

50521
28



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**RECICLAJE DE DISOLVENTES
EN LA INDUSTRIA METALMECANICA.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A ,
ALEJANDRO HERNANDEZ SALAS



MEXICO, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/013/03

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: ALEJANDRO HERNÁNDEZ SALAS

P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. Eduardo Loyo Arnaud
Vocal:	I.Q. José Antonio Zamora Plata
Secretario:	M. en C. Lourdes Castillo Granada
Suplente:	I.Q. Gonzalo Rafael Coello García
Suplente:	I.Q. Néstor Noe López Castillo

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., 24 Febrero del 2003.

EL JEFE DE LA CARRERA

M. EN C. ANDRES AQUINO CANCHOLA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A Mi Madre

Por su amor, paciencia, y gran apoyo recibido durante toda mi vida y en especial en mi formación profesional

Mil Gracias

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A Mi Esposa

Por su gran amor que me brinda día a día y que me ha hecho ser
mejor ser humano

Mil Gracias

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agradezco

A: Universidad Nacional Autónoma de México por darme todas las facilidades para formarme moral y profesionalmente

Al: Ing. José Antonio Zamora Plata por todo su apoyo y cooperación en el desarrollo de este trabajo

A: Mis hermanos Sandra, Miguel, Beatriz y Jorge por darme fuerza para seguir siempre adelante

A: Todos y cada uno de mis profesores que gracias a ellos adquiri conocimiento invaluable

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Índice

	Página
1. Introducción	3
1.1 Estadísticas de disolventes generados por la industria metalmecánica	5
1.2 Situación actual de manejo o disposición de residuos en empresas mexicanas	9
2. Definición de las empresas que se caracterizan como industria metalmecánica	10
3. Bases legales para el manejo de residuos peligrosos	12
3.1 Las leyes, reglamentos y normas más importantes	14
3.2 Normas oficiales mexicanas (NOM) en materia de residuos peligrosos y de transporte	15
4. Descripción de los principales procesos y los tipos de residuos generados	17
4.1 Almacén de recepción	18
4.2 Procesos de manufactura	19
4.2.1 Separar y cortar	19
4.2.2 Forjar	21
4.2.3 Tornear, taladrar, fresar y cepillar	21
4.2.4 Esmerilar y pulir	23
4.2.5 Plegar, rolar, prensar, troquelar, estirar	24
4.2.6 Soldar	25
4.3 Tratamientos	26
4.3.1 Recocer, templar, cementar	26
4.3.2 Desengrasar, lavar	26
4.3.3 Fosfatizado	27
4.3.4 Pintar y laquear	28
4.3.5 Acabados de galvanoplastia	29
4.4 Almacenamiento de residuos	30
4.4.1 Almacén de disolventes	30
5. Medidas para evitar la generación de residuos	32
5.1 Medidas que actualmente realizan las empresas mexicanas para minimizar la generación de residuos	33
5.2 Materiales auxiliares de operación impregnados	34
5.2.1 Lodos y polvos	35

5.3	Mejoramiento de las condiciones de almacenamiento de los residuos y de su manejo interno	36
5.3.1	Disolventes	36
5.3.2	Aceites lubricantes gastados y aceite solubles refrigerantes	36
5.3.3	Aguas residuales	37
5.3.4	Lodos	37
5.4	Métodos de preparación de superficies	38
5.4.1	Desengrasado	38
5.4.2	Limpieza en frío	39
5.4.3	Desengrase por vapor	39
5.4.4	Limpieza de precisión	41
5.5	Alternativas para minimizar la generación de disolventes	42
5.5.1	La reducción de las fuentes de contaminación en la limpieza y el desprendimiento	42
5.6	Propuestas para sustituir los químicos que son peligrosos	44
5.6.1	Los limpiadores alcalinos sustitutos	44
5.6.2	La sustitución de los procesos	46
5.6.3	La compra, el almacenaje y la administración de materiales	46
5.7	Enjuague	46
5.7.1	Ahorro de agua de los enjuagues	48
5.7.2	Los sistemas de enjuague	49
5.8	Fosfatizado	49
5.9	Esmaltado y laqueado	50
5.9.1	Tipos de materiales	50
5.9.2	Otras medidas	51
6.	Alternativas de reciclaje	52
6.1	Reciclaje de solventes	55
6.1.1	Tratamiento inicial	55
6.1.2	Purificación	56
6.1.3	Reciclado	57
6.1.4	Sistema de destilación on-site	58
7.	Conclusiones	59
	Anexo A	60
	Anexo B	61
	Anexo C	70
8.	Bibliografía	73

1. Introducción

La industria metalmeccánica reviste una enorme importancia para México, ha sido en gran medida la impulsora de la urbanización del país, ha favorecido el surgimiento de un sector de servicios que ha consolidado a las metrópolis y ciudades medias, y en la actualidad representa uno de los principales elementos dinamizadores del desarrollo. La industria metalmeccánica utiliza materias primas, energía, capital y trabajo humano para generar bienes socialmente deseables, pero también, sus procesos productivos arrojan al ambiente subproductos indeseables para los cuales, generalmente, no hay ganancias ni mercado. Entre ellos están las emisiones de contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y los residuos peligrosos y no peligrosos.

El volumen de generación de residuos peligrosos fue relativamente pequeño a finales de la década de los sesenta ya que permitía que éstos fueran asimilados dentro de las capacidades de carga del suelo, cuerpos de agua y drenajes urbanos. Sin embargo, al avanzar el tiempo y el proceso, el volumen desborda las capacidades biofísicas de asimilación y manejo, convirtiéndose en un reto enorme de gestión industrial y de política ambiental.

En México, se sabe que hasta 1970 prácticamente no se aplicó ningún criterio ambiental para el desarrollo industrial, aunque había indicios de impactos crecientes, particularmente en términos de contaminación atmosférica y la generación de desechos. Se estima que entre 1950 y 1960 estos efectos se incrementaron conforme la industria fue aumentando la presencia de ciertas ramas y tecnologías más contaminantes. Adicionalmente, las afectaciones ambientales derivadas de la industria eran asumidas como efectos locales y eran percibidas a una escala que, se pensaba, no ameritaba una preocupación mayor. En cuanto al uso de recursos naturales, predominaba la idea de su explotación como fuente inagotable y, por tanto, sin necesidad de imponerle restricciones.

La reestructuración productiva de finales del período sustitutivo de importaciones hizo que cambiara el panorama en cuanto a las ramas más contaminantes y riesgosas. En general, la producción de electricidad, la industria química y de derivados del petróleo se colocaron como las más dinámicas. A ello se sumó la producción de fibras



sintéticas, resinas, fertilizantes, plásticos, pinturas, pigmentos y gases industriales. Algo similar sucedió con el papel, hule, metalmecánica, cemento y la producción de maquinaria. Como marco de referencia, se indican a continuación algunos datos estadísticos del giro mencionado que está clasificado por la Secretaría de Economía bajo el subsector 38, dentro del cual se distinguen 13 diferentes ramas industriales que se presentan con sus datos generales en el **anexo A**. El Subsector 38, de Productos metálicos, maquinaria y equipo, incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.

A nivel nacional en 1998 existían 46,246 empresas bajo el Subsector 38 (INEGI), las que pueden separarse en Micro, Pequeñas, Medianas y Grandes, de acuerdo a la siguiente tabla correspondientes al Estado de México y Distrito Federal. Se concentran en esta área aproximadamente el 24% de las empresas correspondientes a este giro.

Tabla 1. Clasificación por tamaño de empresas de acuerdo al número de empleados

Tamaño de la Empresa	Numero de empleados	Numero de Empresas		
		A nivel Nacional	Estado de México	Distrito Federal
Micro	1-15	40928	4507	4592
Pequeña	16-100	3715	569	840
Mediana	101-250	793	170	117
Grande	>251	810	113	85
Total		46,246	5,359	5,634

Fuente : Censo industrial. Industrias manufactureras extractivas y electricidad 1998 INEGI

Cabe destacar que la situación económica del país influye también en el giro metalmeccánico, por lo cual, en la actualidad el número de empresas registradas ha variado.

Este trabajo tiene como principal propósito el fomentar la recuperación de disolventes e insumos secundarios empleados en la industria metalmeccánica, así mismo, se intenta sentar otras bases necesarias para el manejo adecuado de los residuos producidos por la industria metalmeccánica con la finalidad de inducir la integración de nuevas cadenas productivas, tanto para residuos con alto valor comercial en el mercado como para materiales secundarios de bajo costo.

