antipicadura y abrillantantes. Los PFOS se utilizan para prevenir la formación de aerosoles en los baños de cromo hexavalente y en los baños alcalinos de cinc exento de cianuro.

Aunque a las concentraciones que se pueden encontrar los tensioactivos en las aguas residuales no suelen presentar problemas de toxicidad y son generalmente biodegradables, no por ello dejan de ser perjudiciales para el medio ambiente, principalmente por la formación de espumas.

Las perturbaciones causadas por formación de espumas, por ejemplo, se dejan sentir sobre todo en el propio taller, donde las espumas pueden causar problemas en el tratamiento de las aguas residuales. También causan perjuicios en los sistemas de reciclaje de aguas mediante resinas de intercambio iónico, ya que los tensioactivos bloquean las resinas anulando su capacidad de intercambio.

En los cursos de agua, las espumas también pueden causar graves perjuicios.

Uno de ellos es que dificulta el intercambio oxígeno-carbono necesario para la vida acuática, incluso en los casos en que no se llega a formar un capa de espuma sobre la superficie del curso de agua. Concentraciones elevadas causan también efectos perjudiciales sobre los peces, aunque no es corriente que los vertidos de tensioactivos producidos por los talleres de galvanotecnia lleguen a alcanzar esas concentraciones.

El PFOS merece una mención especial. A diferencia de la mayor parte de los tensioactivos no es biodegradable. De hecho presenta una elevada resistencia a la oxidación. Aparte de su capacidad como surfactante, su elevada estabilidad es la razón por la cual es utilizado para la prevención de aerosoles en medios tan agresivos como los baños de cromo. Sin embargo, recientemente se ha concluido que el PFOS es persistente, bioacumulativo y tóxico, siendo por tanto peligroso para el medio ambiente y para la salud.



Fig. 45 Espumas en un curso de agua provocadas por vertidos de tensioactivos

4.4. Complejantes

El EDTA, tartratos, NTA, gluconatos, quadrol y otros, son complejantes utilizados ampliamente en los talleres de galvanotecnia. Se utilizan por su poder de mantener en disolución los metales en desengrasas, baños de deposición sin corriente, ciertos decapados, y cada vez más en los baños exentos de cianuro. Estas sustancias no son tóxicas pero causan problemas en los procesos de depuración ya que inhiben la precipitación de los metales en forma de hidróxidos metálicos.

Los complejos metálicos que forman son altamente estables de forma que frecuentemente escapan al tratamiento

de las aguas residuales y alcanzan los cursos de agua. El problema es que la mayor parte de los complejantes son biodegradables, de tal forma que las bacterias presentes en los cursos de agua o en las depuradoras urbanas degradan el complejo liberando el metal con toda su peligrosidad, siendo que el metal complejo no suele ser peligroso. El EDTA presenta el problema inverso: también es un complejante muy poderoso, pero es muy poco biodegradable, por lo que vertidos con alto contenido en EDTA sin complejar pueden resolubilizar los sedimentos con alto contenido metálico que se encuentran en los sistemas acuáticos y liberarlos cuando finalmente se degrade el complejo.

4.5. Ácidos y álcalis

La acidez y alcalinidad presente en las aguas residuales procede del uso de ácidos y álcalis en los procesos galvanicos. Las principales fuentes de tal acidez y alcalinidad son los baños de decapado y de desengrase, así como los baños fuertemente ácidos, como el baño de cromo o fuertemente alcalinos como el baño de cinc exento o el satinado de aluminio.

Los baños de decapado son normalmente soluciones fuertemente ácidas, constituidas esencialmente de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, así como ácido nítrico, o mezclas de estos. También es posible encontrar ácido fosfórico, ácido fluorhídrico y ácido crómico. Los baños de anodizado de aluminio también pueden incluirse en esta categoría. Los baños mencionados, pero también sus aguas de lavado son tóxicas.

