

# GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

## MECANIZADO CON ARRANQUE DE VIRUTA



  
**GOBIERNO DE SANTA FE**  
Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente

  
**PARQUE INDUSTRIAL ALVEAR**



**ASOCIACIÓN DE INDUSTRIALES METALÚRGICOS DE ROSARIO**



**CENTRO TECNOLÓGICO**  
*José Censabella*  
Formación y Asistencia Técnica

**Provincia de Santa Fe****Gobernador**

Dr. Hermes Binner

**Ministro de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente**

Arq. Antonio Ciancio

**Secretaría de Medio Ambiente**

Ing. César Mackler

**Parque Industrial Alvear****Presidente**

Sr. Miguel Ángel Conde

**Vicepresidente**

Ing. Alberto Retana

**Tesorero**

Ing. Rubén Cazeneuve

**Secretario**

Sr. Néstor Laino

**Gerente**

C.P.N. Camilo Boffelli

**Asociación de Industriales Metalúrgicos de Rosario****Presidente**

Sr. Miguel Ángel Conde

**Vicepresidente**

Ing. Sergio Vacca

**Secretario General**

Ing. Omar Berrocal

**Centro Tecnológico José Censabella****Presidente**

Ing. Omar Berrocal

**Tesorero**

Ing. Sergio Vacca

**Secretario**

Sr. Gustavo Gerosa

**Director**

Ing. Mario Abriata

**Colaboraron en la producción de este manual****Coordinación Técnica**

Ing. Juan Carlos Abriata

**Colaboradores**

Lic. Arturo Pippino

Ing. Andrea Diego

Tec. Martín Luchetti

**Diseño Gráfico**

Tec. Julia Vacca

**Participaron de la revisión del manual**

Ing. Edgardo Seguro, Director Provincial Zona Sur, Secretaría de Medio Ambiente.

Ing. Andrés Rintoul, Coordinador de Investigación y Desarrollo, Secretaría de Medio Ambiente.

Tec. Claudio Colombo, Coordinador Programa Producción Mas Limpia, Secretaría de Medio Ambiente.

El Gobierno de la Provincia de Santa Fe, a través de la Secretaria de Medio Ambiente del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente, el Consorcio Parque Industrial Alvear, la Asociación de Industriales Metalúrgicos de Rosario y el Centro Tecnológico José Censabella, comprometidos con acciones que propicien el desarrollo sustentable, han desarrollado la presente guía de Buenas Prácticas Ambientales en los Procesos de Mecanizado con arranque de viruta como una contribución a la preservación del medio ambiente.

Esta guía va dirigida a empresarios, trabajadores, profesionales, formadores y alumnos que desarrollan actividades de operación, preparación y programación de máquinas herramientas para operaciones de mecanizado, tradicionales y automatizadas.

En el proceso de mecanizado de metales se consumen diversos insumos y se manejan productos potencialmente riesgosos, tanto para la salud como para el medio ambiente. Por ello resulta de importancia reflexionar sobre estos procesos con el fin de: reducir el consumo de recursos y materiales, disminuir los potenciales riesgos y desarrollar buenas prácticas ambientales para su gestión.

La generación de residuos además de representar un desperdicio de recursos para la empresa puede ocasionar, si los mismos no se gestionan adecuadamente, importantes daños ambientales, como por ejemplo la contaminación del agua, del aire y del suelo. Por otra parte su gestión representará gastos significativos si no se toman las medidas adecuadas para su reducción.

A través de la implementación de buenas prácticas operativas, se puede conseguir la optimización de los recursos y la reducción de la generación de residuos y efluentes.

La presente guía pretende sensibilizar sobre los daños que se pueden generar a la salud de los trabajadores y al medio ambiente; y aportar soluciones mediante el conocimiento de la actividad y la propuesta de prácticas operativas adecuadas.

La misma se elaboró tomando como base las experiencias desarrolladas en el sector metalmecánico, la normativa ambiental vigente y con el aporte de profesionales expertos en formación ocupacional.

Este documento constituye la base de trabajo que se podrá actualizar con la participación de todos los sectores interesados en el desarrollo de buenas prácticas ambientales.



PRESENTACIÓN	3
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>5</b>
<b>GENERALIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>	7
1.1 Instalaciones, materia prima e insumos	10
1.1.1 Composición y clasificación de los fluidos de corte	12
1.1.2 Aditivos de los fluidos de corte	14
1.1.3 Otros insumos	15
1.2 Residuos, efluentes y emisiones generales	15
1.2.1 Residuos asimilables domésticos	15
1.2.2 Residuos industriales no peligrosos	15
1.2.3 Residuos industriales no peligrosos	16
1.2.4 Efluentes líquidos	17
1.2.5 Emisiones a la atmósfera	17
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>19</b>
<b>RIESGOS LABORALES</b>	21
2.1 Responsabilidades del empleador	22
2.2 Responsabilidades del trabajador	24
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>27</b>
<b>RIESGOS AMBIENTALES</b>	29
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>33</b>
<b>PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA</b>	35
4.1 Recirculación de los fluidos de corte	35
4.2 Control analítico de los fluidos de corte	36
4.3 Minimización de la producción de virutas	38
4.4 Manejo y disposición adecuada de las virutas	39
4.5 Reciclado de las virutas	41
4.6 Racionalización en el consumo de agua	42
4.7 Optimización del consumo energético	42

<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>43</b>
<b>TECNOLOGÍAS LIMPIAS</b>	<b>45</b>
5.1 Mecanizado en seco	45
5.2 Mínima cantidad de lubricante	48
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>51</b>
<b>GESTIÓN AMBIENTAL</b>	53
6.1 Gestión de los fluidos de corte agotados	53
6.1.1 Tratamiento y recuperación	54
6.1.2 Disposición final de fluidos de corte	56
6.2 Gestión de las virutas	57
6.2.1 Recolección de las virutas	57
6.2.2 Transporte de las virutas	59
6.2.3 Triturado de virutas	60
6.2.4 Secado de virutas	62
6.2.5 Separación magnética	63
6.2.6 Almacenamiento de virutas	64
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES GENERALES</b>	67
<b>CAPÍTULO 8</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	71
8.1 Anexo 1: glosario	71
8.2 Anexo 2: legislación aplicable	75
8.3 Anexo 3: diagrama de proceso	77
8.4 Anexo 4: síntesis de la gestión operativa en P+L	78
8.5 Anexo 5: Esquema marco legal ambiental de interés para el sector metalúrgico	79
8.5 Anexo 5: buenas prácticas en el puesto de trabajo	81
<b>CAPÍTULO 9</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	85
9.1 Bibliografía	85
9.2 Imágenes	85

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO**



## 1. GENERALIDADES DEL PROCESO PRODUCTIVO

Los procesos de mecanizado con arranque de viruta, se caracterizan por la remoción del metal de la pieza a trabajar mediante la utilización de una herramienta de corte, generalmente asistida con un fluido sobre el área de contacto.

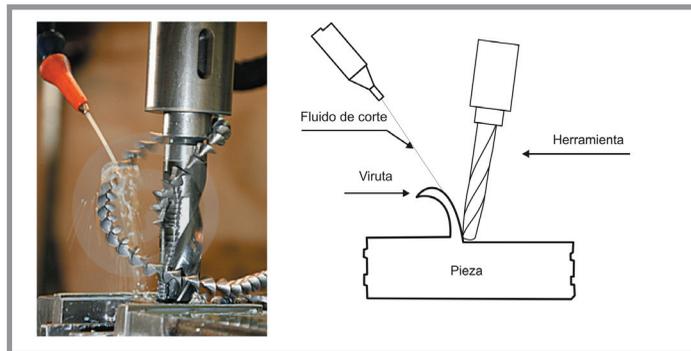


Fig. 1 - Esquema del proceso de mecanizado

Estos procesos se diferencian entre sí por el tipo de máquina - herramienta utilizada para dar forma y tamaño determinado a la pieza diseñada; comprendiendo entre otras las operaciones de:

- Torneado, fresado,
- Agujereado, cepillado,
- Roscado, brocado



Fig. 2 - Ejemplo de pieza producida por operaciones de torneado y fresado

### 1.1 Instalaciones, materia prima e insumos.

Las instalaciones donde se desarrolla el proceso productivo requieren iluminación natural y/o artificial, provisión de agua y energía eléctrica, toma de aire comprimido, sistemas de ventilación y de extracción forzada de vapores.

La materia prima utilizada como material de consumo comprende: diferentes tipos de aceros, fundiciones, aleaciones, cobre, bronce, aluminio y materiales plásticos mecanizables.

El PVC (Policloruro de Vinilo), en estado sólido, sustituye en muchos casos a los metales y se mecaniza por arranque de viruta, de forma similar a los metales. De igual manera podemos citar a los metacrilatos (acrílicos) y polímeros fluorados (teflón). Este tipo de materiales no se consideran en la presente guía.

Entre las máquinas herramientas utilizadas podemos citar:

- tornos paralelos, copiadores, revólver y automáticos,
- fresas,
- cepilladoras, taladros, agujereadoras, ranuradoras,
- centros de mecanizado con control numérico (CNC),
- routers, etc.

Las propiedades de los metales (dureza, estructura, presión específica de corte, etc.) condicionan la maquinabilidad del metal, influyendo sobre el balance energético de la operación y en consecuencia establecen diferentes condiciones de trabajo.

Durante el proceso de corte de metales, el efecto producido por las herramientas de corte y la resistencia del metal a ser cortado, generan una gran cantidad de calor, en función de la intensidad de la fricción entre la herramienta y la pieza a mecanizar.

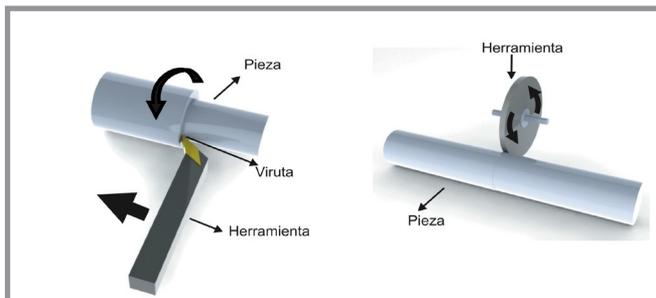


Fig. 3 - Esquema del sistema herramienta-pieza

Este calor debe ser controlado de forma eficaz a fin de evitar el recalentamiento de la herramienta, pues de otro modo conduciría a su rápido deterioro, así como a un terminado superficial defectuoso de la pieza trabajada. Los fluidos de corte evitan ese problema debido a su función refrigerante y lubricante.

Los mismos circulan en las máquina-herramientas desde sus depósitos hasta el punto de contacto entre la pieza y la herramienta, y luego son recirculados al circuito.

En la bibliografía, esos productos reciben, el nombre genérico de “aceites de corte” (cutting oils). Sin embargo, alguno de estos productos no contienen aceite mineral en su composición. Por lo tanto, las designaciones de “fluidos de corte” (cutting fluids) o “fluidos de mecanizado” (metalworking fluids) resultan las más adecuadas.

Las principales funciones de los fluidos de corte son:

- refrigeración;
- lubricación;
- remoción de virutas para no obstruir el área de corte;
- lavado.

Las propiedades exigidas a los mismos varían de acuerdo con la aplicación. No existe un fluido con características universales, que atienda a todas las exigencias, la mejora de ciertas cualidades con el uso de aditivos, induce a la pérdida de otras.



Fig. 4 - Utilización de fluido de corte

Los fluidos de corte se ofrecen en el mercado con diversas características tecnológicas. El usuario debe orientarse sobre cual de ellas es la que puede proporcionar el mejor costo/beneficio para sus condiciones de trabajo y seguir los procedimientos recomendados por el proveedor, teniendo en cuenta en esta elección introducir la variable ambiental.

Los aditivos proporcionan a los fluidos de corte diferentes propiedades tales como: antifricción, viscosidad adecuada, conductividad térmica, anticorrosividad, acción antiespumante, acción antioxidante, alta capacidad de absorción de calor, etc.

### 1.1.1 Composición y clasificación de los fluidos de corte

Los fluidos de corte se encuentran formulados con una base de aceite mineral, vegetal o sintético. Son de alta calidad y estabilidad, de diversas viscosidades y con el agregado de aditivos para garantizar las propiedades señaladas en el punto anterior.

La composición exacta de los fluidos y sus aditivos no siempre se detalla con claridad en las fichas de información de seguridad del producto y varía, en función de la finalidad de la aplicación y del material a ser trabajado.