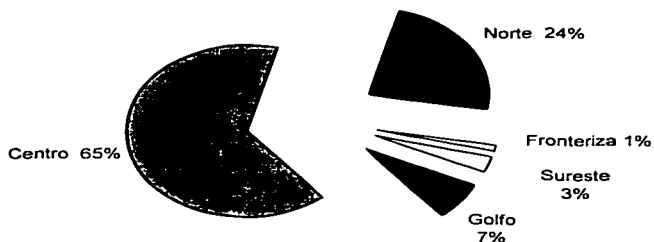
1.1 Estadísticas de solventes generados por la industria metalmecánica

En particular, la industria manufacturera contribuye con cerca del 18 % del producto interno bruto y el 80 % del total de las exportaciones. Las ramas con mayor participación al PIB del sector de la manufactura son la de alimentos, bebidas y tabaco con el 26 %, seguida de los productos metálicos, maquinaria y equipo con el 24 % y la de los químicos, derivados del petróleo, caucho y plástico con el 18 %, aproximadamente.

Como consecuencia de las actividades industriales se generan algunos subproductos indeseables, entre los que se encuentran los residuos industriales peligrosos (RIP's) que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, y biológicas infecciosas (CRETIB), y que deben ser manejados y dispuestos adecuadamente para que no afecten al ser humano o a su entorno. Se estima que la generación de RIP's en México alcanza la cifra de 8 millones de toneladas al año, de las cuales se considera que solo el 26 % recibe un manejo adecuado. La diferencia, equivale a casi 6 millones de toneladas anuales, que se acumula en las instalaciones de las industrias o se dispone de manera ilegal. Por distribución geográfica, la región Centro (Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y el Distrito Federal) alcanza casi el 65% de la generación total, y el 24% corresponde a la región Norte (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Durango, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Zacatecas, Aguascalientes, Colima y Jalisco). Los otros porcentajes se muestran en la figura 1

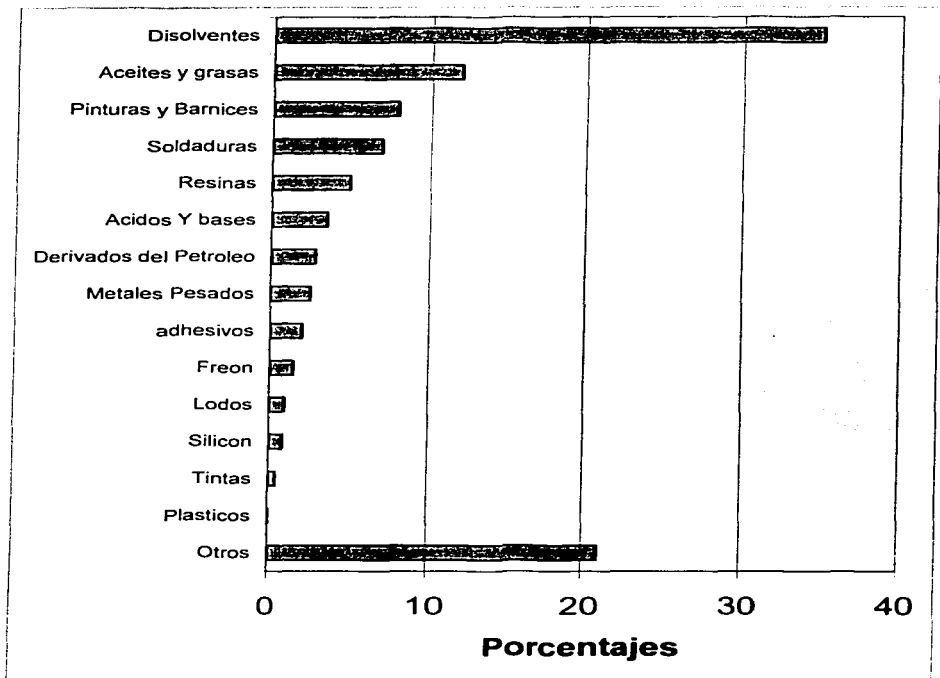
Del total de los RIP's generados, cerca del 45 % corresponde a disolventes, aceites y grasas. Siguen en importancia los desechos de soldadura, resinas, ácidos y bases, derivados del petróleo, metales pesados y adhesivo. Como se puede ver en la figura 2.

Fig1. Generación de residuos peligrosos por regiones



Fuente: Para INEGI. Censos Económicos 1999. Actividades de Producción de Bienes. Minería y Extracción de Petróleo; Industrias Manufactureras; Industria Eléctrica; Captación, Tratamiento y Suministro de Agua; e Industria de la Construcción.

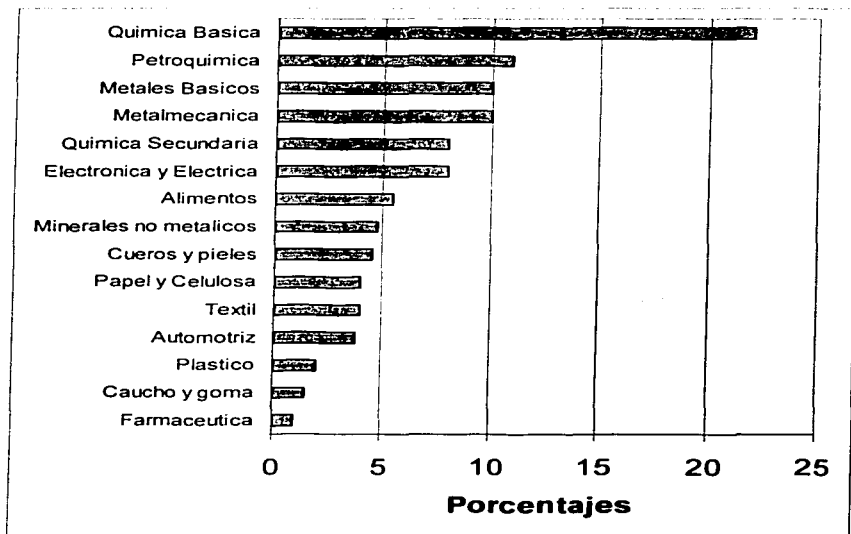
Fig. 2 Porcentajes por tipos de residuos



Fuente: Para INEGI. Censos Económicos 1999. Actividades de Producción de Bienes. Minería y Extracción de Petróleo; Industrias Manufactureras; Industria Eléctrica; Captación, Tratamiento y Suministro de Agua; e Industria de la Construcción.

De acuerdo con las ramas económicas, la industria química básica, secundaria y petroquímica aportan alrededor del 40 % del total. Le siguen la industria metalmeccánica y metálica básica con el 10 % cada una y la industria eléctrica con el 8 %, figura 3.

Fig. 3. Generación estimada de residuos peligrosos por rama industrial. (Aprox 8,000,000 ton/año)



Fuente: Para INEGI. Censos Económicos 1999. Actividades de Producción de Bienes. Minería y Extracción de Petróleo; Industrias Manufactureras; Industria Eléctrica; Captación, Tratamiento y Suministro de Agua; e Industria de la Construcción.

1.2 Situación actual de manejo o disposición de residuos en empresas Mexicanas

El total de residuos peligrosos reportados por la industria metalmecánica es de 9,336 ton/a. Una generación aproximada por parte de las áreas más importantes de este giro como son el maquinado (corte, esmerilado, doblado, soldado, desengrasado, enjuagado), galvanizado y pintura se muestra a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Generación de residuos por área

Tamaño de la empresa	Maquinado (Ton/a)	Galvanizado (m ³ /a)	Pintado (Ton / a)
Micro	4.5	-----	-----
Pequeña	719.4	6566.4	2.6
Mediana	781.2	91.2	26
Grande	135.6	708.2	33

INEGI. *Censos Económicos, 1999. XII Censo de Servicios. Tabulados Básicos.* Aguascalientes, Ags., México, 2001.

Los residuos que se reportan con más frecuencia en la industria metalmecánica se presentan en la tabla 3

Tabla 3. Residuos reportados con mayor frecuencia

Tipo de residuo	Frecuencia de aparición	Cantidad (Ton/a)	Área que lo genera
Aceite lubricantes gastados	15	1,026	Maquinado
Lodos de planta de tratamiento de agua	5	9.9	Pintado
Lodos y natas de pinturas	6	37.2	Maquinado
Aceites de corte y soluble	15	42.2	Tratamiento térmico
disolventes	17	161.3	Planta en general
Total	58	1,276.6	

SEDESOL. Dirección general de Residuos peligrosos Abril, 2001.