Los vertidos ácidos o alcalinos pueden provocar cambios en el pH del agua. Algunos efectos que tienen sobre el medio ambiente estos cambios son:

Dstrucción de toda la vida acuática: los peces pueden vivir en un intervalo de pH que oscila entre 5 y 9, siendo los límites óptimos 6,5 y 8,2. Los valores de $\text{pH} < 5$, provocados por vertidos ácidos, dan lugar a un aumento de la presión parcial del anhídrido carbónico en el agua. El resultado es que los peces no pueden eliminar la totalidad del anhídrido carbónico de su ciclo metabólico a través de las branquias. La acumulación del gas en sus tejidos detiene el citado ciclo y produce su muerte. A niveles de pH inferiores a 4 se destruye prácticamente toda la vida acuática, incluyendo muchos microorganismos. Los valores de $\text{pH} > 9$ provocan la desaparición de las pequeñas formas vegetales y animales, base de la alimentación de los peces, con lo que se ocasiona su muerte.



Fig. 46 Mortandad de peces provocada por un vertido ácido

Corrosión: el agua con un pH inferior a 6 puede causar una excesiva corrosión de los sistemas de desagüe y conducción de aguas. Los colectores de hormigón son disueltos progresivamente así como todas

las construcciones metálicas en contacto con el agua.

Daños a las cosechas y las plantas: la acidez y la alcalinidad del agua de riego influyen poco si la gama de pH está comprendida en 4,5 y 9,0. Pueden presentarse problemas si el pH desciende por debajo de 4,5. Un agua tan ácida aumenta la solubilidad de sustancias como sales de hierro, aluminio y magnesio. Estos iones, como resultado de las elevadas concentraciones, pueden resultar a veces tóxicos para las plantas.



Fig. 47 Daños en cultivos provocados por riegos con agua ácida

El ácido fosfórico, que en principio no es tóxico, precisamente por sus excelentes propiedades como fertilizante, puede provocar fenómenos indeseables sobre todo en lagos y aguas estancadas. El fenómeno más significativo es el de la eutrofización. Los fosfatos favorecen el desarrollo de algas y otras especies vegetales de forma descontrolada. Estas plantas, cuando se descomponen provocan problemas de olor y de desaparición de oxígeno que puede llegar a ser total, con lo consiguiente muerte de la fauna piscícola y la degradación del lago, que en ocasiones puede llegar a desecarse por acción del exceso de plantas y sus residuos.



Fig. 48 Agua estancada eutrófica por efecto de vertidos de nutrientes (fósforo y nitrógeno)

Aunque en menor medida que los vertidos, las emisiones ácidas producidas por los talleres de galvanotecnia también causan problemas medioambientales. Cuando los ácidos se usan en soluciones en caliente, los humos resultantes pueden causar problemas en las instalaciones o en las inmediaciones del taller si estos son aspirados y emitidos al exterior. El ácido clorhídrico es el ácido más común y es susceptible de crear esos problemas incluso a temperatura ambiente. Los vapores nitrosos emitidos por los decapados de nítrico, aunque no son muy significativos pueden llegar a causar problemas en las cercanías de las instalaciones no solo de corrosión, sino incluso a la salud de los vecinos afectando al tracto respiratorio y produciendo irritación de ojos y nasal.

4.6. Otros iones

En los vertidos de aguas residuales de los talleres de galvanotecnia se encuentran frecuentemente sales, en principio inofensivas, como cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos que pueden causar perturbaciones en el medio ambiente. Estas sales, cuando se encuentran a

concentraciones apreciables en los vertidos, proceden fundamentalmente de las descargas de decapados y desengrases agotados, de instalaciones a bombo con muchos arrastres y de la regeneración de sistemas de intercambio iónico.

Vertidos muy concentrados en esas sales pueden hacer desaparecer especies de agua dulce, cuando pasan a los cursos de agua. Concentraciones altas de iones sodio pueden afectar a los suelos y producir una impermeabilidad elevada en los mismos.

Altas concentraciones de sulfatos, por ejemplo procedentes de los talleres de anodizado del aluminio causan problemas de hinchado y agrietamiento en las tuberías de hormigón por formación de sulfato cálcico muy voluminoso.

Concentraciones elevadas de fosfatos y nitratos, además de los perjuicios mencionados, provocan, como el ácido fósfórico, el fenómeno de la eutrofización, al ser nutrientes esenciales para las plantas.

4.7. Disolventes

Los procesos de desengrase que se llevan a cabo en los talleres de galvanotecnia, frecuentemente implican el uso de disolventes orgánicos halogenados como tricloroetileno (TRI), tetracloroetileno (PER) y cloruro de metileno, también utilizado en operaciones de deslacado.