Los fluidos de corte, se dividen químicamente en dos grandes grupos:

a) *Aceites de corte o fluidos aceitosos.*

Son aceites integrales exentos de agua. No son corrosivos y si se mantienen limpios, pueden ser usados por largo tiempo.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
<b>Base mineral</b>	Son aceites derivados del petróleo de base parafínica y con bajo nivel de carbonos aromáticos, para no causar daños a la salud del operario.
<b>Base sintética</b> (ésteres)	Son obtenidos por síntesis química a partir de moléculas provenientes del petróleo; presentan mayor duración, proveen una película lubricante mucho más resistente, soportan temperaturas superiores, reducen la fricción, pero requieren de aditivos adecuados, en relación a los de base mineral.
<b>Base vegetal</b> (ésteres grasos saturados y no saturados)	Son aceites más ecológicos pero tienen la desventaja de oxidarse rápidamente; poseen una significativa mezcla de componentes que pueden presentar, con el uso continuo, mal olor o crecimiento biológico.
<b>Mezcla</b>	Mezcla de aceites sintéticos y minerales para dar mayor compatibilidad y eficacia a los aditivos.

*Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Mecanizado del metal, IHOBE S.A.*

Los refrigerantes no solubles en agua no se adecúan para el mecanizado de alta velocidad debido a problemas ambientales tales como humo y regulación de encendido. Por ello, estos refrigerantes son utilizados para fresado, escariado y desbaste; donde las velocidades de corte son relativamente bajas. También son utilizados para el perforado de agujeros profundos con brocas cañón, los cuales requieren una viscosidad moderada para lograr una buena lubricación y evacuación de virutas.

b) *Emulsiones y soluciones o fluidos a base de agua.*

Los fluidos de corte acuosos, se presentan como concentrados que posteriormente son diluidos con agua en el momento de su utilización en las proporciones indicadas por el fabricante.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
<p><b>Emulsiones</b> compuestos mezclados con agua en concentraciones variadas, de aspecto lechoso.</p>	<p>Son una mezcla de aceites, minerales o vegetales de alta calidad, con viscosidades diversas que forman emulsiones lechosas de buen poder lubricante, pero muy susceptibles al deterioro biológico. Se utilizan para protección de superficies metálicas, generando a nivel superficial una capa protectora anticorrosiva; y en operaciones de alta velocidad, debido a la gran capacidad refrigerante que poseen.</p>
<p><b>Fluidos sintéticos “verdaderos”</b> (base polímero)</p>	<p>Estos fluidos no forman emulsiones y si soluciones químicas verdaderas, por lo que son denominados “sintéticos verdaderos”. Contienen aceites minerales sintéticos, aditivos y entre un 50 y 75 % de agua. Su principal ventaja es la capacidad de no absorber los aceites contaminantes de las máquinas y posee excepcional resistencia biológica. La principal desventaja de estas soluciones es que en los conductos por donde circulan, precipitan residuos cristalinos de sales generados por la evaporación del agua. Son preferentemente utilizados en tareas en las que la función refrigerante y la protección antioxidante son prioritarias, tales como el rectificado.</p>
<p><b>Fluidos semi-sintéticos</b></p>	<p>Poseen un mayor porcentaje de aceite mineral que les permite mayor capacidad lubricante; y consecuentemente pierden la capacidad de repeler otros aceites. Presentan aspecto de emulsión lechosa o transparente de acuerdo con la tasa de aceite mineral/emulsionante empleada. Su uso se extiende a operaciones en las que tanto la lubricación como la refrigeración son importantes; (taladrado, fresado, etc.).</p>
<p><b>Fluidos sintéticos de base Vegetal o de base Éster</b></p>	<p>Son fluidos donde la base mineral fue totalmente sustituida por una base vegetal o éster (sintética) y forman emulsiones semejantes a los fluidos semisintéticos. Susceptibles a la contaminación por otros aceites de base mineral. Presentan excelentes propiedades lubricantes, siendo adecuados para la mayoría de las operaciones de corte, garantizando alta performance y alta terminación superficial, pero tienden a presentar mayor tendencia a generar espuma que los fluidos semisintéticos o sintéticos verdaderos.</p>

Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Mecanizado del metal, IHOBE S.A.

### 1.1.2 Aditivos de los fluidos de corte y sus funciones.

Los aditivos mejoran las propiedades de los fluidos o les atribuyen nuevas características, como por ejemplo:

- la modificación de una propiedad física (presión de trabajo del fluido, viscosidad), o
- la adquisición de un efecto químico beneficioso (anticorrosivos, antioxidantes, etc).

Detalle de los aditivos y sus funciones:

ADITIVOS	COMPUESTOS QUÍMICOS	FUNCIÓN
<b>Antioxidantes</b>	Nitrito de sodio, alcanolaminas.	Proteger los fluidos de corte frente a la acción agresiva de la atmósfera.
<b>Emulsionantes</b>	Catiónicos; aniónicos (sulfatos, oleatos, resinatos); no iónicos, (dietanolamina, trietanolamina, poliglicoléter, alilfenol, alquilglicoles).	Estabilizar la emulsión.
<b>Inhibidores de corrosión</b>	Aminas, boratos, nitratos y mercaptobenzotiazol.	Proteger la pieza y la herramienta.
<b>Biocidas</b>	Formaldehído, fenoles, triazinas, isotiazolinas, cresoles, boratos.	Impedir el desarrollo de microorganismos en el fluido.
<b>Aditivos de extrema presión</b>	Parafinas cloradas, compuestos clorados, sulfurados y fosfatados, aceites y grasasminerales, alcoholes.	Formar una capa intermedia entre dos superficies metálicas, mejorando la lubricación y evitando el desgaste.
<b>Humectantes o estabilizantes</b>	Alcoholes, fosfatos, poliglicoles	Estabilizar el concentrado
<b>Antiespumantes</b>	Siliconas, ésteres grasos, hidrocarburos de alto peso molecular.	Evitar la formación de espuma
<b>Complejantes</b>	Compuestos orgánicos diversos (EDTA).	Eliminar y prevenir la formación de incrustaciones

Fuente: Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) – Ministerio de Medio Ambiente España.

### **1.1.3 Otros insumos.**

Por otra parte a los fines del mantenimiento de las máquinas-herramientas se emplean grasas, aceites y fluidos hidráulicos.

También se utilizan: trapos, telas de esmeril, solventes, aserrín; y otros elementos como por ejemplo: herramientas manuales, elementos de protección y seguridad personal (gafas, botas y guantes), etc.

## **1.2 Residuos, efluentes y emisiones generadas**

Los desechos generados se clasifican en:

- Asimilables a residuos domésticos.
- Industriales no peligrosos.
- Industriales peligrosos.

### **1.2.1 Residuos asimilables a domésticos:**

Estos residuos provienen de las actividades administrativas, comedores y vestuarios. Entre ellos podemos citar: papel y cartón, restos de alimentos, latas, botellas de vidrio, plásticos, etc.

### **1.2.2 Residuos industriales no peligrosos:**

Como desecho característico de la actividad tenemos diversos tipos de virutas (libres de sustancias peligrosas), piezas defectuosas y chatarras, restos de metales, como aceros, fundiciones, bronces, aluminio, y latones; como así también PVC, metacrilatos (acrílicos) y polímeros fluorados (teflón).

También se generan desechos de cristales de gafas y pantallas protectoras, envases de productos no peligrosos, embalajes (grandes cantidades de plásticos, cartones, madera), trapos y ropa no contaminados con productos peligrosos y herramientas en desuso.

### 1.2.3 Residuos peligrosos:

Para determinar si un residuo es peligroso, se debe consultar la normativa vigente. En la misma se enumeran los diferentes tipos de residuos que deben ser sometidos a control y las características de peligrosidad a considerar.

En concordancia con esta clasificación se detallan los principales residuos peligrosos generados en los procesos de mecanizado:

#### a) Fluidos de corte integrales agotados

Al ser sometidos a altas temperaturas en las operaciones de corte, los fluidos sufren reacciones de oxidación y polimerización, formando una mezcla compleja de compuestos orgánicos y otros elementos contaminantes resultantes del desgaste de los metales.

Además del fluido base agotado (mineral, sintético o vegetal), se generan otros contaminantes tales como fenoles, compuestos de zinc, cloro y fósforo, ácidos orgánicos o inorgánicos, etc.

#### b) Emulsiones y soluciones agotadas

La pérdida de calidad de los fluidos proviene de la fatiga térmica y de las reacciones químicas, agravándose por la presencia de microorganismos que metabolizan sus componentes, modificando su estructura química.

La presencia de sólidos hace que aumente más la proliferación de estos microorganismos y, por consecuencia, la degradación del fluido.

Tres tipos de microorganismos son frecuentemente encontrados en las emulsiones: bacterias, algas y hongos. Pueden ser combatidos con bactericidas y funguicidas, en cantidades restringidas por su limitada solubilidad en el agua.

#### c) Otros fluidos y lodos:

Paralelamente a los restos de fluido de corte agotado se generan otros desechos como lo son: restos de líquidos oleosos, líquidos o lodos con metales, aserrín impregnado con fluidos de corte, aguas aceitosas de limpieza de instalaciones, maquinaria y herramientas.

d) *Virutas y demás elementos impregnados:*

No menos importantes son los volúmenes de virutas y partículas metálicas impregnadas de fluido de corte, como así también ropa, trapos, materiales absorbentes y papel, empapados de productos contaminantes.

e) *Varios.*

Igualmente se generan en menor escala restos de otros productos contaminantes tales como envases vacíos de fluidos de corte y otros lubricantes, grasas, filtros contaminados, residuos del mantenimiento de maquinaria (espumas, aerosoles, disolventes).

#### **1.2.4 Efluentes líquidos:**

Los efluentes líquidos que normalmente se generan en los procesos de mecanizado son los descartes del agua que se utiliza en los sistemas de refrigeración de las máquinas, el agua de limpieza de las instalaciones y los efluentes de vestuarios, baños y comedores.

Este tipo de efluente debería encontrarse libre de contaminantes tales como fluidos de corte, aceites hidráulicos, etc. Caso contrario deberá tratarse de manera de que el vertido cumpla con la normativa vigente.

#### **1.2.5 Emisiones a la atmósfera:**

Las emisiones a la atmósfera se manifiestan a través de nieblas de aceite, gases, humos, vapores, compuestos orgánicos volátiles (COVs), y polvo con partículas metálicas.

También se considera una perturbación ambiental cuando la generación de niveles de ruido superan los límites establecidos en la normativa vigente. Dichos límites variarán según la zona de radicación de la industria y otros factores tales como el carácter y duración del sonido.



## **CAPÍTULO 2**

### **RIESGOS LABORALES**



## 2. RIESGOS LABORALES

Los principales peligros laborales que se presentan en los procesos de mecanizado derivan del trabajo de los operarios con el equipamiento y su exposición a los fluidos de corte, además de los riesgos eléctricos.

**RIESGO MECANICO:** son aquellas situaciones en las que pueden producirse lesiones por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos.

**RIESGO DE EXPOSICION A LOS FLUIDOS DE CORTE:** son aquellas situaciones en las que los trabajadores pueden sufrir sus efectos nocivos por tres vías de ingreso: inhalación, exposición cutánea e ingestión.

Por ejemplo, la elevada velocidad de giro alcanzada por las máquinas-herramientas y la presión de suministro del fluido, provocan la formación de nieblas o aerosoles, que se dispersan en el ambiente.



Fig. 6 - Formación de niebla al aplicar el fluido de corte.

En este contexto se manifiesta la posibilidad de inhalación de estas partículas. Las personas expuestas a esta atmósfera pueden presentar tos y catarro, irritación en la nariz y en la garganta y dificultad respiratoria. Las irritaciones de las vías respiratorias (neumonía fibrosa pulmonar y asma) son algunos de los principales efectos causados.

Por otra parte, debido al contacto cutáneo en distintas partes del cuerpo expuestas al fluido de corte, el operador puede presentar resecaimiento o irritaciones de la piel (alergias), erupciones cutáneas, irritación en los ojos, irritaciones respiratorias y disturbios gastrointestinales.

Asimismo, los biocidas no actúan solamente sobre los microorganismos en las emulsiones, sino también sobre la población natural de bacterias de las manos de los operadores que se ve afectada negativamente, dejando de formar la microflora protectora natural de la piel. Las consecuencias son eczemas y aparición de hongos.

## 2.1 Responsabilidades del empleador.

A los fines de disminuir los riesgos y evitar accidentes se recomienda implementar las siguientes medidas:

1. Capacitar a los operarios sobre las condiciones de higiene, seguridad y preservación ambiental.
2. Proveer los equipos de protección individual, suministrar instalaciones apropiadas para la higiene personal y mantener el ambiente físico de la empresa siempre limpio.
3. Establecer áreas de trabajo correctamente iluminadas.
4. Aplicar procedimientos y métodos de trabajo apropiados.
5. No permitir que los operarios trabajen en máquinas en condiciones precarias de mantenimiento.
6. Implementar un plan de mantenimiento preventivo para cada máquina.
7. Facilitar instrucciones al personal sobre manejo seguro de las máquinas, siguiendo el manual de instrucciones.
8. Colocar una plataforma aislante y fija para el trabajador frente a la máquina.
9. Identificar notoriamente en todos los equipos los dispositivos que permitan cortar la energía.
10. Resguardar los órganos de accionamiento, para evitar posibles conexiones involuntarias (puestas en marcha embutidas, pedales y palancas protegidos, etc.).