2. Definición de las empresas que se caracterizan como industria metalmeccánica

Las empresas contempladas dentro del giro industrial metalmeccánico, transforman la materia prima del hierro y acero principalmente en piezas mediante procesos mecánicos, con o sin el arranque de virutas, cambiando su forma geométrica. En muchas empresas sigue posteriormente un acabado de la superficie de las piezas.

Las ramas de producción de la industria metalmeccánica incluyen, por ejemplo, la fabricación y ensamble de maquinaria y equipos, industria automotriz y auto partes para automotores, embarcaciones, aeronaves, ferrocarriles, entre otros. Fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos; aparatos y accesorios de uso doméstico, reproducción masiva de medios magnéticos u ópticos, equipo de procesamiento informático; aparatos de precisión, medida y control, equipo e instrumental medico quirúrgico y bienes de consumo así como herrajes.

Los insumos son, además de las materias primas de hierro y acero, los materiales auxiliares correspondientes que deben ser aptos para los requerimientos propios del proceso respectivo. Como ejemplo, cabe mencionar la diversidad de aceites y emulsiones especiales.

En general podemos decir que en la división de la metalmeccánica es:

A. Tipo de negocio.- Taller, fabricación en taller, taller mecánico, limpieza en taller mecánico, maquila, manufactura a contrato, subcontratista, fabricación pesada en acero, pailera, pailera pesada, etc.

B. Productos.- Recipientes a presión código ASME, tanques de acero, código calentadores a fuego directo, hornos, estructuras de acero, estructuras metálicas, equipo especial diseñado por el cliente, limpieza en partes metálicas automotrices, etc.

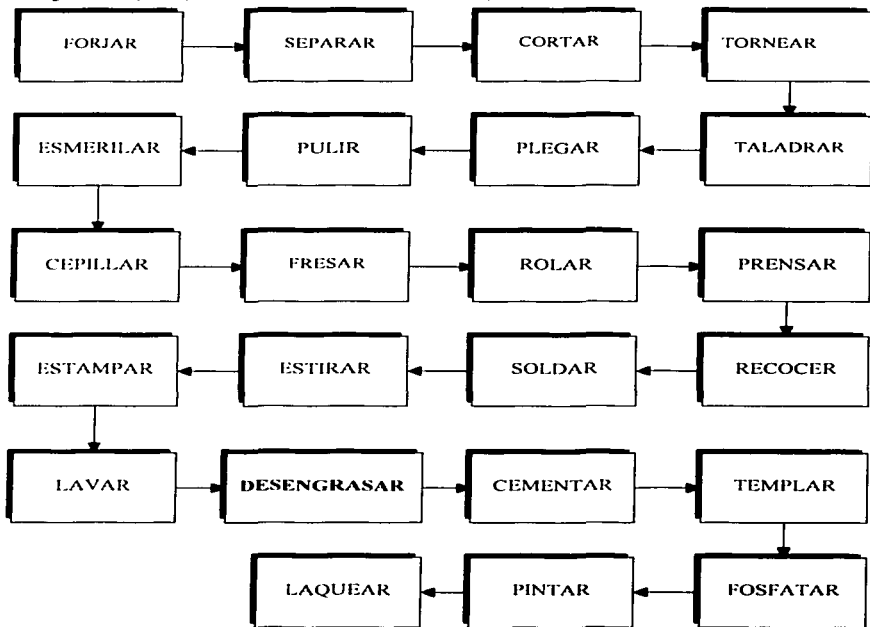
C. Servicios.- Ingeniería de taller, dibujos de taller, trabajos en acero y en metal, corte, doblado, curvado, enderezado, formado, soldadura de diversos tipos tratamiento térmico a soldaduras, relevado de esfuerzos, limpieza de superficies, pintura, aseguramiento de calidad, Inspección, Dossier o expediente de fabricación, libro de proyectos.

D. Materiales.- Acero al carbón, acero inoxidable, acero de alta aleación, acero de baja aleación, acero para recipientes, aluminio, refractarios, etc.

E. Códigos, normas.- Autorización para construir recipientes a presión código ASME. Otros códigos y normas se aplican por recomendaciones del cliente, también se utilizan los códigos AWS, API, NEMA, ISA, USCG y otros. Los pasos del proceso productivo se explican con mayor detalle en el punto 4

De las empresas dedicadas al ramo de la metalmecánica se presentan en la figura 4

Fig. 4. Principales pasos del proceso productivo de maquila en la industria metalmecánica



3. Legislación para el manejo de residuos peligrosos

La promulgación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, en 1971, marcó el surgimiento de una normatividad que, aunque estaba más orientada a criterios de salud, incorporaba elementos para el control de emisiones, lo que comprometía a la industria en el logro de procesos cada vez más limpios. Posteriormente, la aparición de un nuevo Código Sanitario, en 1973, introdujo normas más específicas relacionadas con emisiones y descargas industriales y la generación de residuos peligrosos (en ese tiempo, solventes). Se expidieron también reglamentos para la prevención y control de la contaminación atmosférica por humos y polvos, de control de la contaminación de aguas, de prevención y control de la contaminación del mar por desechos y otros ordenamientos que directa o indirectamente se relacionaban con la industria metalmeccánica. Sin embargo, las transformaciones que se viven actualmente, con una economía mundial que se caracteriza por la acelerada presencia de innovaciones técnicas que llevan a la aparición de nuevas ramas industriales o de servicios y al surgimiento de sistemas tecnológicos más avanzados. Ha Provocado un encadenamiento de mejoras y de nuevos productos, procesos y sistemas tecnológicos que han transformado las condiciones de trabajo, los patrones de consumo y la estructura de producción de los distintos países que participan en el comercio mundial. Los niveles de interrelación de México con la economía internacional han permitido que su industria, en términos cuantitativos y cualitativos, siga determinadas pautas de modernización de la planta industrial. No obstante, la capacidad de un manejo adecuado de los disolventes peligrosos en México sigue quedando sumamente limitada; de hecho, sólo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias. Las razones son muchas, pero la mayor parte de ellas tienen que ver con ciertas condiciones institucionales que han impedido el desarrollo de sistemas de manejo, mercados, esquemas de concertación, información y regulación. En términos muy generales conviene enumerar algunas de ellas.

1. Opinión pública desinformada
2. Incentivos insuficientes para la reducción y manejo adecuado de residuos industriales
3. Normatividad incompleta
4. Bajo control de calidad ambiental en micro, pequeña y mediana industria
5. Inexistencia de iniciativas conjuntas para el manejo de residuos industriales
6. Altos costos en la concertación entre la industria y las tres instancias de gobierno
7. Mercados poco desarrollados
8. Procedimientos administrativos excesivamente largos y costosos
9. Incertidumbre social
10. Falta de información
11. Inspección y vigilancia insuficientes

La carencia de la infraestructura necesaria para el manejo adecuado e integral de los disolventes peligrosos y las controversias suscitadas por las iniciativas de ubicación de las mismas, acentúan la inquietud de la población, enrareciendo el clima de concertación necesaria para la solución adecuada de esta problemática. Uno de los riesgos ambientales asociado al crecimiento industrial es el uso intensivo de productos químicos que son precursores directos de los disolventes peligrosos, algunos de los cuales tienen características de peligrosidad para la salud humana y la de los ecosistemas. El daño que estas sustancias pueden causar depende en primera instancia de su grado de toxicidad, pero también de que los volúmenes de generación y su persistencia propicien alcanzar concentraciones suficientes para causar efectos nocivos. En este contexto, la preocupación por las sustancias químicas potencialmente tóxicas se centra en aquellas que poseen propiedades de alta toxicidad, de persistencia ambiental o de bioacumulación y que son generadas por las actividades productivas.

Se ha hecho evidente que toda sustancia química puede encerrar peligros para la salud y seguridad de los seres vivos y el ambiente, si alcanza una concentración dada y la exposición se prolonga el tiempo suficiente para que ejerza sus efectos.