Estos disolventes son muy dañinos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. La volatilidad de los disolventes hace que éstos se evaporen rápidamente en el aire, alcanzando concentraciones importantes en espacios confinados. Los

riesgos mayores para el ser humano se producen por la absorción de los disolventes a través de la piel y por inhalación. Algunos efectos que se aprecian por su exposición en el trabajo son, a corto plazo, la irritación de piel, ojos y vías respiratorias y, a largo, plazo, efectos cancerígenos, reproductivos y neurotóxicos, además de afectar a órganos vitales como el riñón y el hígado.

Los disolventes orgánicos que se emiten a la atmósfera, conocidos también con el nombre genérico de COVs (compuestos orgánicos volátiles), junto con los NOx provenientes fundamentalmente de los gases de combustión, desembocan en la formación de ozono en las capas bajas de la atmósfera. El ozono puede causar efectos nocivos tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Pero, de hecho, las especies vegetales y los cultivos son más sensibles a este contaminante que los seres humanos. Se ha estimado que con las concentraciones de ozono que se vienen dando en la temporada estival de crecimiento, las pérdidas de producción en la agricultura pueden suponer hasta un 5-10 % en toda la Comunidad Europea.



Fig. 49 Smog fotoquímico con alta concentración en ozono

En general, estos disolventes no se consideran destructores de la capa de ozono. Hace algún tiempo se utilizaba el 1,1,1,-tricloroetano, que sí que destruye el ozono de las capas altas de la atmósfera, sin embargo se ha dejado de utilizar, precisamente por ello. Sin embargo, algunos tienen tendencia a descomponerse al estar expuestos a la luz solar, dando productos más persistentes y más tóxicos. Por ejemplo, se estima que hasta un 8 % del percloroetileno atmosférico se convierte en tetracloruro de carbono, que es uno de los principales agentes destructores de la capa de ozono.

Además de la presencia de los disolventes en las emisiones atmosféricas, es posible encontrarlos en las aguas residuales, si no se realiza una adecuada gestión de los mismos. Gran parte de estos disolventes, los que no se evaporan, terminan en los acuíferos subterráneos, dado que migran a través de las tuberías o del suelo hacia los mismos donde se acumulan y son bastante persistentes, pudiendo después aparecer en las aguas de abastecimiento de los pozos.

También se encuentran en los fangos de los equipos de desengrase y en los fondos de destilación de los disolventes agotados.

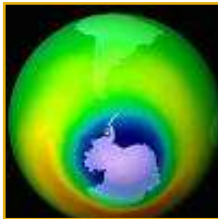


Fig. 50 Agujero de ozono



BUENAS PRÁCTICAS MEDIOAMBIENTALES EN EL PUESTO DE TRABAJO

5

En los apartados anteriores hemos hecho un repaso a los aspectos medioambientales relacionados con los puestos de trabajo de un taller de galvanotecnia, así como los posibles contaminantes que pueden producir los procesos galvánicos y su efecto sobre la salud y el medio ambiente. Se ha comentado que la contaminación es, al fin y al cabo, un conjunto de pérdidas que pueden verse reducidas llevando a cabo unas adecuadas prácticas en el puesto de trabajo. Estas prácticas, cuando dependen de los aspectos humanos y organizativos de la producción, vienen a llamarse buenas prácticas medioambientales. En lo que sigue se relacionarán un conjunto de buenas prácticas que no implican necesariamente inversiones costosas, sino cambios en la forma de trabajar que redundan además en mejoras en las condiciones de trabajo y mejoras en la calidad del producto.

5.1. Buenas prácticas en la recepción y preparación de piezas

A la hora de posicionar las piezas a bañar en un bastidor se debe tener en cuenta, no sólo el conseguir una óptima orientación que conlleve una uniformidad en el depósito y evite la aparición de zonas “quemadas”, sino que se debe procurar al mismo tiempo un buen escurrido y una adecuada enjuagabilidad.

El principio básico a seguir es el de posicionar las piezas de tal forma que se minimice el arrastre. Es aconsejable para ello seguir las siguientes recomendaciones:

- Situar las piezas con las superficies planas o ligeramente curvadas de forma que se facilite el escurrido, esto es, girar la pieza hasta conseguir que el líquido que está sobre esas superficies fluya de la forma más rápida posible.
- En la medida de lo posible, evitar situar piezas directamente una sobre otra, situándolas al tresbolillo, para facilitar la caída del escurrido.



