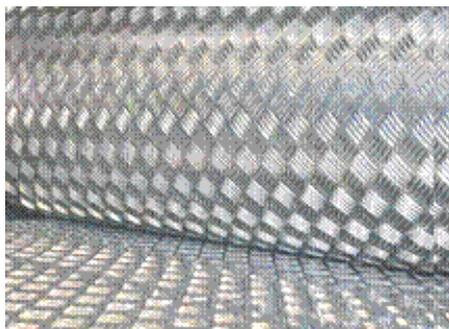




Minimización del riesgo medioambiental en la industria de anodizados

1.- INTRODUCCIÓN

Esta Guía Básica se ha elaborado con el objetivo de ayudar a minimizar el riesgo medioambiental en la industria de anodizado de superficies, afectada por la Directiva 96/61 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (más conocida como Directiva IPPC) y la Ley 16/2002 que la transpone al ordenamiento jurídico español.



La industria de anodizado de superficies se incluye en el alcance de esta ley, dentro del apartado de producción y transformación de metales, en concreto, en el epígrafe 2.6, que se refiere a las instalaciones de tratamiento de superficie de metales y materiales plásticos por procedimiento electrolítico o químico, cuando el volumen de las cubetas utilizadas en todo el proceso o de las líneas completas destinadas al tratamiento superan un volumen de 30 m³.

Esta Guía trata de recopilar los principales riesgos medioambientales de este sector. Para ello, se identifican y evalúan los riesgos medioambientales con el fin de hacer frente a este nuevo marco normativo.

Para su elaboración, se ha utilizado un enfoque directo, en el que se ha tratado de usar un lenguaje sencillo en todo momento, de forma que el texto pueda ser comprendido sin necesidad de conocimientos técnicos previos.

Además de esta breve nota introductoria, la Guía consta de cuatro apartados. En primer lugar (capítulo 2) se hace una revisión de los principales riesgos medioambientales asociados a este sector industrial, ofreciendo al lector una visión clara del contexto en el que se desarrollan estas actividades y sus potenciales impactos sobre el Medio Ambiente. A continuación (capítulo 3) se analizan los procesos y se identifican los principales riesgos ligados a cada proceso. En el siguiente apartado (capítulo 4) se evalúan los riesgos para los principales sistemas naturales aire, agua y suelo. En el último apartado se ofrece una serie de pautas para la minimización de los riesgos identificados en los capítulos anteriores así como una breve reseña a las mejores tecnologías aplicables para estos procesos.

2.- LOS RIESGOS MEDIOAMBIENTALES EN LA INDUSTRIA DEL ANODIZADO

La técnica de anodizado se aplica en la producción de aluminio, al objeto de conseguir aumentar las propiedades de resistencia y protección frente a las condiciones externas de los productos elaborados con este metal. Éste proceso se fundamenta en una reacción electroquímica que favorece la creación de una capa de óxido de aluminio Al₂O₃ en la superficie de las piezas tratadas.



El anodizado de la superficie se precede de una serie de limpiezas desengrasantes, necesarias para que la reacción pueda tener lugar y la capa de óxido de aluminio se disponga de manera homogénea.

Posteriormente al anodizado, se pueden suceder diferentes procesos de acabado, basados en la aplicación de color, mediante óxidos metálicos o tintes orgánicos.

En el desarrollo de los procesos de anodizado se utilizan diversos productos químicos y una gran cantidad de agua, esto da lugar a que puedan originarse diferentes riesgos medioambientales.

Los principales aspectos medioambientales que caracterizan a esta industria son:

- Vertido de baños agotados procedentes de las etapas de desengrase decapado y anodizado, caracterizados por contener metales pesados (aluminio, cadmio, cromo hexavalente, cobre, estaño, hierro, níquel y zinc), sólidos en suspensión, fosfatos, aceites y grasas.
- Vertidos de aguas de enjuague aplicadas con posterioridad a los baños de desengrase, decapado, anodizado y acabado final de las piezas (sellado, y aplicación de color). Las características de estos vertidos son semejantes a la de los baños concentrados si bien se encuentran diluidas notablemente.
- Vertidos de aguas de limpieza de las instalaciones, asociada a la regeneración de los baños y a la limpieza de posibles derrames en la manipulación y transporte de productos químicos en la instalación.
- Vertidos de las aguas de regeneración de resinas intercambiadores de iones, utilizadas para la producción de agua desionizada.
- Emisiones a la atmósfera de partículas metálicas asociada a las operaciones de mecanizado, gratado y lijado.
- Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en las operaciones de desengrase realizadas en presencia de disolventes orgánicos, especialmente en el caso halogenados.
- Emisiones a la atmósfera de vapores ácidos/básicos, metales y partículas de aceite en las cubas de desengrase y decapado.
- Generación de residuos de lodo, como consecuencia del tratamiento de los efluentes residuales generados durante el proceso.
- Residuos de lodos generados en la limpieza de cubas de proceso.
- Residuos metálicos particulados, procedentes del mecanizado de superficie de aluminio.
- Residuos de aceite de rectificadores eléctricos, utilizados para mantener los potenciales adecuados en las cubas de anodizado.
- Residuos de envases de productos químicos, utilizados en los baños.

Los riesgos ambientales asociados a la industria del anodizado están condicionados por el tipo de productos utilizados en el proceso y el potencial específico de cada uno de ellos de generar daños en el medio ambiente.

Generalmente, los productos utilizados varían según el medio seleccionado en el que se realicen las operaciones principales.

Las etapas previas para la preparación de las piezas, como el desengrase, pueden utilizar, indistintamente, gran variedad de productos como solventes orgánicos halogenados, solventes orgánicos no halogenados, hidróxidos, detergentes, surfactantes, de forma que de su selección condicionará la carga contaminante del vertido final.

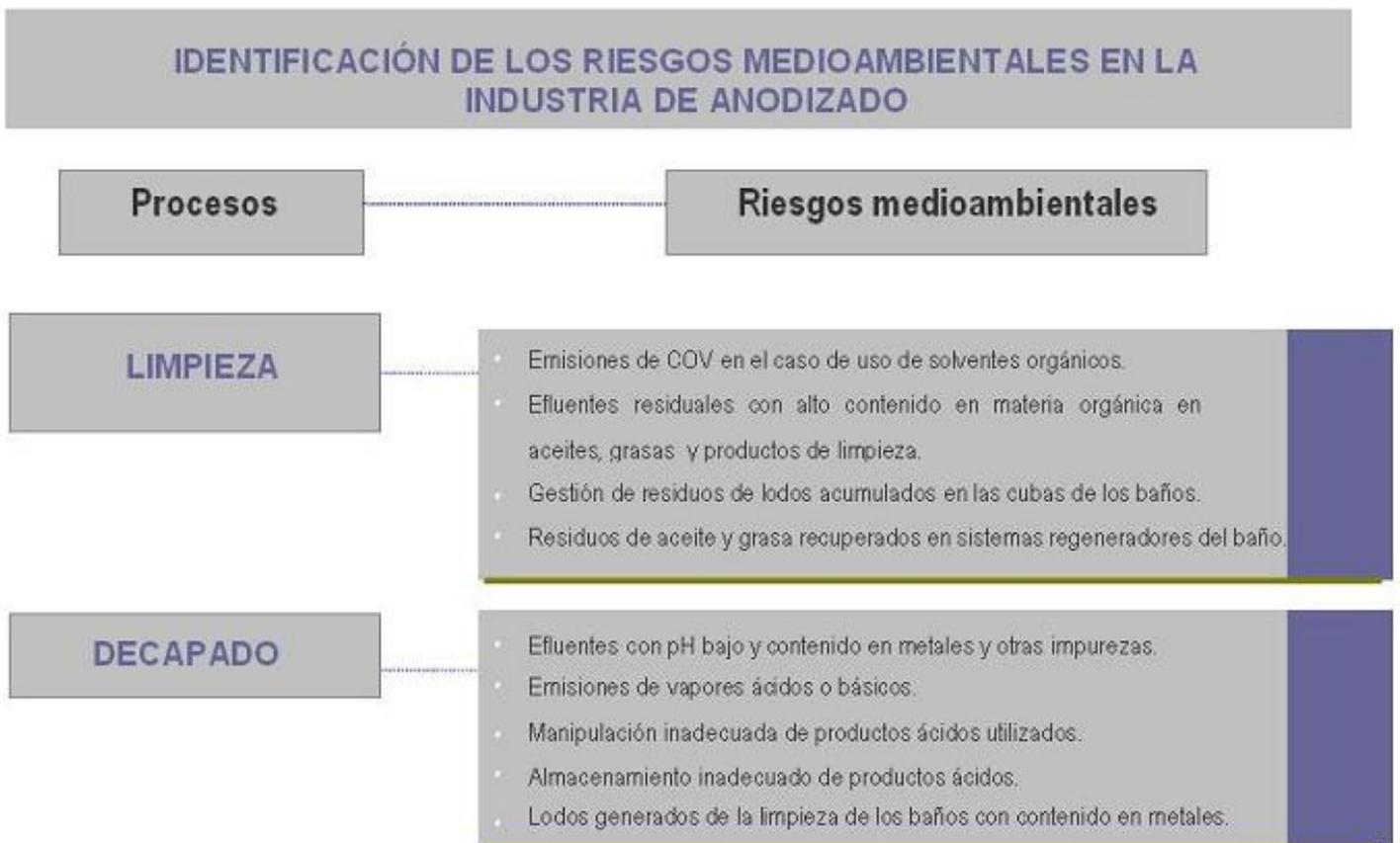
Las operaciones de anodizado pueden realizarse en diferentes medios, entre estos se encuentran los siguientes:

- Aluminio en ácido sulfúrico
- Aluminio en ácido crómico
- Aluminio en ácido bórico-sulfúrico

El proceso realizado en medio sulfúrico es el más frecuentemente utilizado de forma general por la industria del anodizado.

En las operaciones de acabado pueden utilizarse óxidos metálicos, o bien sustancias orgánicas colorantes, como las anilinas.

3.- PROCESOS, IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES



DECAPADO	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes con pH bajo y contenido en metales y otras impurezas. • Emisiones de vapores ácidos o básicos. • Manipulación inadecuada de productos ácidos utilizados. • Almacenamiento inadecuado de productos ácidos. • Lodos generados de la limpieza de los baños con contenido en metales.
ANODIZADO	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes ácidos con metales que en ocasiones pueden contener cromo, si se utiliza como medio el ácido crómico. • Emisiones de hidrógeno. • Gestión inadecuada de arrastres retenidos en las piezas.
SELLADO	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes residuales en función del agente sellante, el más utilizado es el agua caliente, si bien se pueden utilizar otros como el ácido crómico, el acetato de níquel y acetato de níquel-cobalto.
ACABADO	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes residuales asociados a los baños de acabado. • Efluentes de limpieza de los baños.
ACABADO	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes residuales asociados a los baños de acabado. • Efluentes de limpieza de los baños.
ENJUAGUES	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes residuales de enjuagado posteriores al baño de desengrase. • Efluentes residuales de carácter ácido posteriores al baño de decapado. • Efluentes residuales de carácter ácido posteriores al baño de anodizado. <p>*Los procesos de desengrase, decapado, anodizado y acabado se alternan con lavados con agua denominados enjuagues.</p>
MECANIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión partículas en operaciones gratado y pulido. • Gestión inadecuada residuos o efluentes de equipos de captación partículas.

4.- EVALUACIÓN DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES

4.1 PARA EL AIRE



Las emisiones atmosféricas generadas en las industrias de anodizado son, en líneas generales, de pequeña entidad. En la mayoría de los casos van a suponer más un problema para la calidad del aire interior de la instalación, que para la calidad del aire exterior a la misma.

Entre las emisiones generadas en este tipo de procesos es posible distinguir aquellas generadas en el propio proceso de anodizado y aquellas que se producen en tratamientos previos o posteriores.

En las operaciones, que se pueden considerar, propiamente, como parte del proceso de anodizado, es posible identificar las siguientes emisiones:



Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en operaciones de desengrase especialmente cuando se utilizan solventes orgánicos halogenados como Tricloroetano, Tricloroetileno, Tetracloroetileno, etc.

- Emisiones de vapores ácidos proveniente, de los baños de decapado y anodizado, en las que es posible que se puedan producir nieblas que contengan iones metálicos en disolución.
- Emisiones de hidrógeno en el baño de anodizado, como consecuencia de la electrólisis de la solución, generalmente de pequeña entidad, pero que puede dar lugar a riesgo de explosión o incendio.