En México existen pocas experiencias de estudios sistemáticos sobre el efecto al ambiente causado por disolventes peligrosos, su tiempo de residencia en los ecosistemas, sus flujos y destino final y sus posibles impactos sobre la biota y la salud humana. De acuerdo a la definición de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, Art. 3, Fracciones XXVI y XXVII), los residuos peligrosos se definen como cualquier material sólido, gaseoso y líquido generado en procesos de extracción, obtención, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuyas características no permitan utilizarlo nuevamente en el proceso del que proviene. Esta normativa también los prescribe como aquellos residuos en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológicas, puedan causar algún peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

La regulación relevante para el generador de residuos se presenta en una lista aunque debido a que por el momento las regulaciones ambientales se encuentran en activa revisión y complementación, no se cuenta con una integración completa. Principalmente se menciona la Norma Oficial Mexicana, NOM-052-ECOL/1993, " que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente". La versión actual de esta Norma Oficial Mexicana está siendo revisada, puesto que, entre otros motivos, su interpretación resulta difícil para el generador de residuos. La lista no incluye la gran cantidad de nuevas normas que comprenden los requisitos para el transporte de disolventes.

3.1 Leyes, reglamentos y normas más importantes se enlistan a continuación.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (1988)
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas (1988)
- Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos (1988)
- Ley de Aguas Nacionales (1994)
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (1994)
- Ley Federal de Derechos en materia de Agua (1996)

3.2 Normas oficiales mexicanas (NOM) en materia de residuos peligrosos y de transporte

NOM-001- ECOL- 1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-043-ECOL-1993: Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

NOM-051-ECOL-1993: Que establece el nivel máximo permisible en peso de azufre, en el combustible líquido gasóleo industrial que se consume por las fuentes fijas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

NOM-052-ECOL/1993: Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-ECOL/1993: Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-ECOL/1993: Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana **NOM-052-ECOL/1993**.

NOM-002-SCT2-1994: Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

NOM-003-SCT2-1994: Características de las etiquetas de envases y embalajes destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-004-SCT2-1994: Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

NOM-005-SCT2-1994: Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-006-SCT2-1994: Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al auto transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-007-SCT2-1994: Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-009-SCT2-1994: Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-010-STP. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral

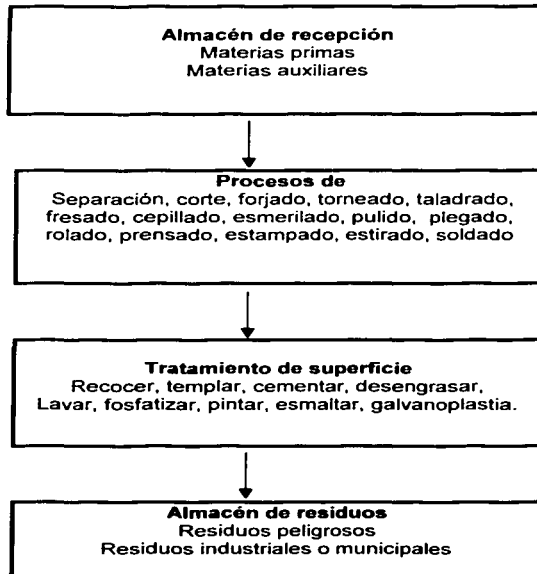
Algunas de las regulaciones no competen directamente a la industria metalmecánica, por lo cual en general en el **anexo B** se describe la legislación y requisitos que la semarnat solicita para generadores de residuos peligrosos y empresas prestadoras del servicio de tratamiento de residuos peligrosos.

El número de los tipos de residuos es considerable en las empresas contempladas; sin embargo sólo algunos son relevantes con respecto a los volúmenes generados. Estos incluyen a los aceites lubricantes gastados y de enfriamiento de todo tipo así como todos los residuos metálicos contaminados, la mayoría de éstos son virutas, polvos metálicos, lodos y disolventes provenientes de las diferentes operaciones de recubrimiento de superficies y residuos provenientes del pintado y el laqueado.

4. Descripción de los principales procesos y los tipos de residuos generados

Dentro de las distintas empresas que se dedican al giro de la industria metalmecánica ubicadas en el Valle de México se encuentran distintos procesos y por lo tanto, distintos residuos generados. Una idea global, se presentan a continuación, en la que se estructuran de manera esquemática los procesos generales de las diferentes fases individuales del proceso metalmecánico.

Fig 5. Representación esquemática del proceso de metalmecánica de hierro y acero



Las áreas de almacenamiento tanto de recepción como de manejo de residuos son consideradas de menor importancia en comparación con las áreas de proceso. Esto, sin embargo, no significa que a las áreas de almacenamiento no deba prestársele atención especial, ya que debe ser operada adecuadamente por razones de protección al medio ambiente y es importante también, por motivos logísticos para el manejo interno de residuos dentro de la empresa, enfocado a reducir costos, por lo que debe existir un conocimiento exacto de su estructura, ubicación, manejo y movimiento de residuos. A continuación se describen detalladamente las diferentes áreas de producción con los tipos de residuos que genera cada una.

4.1. Almacén de recepción

En el área de almacén de las empresas se encuentran los insumos necesarios para la fabricación de los productos como por ejemplo, el hierro y acero, así como los materiales auxiliares de producción como aceites, pinturas, químicos, (disolventes), herramientas, etc.

Los materiales residuales o residuos generados en esta área son principalmente materiales de embalaje, disolventes, aceites de uso general, envases vacíos (tal vez impregnados con restos del material contenido), así como materiales auxiliares de producción que ya no se necesitan o que ya caducaron. De estos materiales muchas veces se compran cantidades en exceso, que posteriormente no se necesitan a consecuencia de una modificación o un cambio en la producción. Su almacenamiento reduce el espacio aprovechable, siendo potencialmente residuos peligrosos. Por lo tanto, es importante la comunicación constante entre las áreas de Producción y de Compras para acordar la disponibilidad de materias primas y lograr, en el mejor de los casos, una producción *just in time (justo a tiempo)*. Son muy escasos los insumos y materiales de producción que se entregan en envases retornables, así como el uso posterior de los materiales de embalaje.

En principio pueden reconocerse tendencias hacia una intensificación del uso de envases retornables, pero su uso podría incrementarse aún considerablemente en un futuro. En la tabla, se presentan los residuos generados en el almacén de recepción, así como los términos utilizados en las empresas para caracterizarlos.

Tabla 4. Residuos generados en el almacén de entrada

Proceso	Residuos generados
Material de empaque y embalaje de materia prima	Bolsas de plástico y papel, material de empaque de flejes, tambores metálicos y plásticos. Material de empaque de plástico y papel impregnados de aceites o materias primas.

4.2. Procesos de Manufactura

En esta parte se describirán las actividades que se realizarán en el proceso de manufactura y se describirán en los siguientes puntos.

4.2.1. Separar y cortar

Al separar o cortar hierro y acero, a las piezas se les da una forma burda, adecuada para su transformación posterior. Los diferentes métodos se distinguen entre:

- A. La separación que consiste en cortar y aplastar el material mediante tijeras o troqueladoras. Este procedimiento se usa principalmente para láminas, rollos de lámina o bloques. Al troquelar, si se usa material de mayores diámetros, pueden aplicarse aceites y grasas para disminuir la fricción. Generalmente, los residuos metálicos generados por el corte o troquelado se impregnan muy poco de aceite o grasas, así que pueden volver a ser aprovechados en fundidoras. En caso de que los residuos estuvieran muy contaminados por aceite y no cumplieran con los criterios de admisión a fundidoras, deberían emplearse aceites o grasas de menor viscosidad para reducir la fricción entre el material y la herramienta.
- B. Cuando la separación es en seco mediante muelas tronadoras, se utiliza para cortar barras, perfiles y tubos a las medidas respectivas. Los residuos correspondientes consisten en partículas de hierro u óxido ferroso mezclado con

el material de la muela tronzadora. Como sustancia aglutinante para éstos métodos se usan frecuentemente resinas fenólicas; al separar, un porcentaje del aglutinante se transforma en residuo. El tipo del aglutinante y su toxicidad debe considerarse al disponer los residuos. Los residuos presentan un porcentaje variado de metal en forma de óxido que no puede reciclarse / rehusarse inmediatamente, y en la mayoría de los casos se deposita en un confinamiento controlado.

- C. Separación en seco mediante cortado autógeno. Esta forma de separación, comparable a una soldadura con exceso de oxígeno, se usa la mayoría de las veces en láminas y bloques de mayor espesor. Los residuos se generan en forma metálica y oxidada y pueden ser reciclados / rehusados junto con aquellos del corte.