Fig. 51 Piezas colocadas al tresbolillo

- Evitar la formación de cavidades, inclinando las piezas pero con cuidado de no formar bolsas de aire.

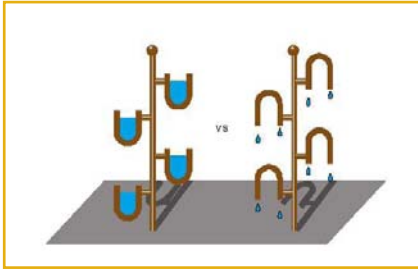


Fig. 52 Adecuada posición de piezas para disminuir el arrastre

- Situar los vértices de las piezas verticalmente con respecto a la superficie del baño



Fig. 53 Vértices en posición vertical para facilitar el escurrido

Los procesos de pretatamiento, como desengrasas y decapados, tienen por objeto dejar la superficie exenta de suciedad y óxidos. Es posible alargar la vida de estos procesos procurando que las piezas lleguen a ellos lo más limpias posibles:

- Escurrir adecuadamente aquellas piezas que lleguen muy aceitosas
- Prevenir la corrosión de las piezas evitando situarlas en ambientes muy corrosivos y acortando al máximo los tiempos de almacenamiento previo a su tratamiento.

5.2. Buenas prácticas en el mantenimiento de los baños

El mantenimiento de los baños puede realizarse mediante un conjunto de buenas prácticas tendentes a evitar la contaminación y alargar al máximo la vida de los mismos. Un baño contaminado debe ser sometido a un proceso de descontaminación que conlleva importantes pérdidas de productos que se pierden en forma de contaminación. Al mismo tiempo, un baño que se agota se convierte en un residuo costoso de tratar o gestionar.

- Mantener las áreas cercanas a los baños limpias de modo que se evite la entrada de suciedad a los mismos. Retirar rápidamente piezas, sujeciones y bastidores caídos al fondo de las cubas. La empresa puede facilitar la rapidez de dicha eliminación, disponiendo de rastrillos localizados en lugares accesibles.
- Mantener los bastidores limpios y libres de contaminantes. Inspeccionar y reparar frecuentemente los bastidores y bombos, prestando especial atención a zonas despegadas del recubrimiento de los bastidores que pudieran atrapar de forma oculta arrastres de los baños, y nódulos metálicos que pudieran disolverse en las soluciones electrolíticas, contaminando las mismas.
- Mantener los baños limpios mediante tratamientos preventivos de eliminación de sólidos por filtración, eliminación de contaminación orgánica por filtración con carbón, y eliminación de contaminación metálica por electrolisis a baja densidad de corriente.

- En tiempo de parada, sacar de los baños aquellos ánodos que pudieran ser disueltos químicamente y aumentar de forma intempestiva la concentración metálica, por ejemplo los ánodos de cinc.
- Utilizar agua de buena calidad para la formulación de los baños. Para los baños alcalinos se debe utilizar preferentemente agua descalcificada para evitar incrustaciones, manchas y colmataciones. Para los baños calientes, donde las pérdidas de nivel deben ser compensadas mediante aportaciones importantes de agua (directamente desde la red o procedente de las funciones de enjuague), se recomienda utilizar agua desmineralizada para evitar la mineralización del baño por concentración progresiva de sales.
- Analizar frecuentemente los baños y ajustarlos según las instrucciones del proveedor.

5.3. Buenas prácticas para la reducción y recuperación de arrastres

Una de las pérdidas más importantes que se produce en los procesos de recubrimientos galvánicos es el arrastre que producen las piezas hacia las funciones de enjuague. Este arrastre está constituido por el líquido adherido a la superficie de las piezas cuando son extraídas de un baño, y es en general la principal fuente de pérdidas de materias primas procedentes de los baños. Estas materias primas, en las funciones de enjuague, se convierten en contaminación, la cual debe ser tratada en orden a posibilitar el vertido de las

aguas residuales dentro de los límites permitidos por la administración. Se comprende pues que cualquier actuación tendente a disminuir el volumen de los arrastres de un proceso galvánico repercutirá en:

- Ahorro de las materias primas propias de los baños y soluciones.
- Ahorro del volumen de agua requerido para el enjuague
- Ahorro de los reactivos de depuración de las aguas residuales.
- Ahorro en la gestión de los lodos residuales de los procesos de depuración.
- Reducción de problemas de contaminación de baños subsiguientes.