Fig. 7 - Mecanizado con carenado protector

11. Proteger los elementos móviles mediante resguardos fijos o móviles asociados a dispositivos de enclavamiento que detengan la maquinaria.
12. Solicitar a los proveedores las “hojas de seguridad” de aceites, fluidos de corte y demás sustancias peligrosas, informando los riesgos a supervisores y operarios.
13. Sustituir, cuando ello sea posible, los insumos riesgosos por otros productos menos nocivos. Por ejemplo, reemplazar los fluidos de corte – a veces aplicados en spray – por aire frío y muy pequeñas cantidades de lubricante de base vegetal o sintético.
14. Evitar la inhalación de los vapores que se originan cuando se calientan estos productos.
15. Contar con un adecuado sistema de ventilación o extracción en los lugares en donde se realicen operaciones con formación de vapores o nieblas.
16. Tener en cuenta que en caso de que se estime necesaria la utilización de los equipos de protección individual, los mismos deben ser impermeables a la sustancia en cuestión. Los delantales deben ser ligeros, cubriendo la parte frontal y lateral del cuerpo y hasta debajo de las rodillas. Las mangas postizas deben cubrir desde el hombro hasta la muñeca y ajustarse a ésta. En caso necesario, se deben emplear gorros y botas.
17. Establecer medidas de protección colectiva. No reutilizar envases de bebidas, rellenándolos con los productos peligrosos. Cuando sea necesario trasvasarlos desde su envase original a otro más pequeño, usar recipientes especiales para productos químicos y etiquetarlos adecuadamente, debiendo permanecer siempre bien cerrados.
18. Establecer medidas de Protección Personal. Cuando se manipulen productos peligrosos se debe utilizar guantes. En trabajos de precisión en los que se requiera mucha sensibilidad táctil y no sea posible su uso, utilizar una crema que actúe como barrera protectora.
19. Proveer al establecimiento de un servicio para atención de emergencias.

## 2.2 Responsabilidades del trabajador.

A los fines de disminuir los riesgos y evitar accidentes se recomienda seguir las siguientes indicaciones

1. La ropa de trabajo deberá estar bien ajustada al cuerpo. Las mangas deben llevarse ceñidas a la muñeca, con elásticos en vez de botones, o arremangadas hacia adentro. Se recomiendan las mangas cortas.
2. Es muy peligroso trabajar llevando anillos, relojes, pulseras, cadenas al cuello, bufandas, corbatas o cualquier prenda que cuelgue. Asimismo es riesgoso llevar cabellos largos y sueltos; estos deben recogerse bajo un gorro o prenda similar. Es preferible llevar el pelo corto.
3. Utilizar los equipos de protección personal necesarios para cada tarea: guantes, gafas, calzado de seguridad, casco, etc.



Fig. 8 - Elementos de seguridad

4. Siempre se deben conocer los controles y funcionamiento del equipo que se está operando. Se debe saber como detener su operación.
5. Las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo que puedan suponer un peligro para la seguridad de los trabajadores se realizarán tras haber parado y desconectado el equipo, haber comprobado la inexistencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha o conexión accidental mientras esté efectuándose la operación.
6. Comprobar que las protecciones se encuentran en buen estado.

7. Extremar las precauciones en la movilidad de las extremidades, de manera de evitar posibles atrapamientos, cortes, aplastamiento, etc.
8. Usar cremas protectoras apropiadas en las manos y antebrazos, cuando sea necesario.
9. Al cambiar la herramienta, soltar o amarrar piezas se deben tomar precauciones contra los cortes en manos y brazos. Realizar estas operaciones con la máquina parada
10. No retirar las virutas con la mano. Usar los elementos auxiliares adecuados (cepillos, pinceles, aspiradores, etc.).



Fig. 9 - Ejemplo de retiro de viruta.

11. No utilizar ropas impregnadas de fluidos de cortes. Evitar contactos innecesarios con los productos peligrosos.
12. No utilizar paños o estopas contaminadas con fluido para la limpieza de las manos, porque pueden contener virutas que pueden lesionar las manos.
13. Nunca lavar partes del cuerpo con fluidos de cortes.
14. Lavar las manos antes y después de ir al baño, hacerlo también antes de la ingesta de comidas y al final de la jornada de trabajo.
15. Separar las ropas de trabajo de los utensilios y vestuario de uso fuera del trabajo.
16. Procurar inmediatamente los primeros auxilios cuando ocurren cortes o rasguños o lastimaduras en la piel.
17. Nunca utilizar los recipientes de los fluidos para otro uso.
18. Cambiar y lavar la ropa de trabajo frecuentemente. No llevar, ni utilizar trapos húmedos impregnados de sustancias que puedan ser absorbidas por la piel, sin previa protección.

19. No guardar ni consumir alimentos o bebidas, ni fumar en los lugares donde se utilicen productos peligrosos .
20. Cuidar el orden y la limpieza de la zona de trabajo, máquinas, herramientas y accesorios.

Cada tipo de fluido es recomendado por el fabricante para determinadas aplicaciones, quien a su vez debe indicar la correcta forma de dilución, así como la utilización correcta de aditivos y de biocidas.

Los riesgos y efectos adversos pueden ser evitados, siguiéndose las precauciones y procedimientos resumidos en las fichas de información de seguridad de los productos.

## **CAPÍTULO 3**

### **RIESGOS AMBIENTALES**



### 3. RIESGOS AMBIENTALES

Los riesgos ambientales que surgen de los diferentes procesos de mecanizados están asociados a la generación y gestión de sus residuos peligrosos y al impacto negativo que potencialmente tienen los mismos sobre el medio ambiente.

Las principales causas generadoras de riesgos ambientales son:

CAUSA	ORIGEN	EFFECTOS ASOCIADOS
Arrastre del fluido con la viruta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometría incorrecta de piezas y virutas.</li> <li>• Posicionamiento incorrecto de las piezas.</li> <li>• Exceso de fluido</li> <li>• Calibración incorrecta del arrastre mecánico de las virutas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del área de transporte y almacenamiento de virutas.</li> <li>• Consumo elevado de fluido</li> <li>• Riesgo de salud asociado a la dispersión del fluido.</li> </ul>
Salpicaduras de fluido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta velocidad de corte.</li> <li>• Condiciones de abastecimiento del fluido (cantidad, presión y direccionamiento).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del área de transporte y almacenamiento de virutas.</li> <li>• Consumo elevado de fluido.</li> </ul>
Fugas de fluido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistencia o incorrecta implantación de plan de mantenimiento del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del área de transporte y almacenamiento de virutas.</li> <li>• Consumo elevado de fluido.</li> </ul>
Nieblas de fluido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta velocidad de corte.</li> <li>• Presión elevada de suministro de fluido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del aire.</li> </ul>
Residuos de fluido de corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradación físico química por acción bacteriana.</li> <li>• Contaminación por sustancias no deseadas.</li> <li>• Degradación físico química por fatiga del producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en el consumo de fluidos de corte.</li> <li>• Mayor generación de residuos.</li> </ul>

**Fuente:** Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Mecanizado del metal, IHOBE S.A.



Fig. 10 - Salpicaduras de fluido de corte

Por otra parte los desechos se pueden clasificar según su estado de agregación como se presentan en el siguiente cuadro:

TIPO DE CONTAMINANTE	ORIGEN
Líquidos	Vaciamientos, derrame accidental, transporte inadecuado de piezas y virutas impregnadas con fluidos. Aguas de lavados (de pisos, máquinas y herramientas) contaminadas con aceites, grasas y fluidos, con alta concentración de sólidos. Fluidos agotados, desengrasantes contaminados.
Gaseosos	Nieblas de fluidos, gotas microscópicas o aerosoles y partículas volátiles (por la utilización de compuestos alifáticos y nafténicos) generados debido a la elevada velocidad de giro y temperaturas alcanzadas por las máquinas – herramientas.
Sólidos	Virutas impregnadas de fluido, lodos de filtros, filtros contaminados, estopas contaminadas, solventes contaminados, papeles y plástico contaminado etc.

**Fuente:** Gestión de Residuos de fluidos de corte – Programa Piloto para la minimización de los impactos generados por Residuos Peligrosos – Centro Coordinador del Convenio de Basilea Uruguay - Rio Grande Do Sul - Año 2007.

Las sustancias o compuestos presentes en los fluidos agotados y sus riesgos característicos son:

TIPOS DE FLUIDOS	SUSTANCIAS O COMPUESTOS EN LOS FLUIDOS AGOTADOS	DISPERSIÓN EN MEDIO ACUOSO	TIEMPO ESTIMADO DE VIDA ÚTIL DEL FLUIDO DE CORTE	RIESGOS
Fluidos Integrales o Aceites de corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales pesados</li> <li>• Partículas metálicas</li> <li>• Parafinas cloradas</li> <li>• Aceites sulfurados, fosforados y sulfoclorados.</li> <li>• Compuestos policíclicos.</li> </ul>	Limitada	8-10 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de aguas y suelos</li> <li>• Riesgos higiénicos</li> <li>• Inflamabilidad</li> </ul>
Fluidos de corte Acuoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales pesados</li> <li>• Partículas metálicas</li> <li>• Nitritos - Aminas</li> <li>• Derivados del boro</li> <li>• Aceites libres</li> <li>• Fenoles</li> <li>• Hidrocarbonatos solubilizados.</li> </ul>	Total	2-3 años	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de aguas y suelos</li> <li>• Riesgos higiénicos</li> </ul>

**Fuente:** Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Mecanizado del metal, IHOBE S.A.

Entre las principales características de los residuos peligrosos descritos subrayamos que los aceites integrales no son biodegradables y que las emulsiones poseen una gama diversificada de productos químicos en su composición que resultan de difícil tratamiento.

La principal problemática ambiental del mecanizado se centra en el manejo de los fluidos de corte, ya que se pueden originar:

- Emisiones a la atmósfera de productos agresivos procedentes de la incineración no controlada de residuos aceitosos conteniendo cloro orgánico que favorecen la lluvia ácida y el deterioro de la capa de ozono y
- Efluentes líquidos conteniendo restos de compuestos contaminantes que vertidos en el suelo ó en recursos hídricos pueden afectar diferentes ecosistemas.

El deterioro de la calidad del aire debido a los aerosoles y a los vapores generados por el contacto del fluido con superficies calientes de las piezas y herramientas empleadas, implican un daño potencial, que varía en función de las propiedades físico químicas del fluido de corte, de la velocidad de rotación de las piezas trabajadas y del calentamiento de las superficies.

Si los fluidos de corte agotados fueran derivados a la red pública o directamente a un cuerpo hídrico, debido a su elevada demanda química de oxígeno (DQO), tomarían del agua el oxígeno disuelto necesario para mantener la vida acuática, pudiendo causar mortalidad de su fauna (peces).



Fig. 11 - Contaminación por derivación de fluidos a la red pública

Además de eso, poseen elevada toxicidad, debido a las sustancias químicas presentes en su composición y a otras sustancias y compuestos que se forman durante su utilización.

Los fluidos aceitosos dificultan el intercambio de oxígeno con la atmósfera y aportan compuestos persistentes, como las parafinas cloradas.

En general los procesos de mecanizado contribuyen a la existencia de distintos problemas ambientales tales como:

- Agotamiento de los recursos naturales.
- Contaminación de la atmósfera.
- Contaminación sonora.
- Reducción de la capa de ozono.
- Contaminación del agua.
- Contaminación del suelo.
- Pérdida de biodiversidad.

## **CAPÍTULO 4**

### **PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**



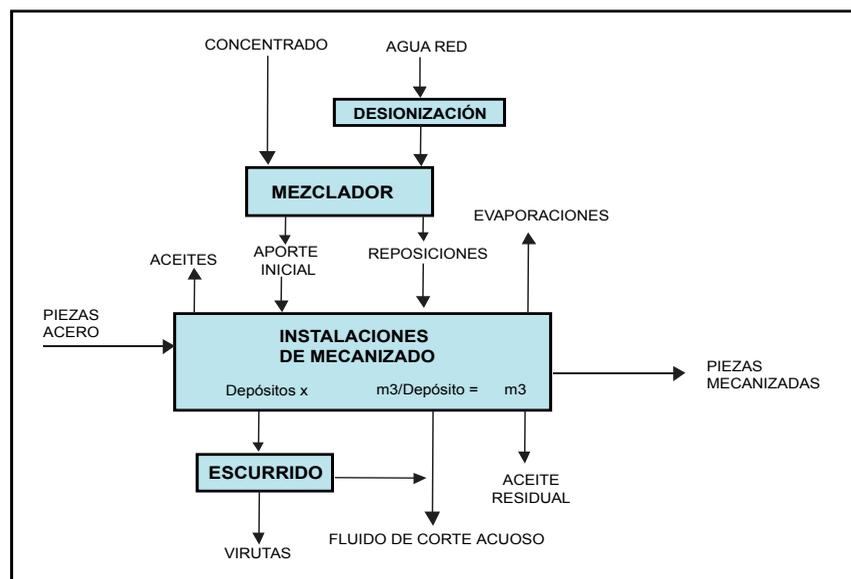
## 4. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Producción más Limpia (P+L) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva aplicable a los diferentes procedimientos del proceso productivo, a las materias primas y a los productos, conciliando la actividad económica con la preservación ambiental y la salud de las personas.