- D. Separación húmeda mediante muelas tronzadoras o sierras, empleando aceites lubricantes de enfriamiento (refrigerantes), como por ejemplo emulsiones o aceites. Este método se usa muy frecuentemente para darles la medida requerida a barras, perfiles o tubos con precisión y sin maltratar el material. Las máquinas separadoras deberían equiparse con una protección contra salpicaduras o una tapa removible para reducir las pérdidas de emulsiones o aceites. Los residuos metálicos generados en el proceso de separación, en su mayoría finas partículas ferrosas, se encuentran impregnados por las emulsiones o aceites utilizados y son difícilmente reciclables / reusables en la forma en que se generan. El alto contenido de aceite, al fundirlos por ejemplo en una fundidora, llevaría a molestias considerables a causa del humo y, por lo tanto, a una carga para el medio ambiente. Por consiguiente, el material debe si es factible, desengrasarse primero por medio de una centrifuga o prensa antes de ser aprovechado o reciclado.

En la tabla 5 se presentan los residuos generados en los procesos de separar y cortar, así como las denominaciones usadas para ellos en las empresas.

Tabla 5. Residuos que se generan al separar y cortar

Proceso	Residuos generados
Aceite gastado de corte y enfriamiento	Aceites de corte gastados
Materiales de trabajo impregnados de aceite	Aserrín, estopas, Trapos, y guantes de lona impregnados de aceite
Polvos	Polvos de cortadora
Residuos de metal	Chatarra, Rebaba, Recortes y desperdicios de diversos metales

4.2.2. Forjar

Para dar la forma inicial a las piezas de acero que habrán de cumplir con exigencias mecánicas mayores (por ejemplo partes del mecanismo de transmisión de automóviles, herramientas), se usa el forjado, principalmente el denominado estampa. En esta transformación en caliente se utilizan herramientas huecas. Al forjar, se le da la forma, dependiendo de la forma inicial y la forma final de la pieza, mediante un ensanchamiento, subiéndolo o bajando el material desplazado. Para el forjado a estampa exacto y de menor desgaste de las herramientas conviene un procedimiento a escala, se logran formas intermedias recalcando, laminando o doblando el material. En la tabla 6 se presentan los residuos generados en el proceso de forjado así como también los términos o conceptos usados en las empresas.

Tabla 6. Residuos que se generan al forjar

Proceso	Residuos generados
Polvos metálicos	Polvos provenientes del maquinado de forjado
Residuos de metal	Viruta proveniente del forjado

4.2.3. Tornear, taladrar, fresar y cepillar

Estos métodos son los principales en el tratamiento de metal mediante el arranque de viruta. Se distinguen entre sí por el tipo de proceso utilizado para dar la forma, que resulta de la operación de diversas máquinas y líneas de transferencia y de las herramientas utilizadas. El procedimiento que más se usa en la metalmecánica, es el

de torneear. El torneado consiste en modificar la forma cortando y avanzando al mismo tiempo, mediante un cono geométrico cortante; la herramienta está en constante interacción con la pieza. El torneado entre puntas se aplica principalmente a piezas simétricas de rotación. Además de los tornos de puntas, existen tornos revólver cuyas herramientas se encuentran en el frente o la circunferencia del revolver. Para la fabricación de grandes series se usan centros de torneado y maquinado de control numérico que ejecutan todas las operaciones de trabajo, incluyendo el sujetar y quitar la pieza. Diversos aparatos adicionales amplían el campo de aplicación de los tornos. El uso de controles y programas en tercera dimensión facilita la fabricación de una amplia gama de piezas de formas complicadas. Al comprar maquinaria de proceso de metalmecánica hay que analizar, si para la fabricación de piezas en pequeñas series es necesaria la inversión en máquinas altamente automatizadas y caras, o si tal vez convienen más las máquinas menos automatizadas pero convertibles con mayor facilidad.

Factores que influyen sobre los residuos generados

En la mayoría de los casos el tipo de máquina juega un papel secundario en la clase y cantidad de los residuos generados. Más decisivas en este aspecto son las herramientas de transformación, así como las medidas de protección contra salpicaduras y para la conservación y cuidado de los aceites solubles refrigerantes. Estos aceites de enfriamiento sirven, entre otros, para lubricar así como para evacuar el calor y la viruta. Al aplicarlos, una parte de estos productos permanece en la viruta, esta película de aceite o emulsión dificulta su reciclaje. Por lo tanto, los aceites o emulsiones pegados tienen que ser eliminados por medio de centrifugas antes de poder aprovechar las virutas. De esta manera, los aceites o emulsiones valiosos pueden recuperarse y volver a utilizarse en la producción.

En la tabla 7 se presentan los residuos generados en el proceso de tornar, taladrar y fresar.

Tabla 7. Residuos que se generan al tornar, taladrar y fresar

Proceso	Residuos generados
Aceites lubricantes gastados	Aceites gastados de las maquinas, aceites hidráulicos gastados aceites lubricantes gastados
Aceites gastados de corte y enfriamiento en las operaciones de talleres de maquinado	Aceites de corte aceites solubles, refrigerantes y emulsiones
Materiales de trabajo impregnados de aceite	Aserrín impregnado de aceites estopas impregnadas con aceites lubricantes gastados, aserrín y estopas impregnados con aceite hidráulico gastado.
Lodos producto de la generación de aceites gastados	Lodos del filtro Henry
Residuos de metal	Chatarra de aceros cortes de acero y rebaba de piezas metálicas residuos de laminas galvanizadas viruta de distintos metales

4.2.4. Esmerilar y pulir

Las asperezas o los desalineamientos que queden en la superficie de la pieza después de haberla torneado o fresado, se quitan al esmerilarla en forma de viruta de tamaño microscópico. La calidad de superficie o rugosidad que pueda lograrse, depende del tamaño de los granos de esmerilado. Un grano grueso tiene como resultado una superficie rugosa, granos finos una superficie casi lisa.

Los residuos que se generan, consisten en partículas finas de abrasión ferrosas y del cepillo y del disco abrasivo, así como restos de emulsiones o aceites. Generalmente, esta mezcla no puede aprovecharse y tiene que ser llevada a disposición final. Como alternativa debe analizarse si se puede reutilizar térmicamente en una planta cementera. Esta opción depende del porcentaje de aceite, es decir, del valor calorífico de los residuos y también del contenido de hierro, que la hace atractiva para la industria del cemento, puesto que de otro modo tiene que conseguir el hierro que requiere de otras fuentes.

También el pulido sirve para mejorar la calidad de la superficie. A los trapos o poleas de pulido se les añade un material de pulido que contiene, además del material

abrasivo, ceras y grasas. El polvo de pulido que consiste en partículas finas de abrasión metálicas, material abrasivo, ceras y grasas, se aspira en las empresas a través de un equipo anticontaminante de extracción y filtración, en su mayoría cuentan con filtros de manguera de tejido o denominados también casas de bolsas. El remedio consiste en una ampliación considerable de la superficie filtrante, el sacudir periódicamente los tejidos del filtro o la limpieza periódica de éstos mediante impulsos de aire comprimido en contra flujo.

En la tabla 8 se presentan los residuos generados por el proceso de esmerilado y pulido.

Tabla 8. Residuos generados al esmerilar y pulir

Proceso	Residuos generados
Materiales auxiliares de producción gastados	Poleas de tela, residuos de pulido (pelusa y tela)
Polvos provenientes de las operaciones de pulido y esmerilado	Polvo (pelusa con metales), polvo de acero y otros metales

4.2.5. Plegar, rolar, prensar, troquelar y estirar

Estos procesos llevan a cabo una deformación de las piezas, empleando energía mecánica y en la mayoría de los casos, auxiliado por grasas o aceites solubles refrigerantes. Al aplicarse las altas presiones necesarias para algunas operaciones, muchas veces ocurren fugas en el circuito hidráulico.

El mantenimiento periódico de éste puede reducir considerablemente las pérdidas así ocasionadas. El aceite hidráulico escurriendo, cuya compra causa gastos, se absorbe y recoge mediante aserrín y se incinera o se deposita o se confina. Generalmente, los residuos metálicos son recortes de troquelado o de corte. Los aceites solubles de enfriamiento utilizados como lubricantes y para reducir el calentamiento forman una película en las piezas y tienen que ser eliminados en la centrifuga antes de que se lleven a cabo otras operaciones.