En las etapas previas o finales se realizan las operaciones de mecanizado, pulido o lijado de las superficies. Éstas dan lugar a emisiones caracterizadas por contener partículas, fundamentalmente metálicas.

4.2 PARA EL AGUA



La generación de efluentes residuales y su gestión constituye uno de los problemas con mayor relevancia para el medio ambiente de este tipo de actividades. La generación está asociada a la producción y se caracteriza por la existencia de dos tipos de efluentes residuales bien diferenciados.

Por un lado, se producen efluentes de manera continua, como consecuencia de los enjuagues que se alternan entre los distintos baños. Éstos se caracterizan por presentar bajas concentraciones de contaminantes y un gran volumen de generación. Esto se debe a que la carga contaminante depende de los arrastres que provocan las piezas al salir de los baños concentrados. Las principales sustancias contaminantes, incorporadas en estos efluentes, son mayoritariamente metales, restos ácidos o básicos, grasas, aceites y compuestos químicos como detergentes, surfactantes y otros productos de limpieza.

Adicionalmente, se producen otros efluentes residuales de manera periódica, debido a que los baños han de ser reformulados, cuando no pueden seguir cumpliendo su función. En algunos casos esta operación exige que sean desechados totalmente. Los efluentes asociados a la sustitución de los baños se caracterizan por su pequeño volumen, si se compara con las aguas de enjuague y su elevada carga contaminante.

Los contaminantes presentes en este tipo de corrientes residuales están relacionados con el tipo de proceso, de manera general estos contendrán metales como, cromo, manganeso, zinc, hierro, cadmio, cobre, estaño, aluminio, aceites, grasas, y compuestos químicos utilizados como agentes de limpieza, entre los que se encuentran; desengrasantes (en algunos casos disolventes orgánicos halogenados) y detergentes.

Adicionalmente, debido a la utilización de diversos aditivos químicos, en menor cantidad, es posible la presencia de boratos, oxalatos, fluoruros, acetatos de níquel y cobalto, amonio, fósforo y tintes orgánicos.

Los riesgos ambientales más significativos están asociados a la necesidad de disponer sistemas de tratamiento adecuados y a limitar las posibles fugas, de carácter accidental o infiltraciones de la red de recogida y transporte de efluentes.

Otros riesgos ambientales de menor entidad pueden generarse como consecuencia de efluentes de menor relevancia, entre los que se encuentran, los efluentes de tratamientos de gases por vía húmeda, los vertidos de las purgas de los circuitos de refrigeración, los efluentes residuales generados en la regeneración de resinas, los vertidos de las aguas sanitarias, y los arrastres de las aguas de lluvia de materiales almacenados en el exterior de la instalación en condiciones no adecuadas

4.3 PARA EL SUELO

La posibilidad de manipulación y uso de diversas sustancias químicas como metales pesados, disolventes orgánicos halogenados, disolventes orgánicos no halogenados, ácidos y bases, las cuales tienen un potencial de causar daños graves al suelo en el caso de su liberación incontrolada, da lugar a la generación de múltiples riesgos para el medio ambiente.

La emisión de estas sustancias de manera continua e incontrolada puede deteriorar gravemente el suelo y en el caso de situaciones persistentes es posible que pueda llegar a afectar acuíferos presentes en la zona.

Entre las afecciones más comunes que puede sufrir el suelo, se distinguen las siguientes:

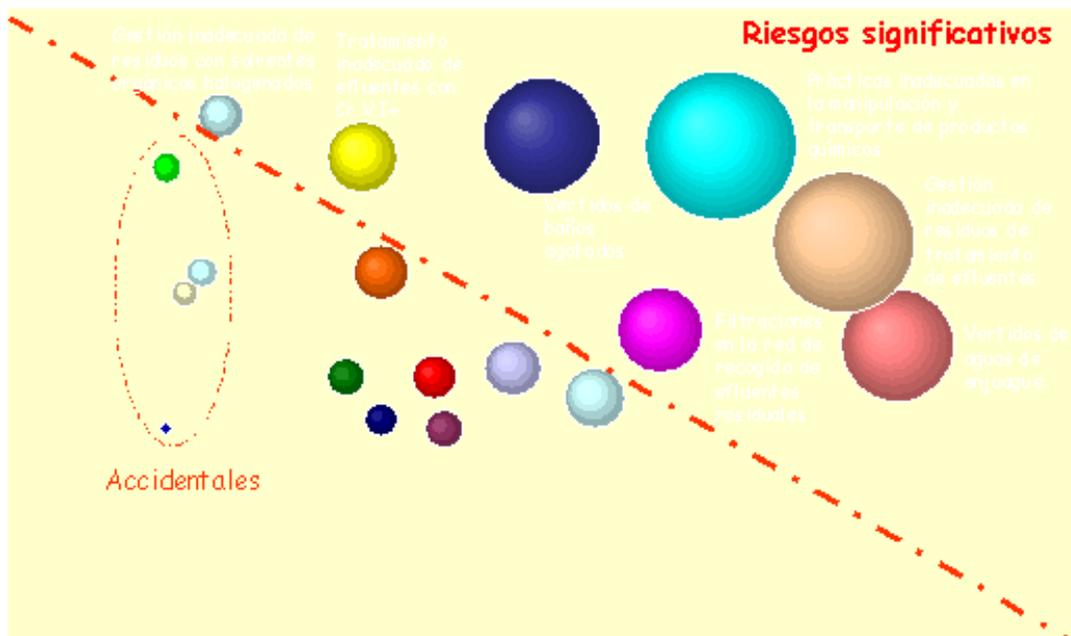
- Ausencia de sistemas de tratamiento adecuados para los efluentes residuales generados en el proceso.
- Desbordamientos de los sistemas de tratamiento en los casos de picos de generación o por la acción de fuertes lluvias.
- Inadecuada segregación de las aguas pluviales que pueden arrastrar contaminantes directamente al exterior de la instalación sin haber sido tratadas previamente.
- Fugas en las redes de recogida y transporte de los efluentes residuales que pueden dar lugar a infiltraciones al suelo de aguas contaminadas.

- Ausencia de cubas de seguridad para contener, el agua de los baños, en caso de que se produzca un incidente que requiera el transvase del mismo.
- Inadecuada conservación del pavimento de forma que se produzca la penetración de sustancias contaminantes en operaciones de limpieza o en operaciones de manipulación de productos químicos para la formulación de los baños.
- Inadecuada gestión de residuos de depuración (lodos con alto contenido en metales y sólidos de las captaciones de partículas) gestionándolos como residuos inertes o urbanos, pudiendo tratarse de residuos peligrosos.
- Prácticas inadecuadas en la manipulación y transporte interno de sustancias peligrosas.
- Inadecuada gestión de residuos de envases de productos peligrosos utilizados en la formulación de los baños.
- Ausencia de medios de contención para dar respuesta a una situación de derrame o fuga en los almacenamientos de productos químicos.

4.4 SÍNTESIS DE LOS RIESGOS MEDIOAMBIENTALES IDENTIFICADOS

Los riesgos evaluados quedan representados en el siguiente esquema donde pueden ubicarse cada uno de ellos según su gravedad y la frecuencia con la que acontecen. Gravedad y frecuencia han sido valoradas con puntuaciones de cero a cinco. El producto de ambas magnitudes genera una esfera que nos permite la valoración cualitativa del riesgo.

La línea roja discontinua separa los riesgos que se consideran significativos, es decir sobre aquellos que deberán centrarse nuestras actuaciones para minimizar el riesgo global de la instalación con respecto al medioambiente.



5.- GERENCIA DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES

En este capítulo se describen algunas de las pautas, más relevantes, a tener en cuenta para la minimización de los riesgos medioambientales identificados.

5.1 POLÍTICA DE CONTROL DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES

La disposición de una política de minimización de riesgos ambientales es un elemento clave para la reducción del riesgo ambiental de una instalación. Es la política un elemento integrador entre el compromiso de la entidad con la protección del medio ambiente y las acciones a tomar para la reducción del riesgo.

El objetivo prioritario será la protección del medio ambiente y el elemento a potenciar la Seguridad Ambiental, fundamentada ésta en la protección del ambiente interno y externo de la instalación y en la búsqueda de la compatibilidad entre nuestra actividad y el medio ambiente.