Las acciones que conducen a una P+L en los procesos de mecanizado, están basadas en el aumento de la vida útil de los fluidos de cortes, la utilización de insumos de menor toxicidad o riesgo ambiental, la minimización de las virutas, el ahorro energético, la disminución de los rechazos, las operaciones de reciclado, la racionalización en el consumo de los recursos naturales y la gestión adecuada de los desechos.

### 4.1 Recirculación del fluido.

La recirculación prolonga la vida útil de los fluidos de corte y debe ser adecuada a las necesidades de las operaciones de mecanizado.



Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Mecanizado del metal, IHOBE S.A.

Para los fluidos integrales la recirculación facilita la reutilización de los mismos, y en el caso de los fluidos a base de agua, reduce las necesidades de descarte y reposición.

Por otra parte, existen elementos sólidos que pueden contaminar el fluido de corte, por lo que se requiere seleccionar filtros y sistemas de separación que reduzcan la cantidad de sustancias indeseables.

El principal problema en el consumo del fluido de corte, es el excedente que se va con la viruta producida y con las piezas terminadas.

El fluido de corte que impregna las virutas, escurre y queda depositado en el fondo de las tolvas de recolección de piezas y virutas de las máquinas herramientas. Una solución económica a este problema, consistiría en la construcción de un doble fondo con malla para facilitar el filtrado en las tolvas de recolección, con un sistema de extracción del fluido de corte resultante, para la posterior reutilización en la máquina herramienta.

La gestión adecuada y un buen sistema de recuperación para los fluidos de corte, generan retornos económicos. Cuando las virutas presentan menor cantidad de líquido, logran mejor precio de venta; y por otra parte se minimiza el derrame de los mismos durante su transporte disminuyendo los impactos ambientales que se generan.

#### **4.2 Control analítico de los fluidos de corte.**

El control analítico de algunos parámetros de los fluidos es esencial para minimizar su contaminación y su degradación, contribuyendo a prolongar la vida útil de los mismos y a reducir la generación de efluentes.

Una de las más importantes y primeras tareas de mantenimiento de los fluidos de corte, es la verificación periódica de sus características, principalmente, para fluidos a base de agua, en que el problema de contaminación por bacterias y corrosión es más acentuado.

El control de calidad del agua y la correcta limpieza de las máquinas son importantes en la vida útil del fluido de corte.

Es importante el uso de agua desmineralizada para evitar la incrustación de sales por evaporación, lo cuál favorece el buen estado de los equipos y cañerías.

En el concentrado, no existe la presencia de microorganismos; la contaminación de los fluidos se da por agentes externos. Las bacterias se encuentran en la emulsión, pudiéndose desarrollar en la misma si no se mantiene un estricto control. Las fuentes de contaminación de las emulsiones son las piezas sucias y el agua de dilución.

La utilización de agua exenta de contaminantes y la correcta dilución de los concentrados en agua, contribuye para el mejor desempeño de los fluidos de corte.

El control del desgaste de los constituyentes del fluido de corte, por el arrastre de la viruta, puede ser realizado por el monitoreo de la concentración.

La prevención del crecimiento de microorganismos en las soluciones o emulsiones se realiza por medio del control del pH del fluido. La permanencia del pH entre 8,5 y 9,0 dificulta el desarrollo de las bacterias perjudiciales al fluido de corte.



Fig. 12 - Cinta de medición de PH

Mediante el control de las condiciones físico químicas del fluido de corte en el sistema de recirculación, se pueden detectar las siguientes situaciones que limitan la vida útil de los fluidos:

- Contacto de los fluidos de corte con aceites lubricantes de componentes de las máquinas y herramientas;
- Sedimentación de limaduras y demás impurezas;
- Acumulación de desechos de aceite en las paredes del sistema;
- Mal funcionamiento de la bomba de recirculación;
- Falta de aire para el accionamiento de los comandos neumáticos;
- Proceso ineficiente de limpieza del sistema;
- Reposición de fluidos de cortes en sistemas contaminados por bacterias;

Estas situaciones implican la necesidad de una gestión adecuada de los fluidos de cortes que permita reducir y valorizar los residuos.

### 4.3 Minimización de la producción de virutas.

Es importante comprender que las virutas formaron parte de la pieza original y por lo tanto constituyen un desperdicio de materias primas de alto valor, por otra parte el tiempo y los esfuerzos adicionales empleados en la “producción” de una cantidad excesiva de virutas incrementan los costos.

La reducción en la producción de virutas, genera una serie de beneficios entre los que se encuentran:

- Reducción del tiempo de mecanizado.
- Posible reducción de los costos de materias primas.
- Menor consumo energético.
- Menor cantidad de virutas que manipular.

Como paso previo a la reutilización y el reciclaje, es necesario reducir la cantidad de virutas producidas. Para abordar este problema es conveniente identificar:

- los procesos principales de producción de virutas,
- las principales máquinas productoras de virutas, y
- determinar la cantidad producida por período de tiempo.

Con esta información de base se pueden detectar los puntos críticos, para descubrir cuánto puede mejorarse para reducir la producción de virutas, mediante la adopción de medidas operativas.

A continuación se muestra cómo se pueden resolver problemas concretos y de ese modo reducir la cantidad de virutas producidas.

ASUNTO	PROBLEMA	TÉCNICA A CONSIDERAR
Exceso de mecanizado	• Partimos de pieza sobredimensionada.	• Partir de material más cercano en tamaño al de la pieza final.
	• Fabricación de pieza hueca.	• Partir de material ya hueco (en lugar de perforar materiales sólidos) o de materiales de fundición.

Fuente: Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. - Sociedad Pública de Gestión Abtal IHOBE – Gobierno Vasco.

Se recomienda comprar los materiales de partida con el tamaño y la forma más parecida posible al de la pieza final, por ejemplo, la utilización de barras del diámetro y la longitud apropiada reducirá la cantidad de material a mecanizar y por lo tanto la cantidad de virutas producidas. Como ejemplo para la fabricación de tuercas, la utilización de barras huecas de latón hexagonales reduce la producción de virutas.

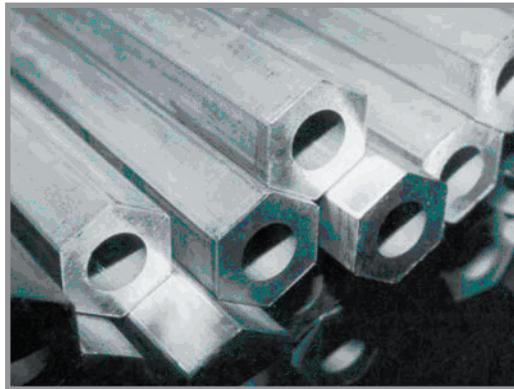


Fig. 13 - Barras huecas de latón exagonales para mecanizar.

#### 4.4 Manejo y disposición adecuada de las virutas.

El manejo y la disposición adecuada de las virutas para su posterior tratamiento permite una valorización del residuo. Una forma de aumentar el valor de las virutas producidas en las operaciones de mecanizado es reducir la contaminación con otros metales, fluidos de corte y/o agua de lluvia.

PROBLEMA	METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN
Contaminación con otros metales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separar las diferentes clases de virutas</li> <li>• Utilizar contenedores diferentes, etiquetados y claramente identificados o con códigos de colores.</li> </ul>
Contaminación con fluidos de corte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drenar y/o centrifugar.</li> </ul>
Contaminación con agua de lluvia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar en una zona cubierta.</li> </ul>

Fuente: Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. - Sociedad Pública de Gestión Abtal IHOBE – Gobierno Vasco.

La obtención de virutas puras y secas es el objetivo, para ello se aconseja:

- Retirar las virutas inmediatamente de las máquinas.
- Separar todos los metales no ferrosos (las virutas mezcladas disminuyen su valor).
- Extraer los fluidos de corte para incrementar el valor de las virutas para su reciclado.
- Etiquetar adecuadamente los contenedores de almacenamiento para evitar la contaminación con otros metales.
- Secar las virutas, por ejemplo por centrifugación o mediante un adecuado método de decantación.
- Considerar la utilización de mecanizado en seco para producir virutas secas y así eliminar el uso de fluidos de corte.
- Transportar las mismas de modo adecuado al área de almacenamiento.
- Almacenar pequeñas cantidades de virutas por separado hasta tener el suficiente volumen para proceder a su despacho.
- Disponer los contenedores de virutas en lugares adecuados y con cubetas o bateas de retención para evitar la contaminación con agua de lluvia, evitando que los fluidos de corte presentes en las virutas almacenadas contaminen el suelo o las fuentes de agua (por ej. las napas de aguas subterráneas).



Fig. 14 - Diferentes tipos de virutas de metal

#### **4.5 Reciclado de las virutas.**

El reciclado de virutas ofrece dos posibilidades operativas:

##### **a) Reutilización dentro de la empresa.**

Algunas empresas utilizan sistemas de recuperación de virutas para reciclar residuos metálicos en la propia planta. Esto resulta útil cuando se trata de metales de gran valor como el latón, o cuando una gran cantidad de material se pierde en forma de virutas en el proceso de mecanizado.

Estos métodos quedan limitados a empresas con las instalaciones de hornos adecuadas para refundir el metal.

La alimentación de un horno con pequeñas partículas de virutas puede resultar complicada, originando importantes problemas de emisión de partículas a la atmósfera o la oxidación del metal (especialmente del hierro).

Este problema se puede superar comprimiendo las virutas a altas presiones para obtener briquetas. Estos bloques de metal son más adecuados que las virutas originales para la alimentación directa a un horno.

Puede que para una pequeña empresa no resulte rentable comprar y poner en marcha una prensa empaquetadora (briqueteadora). Una posible alternativa es utilizar una empresa externa para producir las citadas briquetas para su empresa.

##### **b) Venta a terceros.**

Debe ser una cantidad óptima, ya que el transporte de cantidades muy pequeñas no resulta económico. Las virutas deberán almacenarse (separadas por clases y cubiertas) hasta reunir la cantidad adecuada.

Los diferentes metales tienen precios diferentes. Una vez mezclados, resulta difícil separarlos. Las virutas contaminadas con fluidos de corte no deberían ser aceptadas por los recuperadores de metales.

#### **4.6 Racionalización en el consumo de agua.**

Usualmente a la hora de reponer el fluido de corte en las máquinas herramientas, los encargados de realizar el mantenimiento, preparan la emulsión individualmente para cada máquina (mezcla de fluido de corte + agua).

Este procedimiento no es el más adecuado, ya que no siempre se coloca la cantidad correcta de fluido de corte y de agua, pudiéndose realizar una mezcla de proporciones incorrectas.

El fluido de corte en proporciones incorrectas podría deteriorar la máquina y generar un derroche del mismo que repercute proporcionalmente en los costos de la empresa.

Una forma de combatir este problema, consiste en preparar en un contenedor individual la mezcla óptima de fluido de corte, e ir dosificándola en la medida que se la requiera. No obstante debe observarse con atención los tiempos de permanencia de la emulsión diluida ya que en esta condición puede sufrir un deterioro más rápido por contaminación bacteriana

#### **4.7 Optimización del consumo energético.**

La minimización del consumo energético está fundada en máquinas herramientas con alta eficiencia, debiendo evitarse que las mismas se encuentren encendidas innecesariamente.

Simultáneamente la reducción en la generación de virutas y consecuentemente en los tiempos de mecanizado, trae aparejado la reducción en el consumo energético.

Los proveedores de metales y los fabricantes de herramientas, generalmente acompañan sus productos con las velocidades de corte más convenientes para hacer eficiente el mecanizado y optimizar el trabajo de las herramientas.

La elección de la velocidad de corte dependerá de tres variables asociadas: la velocidad específica de corte del material, el tipo de herramienta y el trabajo a realizar.

Por otra parte resulta indispensable optimizar la iluminación utilizando lámparas de bajo consumo y manteniéndolas limpias.