Un conjunto de buenas prácticas tendentes a reducir el volumen de los arrastres y facilitar su recuperación, además de las ya comentadas sobre la colocación de las piezas y el mantenimiento de los bastidores, puede ser el siguiente:

- Reducir la concentración de las sales de los baños, siempre dentro del intervalo que prescribe el proveedor. Una reducción en la concentración de las sales de un baño reduce directamente la cantidad de sales perdidas por arrastre y reduce la viscosidad de la solución y por tanto el volumen de arrastre asociado.
- Incrementar la temperatura de los baños que trabajan en caliente, también dentro del intervalo que prescribe el proveedor. El incremento de la temperatura en el baño produce

una reducción en la viscosidad y la tensión superficial del mismo, disminuyendo por tanto el arrastre.

- Mantener los bastidores limpios y libres de contaminantes. Inspeccionar y reparar frecuentemente los bastidores y bombos, prestando especial atención a zonas despegadas del recubrimiento de los bastidores que pudieran atrapar de forma oculta arrastres de los baños, y nódulos metálicos que pudieran disolverse en las soluciones electrolíticas, contaminando las mismas.
- Extraer lentamente los bastidores de los baños. El arrastre es significativamente menor, cuando el trabajo se saca lentamente del baño y se transfiere rápidamente a otra cuba, que a la inversa.
- Es fundamental que la operación del escurrido de bastidores se efectúe sobre el mismo baño de proceso. Este sencillo sistema de recuperación de arrastres puede facilitarse en instalaciones manuales mediante la ubicación de barras de goteo sobre el baño donde puedan colgarse los bastidores al ser sacados del baño. En orden a evitar el secado de las sales del baño original sobre las piezas y posibles problemas de pasivazo, no deben utilizarse tiempos de escurrido excesivamente largos. Puede incrementarse la eficacia de esta práctica realizando un pequeño lavado de las piezas por spray. El spray sobre el baño produce un efecto beneficioso de enfriamiento de la pieza evitando el secado de la película superficial de la solución, además de permitir una altísima recuperación de los arrastres.



Fig. 54 Enjuague por aspersión sobre el propio baño



Fig. 55 Enjuague por aspersión sobre cuba de recogida de goteos



Fig. 56 Vandeja de recogida de goteo

- Compensar las pérdidas de nivel por evaporación de los baños que trabajan en caliente con agua procedente de los enjuagues estancos de recuperación.



Fig. 57 Cuba de recuperación de baño de níquel

5.4. Buenas prácticas en los enjuagues

Los enjuagues constituyen la principal fuente de consumo de agua y producción de aguas residuales, por tanto se deben llevar a cabo buenas prácticas en los enjuagues que minimicen el consumo de agua asegurando una buena calidad de enjuague.

- Aplicar las reglas de un buen enjuague: introduciendo el agua limpia por el fondo de la cuba, efectuando la salida por rebose en el lado opuesto a la entrada, e introduciendo y sacando varias veces los bastidores en el interior de la cuba para asegurar la agitación del agua de enjuague.
- No dejar grifos abiertos en las cubas de enjuague que no se están utilizando.

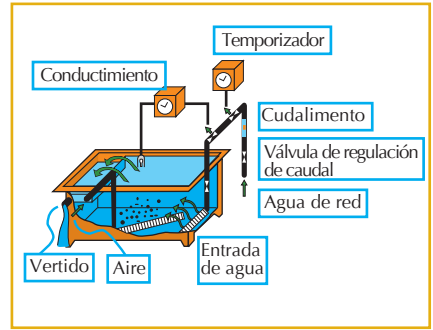


Fig. 58 Diseño de una cuba de enjuagues

- Controlar los caudales de alimentación de los enjuagues y respetar los valores preestablecidos.
- Evitar llevar a una misma posición de enjuague piezas procedentes de baños incompatibles; por ejemplo no son compatibles piezas bañadas en un baño cianurado y piezas bañadas en un baño de níquel, ya que se forma un complejo de níquel cianurado de una estabilidad tal que se resiste al tratamiento de de las depuradoras convencionales, dando finalmente valores altos de cianuro y de níquel en el vertido.