Un primer paso para la correcta gerencia de los riesgos medioambientales, es el conocimiento de los riesgos de nuestra propia instalación, tomando como referencia la calidad del entorno, su valoración y la selección de los riesgos verdaderamente significativos, con el fin de reducirlos al máximo, empleando la menor cantidad de recursos posibles.

La identificación de riesgos, particularizados para una instalación, no es un proceso sencillo y requiere de herramientas de gestión.

La adecuada gestión de los riesgos permitirá la adecuada toma de decisiones para la organización, en situaciones en las que se puedan ver alterados los estándares de seguridad ambiental deseados.

5.2 GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

Identificados y evaluados los principales riesgos en la industria de anodizados, es posible emprender algunas acciones para su minimización. La aplicabilidad de éstas dependerá de cada tipo de industria y se fundamentará en la realización de un análisis de las condiciones operativas, económicas y técnicas de cada situación en cuestión.

5.2.1 MateriaS PRIMAS

La industria de anodizado utiliza en algunos casos sustancias peligrosas, este hecho incrementa los riesgos ambientales asociados a su almacenamiento, manipulación y uso en las instalaciones. El desarrollo de productos alternativos menos peligrosos permite la sustitución total de ciertas sustancias, especialmente conflictivas para el entorno.

Entre los productos que pueden ser sustituidos de manera eficiente sin afectar a los procesos productivos, reduciendo, por tanto, los riesgos medioambientales de forma relevante, se distinguen los siguientes:

- Desengrase con productos orgánicos clorados utilizados en las etapas de desengrase tales como tricloroetileno, percloroetileno u otros similares. La sustitución de éstos, puede realizarse por solventes orgánicos no halogenados (alcoholes, aminas, cetonas, esteroides), productos inorgánicos como soluciones alcalinas y detergentes libres de fosfatos, entre otros.
- Anodizado con ácido crómico, que exige la necesidad de realizar un tratamiento específico a los efluentes que contienen cromo hexavalente, muy tóxico, para su reducción a cromo (III) mediante dióxido de azufre, bisulfito sódico o metabisulfito sódico, puede ser sustituido por anodizados con ácido sulfúrico o ácido sulfúrico/bórico.
- Sellado con productos químicos como, el ácido crómico, el acetato de níquel y acetato de níquel-cobalto pueden ser sustituidos por agua caliente.

Adicionalmente, hay que tener en cuenta otro factor, el consumo de agua, que se relaciona indirectamente con los riesgos ambientales de la instalación. El agua es la materia prima principal utilizada en el proceso. A partir de su uso se van a generar múltiples efluentes residuales de distintas características. Las operaciones que suponen un mayor consumo de agua son los enjuagues, en éstos es posible incorporar nuevas técnicas para reducir el consumo de forma eficiente, revisadas en el siguiente apartado.

5.2.2 Procesos

Las tecnologías para la reducción de los riesgos medioambientales se basan en el control de vertido y la minimización de residuos generados en el proceso de anodizado. La aplicación de éstas está en función de los costes y de las posibilidades de integración en líneas de procesos ya consolidadas. Adicionalmente, el empleo de buenas prácticas en las distintas operaciones puede suponer una minimización del riesgo ambiental, sin la necesidad de realizar inversiones.

Las actuaciones más relevantes, a desarrollar en la industria de anodizado, se dirigen a reducir el consumo de agua, alargar la vida de los baños y reciclar las aguas de enjuague para su reutilización.

Entre las principales tecnologías aplicables al sector se distinguen las siguientes:

- Sustitución del lavado simple de los sistemas de enjuague a técnicas que van a permitir reducir el caudal de agua utilizada, entre estas: lavado en cascada, lavado estanco, combinación de ambos ó lavado en cascada con aspersores.
- Aplicación de técnicas que permitan alargar la vida de los baños. En cada baño es posible identificar las siguientes:
 - Desengrase: entre las técnicas que pueden adoptarse se distinguen la ultrafiltración, la destilación, la

incorporación de desaceitadores de bandas, de discos, el centrifugado, la microfiltración y la evaporación.