# **CAPÍTULO 5**

## **TECNOLOGÍAS LIMPIAS**



## 5. TECNOLOGÍAS LIMPIAS

La introducción de nuevas tecnologías en operaciones de corte de metales, en sustitución a las tecnologías clásicas, puede contribuir para la reducción del impacto ambiental causado por los fluidos agotados.

Estas tecnologías están siendo desarrolladas para perfeccionar los procesos de cortes, con el objetivo de atender los aspectos ambientales y económicos.

### 5.1 Mecanizado en seco.

Se han desarrollado técnicas de mecanizado en seco que eliminan la necesidad de utilizar fluidos de corte en diversas aplicaciones.

Estos métodos se usan cuando las condiciones de la operación y el material a mecanizar lo permiten. Se obtienen virutas secas y se evitan los riesgos potenciales asociados con la manipulación de los fluidos de corte.

Básicamente la posibilidad de mecanizar en seco depende del tipo de operación (torneado, fresado, rectificado, etc.), del material a mecanizar y de las características de la herramienta de corte.

Tecnológicamente los desarrollos fundamentales que se vienen realizando en el mundo del mecanizado se centran en la máquina herramienta y en la herramienta de corte fundamentalmente.

Avances en el diseño de las máquinas (altas velocidades, robustez...) y en las herramientas (herramientas recubiertas, nuevos materiales, nuevos tipos de recubrimientos...) están permitiendo que puedan realizarse en seco operaciones que hace pocos años era impensable realizarlas sin fluido de corte.

Por tanto, son muchas las combinaciones de operación-máquina-herramienta que permiten fabricar piezas en seco.

***El mecanizado en seco constituye la supresión completa del uso de fluido de corte***

Cuando se opta por la implantación de una tecnología de este tipo, deben adoptarse medidas para que las funciones que normalmente ejerce el fluido de corte (evacuación de virutas, refrigeración de la pieza y lubricación del área de contacto entre la pieza y la herramienta, etc.) sean asumidas por otros medios de manera que se garantice la estabilidad térmica y mecánica de la máquina, el cumplimiento de los estándares de calidad y la durabilidad de las herramientas.

Los factores que influyen en el desgaste de la herramienta cuando se mecaniza a velocidades de corte bajas son: la adhesión del material de la pieza con su viruta y la abrasión. A velocidades altas los factores críticos identificados son la difusión y la oxidación, generados como resultado de las altísimas temperaturas de corte que se alcanzan.

Específicamente, en una actividad en la que se planea implantar procesos de mecanizado en seco, la herramienta debe presentar reducida tendencia a la adhesión, así como elevada dureza y resistencia al desgaste por altas temperaturas.

Las herramientas recubiertas están permitiendo que el mecanizado en seco se extienda a áreas en las que, hasta el momento, los lubricantes habían sido considerados como imprescindibles.

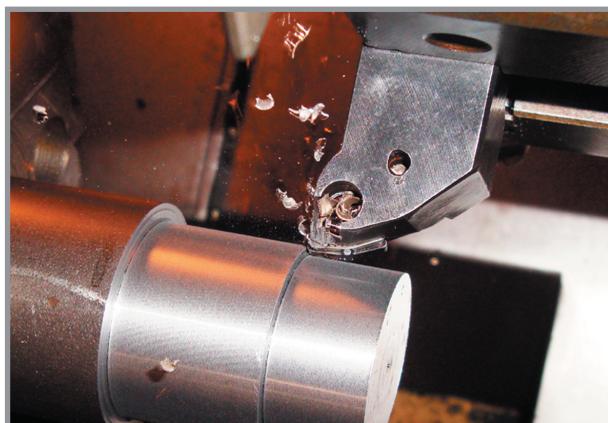


Fig. 15 - Mecanizado en seco

Existen experiencias con resultados positivos en operaciones tan críticas como son el brochado y el tallado de engranajes.

En el caso del tallado de engranajes, incluso se ha logrado mejor comportamiento en seco, utilizando herramientas de carburo. La refrigeración aportada por el fluido de corte resulta desaconsejable por la aparición de fenómenos de fatiga térmica que favorecen el desarrollo de mecanismos de deterioro de la herramienta (como el micro-spalling o el astillado del filo de corte) y en consecuencia provoca el desgaste prematuro de ésta. Por tanto, este es un caso de operación de mecanizado, en el que el corte en seco puede lograr incluso prolongar la vida de la herramienta.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN	COMENTARIOS
Mecanizado de fundición gris.	Mecanizando en seco se obtienen resultados positivos, utilizando herramientas recubiertas de Ti(N) y Ti (N-C). El grafito contenido en la fundición garantiza una lubricación base.
Sustitución del rectificado por mecanizado en duro.	Esta operación se realiza en seco debido al empleo de herramientas cerámicas y de nitruro de boro cúbico a las que no favorece el empleo de fluido de corte acuoso debido a problemas de fatiga térmica.
Tallado de engranajes.	Utilizando una fresadora adecuada al mecanizado en seco, los resultados de utilizar insertos de metal duro no recubiertos son positivos, permitiéndose alcanzar mayores velocidades de mecanización.
Fresado a alta velocidad (HSL).	Amplio espectro de posibilidades pudiéndose mecanizar en seco según operaciones.
Brochado de aceros de carbono <sup>3</sup> .	El brochado en seco evita la "no aparición" del filo recreado lo que favorece la mayor calidad superficial de la pieza. Se emplean brochas recubiertas.
Mecanizado de acero.	Resultados positivos existiendo riesgos en operaciones que no garantizan la adecuada evacuación de virutas o que requieren precisas tolerancias dimensionales.

Fuente: Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones. Mecanizado del metal, IHOBE S.A.

Particularmente, la precisión dimensional y las tolerancias pueden representar una severa restricción para el mecanizado en seco. En general se puede indicar que las operaciones de mecanizado en seco son siempre posibles cuando la pieza no requiere gran precisión dimensional o de forma.

Como norma general se puede decir que la aplicación concreta del mecanizado en seco requiere de la adquisición de conocimiento específico "in situ" de estos procesos y aplicaciones. Existen pocas informaciones relativas a aplicaciones concretas, pese a la disponibilidad de gran cantidad de artículos y publicaciones con resultados de investigaciones.

Debido al interesante potencial de racionalización del mecanizado en seco, muchas empresas están experimentando y realizando las primeras aplicaciones, si bien la mayoría de los resultados de estos ensayos se mantienen secretos, para evitar perder inmediatamente la ventaja competitiva adquirida.

## **5.2 Mínima cantidad de lubricante (MQL).**

El sistema MQL (Minimum Quantity of Lubricant) consiste en realizar la operación utilizando una cantidad prácticamente insignificante de aceite de corte proyectado en forma de niebla muy fina justo en el punto de corte.

Es una especie de corte en seco, porque realmente el uso de aceite de corte es casi nulo, a pesar de lo cual se rebaja la severidad de las condiciones aportando lubricación y obteniendo condiciones de corte a este respecto sensiblemente menos exigentes.

Por otra parte, frente a los aspectos ecológicos y de gestión de la viruta, no existen goteos, ni derrames, ni vertidos y la cantidad de fluido que queda en la viruta puede considerarse despreciable.

La viruta producida en procesos de mecanizado mediante MQL tiene concentraciones de aceite de corte inferiores al 1% en peso y puede considerarse seca.

A pesar de los avances obtenidos en el campo del mecanizado en seco, los fluidos de corte, aún en mínimas cantidades, siguen siendo imprescindibles en muchas operaciones.

Depende del tipo de operación y de la máquina herramienta, pero en los casos en que esta técnica es aplicable, los dispositivos para la aplicación del aceite al punto de corte mediante sistemas MQL no son caros ni difíciles de instalar en la máquina, por lo que hablamos de técnicas económicamente muy abordables.

La aplicación de la mínima cantidad de lubricante (MQL) aparece como una solución intermedia entre el mecanizado en seco y la lubricación tradicional que permite reducir drásticamente el consumo de fluido de corte garantizando un nivel adecuado de lubricación.

Mediante la aplicación precisa de gotas o aerosoles, los sistemas MQL humedecen la zona de corte con la cantidad de fluido de corte estrictamente necesaria.

El fluido de corte aplicado es consumido en el proceso no produciendo residuo alguno. Únicamente se genera una película ligera en piezas y virutas que mejoran sustancialmente su gestión y manipulación.

De igual manera que en el mecanizado en seco, hay que garantizar la estabilidad térmica y mecánica de la máquina que puede verse afectada en gran medida por esta alternativa.

Dentro de esta técnica existen tres métodos diferentes:

**a) Sistemas de pulverizado a baja presión.**

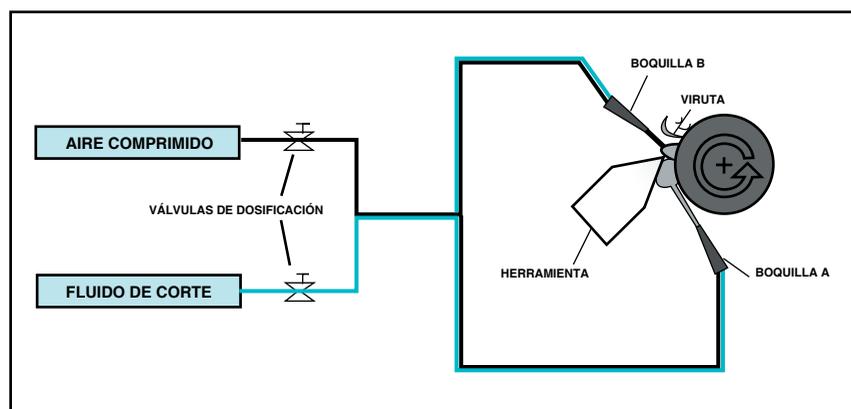
El fluido de corte se introduce en una corriente de aire a baja presión y se transmite a la superficie activa en forma de mezcla. Utilizada habitualmente con fluidos de corte acuosos. El grado de dosificación disponible es poco preciso.

**b) Sistemas de inyección sin aire.**

Utilizan bombas dosificadoras, que alimentan mediante pulsos una cantidad determinada de fluido de corte que se aplica sobre la superficie activa. No se requiere aire como medio de impulsión del fluido. De utilización sobre todo en procesos discontinuos.

**c) Sistemas de pulverización a alta presión.**

En estos sistemas, el fluido de corte se transporta a la boquilla mediante una bomba y allí se mezcla con el aire comprimido, que se suministra por separado. Así, las cantidades de aire y fluido de corte pueden ajustarse independientemente. La mezcla coaxial en la boquilla evita la posible formación de nieblas. Se alcanza un grado de dosificación de elevada precisión.



16. - Esquema de funcionamiento de un sistema MQL de pulverizado a alta presión



# **CAPÍTULO 6**

## **GESTIÓN AMBIENTAL**



## 6. GESTIÓN AMBIENTAL

La gestión de residuos, efluentes y emisiones es la etapa final de los sistemas de gestión ambiental. Una vez finalizadas las posibles opciones de reducción, reuso, reciclado y separados los diferentes desechos, se debe proceder al tratamiento final de los mismos dentro del propio establecimiento o bien derivarlo a un operador registrado y autorizado por las autoridades competentes (Secretaría de Medio Ambiente).

Entre los desechos más importantes tenemos los fluidos de corte agotados y las virutas impregnadas, sin dejar de mencionar que los residuos asimilables a los domésticos deben ser dispuestos para su recolección una vez separados y clasificados de acuerdo a las instrucciones de las autoridades locales. Igual tratamiento merecen los residuos industriales no peligrosos.

### 6.1 Gestión de los fluidos de corte agotados.

Dadas las diferentes composiciones químicas de los fluidos de corte, una vez agotados deben ser almacenados en forma separada, con una correcta identificación, de manera de optimizar operativamente sus posibilidades de tratamiento, recuperación ó disposición final de los mismos.



Fig. 17 - Almacenamiento de fluidos de corte agotados

Los fluidos de uso industrial pueden ser peligrosos durante el transporte, por posibles accidentes que afectarían al medio ambiente. Para reducir los riesgos de accidentes ambientales y realizar este transporte con seguridad, la legislación exige la capacitación y registración del transportador.

La búsqueda de esta información podrá ser realizada a través del sitio <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/78>.

### **6.1.1 Tratamiento y recuperación.**

Los procedimientos de tratamiento y recuperación deben ser enfocados de acuerdo con el tipo de fluido de corte, que determinará las técnicas y características apropiadas para cada caso.

Los aceites de cortes ó fluidos aceitosos integrales, exentos de agua, siempre que se mantengan libres de contaminantes, pueden ser usados indefinidamente. No obstante la acumulación de contaminación provoca deterioro de los aditivos y de las propiedades de los fluidos integrales, contribuyendo a disminuir la vida útil.