5.5. Buenas prácticas en la gestión de compras e inventario

Un control de inventarios se concibe con el fin de que la empresa no tenga más materias primas que las que realmente necesita. Además de la ocupación de espacio y el inmovilizado que supone, la ausencia de un adecuado control de inventarios puede derivar en la generación de residuos procedentes de materias primas que ya no son necesarias, que han



caducado o se han deteriorado, momento en el cual se han convertido en un residuo.

Un conjunto de buenas prácticas relacionadas con este capítulo pueden ser las siguientes:

- Estandarizar los productos químicos utilizados, de tal forma que se utilice el menor número posible de estos en todas las operaciones.
- Evitar comprar en exceso, considerando las necesidades reales de los procesos.
- Comprar los productos en recipientes de dimensiones adecuadas al uso y a las características del producto, procurando minimizar el número de envases. A ser posible utilizar envases reutilizables.
- Establecer un protocolo de aceptación de muestras de productos, aceptando solo aquellos cuyo proveedor se comprometa a recoger en caso de no utilizarse en su totalidad.

5.6. Buenas prácticas en el almacenamiento de productos químicos

Las buenas prácticas en el almacenamiento de productos químicos se encaminan a la reducción de los residuos producidos por un deterioro de los productos producido por exposición a agentes atmosféricos o contacto con otros productos incompatibles, y derrames por defectos y daños en los recipientes. Una relación de estas buenas prácticas es la siguiente:

- Utilizar para el almacenamiento áreas separadas de acceso restringido que estén señalizadas, iluminadas y debidamente protegidas, de modo que se evite el deterioro de los envases y sus productos contenidos.

- En función de las características concretas de los productos habrá que tomar las siguientes precauciones:

-Evitar la generación de cianhídrico almacenando ácidos y cianuros separadamente

-Almacenar ácidos y álcalis separadamente.

-Reducir el riesgo de incendio almacenando los productos inflamables separados de agentes oxidantes.

-Reducir el riesgo de incendio aquellos productos que se inflaman espontáneamente con la humedad en condiciones de sequedad y separados de agentes oxidantes. Marcar esta área de tal forma que se evite el uso de agua en ella como medio de extinción de incendios.

- Mantener la separación suficiente entre envases y contenedores para facilitar el acceso a los mismos y las tareas de inspección. Los envases deben ordenarse de acuerdo con el grado de utilización y peligrosidad.

- Todos los recipientes deben estar etiquetados y no deben utilizarse para contener productos distintos de los originales.

- Para prevenir daños en los envases de productos químicos seguir las siguientes indicaciones:

-Almacenar y apilar los envases de acuerdo con las instrucciones del envasador o el fabricante.

-En caso de apilar materiales distintos situar siempre los líquidos debajo de los sólidos.

5.7. Buenas prácticas en la manipulación de productos químicos

Es posible implantar un conjunto de buenas prácticas en las operaciones de carga y descarga, transporte y manipulación de materias primas que se dirijan hacia la prevención de derrames, fugas y contaminación de materiales. De este conjunto se pueden destacar las siguientes:

- Realizar las operaciones de carga y descarga en zonas bien iluminadas, señalizadas, y sin obstáculos.
- Establecer procedimientos escritos para las operaciones de carga, descarga, trasvase, formulación y adición de productos a los baños.
- Designar al personal responsable de la formulación y adición de productos a los baños.
- Prever en las zonas donde se realizan operaciones de trasvase la instalación de sistemas que faciliten el escurrido hacia recipientes que permitan la recuperación del producto. Asimismo, en estas operaciones procurar evitar el goteo, derrame o vertido accidental de los productos trasvagados y tener preparados métodos de contención de esas pérdidas.
- Cuando se abra un envase asegurarse de que este queda cerrado, sobre todo si contiene disolventes volátiles.