En la tabla 9 se presentan los residuos generados en los procesos de plegar, rolar, prensar, troquelar y estirar.

Tabla 9. Residuos que se generan al plegar, rolar, prensar, troquelar y estirar

Proceso	Residuos generados
Aceites lubricados gastados	Aceite hidráulico gastado, aceite lubricante gastado
Aceites gastados de corte y enfriamiento	Aceite soluble refrigerante y emulsiones
Materiales de trabajo impregnados de aceite	Aserrín impregnado de aceite, trapos impregnados de aceite gastado
Residuos de BPC'S o cualquier material que los contengan en concentraciones mayores de 50 ppm.	Bifenilos policlorados
Materiales de empaque y embalaje	Aserrín de madera
Residuos de metal	Chatarra de acero inoxidable recorte de lamina de fierro recorte y rebaba de lamina de acero

4.2.6. Soldar

Los métodos utilizados para unir piezas son procesos autógenos o eléctricos de soldadura por fusión. En la soldadura autógena, una mezcla flamable de acetileno y oxígeno genera la alta temperatura requerida para fundir el hierro. En la soldadura eléctrica, la temperatura se produce mediante energía eléctrica. Para rellenar la junta soldada se usan alambres de soldadura o electrodos de fusión cuya composición de material debe adecuarse con mucha exactitud al material de base. Si no existe esta condición en la pieza a transformar, hay peligro de formación de grietas y corrosión. El soldar con caudín genera además de excesos de soldadura (plomo, estaño), residuos de grasas para soldar y de agentes decapantes que sirven para eliminar las capas de óxido de los puntos a soldar.

En la tabla 10 se presentan los residuos generados en los procesos de soldadura.

Tabla 10. Residuos generados al soldar

Proceso	Residuos generados
Escorias	Escoria de soldadura
Lodos	Lodos de las tinajas de pruebas de fugas de radiadores
Residuos de metal	Residuos de soldadura de electrodos. Cáscara de soldadura

4.3 Tratamientos

4.3.1. Recocer, templar y cementar

Estas medidas sirven para mejorar ciertas propiedades mecánicas o aumentar la dureza de las piezas. El recocer bajo gas protector se efectúa para evitar oxidaciones. Al templar las piezas, éstas se calientan y se enfrían de golpe en un baño de aceite. Si el aceite contiene mucho coque, las piezas salen muy sucias y contaminan el lavador que sigue. Al templar la superficie por cianuración, que también se llama cementación, se generan como residuos sales que contienen cianuro. Durante el posterior lavado, el canal de desagüe se contamina de cianuros muy tóxicos. Mientras que el recocido y templado afectan toda la pieza, los métodos de cianuro aumentan sólo la dureza de su superficie.

En la tabla 11 se presentan los residuos generados en los procesos de recocido, temple y cementado.

Tabla 11. Residuos generados al recocer, templar y cementar

Proceso	Residuos generados
Materiales impregnados de aceite	Aceites de enfriamiento
Soluciones de los baños templados provenientes de las operaciones de enfriamiento	Aguas residuales, residuos de los baños de proceso
Lodos	Lodos de proceso de tratamiento térmico
Envases y tambores vacíos provenientes del manejo de materiales y residuos peligrosos	Tambores de cianuro

4.3.2. Desengrasar y lavar

Después de la transformación mecánica de las piezas a formar, se aplica generalmente un proceso de lavado o desengrasado para eliminar partículas metálicas, partículas finas de disco o material abrasivo y aceites o emulsiones. Esta limpieza se lleva a cabo preferentemente en baños de inmersión, de ultrasonido y electrolíticos.

Empleando medios de limpieza preponderantemente alcalinos en las instalaciones que corresponden, solo se usan **hidrocarburos clorados** en casos excepcionales. Por su alto potencial de peligro para la salud y el ambiente, estas sustancias se han ido

reemplazando durante los últimos años por sistemas a base de agua. Al salir del baño, el goteo de la solución pasa junto con la pieza al enjuague y se descarga a la red de alcantarillado a través del enjuague del lavador.

Algunas piezas metálicas, sobre todo aquellas de estructura complicada o de muy altos requerimientos respecto de la limpieza superficial, se desengrasan en baños que contienen **disolventes orgánicos**, en particular **tricloroetileno o percloroetileno**. En este caso debe ponerse atención en que las emisiones de hidrocarburos que contengan cloro, se reduzcan a un mínimo o sean captadas por filtros de carbón activado. Esto se logra con un sistema de enfriamiento y aspiración marginales con posterior recuperación de la solución, o bien a través de instalaciones cerradas que incluyan la recuperación del medio solvente. En la tabla 12 se presentan los residuos generados en los procesos de lavado y desengrasado.

Tabla 12. Residuos generados al lavar y desengrasar

Proceso	Residuos generados
Aguas residuales, residuos de las operaciones de limpieza alcalina o ácida	Agua residual del desengrasante alcalino agua residual del proceso de desengrasado
Lodos	Lodos (aceite, agua, polvos, y detergentes)
Solventes halogenados gastados en operaciones de desengrasado	Desengrasado no electrolítico, percloroetileno, disolvente halogenado gastado (percloroetileno) tricloroetileno/percloroetileno.

4.3.3. Fosfatizado

Para mejorar la adhesión de la pintura y la protección anticorrosiva se fosfatan las piezas ferrosas en baños de inmersión o en líneas continuas. La capa de fosfato férreo que se forma sirve como medio de adhesión, por ejemplo, para los subsecuentes procesos de pintura y como protección contra la corrosión. Para mantener el baño, tienen que eliminarse y sedimentarse regularmente los lodos de fosfato férreo que en procesos normales se generan a causa del hierro que se desprende de las piezas. El baño mismo debe ser supervisado periódicamente y ajustado a su concentración

original mediante el reactivo fosfático (generalmente una mezcla de fosfatos de metales pesados disueltos en ácido fosfórico).

A través de las piezas, un porcentaje del baño de fosfatizado se traslada por el lavado subsecuente a la red de alcantarillado. En la tabla 13 se presentan los residuos generados en los procesos de fosfatizado.

Tabla 13. Residuos que se generan al fosfatar

Proceso	Residuos generados
Aguas residuales y soluciones gastadas	Agua residual de los baños del fosfatizado, soluciones gastadas del fosfatizado
Lodos	Lodos de baño de fosfatizado, lodos de fosfatizado

4.3.4. Pintar y laquear

Una parte de las piezas fabricadas se pinta para mejorar sus propiedades visuales de presentación, acabado y/o la resistencia a la corrosión. Los métodos de pintura son: pintura convencional con aire comprimido a alta o baja presión, procedimientos electrostáticos y métodos de recubrimiento de polvo. En empresas más pequeñas se usan métodos de rocío a alta presión con un alto porcentaje de overspray. Además de pinturas que contienen disolventes, las empresas con una sección de pintado más grande utilizan cada vez más las pinturas base agua.

Al pintar, sobre todo con los métodos de rocío, se pierde una parte del material de pintura utilizado en forma de overspray (es decir, el porcentaje que no se adhiere a la pieza) y se vuelve residuo. Estos residuos se depositan en un confinamiento controlado o se queman en hornos de cemento. Por las cantidades que en parte son pequeñas, un reciclaje del overspray aunque pueda ser recuperado por tipos de pintura-económicamente no es factible. Por lo tanto, debe ponerse atención en reducir la cantidad de overspray.

Al laquear se usa poco la suspensión de esmalte, se aplica sumergiendo, inundando o rociando la pieza decapada y se le hornea a temperaturas de 800 a 950°C. El esmalte puede aplicarse también de manera electrostática.

En la tabla 14 se presentan los residuos generados en los procesos de pintado y laqueado.

Tabla 14. Residuos que se generan al pintar y esmaltar

Proceso	Residuos generados
Filtros	Filtros de cartón del sistema de extracción, filtros de tela trenzada y de feipa de plástico impregnados de pintura alquídica y cromato de cinc
Lodos	Lodos de pintura, natas de pintura de poliuretano, natas de pintura
Polvos	Polvos de pintura
disolventes	Disolventes gastados

4.3.5. Acabado de galvanoplastia

En el marco del proceso de metalmecánica, diversas piezas se someten a un tratamiento galvánico de superficie para mejorar la calidad de ésta o de sus propiedades mecánicas. Estos métodos consisten principalmente en el cobrizado, niquelado, cromado y zincado.