En general, en el reciclado de los fluidos aceitosos se retiran los contaminantes y se sustituye algún aditivo que fue degradado y el fluido recuperado puede entonces volver a ser utilizado. Cuando no fuera viable el reciclado o reutilización, entonces el fluido debe ser derivado para su refinación.

Los fluidos de cortes semi-sintéticos, que son parcialmente soluciones verdaderas y parcialmente emulsiones, y los sintéticos, que inicialmente forman mezclas con el agua, se van degradando y contaminándose con aceites a lo largo de las operaciones de cortes hasta perder las características necesarias para un buen desempeño.

Los fluidos sintéticos (soluciones) agotados, no son tratables por métodos convencionales, pues no son biodegradables. Mientras tanto, estos fluidos se agotan, principalmente, debido a la contaminación por los aceites, transformando la solución original en emulsión, cuya fase aceitosa puede ser separada y reciclada.

El tratamiento de las emulsiones y soluciones agotadas, es mucho más complejo que el de los fluidos integrales agotados y presenta las siguientes etapas:

- Ruptura de la emulsión (liberación de la fase aceitosa);
- Separación de aceite y grasas;
- Tratamiento de la fase acuosa.

El aceite al ser separado es destinado a tratamiento para su refinación o reutilización para otros fines (materia prima para fabricación de grasas, membranas para techos, combustible de caldera, etc).

Los barros no recuperables deben ser enviados para su tratamiento térmico a alta temperatura en empresas autorizadas.

### ***Ruptura de la emulsión.***

Muchas técnicas son utilizadas para romper la emulsión de aceite y agua. Las más importantes emplean métodos mecánicos, físico químicos y térmicos.

#### ***a) Métodos mecánicos***

Los principales métodos mecánicos son la ultrafiltración, la centrifugación y la flotación.

#### ***b) Métodos físico químicos***

La ruptura de la emulsión se consigue por medio de la adición de ácido u otro electrolito; luego los residuos aceitosos pueden ser retirados por medios mecánicos o por decantación.

#### ***c) Método de evaporación***

La evaporación es una técnica de separación de constituyentes con diferentes puntos de ebullición, permitiendo separarlos o simplemente concentrar uno de ellos.

Conviene destacar que esa separación no debe ser efectuada a temperaturas elevadas, debido al riesgo de descomposición de los aceites. Utilizando vacío, el agua evapora en temperaturas más bajas que en atmósfera normal, motivo por el cual en esas circunstancias, el riesgo de descomposición de los aceites es reducido.

La aplicación de la evaporación en vacío permite obtener un concentrado aceitoso, que constituye el residuo propiamente dicho, mientras que el agua evaporada puede ser reaprovechada, entrando nuevamente en el proceso como constituyente de una nueva mezcla.

La aplicación de esa tecnología solo es atractiva para empresas que procesan grandes cantidades de aceite en las operaciones de cortes, debido a la importante inversión que se requiere. No obstante también se puede pensar en un tratador que pueda procesar los fluidos de diferentes emprendimientos.

### ***6.1.2 Disposición final de fluidos de corte.***

Finalmente tendremos como desecho una parte del fluido agotado que deberá ser eliminada mediante procedimientos que minimicen cualquier impacto negativo sobre el medio ambiente.

El siguiente cuadro resume las posibilidades de valorización, tratamiento y destino de los desechos no valorizados.

TIPO DE RESIDUO	VALORIZACIÓN	TRATAMIENTO Y/O DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS NO VALORIZABLES
Virutas, polvos y partículas metálicas impregnadas con fluidos de cortes.	Retiro y reciclado del fluido de corte y del metal.	Envío de los residuos a relleno de seguridad.
Aceites minerales Integrales, aceites sintéticos, fluidos sintéticos y fluidos semi sintéticos agotados.	Regeneración de los aceites. Otros usos o combustible.	Incineración.
Emulsiones aceitosas (aceite mineral) agotadas.	Regeneración de los aceites Otros usos o combustible de la fase aceitosa.	Restos de aceites: Incineración Fase acuosa, dependiendo de la concentración de aceite: tratamiento adecuado antes del vertido.
Lodos de cortes que contienen sustancias peligrosas.	Reciclaje y recuperación de metales o compuestos metálicos.	Disposición en rellenos de seguridad.
Lodos metálicos que contienen aceites minerales.	Regeneración de aceites minerales Reciclaje y recuperación de metales o compuestos metálicos.	Disposición en rellenos de seguridad o incineración según del residuo que se trate.
Efluentes líquidos de limpieza de pisos.		Tratamiento fisicoquímico y biológico previo al volcado al cuerpo receptor.

**Fuente:** Gestión de Residuos de fluidos de corte – Programa Piloto para la minimización de los impactos generados por Residuos Peligrosos – Centro Coordinador del Convenio de Basilea Uruguay - Río Grande Do Sul - Año 2007

Cabe al generador de los mismos garantizar el correcto almacenamiento de este fluido residual, colocándolos en tanques o pequeños depósitos, debidamente etiquetados, hasta el momento de su retiro a cargo de un operador autorizado; de manera que no mezcle con restos de aceites usados o otros tipos de productos.

## **6.2 Gestión de las virutas.**

Las virutas se pueden recuperar de las operaciones de mecanizado de forma manual o automática.

El método utilizado depende habitualmente de la magnitud de las operaciones y del tamaño del equipo utilizado. Por ejemplo en un pequeño torno las virutas se retiran de forma manual, mientras que en grandes tornos CNC es normal la retirada automática de las virutas.

***Para garantizar la separación de metales, retire las virutas de la máquina cada vez que se utilice un nuevo metal en la producción.***

### **6.2.1 Recolección.**

La recolección manual es la forma más habitual de retirar las virutas, especialmente en pequeñas empresas. Las mismas se retiran de la máquina al final de cada fase de producción utilizando un cepillo adecuado. Esta técnica es aplicable especialmente en la utilización de taladros y otras herramientas que produzcan pequeñas cantidades de virutas.

Otra alternativa es utilizar una aspiradora portátil diseñada para retirar virutas y fluidos de corte.

Para garantizar una correcta separación, las cestas de recolección de virutas deberán vaciarse antes de utilizar la aspiradora para un metal diferente.

Deberá tener cuidado y evitar el contacto con los aceites, así como al manipular los bordes afilados de las virutas.

En tanto, en la recolección automática de virutas se pueden utilizar diferentes métodos, entre los que podemos citar:

- **Cinta transportadora.** Una cinta transportadora de acero recoge las virutas, a la vez que el fluido de corte es devuelto a la máquina. Estos sistemas normalmente resultan altamente fiables y pueden formar parte de un sistema modular con molinos y centrifugadoras.
- **Transportador de tornillo sin fin.** Normalmente forma parte de la máquina.
- **Transportador neumático.** Normalmente se utiliza un tornillo sin fin para alimentar el transportador neumático, lo que incluye un sistema de aspiración con un ventilador centrífugo. Estos sistemas disponen de una gran flexibilidad de colocación y pueden transportar las virutas hasta 100 metros. Las virutas son recogidas en el aire mediante un ciclón separador y depositadas en un contenedor de virutas. Es necesario utilizar un molino de virutas para manipular las virutas rizadas.
- **Transporte en el fluido de corte.** En grandes talleres, las virutas se transportan a un sistema central de recogida de virutas mediante el fluido de corte que fluye a través de un sistema de tuberías. Las virutas se retiran del fluido de corte utilizando cestas o un método similar.

La siguiente tabla muestra la aplicabilidad de estos cuatro sistemas:

APLICACIÓN	CINTA TRANSPORTADORA DE ACERO	TRANSPORTADOR DE	TRANSPORTADOR NEUMÁTICO	TRANSPORTE EN EL FLUIDO DE CORTE
Viruta particuladas.	SI	SI	SI	SI
Virutas rizadas.	SI	SI	NO	SI
Virutas largas.	NO	NO	SI	SI
Virutas cortas.	SI	SI	SI	SI

Fuente: Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. - Sociedad Pública de Gestión Abtal IHOBE – Gobierno Vasco.

### **6.2.2 Transporte de las virutas.**

Normalmente, las virutas se almacenan de manera temporal en recipientes situados junto a las máquinas. Estos recipientes se vacían posteriormente en los contenedores principales de almacenamiento de virutas.

Este sistema permite una gran flexibilidad en la ubicación de las máquinas, lo que puede resultar de utilidad.

Algunos sistemas de transporte de virutas, por ejemplo los transportadores neumáticos o los sistemas de transporte en fluidos, transportan las virutas directamente a su lugar de almacenamiento final.

A continuación se detallan los dos tipos principales de contenedores de virutas que se utilizan:

#### **a) Pequeños contenedores con ruedas.**

A menudo resulta preferible su utilización cuando se producen pequeñas cantidades de virutas. Los operarios pueden mover con facilidad estos pequeños contenedores con ruedas, con lo que se elimina la necesidad de utilizar otro equipamiento.

Se pueden vaciar rápida y eficazmente en un contenedor de mayor tamaño, lo que permite la inmediata reutilización del contenedor. Para separar el fluido de corte de las virutas, los contenedores deberán:

- Disponer de una malla sobre la base y de un grifo para el drenaje del fluido de corte.
- Vaciar de forma tal de asegurar que el fluido permanezca separado.



Fig. 18 - Contenedor para pequeñas cantidades de virutas

### **b) Contenedores grandes para carretillas elevadoras.**

Los contenedores para autoelevadores ó grúas son grandes contenedores que no permiten el transporte manual, pero que se pueden mover y volcar utilizando un sistema mecánico de elevación y transporte.

Disponen de una capacidad de almacenamiento mucho mayor y por lo tanto, son apropiados para operaciones que producen grandes cantidades de virutas.

La principal desventaja de este tipo de contenedor es que cualquier líquido que se haya separado vuelve a mezclarse con las virutas en el procedimiento de volcado, por lo cual se recomienda la instalación de grifos de drenaje en el fondo para poder recuperar el líquido escurrido.

Se recomienda vaciar siempre los contenedores de virutas antes de cambiar el tipo de metal que se va a trabajar.



Fig. 19 - Contenedor para grandes cantidades de virutas

### **6.2.3 Triturado de virutas.**

Las virutas rizadas necesitan ser trituradas para:

- Su transporte mediante métodos neumáticos,
- Su secado mediante centrifugado,
- Un almacenamiento más compacto (para reducir los costos de transporte).

La generación de viruta rizada continua es un importante problema a resolver, por ello se debe conseguir que en la operación se rompa el rizo de la viruta y lo que se forme sea viruta en pequeños trocitos.

En esto tiene una importante influencia la geometría de la herramienta. Por ello, cuando la operación, debido a sus condiciones y al tipo de material, tiene tendencia a formar viruta rizada continua, se utilizan herramientas con geometría determinada que consiguen que la viruta se vaya rompiendo a medida que es arrancada de la pieza.

Esto se da típicamente en el torneado y se resuelve utilizando insertos de geometría específica (plaquitas), pero obviamente este tipo de herramientas no pueden aplicarse a todas las operaciones de mecanizado.

Entre los beneficios de la producción de virutas particuladas, a partir de virutas rizadas se pueden incluir:

- Las virutas ocupan alrededor de un 75 % menos de volumen
- Mayor seguridad en la zona de trabajo (no hay virutas onduladas que puedan producir cortes a los operarios)
- Mayor limpieza en la zona de trabajo, lo cual puede mejorar el rendimiento de la máquina.

Una trituradora de virutas se utiliza para desmenuzar, triturar y particular las virutas. Normalmente las virutas se desmenuzan del mismo modo que un molinillo muele los granos de café.



Fig. 20 - Triturador de virutas

#### **6.2.4 Secado de virutas.**

Entre las diversas ventajas de reducir la cantidad de fluidos de corte presente en las virutas se encuentran:

- Mayor posibilidad de poder reutilizar las virutas.
- Almacenamiento de las virutas más sencillo y seguro,
- Menor riesgo medioambiental.

Destaquemos que se pueden obtener mayores ahorros en los costos si también se logra que el fluido de corte se pueda reciclar.

A continuación se detallan diversas formas de reducir el contenido de fluidos de corte en las virutas:

##### **a) Mecanizado en seco y con Mínima Cantidad de Lubricante (MQL)**

En el capítulo 5, se mencionan técnicas de mecanizado en seco que eliminan la necesidad de utilizar fluidos de corte en diversas aplicaciones, obteniéndose virutas secas y evitando los riesgos potenciales asociados con la manipulación de los fluidos de corte.

En tanto el sistema MQL consiste en realizar la operación utilizando una cantidad prácticamente insignificante de aceite de corte, con lo cuál las virutas arrastran una mínima cantidad de fluidos de corte.

Por otra parte, frente a los aspectos ambientales y de gestión de la viruta, no existen goteos, ni derrames, ni vertidos y la cantidad de fluido que queda en la viruta puede considerarse despreciable.