- Decapado: es posible alargar la vida de estos baños mediante la diálisis de difusión ácida, el retardo iónico, la electrodiálisis o el intercambio iónico.
- Reciclado de las aguas de enjuague para su reutilización, las técnicas a emplear dependen del tipo de aguas de enjuague es posible identificar las siguientes:
 - Enjuagues de desengrase: ultrafiltración, esta técnica permite un vertido cero en el caso de desengrases ácidos.
 - Enjuagues de decapado: ósmosis inversa y diálisis de la difusión ácida.
 - Enjuagues de anodizado sulfúrico: ósmosis inversa y nanofiltración.
 - Enjuagues de sellado en frío: ósmosis inversa.
- Planificación de la segregación de las aguas de vertido (proceso, refrigeración, limpieza de diferentes zonas, pluviales) de manera que el tratamiento se adapte a las necesidades específicas del efluente, incorporando sistemas de tratamiento flexibles a las necesidades de generación.
- Utilizar limpieza en seco para minimizar la producción de efluentes.

5.2.3 PRODUCTOS

El proceso de anodizado permite alargar la vida útil del aluminio de forma que contribuye al ahorro de los recursos naturales y reduce el consumo de otros recursos naturales necesarios para su producción.

En algunas formas de acabado se fijan metales pesados de forma que con su degradación es posible que éstos sean liberados al medio ambiente, si bien las deposiciones de estos metales no son fácilmente vulnerables a los agentes externos.

La posibilidad de desarrollar nuevos productos de línea verde, en la que se realice el anodizado de los mismos, sin la necesidad de utilizar productos muy contaminantes como el cromo y los compuestos orgánicos halogenados, puede ser una opción válida para colaborar a reducir los riesgos ambientales asociados.

5.2.4 RESIDUOS

Los riesgos ambientales asociados a los residuos suponen un apartado relevante en este tipo de industrias, pues la gestión inadecuada de los mismos puede dar lugar a importantes daños ambientales, especialmente para el suelo. Entre los residuos generados en este tipo de industrias se distinguen, fundamentalmente, lodos recuperados de los sistemas de tratamiento de efluentes residuales, residuos de la limpieza de baños y residuos envases de materias primas utilizadas en el proceso. Adicionalmente, se producen una serie de residuos peligrosos asociados al mantenimiento elemental de las instalaciones.

El principal riesgo ambiental se asocia al inadecuado almacenamiento, manipulación y entrega final de los lodos, dado que éstos se producen en gran cantidad y suelen contener una elevada concentración de metales pesados y otras sustancias que los caracterizan como peligrosos.

La minimización del riesgo puede conseguirse aumentando las precauciones y medidas de seguridad en las operaciones relacionadas con la gestión, especialmente de las condiciones de almacenamiento.

6.- ANEXO (MEDICIONES EPER)

El Inventario Europeo de emisiones contaminantes EPER (European Pollution Emission Register) mencionado por la Directiva IPPC 96/61 en su artículo 19 y desarrollado por la Decisión de la Comisión Europea 2000/497/CE, obliga a notificar una serie de contaminantes específicos generados por las instalaciones afectadas por la IPPC.

En el caso de las instalaciones para la fabricación de tratamiento de superficies por procedimiento electrolítico contempladas en el grupo 2.6 de la IPPC, se identifican, a modo orientativo, los siguientes contaminantes potencialmente generados, de los cuales se deberá enviar la información para su registro en el caso de que estas emisiones superen los límites indicados para cada contaminante.

- Emisiones a la atmósfera:

Contaminantes
Fluor y compuestos inorgánicos

Umbrales de emisión que
deben notificarse (kg/año)
5.000

NO x	100.000
Ni y sus compuestos	50
Cr y sus compuestos	100

• Emisiones a las aguas:

Contaminantes	Umbrales de emisión que deben notificarse (kg/año)
Fluoruros	2.000
Cianuros	50
Cloruros	2.000.000
Carbono orgánico total	50.000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	5
Compuestos orgánicos halogenados	1.000
Cr y sus compuestos	50
Cu y sus compuestos	50
Cd y sus compuestos	5
Ni y sus compuestos	20
As y sus compuestos	5
Pb y sus compuestos	20
Zn y sus compuestos	100
Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos	200
Fósforo total	5.000
Nitrógeno total	50.000

*Si su industria está afectada por la IPPC y genera anualmente una cantidad superior a alguno de los contaminantes reseñados deberá de realizar una declaración para el inventario Europeo de emisiones EPER.

[volver arriba](#)