Tabla 15. Residuos que se generan al tener procesos de galvanoplastia

Procesos	Residuos generados
Cobrizado, niquelado, cromado y zincado.	<p>Lodos de galvanizado</p> <p>Lodos de hidróxido de aluminio</p> <p>Lodos del baño de cromo</p> <p>Residuos de la producción en general</p> <p>Residuos de pintura epóxica</p> <p>Sedimentos del cobrizado</p> <p>Soluciones gastadas provenientes del cromado</p> <p>Soluciones gastadas y residuos provenientes del niquelado</p> <p>Soluciones gastadas y sedimentos de los baños de cianuro de las operaciones de galvanoplastia</p> <p>Soluciones gastadas y sedimentos del anodizado</p>

Varias empresas, sobre todo las que operan con sistemas de lavado de gases e instalaciones de recubrimiento galvánico, cuentan con equipos para el tratamiento de aguas residuales. En la mayoría de los casos se trata de instalaciones de neutralización, precipitación de metales pesados, detoxificación y floculación de contenidos orgánicos. Aquellas empresas que realizan principalmente un tratamiento meramente mecánico de metal, normalmente no cuentan con instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

En la tabla 16 se presentan los residuos generados en los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 16. Residuos generados por el tratamiento de aguas residuales de la galvanoplastia.

Proceso	Residuos generados
Lodos	Lodos de planta de tratamiento de aguas, lodos de tratamiento de aguas residuales

4.4. Almacenamiento de residuos

4.4.1. Almacén de disolventes

Actualmente, en México los disolventes se almacenan por separado o junto con los residuos industriales no peligrosos. Los espacios de almacenamiento están en su mayoría, protegidos contra la intemperie. Sólo excepcionalmente cuentan con medidas de seguridad técnica como por ejemplo, bordes para contener aceite derramado, fosas de captación de derrames y fugas de líquidos. Aquellos tipos de residuos que se mencionaron dentro de los conceptos empresariales de manejo de residuos elaborados a través de las visitas a las industrias y que no pueden asignarse a una etapa específica de producción por ejemplo, basura proveniente de la limpieza.

En la tabla 17 se presentan los residuos generados en los procesos de almacenamiento de residuos.

Tabla 17. Residuos que pueden generarse en el almacén de residuos

Proceso	Residuos generados
Materiales de trabajo impregnados de aceite	Trapos impregnados con aceite, trapos impregnados con residuos aceitosos o grasa
Envases y tambores vacíos usados en el manejo de materiales y Rip's	Contenedores vacíos con residuos de uretano, tambores metálicos con residuos de uretano
Residuos industriales similares a residuos municipales	Basura municipal, papel, cartón, bolsas de plástico etc.

Para declarar un residuo en el marco de la autorización y la asignación de una vía de manejo por la autoridad competente, es importante que al residuo se le asigne el número correcto de la NOM-052-ECOL- 1993. **en el anexo C** se describe un panorama de los tipos de residuos generados en este giro industrial, sus números INE. Esta lista tiene el fin de facilitar la identificación y clasificación de sus residuos.

5. Medidas para evitar la generación de residuos

A continuación se presentan diferentes medidas para prevenir o minimizar la generación de residuos principalmente disolventes. Según el nivel de tecnología actual estas son la base para que las empresas puedan manejar por sí mismas el problema de mejorar el ambiente. Posteriormente, en colaboración con las autoridades, asociaciones, empresas prestadoras del servicio para el manejo y reciclaje de residuos y fabricantes, pueden lograrse soluciones integrales o parciales, para que se eviten completamente o bien se minimicen los residuos generados. Sin embargo, antes de que la empresa se ponga en contacto con personas externas, puede realizar una parte de los trabajos previos necesarios para seleccionar las medidas y los métodos adecuados. Entre estos trabajos previos destaca un registro detallado del estado actual real de la empresa con respecto a las cantidades y composiciones de los diferentes flujos de materiales y residuos. Este registro es la base para las posteriores planeaciones y decisiones relativas a evitar o disminuir la generación de residuos peligrosos.

El registro del estado real de la empresa debe incluir: Un balance de los flujos volúmenes de materiales que existen en la empresa. Un análisis de la composición de los materiales reportados. Una determinación del lugar de generación de los desechos y residuos (proceso o unidad operacional). Los flujos de material de entrada y de salida y su composición tienen que registrarse con la mayor exactitud posible. Finalmente, la evaluación del reporte sobre el estado exacto debe llevar a los siguientes resultados:

- **Transparencia de todo el proceso con relación a los flujos de material existentes y su relevancia para la generación de residuos,**
- **Ubicación de las principales fuentes de entrada de materiales relevantes para volverse residuos.**
- **Localización de procesos que generan muchos residuos,**
- **Localización de procesos que presenten altos costos de eliminación de residuos.**
- **Localización de procesos con un alto porcentaje de desechos.**
- **Localización de procesos que presenten materiales de entrada y residuos que permitan eliminar costos.**

Las medidas para evitar o minimizar la generación de residuos, que se deriven de esta información, pueden diferenciarse en: medidas relativas a materiales, medidas relativas a la producción y medidas de organización.

5.1. Medidas actualmente realizadas en empresas mexicanas para minimizar la generación de residuos

Las medidas descritas a continuación se tomaron de los conceptos empresariales de manejo y minimización de residuos que han sido elaborados en las diferentes empresas. Estas medidas no se llevan a cabo en todas las empresas y tampoco son aplicables para todas, sino que sirven como información y se pueden adaptar según las necesidades de las distintas empresas.

Aceites lubricantes gastados y aceites solubles refrigerantes:

- Los aceites refrigerantes, especialmente las emulsiones de aceites refrigerantes, se limpian y suministran nuevamente a las máquinas. Esta purificación puede realizarse de varias maneras: por medio de filtración para separar materia sólida, y a través de centrifugación, para la eliminación de materia sólida y aceites
- La prolongación de la vida útil de los aceites es posible a través de una filtración, por ejemplo de aceites hidráulicos en la corriente principal o de "by-pass". Periódicamente se lleva a cabo el reciclaje externo de aceites con equipos apropiados por ejemplo, en el caso de los aceites de temple. También se encontró el almacenamiento intermedio de aceites gastados y con impurezas en recipientes apropiados hasta que se hubieran sedimentado las impurezas. El aceite separado se decanta después. Sin embargo, para limpiar aceites es preferible utilizar la filtración en vez de la decantación, porque es más efectiva.
- El reciclado externo de los aceites gastados se lleva a cabo como combustible por ejemplo en fábricas de cemento. El registro de aceites no en todas las empresas se realiza por separado según los tipos. Sin embargo, la clasificación

por tipos de aceite, en la medida de lo posible, es requisito indispensable para el reciclaje.

- Por parte de la dirección de la empresa se establecen directrices sobre el manejo de los diferentes residuos; de modo que por ejemplo, la dirección puede prohibir que se viertan sobrantes de aceites, disolventes y emulsiones en los drenajes para aguas residuales o que se mezclen ciertos residuos.
- Se recolectan aquellos residuos que se generan solamente en pequeñas cantidades, hasta que parezca razonable su disposición o bien la recolección y disposición común de estos residuos por varias empresas.

Residuos metálicos:

- Los residuos metálicos se recolectan en contenedores separados para su reciclaje. Algunas empresas están analizando si pueden vender también los residuos con poco contenido metálico, en vez de depositarlos.

5.2. Materiales auxiliares de operación impregnados:

- Particularmente en la industria metalmeccánica se generan cantidades considerables de materiales auxiliares de operación impregnados con grasa y aceite como por ejemplo, trapos de limpieza. Algunas empresas están analizando si el lavado de estos trapos sucios no resulta más costeable que la adquisición de nuevos. Sin embargo, hay que considerar que los trapos de limpieza que provienen de la industria metalmeccánica, muchas veces están penetrados por virutas metálicas que no se eliminan completamente en el lavado. Al reutilizar el trapo lavado estas virutas pueden provocar heridas. Además hay estudios que demuestran que los trapos lavados todavía contienen bastantes restos de aceite. El lavado se hace en la mayoría de los casos mediante disolventes clorados o no clorados. Por otra parte es importante que la lavandería cuente con un separador de aceite y que cumpla con otros requisitos (por ejemplo, respecto a emisiones). En la selección de detergentes hay que cuidar que no se suspenda el efecto del separador de aceite. También el ajuste

de la solución de lavado (pH, contenido de sales, temperatura en el separador de aceite) es un factor decisivo para el funcionamiento del separador de aceite.