##### **b) Drenaje por gravedad.**

Cuando se depositan las virutas en un recipiente o contenedor, parte del fluido de corte sobrante será drenado de forma natural por efecto de la gravedad. Por lo que se recomienda:

- Utilice una malla sobre la base y un grifo en la parte inferior, para el drenaje del fluido de corte.
- Retire las virutas del contenedor utilizando una pala en lugar de realizar el volcado del contenedor; ya que allí las virutas se mantienen más secas (parte del fluido ha caído al fondo del contenedor).

- Utilice un contenedor con orificios de drenaje, comprobando que se mantiene en posición vertical en una zona con bandeja de retención para evitar la contaminación del suelo o de las fuentes de agua próximas con el fluido de corte.

### c) *Centrifugado.*

En una centrifugadora, el líquido se separa de las virutas haciendo girar la mezcla de virutas / fluido de corte. Las virutas onduladas deberán desmenuzarse previamente antes de poder ser centrifugadas.

Existen máquinas automáticas con alimentación continua de una transportadora que normalmente depositan las virutas directamente en un recipiente o contenedor; y entonces se puede separar el fluido de corte para su posterior limpieza y reciclado.

***El centrifugado permite la reutilización interna del fluido de corte y la venta de las virutas a recuperadores de metal.***

### 6.2.5 Separación magnética.

Este método que es aplicable únicamente a las virutas de acero, se utiliza para sistemas en los que las virutas se transportan mediante el fluido de corte. Las virutas se retiran del fluido de corte mediante un potente imán y posteriormente se retiran del imán con medios mecánicos.



Fig. 21 - Separador magnético de virutas

### 6.2.6 Almacenamiento de virutas.

Se pueden presentar las siguientes opciones:

CONTENEDOR	USO
Bolsas.	Pequeñas cantidades de metales valiosos.
Contenedores.	Grandes cantidades de virutas.
A granel.	Cantidades importantes de virutas listas para su transporte a granel.

*Fuente: Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. - Sociedad Pública de Gestión Abtal IHOB E – Gobierno Vasco.*

El almacenamiento en bolsas es especialmente aplicable para pequeñas cantidades de titanio, latón o aluminio.

Los contenedores se ubicarán en áreas determinadas a tal fin y debidamente protegidas de la acción climática .

Las virutas almacenadas deberán estar:

- Claramente etiquetadas o con códigos de colores.
- Cubiertas.
- Aisladas.

El área de almacenaje deberá tener un playón convenientemente impermeabilizado y con pendientes para conducir los posibles vertidos hacia una zona de recolección y estar delimitada por pequeños muros de protección a prueba de escapes rodeando la zona.

# **CAPÍTULO 7**

## **RECOMENDACIONES GENERALES**



## 7. RECOMENDACIONES GENERALES

Muchas de las recomendaciones plasmadas en esta guía, no solo tienen en cuenta la disminución del impacto negativo sobre el medio ambiente, sino también el aprovechamiento de materias primas e insumos y la disminución en la generación de residuos, efluentes líquidos y emisiones gaseosas.

La reducción así como el reciclado y reuso de residuos son fundamentales para minimizar la disposición final de los mismos, que en muchos casos es muy costosa.

Asimismo, es de suma importancia que todos los residuos peligrosos generados, que no se puedan reciclar o reutilizar, se transporten y gestionen por medio de tratadores autorizados por la autoridad competente (Secretaría de Medio Ambiente de la Pcia. de Santa Fe), teniendo en cuenta la confección de los manifiestos para cada retiro de residuos peligrosos que se realice.

Es fundamental el conocimiento de la normativa ambiental aplicable, manteniéndose actualizado con respecto a la misma.

***Una gestión ambiental correcta solo puede asegurarse a través de la incorporación de las buenas prácticas ambientales a su personal y a la cultura de la empresa.***

La capacitación continua y la permanente revisión de los procesos en búsqueda de oportunidades de mejora permitirá una gestión ambiental sustentable en el tiempo, si estas prácticas son impulsadas por la dirección de la empresa.



## **CAPÍTULO 8**

### **ANEXOS**



## 8. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1: Glosario

**Cuerpo receptor:** Es el sistema al que concurren los efluentes que genera una actividad .

**Cuerpo receptor final:** es el curso natural de agua superficial (río, arroyo, lago, laguna) al que concurren los efluentes luego de su conducción en las cañerías cloacales o en los conductos pluviales cerrados o abiertos; que actúan como cuerpo receptor.

**Efluentes:** son los líquidos residuales que han sido o no sometidos al tratamiento de corrección, y que se vierten desde el establecimiento hasta el cuerpo receptor.

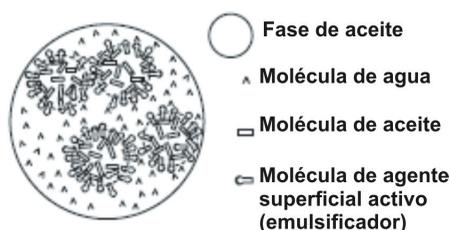
**Emisión:** Descarga de sustancias a la atmósfera como consecuencia de procesos físicos, químicos, biológicos o fisicoquímicos.

**Emisiones gaseosas:** descarga de sustancias a la atmósfera como consecuencia de procesos físicos, químicos, biológicos o fisicoquímicos. Estas sustancias se encuentran en estado aeriforme, sean gases, aerosoles (líquidos y/o sólidos), material particulado, humos negros, químicos, nieblas y olores que constituyan sistemas homogéneos, heterogéneos.

**Emisiones fugitivas:** descarga de contaminantes a la atmósfera, cuando no han sido canalizados a través de ductos o chimeneas.

**Emulsión:** es el líquido que contiene en suspensión partículas muy pequeñas de otro líquido que no llegan a formar una verdadera disolución. La mezcla de agua con aceite es posible debido a la acción de emulsionantes. El fluido de corte se elabora al agregar al aceite una pequeña cantidad de emulsificador, antiséptico y otros componentes. Si se mezcla con agua, la emulsión se torna blanca. El aceite se divide en pequeñas gotas que son

dispersadas en el agua, formando una emulsión. Este tipo de refrigerante es utilizado principalmente en torneado y fresado.



**Fuentes de contaminación:** entiéndase por fuentes de contaminación a los automotores, maquinarias, equipos, instalaciones o incineradores, temporarios o permanentes, fijos o móviles, cualquiera sea su campo de aplicación u objeto a que se le destine, que emitan sustancias que produzcan o tiendan a producir contaminación ambiental.

**Gestión ambiental:** acción y efecto de administrar el medio ambiente en un tiempo y espacio dados. Su efectividad depende del grado de conocimientos científicos y medios tecnológicos utilizados.

**Generador de residuos peligrosos:** toda persona física o jurídica responsable de cualquier proceso, operación o actividad que produzca residuos calificados como peligrosos.

**Instalaciones de tratamiento:** es el conjunto de elementos que modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo o líquidos residuales provenientes del establecimiento de modo tal que se eliminen sus propiedades nocivas o se recuperen energía o recursos materiales o se obtenga un residuo menos peligroso, o mas seguro para su transporte o disposición final . Incluye las cañerías, cámaras, accesos, tubos testigos y todo otro dispositivo complementario ubicados dentro del establecimiento.

**Insumos:** son aquellas sustancias empleadas en la producción de otros bienes.

**Líquidos residuales:** son los líquidos provenientes del proceso que se realiza en el establecimiento, en las condiciones en que se encuentran antes de ser sometidos al tratamiento de corrección.

**Manifiesto de residuos peligrosos:** el manifiesto es el documento donde se informa sobre la naturaleza y cantidad de los residuos peligrosos generados, su origen, la transferencia del generador al transportista y de éste a la planta de tratamiento / disposición final, ó almacenamiento transitorio, así como los procesos de tratamiento y eliminación a los que fueron sometidos y cualquier otra operación que respecto de los mismos se realizare. Es fundamental contar con el manifiesto de la operación según lo establecido en la normativa vigente de la Secretaría de Medio Ambiente de la Pcia. de Santa Fe para todo movimiento y disposición final / tratamiento de estos residuos fuera del lugar de generación.

**Monitoreo:** proceso de observación y determinación repetitivas, con objetivos bien definidos relacionados con uno o más elementos del medio ambiente, de acuerdo con un plan temporal y espacialmente determinado. Esto suministra información de hechos que conciernen al estado presente del medio ambiente y la tendencia a cambios del mismo observada desde etapas anteriores.

**Niveles guía de calidad de aire:** concentración de contaminantes debajo de cuyos valores se estima, para el grado de conocimiento disponibles en el momento, que no se producirán efectos adversos en los seres vivos.

**Operador de residuos peligrosos:** persona física o jurídica responsable por la operación completa de una instalación o planta, destinada al almacenamiento, tratamiento o disposición final de residuos peligrosos.

**Plantas de disposición final:** son lugares especialmente acondicionados aptos para el depósito permanente de residuos peligrosos

**Peligrosidad:** capacidad intrínseca de causar daño. En el caso de un residuo se evaluará en función a las características del Anexo II del Decreto N° 1844/02.

**Residuo:** cualquier objeto o material en cualquier estado físico de agregación, que resulta de la utilización, descomposición, transformación, tratamiento o destrucción de una materia o energía, y que carece o se infiere que carece de utilidad o valor para el generador o dueño y cuyo destino natural debería ser su eliminación, salvo que se a utilizado para un proceso industrial.

**Residuo peligroso:** a los efectos del Decreto N° 1844//02 es residuo peligroso el que se encuentre comprendido dentro del Anexo I y que posea algunas de las características enumeradas en el Anexo II de dicho Decreto; Como así también cualquier residuo que contenga alguno de los constituyentes del Anexo I en concentraciones superiores a las determinadas por la autoridad de aplicación. La autoridad de aplicación podrá ampliar los Anexos I y II cuando razones de índole científico-técnicas así lo aconsejen.

**Riesgo inherente a la actividad:** probabilidad de causar daño o pérdida a la salud humana, al ambiente o a los recursos naturales.

## **8.2 Anexo 2: legislación aplicable.**

El 12 de noviembre de 1999 la Legislatura de la Provincia de Santa Fe sancionó la ley N° 11.717 de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable que establece el marco regulatorio en la materia.

Posteriormente el Poder Ejecutivo procedió a su reglamentación; en particular resulta de aplicación para la industria metalúrgica y metalmeccánica la siguiente normativa:

**Dec. 1844/02:** *define y clasifica a los residuos según su naturaleza, crea un registro de generadores, en el que deben inscribirse los generadores de Residuos Peligrosos.*

**Dec. 101/03 y Resolución 10/04:** *Se refieren al impacto ambiental de nuevos emprendimientos y de empresas existentes. Clasifican a las empresas en tres categorías (1, 2 y 3) según el nivel de impacto que producen en el ambiente. Establecen la obligatoriedad de presentar los Formularios de Categorización antes del 31 de diciembre de 2005, estos formularios se adjuntan al Decreto y son:*

**Formulario A:** *información de la empresa (legal y formal)*

**Formulario B:** *descripción de productos, procesos, efluentes, residuos y emisiones; gestión de estos tres últimos.*

**Formulario C1:** *solo para los que generan Residuos Peligrosos.*

*De la evaluación de estos formularios, la SMA adjudica la categoría a la empresa o emprendimiento. Si la categoría es 1, solo se presenta un formulario como declaración jurada.*

*Si la categoría otorgada es 2 o 3, corresponde para los nuevos proyectos la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, y para las empresas existentes un Informe Ambiental de Cumplimiento. Estos estudios deberán revalidarse cada tres años para la Categoría 2 y cada dos años para la Categoría 3.*

**Resolución 267/02:** *Crea un inventario provincial de equipos eléctricos que utilizan aceites refrigerantes o dieléctricos (transformadores y capacitores), los usuarios o tenedores de estos elementos tendrán que presentar dentro de los 30 días de publicada la información requerida en el Anexo I.*

**Resolución 46/03:** Establece la obligatoriedad y condiciones del análisis de los fluidos dieléctricos de transformadores y capacitores, con fecha límite al 30 de abril de 2004. Admite excepción para los equipos que cuenten con certificado de fabricación “libre de PCBs”, que deberá presentarse, y para transformadores secos. Obliga a descontaminación de equipos con PCBs.

**Resolución 35/04:** Deroga y modifica a la anterior; el espíritu es similar.

**Resolución 201/04:** Gestión del recurso Aire. Establece niveles guía de calidad de aire, prohíbe incineración de residuos al aire libre, regula contaminación química, sonora y olores.