5.8. Buenas prácticas en el transporte y almacenamiento de las piezas tratadas

La mayor parte de las superficies metálicas se oxidan o corroen cuando están expuestas al oxígeno u otros agentes presentes en la atmósfera. El tiempo en el que se produce la corrosión depende

del tipo de material y de las condiciones en las que este es almacenado. La humedad, temperatura y acidez del ambiente son los factores que determinan cuán rápido se va a producir la corrosión. Todos estos factores pueden encontrarse en una instalación galvánica, y a ellos se ven expuestas las piezas, de lo cual se desprende la necesidad de su control. Las buenas prácticas en la protección de las piezas después del tratamiento permiten reducir el impacto medioambiental asociado a los procesos de decapado, desmetalizado y deslacado que se aplican a las piezas deterioradas para volver a introducir las en el proceso de recubrimiento. A continuación se expondrán algunas de estas prácticas.

- Las piezas y componentes deben mantenerse lejos del ambiente húmedo y ácido que se encuentra en las instalaciones de tratamiento de superficies. Una buena ventilación de las áreas de trabajo deberá asegurar que el aire húmedo y frecuentemente ácido de la aspiración de los baños no entre en contacto con las piezas almacenadas o en espera de su expedición.
- Mantener las piezas calientes durante el transporte desde la zona de baños al almacén y almacenarlas en un ambiente seco. Esta buena práctica puede eliminar el problema de condensación de la humedad del ambiente sobre las piezas cuando estas se enfrían durante el transporte o almacenamiento, después de salir de las zonas calientes y húmedas.
- Las piezas acabadas pueden ser empaquetadas con materiales absorbentes o de prevención de la corrosión tales como papeles específicos, viruta de madera, serrín y otros. Estos materiales pueden tanto prevenir la corrosión como el rayado de la superficie durante el transporte.

5.9. Buenas prácticas en el mantenimiento preventivo

Desde el punto de vista de la prevención de la contaminación, el mantenimiento preventivo puede minimizar las pérdidas de materias primas debidas a fugas, reducir el riesgo de derrames accidentales, y evitar la producción de piezas defectuosas por fallos en las instalaciones. El mantenimiento preventivo consiste en la inspección y limpieza periódica de equipos e instalaciones, incluyendo la lubricación, comprobación y sustitución de piezas en mal estado. Las áreas específicas donde el mantenimiento preventivo puede reducir la generación de contaminación incluyen algunas que se han comentado en otros apartados:

- Inspección regular de cubas y tanques con sustitución o reparación de las unidades dañadas o corroídas.
- Sustitución periódica de juntas en las bombas y filtros.
- Inspección y reparación de bastidores y bombos, prestando especial atención a zonas despegadas del recubrimiento de los bastidores que pudieran atrapar de forma oculta arrastres de los baños, y nódulos metálicos que pudieran disolverse en las soluciones electrolíticas, contaminando las mismas.
- Inspección frecuente del fondo de las cubas, sobre todo las de los baños con vistas a eliminar rápidamente piezas, sujeciones y bastidores.

5.10. Buenas prácticas en la prevención de fugas y derrames

La magnitud de las pérdidas de productos debidas a fugas y derrames frecuentemente no es despreciable con respecto a las pérdidas sistemáticas debidas a la normal operación de los procesos, pudiendo ser igual a estas o incluso mayor. En ocasiones las fugas que se producen en bombas, filtros o cubas pueden pasar inadvertidas y suponer pérdidas importantes de materias primas. Algunos métodos para reducir esas pérdidas y las debidas a derrames accidentales, normalmente mucho más evidentes, se muestran a continuación:

- Llevar a cabo un mantenimiento preventivo de bombas, filtros, cubas y tanques, tal como se ha comentado en el punto anterior.
- Emplear un método controlado para la adición de agua en las cubas de los baños, no permitiendo el uso de mangueras no vigiladas.

Los derrames pueden ser reducidos o evitados mejorando la formación del personal en la manipulación de productos químicos y baños, y en los métodos de prevención de derrames. La formación debería incluir la adecuada utilización de conducciones, embudos y recipientes de recogida de goteos durante la manipulación y trasiego de productos y soluciones; el mantenimiento de niveles de líquido en los depósitos, evitando desbordamientos; y el uso de mopas o raspadores para limpiar los derrames (en contraposición al uso de absorbentes que deben ser tratados como residuos peligrosos).

AIMME © 2006