#### **Otras normativas importantes:**

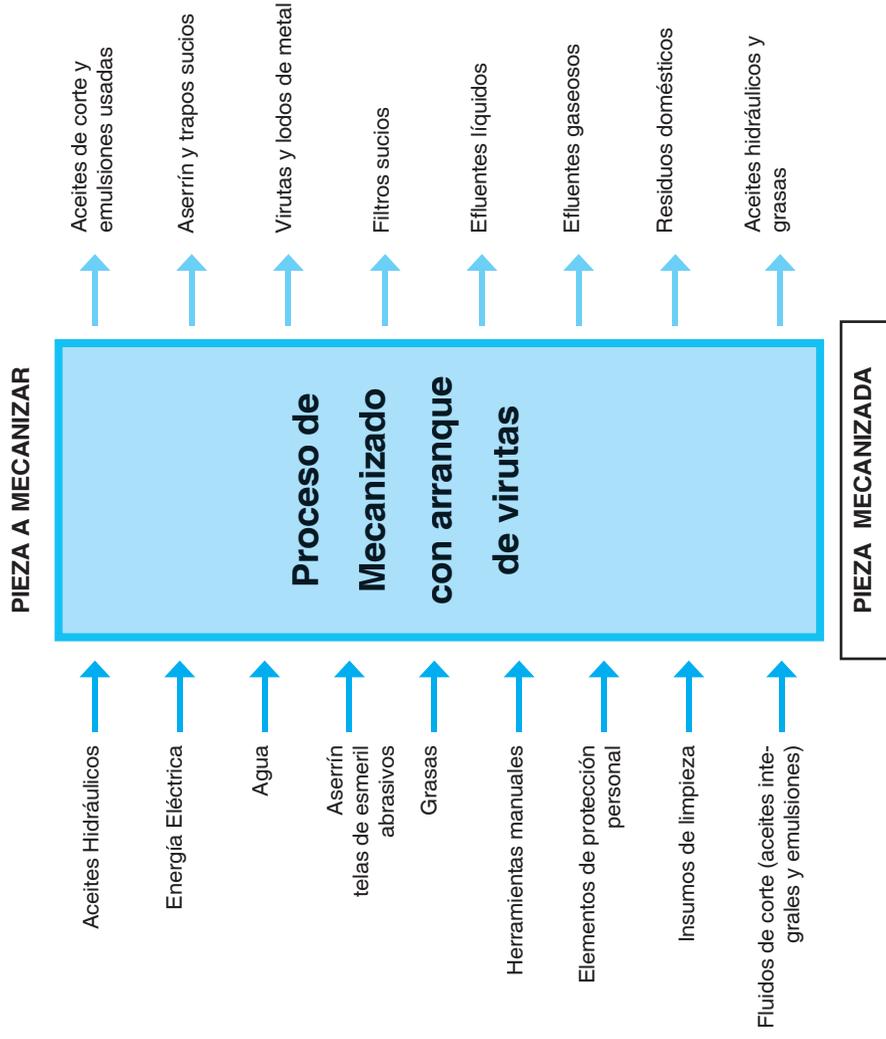
**Resolución 1089/82 ex DIPOS:** Establece condiciones de vuelco y calidad para efluentes industriales que se vuelquen fuera de colectora cloacal.

**Resolución 0145/07 Reglamento Transporte de líquidos procedentes de pozos absorbentes:** Prohíbe la utilización de este medio para evacuar efluentes o residuos líquidos industriales.

**Ley 10.703:** Código de faltas de la Provincia de Santa Fe.

**Ley 11.220:** Privatiza la DIPOS, obliga a volcar efluentes industriales en la colectora cloacal (donde exista el servicio), establece los requisitos de calidad que deben cumplir. Las autoridades de aplicación son el ENRESS y la empresa concesionaria.

DIAGRAMA DE PROCESO



Composición básica de los fluidos de corte % en el concentrado con respecto al volumen				Usos
	Agua	Aditivos		
Aceite de corte	-	96	4	Fresado, escareado, desbaste, perforados profundos.
Emulsión mineral	<10	60 - 80	<30	Se utilizan para protección de superficies metálicas y en operaciones de alta velocidad, debido a la gran capacidad refrigerante que poseen.
Emulsión semisintética	10 - 50	10 - 40	20 - 60	Operaciones en las que tanto la lubricación como la refrigeración son importantes (taladrado, fresado, etc)
Solución sintética	40 - 60	<5	40 - 60	Utilizado en máquinas CNC y en tareas donde es prioritaria la refrigeración (rectificado, protección antioxidante, etc)



## SÍNTESIS DE LA GESTIÓN OPERATIVA EN P+L

Residuos, efluentes y emisiones generados	Posibles Contaminantes	Riesgo Laboral	Buenas prácticas	Riesgo Ambiental	Gestión Ambiental
<b>Aceites de Corte usados y agotados</b>	Metales pesados Partículas metálicas Sustancias cloradas sulfurradas, fosforadas	Riesgo de exposición: inhalación, cutáneo e ingestión. Efectos: irritaciones en las vías respiratorias; erupciones y alergias en la piel, irritación en los ojos y trastornos gastrointestinales	Para minimizar su generación: controlar sus propiedades físico-químicas y recircular el fluido en el equipamiento. Recolección en contenedores independientes	Contaminación de aguas y suelos Inflamabilidad	Almacenarlos en lugares adecuados, en tanques ó depósitos debidamente etiquetados, debiendo permanecer bien cerrados y separados, hasta que sean recuperados o tratados en planta, retirados por un operador autorizado; ó destinados a empresas de tratamiento y recuperación. Registrar su retiro.
<b>Emulsiones usadas y agotados</b>	Metales pesados Partículas metálicas Nitritos, Aminas, boro fenoles solubilizados			Contaminación de aguas y suelos	
<b>Filtros, aserrín, papeles Tissue, arcilla absorbente y trapos impregnados con aceites, grasas, solventes y pinturas. Lodos con fluidos de corte</b>	Sustancias químicas tóxicas. Compuestos orgánicos volátiles y cloro flúor carbonados		Recolectarlos en capachos independientes	Contaminación de aguas y suelos. Reducción de la capa de Ozono.	
<b>Virutas con fluidos de corte</b>	Partículas metálicas y contaminantes del fluido de corte	Riesgo mecánico: corte e incrustación. Riesgo de exposición: ídem anterior	Secar las virutas y recolectarlas en capachos según el tipo de metal.	Agotamiento de los recursos naturales y contaminación de aguas y suelos	Almacenar las virutas secas adecuadamente para que sean retiradas para su reuso. Para los fluidos de corte residuales dar el tratamiento indicado.
<b>Envases vacíos de sustancias peligrosas</b>	Restos de sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables, etc.	Riesgo de exposición: ídem anterior	Identificarlos y etiquetarlos	Contaminación de aguas y suelos	Deben ser retirados por el proveedor o por un operador autorizado para el tratamiento de residuos peligrosos.
<b>Aguas de limpieza</b>	Restos de fluidos de corte, aceites hidráulicos, etc.	Riesgo de exposición: ídem anterior	Minimizar el uso de agua.	Contaminación de recursos hídricos y suelos	Derivarlas a las áreas de tratamiento fisicoquímico y biológico, ó térmico de altas Temp.
<b>Emisiones gaseosas Nieblas de aceite, gases, humos y vapores</b>	Metales pesados Compuestos orgánicos volátiles y cloro flúor carbonados. Sustancias sulfurradas y fosforadas	Problemas respiratorios	Capturar y derivar por medio de sistemas de aspiración	Contaminación atmosférica. Reducción de la capa de Ozono.	Tratar los efluentes gaseosos, en caso de ser necesario.
<b>Emisión sonora</b>	Ruidos molestos	Problemas auditivos	Evitar ruidos innecesarios y controlar el nivel.	Contaminación ambiental	Mejorar la insonorización de las instalaciones



8.5 Anexo 5.

ESQUEMA MARCO LEGAL AMBIENTAL DE INTERÉS PARA EL SECTOR METALÚRGICO

Normativa	Ley 11.717	Ley 11.220	Res. 1.089/82	Dec. 1.844/02	Res. 201/04	Dec 101/03 y Res. 10/04	Res 267/02, 42/03 y 35/04
<b>Descripción</b>	Ley General del Ambiente	Privatización DIPOS, régimen provisión de agua y servicios cloacales.	Regula vuelcos de efluentes fuera de la red cloacal.	Regula gestión de residuos sólidos y líquidos y gases contenidos en envases.	Establece niveles guía de calidad de aire, regula contaminación química, sonora y olores.	Impacto ambiental para emprendimientos nuevos y empresas existentes.	Regula tenencia de equipos eléctricos con aceites refrigerantes. Bifenilos policlorados(PCBs o Askareles).
<b>Aplicable a</b>	Todos	Quienes vuelcan efluentes en colectora cloacal, usan agua de red y/o extraen agua del subsuelo.	Quienes vuelcan efluentes fuera de colectora cloacal. (solo donde no hay red cloacal)	Quienes generan residuos.	Quienes generan emisiones gaseosas y/o ruidos y/o olores.	Todas las actividades industriales, varía según categoría.	Quienes posean transformadores refrigerados con aceite o capacitores con dieléctrico líquido.
<b>Requisitos para cumplir</b>	Cumplir Decretos Reglamentarios y Resoluciones.	Autorización de vuelco, calidad de efluentes según Anexo B.	Autorización de vuelco, calidad y caudal de efluentes.	Gestión conforme al Dec. 1844/02 Si genera Residuos peligrosos, Formulario C1de la Res. 10/04.	Para generadores: gestión conforme y mediciones adjuntas al Informe Ambiental de Cumplimiento.	Formularios de categorización A y B. Nuevos: Estudio de impacto Ambiental. Existentes: Informe Ambiental de Cumplimiento.	Inscribir equipos en el Inventario Provincial. Analizar aceites y descontaminar si corresponde.
<b>Plazo para cumplir</b>	Lo que corresponda según el caso.	De cumplimiento efectivo.	De cumplimiento efectivo.	De cumplimiento efectivo, Formulario C1: Dic. 2005	Con Res. 10/04	Categorización: Dic. 2005 EIA o IAC: 6 meses luego de ser categorizados.	Dic. 2002 y Dic. 2004. Para Dic. 2009, completar eliminación de PCBs.
<b>Autoridad de aplicación</b>	SMA	ASSA, ENRESS	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA

SMA : Secretaría de Medio Ambiente

ENRESS: Ente Regulador de Servicios Sanitarios

ASSA: Aguas Santafesinas Sociedad Anónima.

Nota: en todos los casos se debe contar con habilitación municipal al día, la misma será exigida por las otras autoridades.



## 10 ACCIONES DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL PUESTO DE TRABAJO

1. Desarrollar las actividades correctamente vestido, con las mangas ceñidas a la muñeca y utilizando los equipos de protección personal: protectores auditivos, gafas, calzado de seguridad, etc.
2. Evitar riesgos mecánicos, tales como: enganche, arrastre, corte, punzonamiento o aplastamiento.
3. Evitar la exposición a los fluidos de corte (inhalación, contacto cutáneo, ingesta).
4. Desconectar eléctricamente los equipos para las tareas de mantenimiento, calibración o ajuste.
5. Preparar correctamente las emulsiones y reciclarlas mientras no estén agotadas.
6. Minimizar el consumo de insumos y la generación de residuos, clasificándolos y separándolos.
7. Utilizar materiales absorbentes para limpiar derrames; no utilizar agua.
8. Optimizar el consumo de energía: controlar luminarias y equipos.
9. Respetar las normas de higiene y seguridad laboral.
10. Mantener el orden y la limpieza en el puesto de trabajo.





## **CAPÍTULO 9**

### **BIBLIOGRAFÍA**



## 9. BIBLIOGRAFÍA

### 9.1 Bibliografía.

- Libro Blanco para la minimización de Residuos y Emisiones – Mecanizado de Metal – Sociedad Pública de Gestión Ambiental IHOBE – Gobierno Vasco.
- Gestión de Residuos de fluidos de corte – Programa Piloto para la minimización de los impactos generados por Residuos Peligrosos – Centro Coordinador del Convenio de Basilea Uruguay - Rio Grande Do Sul - Año 2007.
- Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. - Sociedad Pública de Gestión Ambiental IHOBE – Gobierno Vasco.
- Fluidos de corte: criterios de control de riesgos higiénicos. Redactor: Roberto Laborda Grima - Doctor en Ciencias Biológicas, FORD ESPAÑA, S.A.

### 9.2 Imágenes.

- Fig.1 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 2 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 3 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 4 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).
- Fig. 5 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).
- Fig. 6 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 7 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 8 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 9 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 10 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 11 - [periodismoenlaweb.com](http://periodismoenlaweb.com).
- Fig. 12 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).
- Fig. 13 - Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas, IBOHE S.A.
- Fig. 14 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 15 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 16 - Adaptación: Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas, IBOHE S.A.
- Fig. 17 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).
- Fig. 18 - Centro tecnológico José Censabella.
- Fig. 19 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).
- Fig. 20 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).
- Fig. 21 - Salón virtual de la industria, [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es).