5.2.1. Lodos y polvos:

- Los lodos de pintura y fosfatizado se depositan en el confinamiento controlado. En algunas empresas debe optimizarse la separación de los lodos de pintura y los restos de esmalte de los demás residuos.
- Los procesos de pintado, principalmente el de rocío con aire comprimido, en muchos casos pueden aún ser mejorados para minimizar la generación de lodo.
- Los lodos provenientes de la cementación que contienen cianuro, se depositan en tambores cerrados. En este caso sería preferible una etoxificación previa con hipoclorito o mejor aún, con peróxido de hidrógeno.
- La calidad con que se separan los residuos, difiere y abarca desde empresas que recolectan sus residuos mezclados en un solo contenedor, hasta otras que de acuerdo al tipo de residuo lo almacenan por separado.

Las siguientes medidas se elaboraron a partir de los conceptos empresariales para el manejo y minimización de disolventes y se encuentran en los conceptos empresariales respectivos de manejo de residuos. Por la diversidad de procesos dentro del giro de la industria metalmecánica no todas las medidas propuestas son realizables en cada una de las empresas.

Aunque algunas empresas ya realizan las medidas correspondientes, las que aquí se proponen pueden ser un impulso para que otras empresas las realicen.

5.3. Mejoramiento de las condiciones de almacenamiento de los residuos y de su manejo interno

5.3.1 Disolventes

- Se debe instalar un almacén adecuado para los disolventes. Este debe ser techado para evitar que con las lluvias se lixivien sustancias contaminantes y lleguen al drenaje de aguas residuales. El sitio debe ser también lo suficientemente grande para poder clasificar los disolventes y almacenarlos temporalmente en contenedores diferentes. También se deben observar los requisitos especiales (leyes, reglamentos y normas) que resulten de la peligrosidad de los residuos a depositar.
- Los disolventes se deben recolectar y clasificar por tipos en el lugar donde se generen.
- Las etiquetas de los recipientes de disolventes deben ser legibles y claras. Por ejemplo conviene marcar por colores los contenedores de los diferentes disolventes. Las inscripciones deben ser claramente legibles aún después de su uso o almacenamiento prolongado.
- Si se generan cantidades grandes de disolventes, se recomienda designar un responsable del manejo interno de los disolventes, quien dependerá directamente de la Gerencia.
- El transporte de disolventes dentro de la planta debe realizarlo, de ser posible, siempre la misma persona. Así queda garantizado que se clasifique siempre de la misma manera, reduciéndose el riesgo de que se coloquen en contenedores equivocados.

5.3.2. Aceites lubricantes gastados y aceite solubles refrigerantes

- Debe reducirse la cantidad de aceites lubricantes, aceites solubles refrigerantes y otros medios auxiliares de producción que se están usando en las empresas. Esto reduce su almacenamiento y el peligro de confundirlos. Los residuos generados pueden entonces ser reciclados de forma más adecuada.

- El desengrasado de las virutas se debe realizar inmediatamente después del proceso metalmeccánico. Si se almacenan las virutas impregnadas de aceites y emulsiones (a temperaturas exteriores altas bastan unas horas) por el contacto con el aire ocurre en su superficie una muy rápida degradación de los aceites solubles refrigerantes haciéndolo soluble en el agua, y al mismo tiempo se aumenta significativamente la cantidad de bacterias. Si este aceite refrigerante después del desengrasado y contaminado por las bacterias u hongos se recircula al sistema lubricante refrigerante, todo el sistema puede llegar a ser inservible dentro de pocas horas por la contaminación con bacterias.

5.3.3. Aguas residuales

- Los baños de limpieza donde se desechan aguas residuales. en los cuales todavía se usan hidrocarburos clorados, deberían cambiar a otras soluciones de limpieza, ya sean alcalinas o tensoactivas o de los dos tipos; sin embargo, al seleccionar los agentes tensoactivos hay que cuidar que el separador de aceite siga funcionando. para poder eliminar directamente las aguas residuales al drenaje municipal

5.3.4. Lodos

- Es preferible que los lodos de los baños de fosfatizado y del tratamiento de aguas residuales sean drenados para reducir el volumen a depositar. Si los lodos se secan posteriormente, por ejemplo en hornos de secado de pintura, hay que cuidar que estos lodos durante el proceso de secado no emitan gases corrosivos que puedan destruir el horno de secado de pintura.

5.4 Métodos de preparación de superficies

5.4.1. Desengrasado

Generalmente es necesario aplicar un desengrasado si se requiere someter las piezas mecánicamente tratadas a procesos posteriores de acabado de superficie. El desengrasado se puede llevar a cabo de manera alcalina, neutra, ácida o con disolventes orgánicos. La técnica actual es el lavado con limpiadores neutros o suavemente alcalinos, con mayor contenido de agentes tensoactivos. Aparte del procedimiento de sumersión, el método de pasarlas bajo rociado es bastante apropiado para piezas bien fijadas. Por la presión del bombeo se eliminan las partículas contaminantes adheridas. Determinados grupos de productos de mecánica de precisión o electrónicos necesitan un lavado con disolventes con o sin contenido de halógenos. En estos casos deben observarse las normas correspondientes de seguridad. El reciclaje de los disolventes contaminados puede llevarse a cabo por destilación, siempre y cuando se mantengan separados. Para prolongar la vida útil de los baños de desengrasado se aplican procedimientos físicos o mecánicos. Estos pueden ser, por ejemplo:

- una cinta de arrastre que elimine continuamente el lodo del baño,
- un separador magnético que elimine las partículas de hierro del lavador,
- separadores de aceite o centrifugas que eliminen la fase de la solución de lavado que contiene aceite,
- un separador de aceite que por medio de calentamiento separe las fases de aceite y agua con un mayor grado de eficiencia,
- un equipo de ultra filtración que elimine la fase aceitosa de la fase acuosa del lavador. La fase acuosa con los detergentes puede volver a usarse. La solución del lavador debe ser liberada de partes sólidas mediante filtración antes de aplicarse en la instalación de ultra filtración. La ultra filtración debe ser diseñada de tal manera que la grasa que haya entrado, se vuelva a eliminar del baño de desengrasado cada hora. Sin embargo, este sistema es rentable solamente con volúmenes grandes.

- La distribución de una instalación de desengrasado en dos zonas prolonga la vida útil y ahorra químicos. En algunos casos, la primera zona puede operarse sin químicos. Los aceites que se separan con este método de desengrasado, operando con agua caliente a temperatura elevada, pueden ser separados a través de un separador de coalescencia después de haberse reducido la temperatura.

El aprovechamiento uniforme de los baños así como un control periódico de su composición y concentración son también condiciones previas para la óptima operación.

5.4.2. Limpieza en Frio

La limpieza en frío es la operación de limpieza con disolvente más simple, barata y la más común. El disolvente generalmente es empleado a temperatura ambiente o levemente superior a ésta. Es aplicado mediante cepillos o mediante la inmersión de los objetos en un baño de disolvente. El disolvente más comúnmente usado en la limpieza en frío es un aceite mineral altamente inflamable, conocido por su nombre comercial Varsol (o solvente *Stoddard*).

5.4.3. Desgrasado por Vapor

En el desgrasado por vapor se emplean hidrocarburos clorados no inflamables en forma de vapor para limpiar superficies principalmente metálicas. En comparación con la limpieza en frío, en el desgrasado por vapor se limpia más rápidamente debido al empleo de temperaturas más altas. Algunos de los disolventes comúnmente usados en este tipo de aplicaciones son 1,1,1-tricloroetano, percloroetileno, tricloroetileno, freón TF y cloruro de metileno.

En su forma más sencilla, en el desengrasador de ciclo de vapor simple, se emplea sólo vapor de disolvente para desengrasar. Consiste de un estanque que contiene disolvente hasta un décimo de su capacidad, y donde serpentines con vapor de agua calientan el disolvente hasta su punto de ebullición, produciendo vapor saturado de disolvente en la porción superior del estanque. Los objetos son insertados manual o

automáticamente en la zona del vapor, condensándose éste sobre la superficie del objeto, disolviendo grasas y suciedad, y removiéndolas al gotear sobre el baño. La operación continúa hasta que la temperatura del objeto alcanza la temperatura del vapor, finalizando entonces la condensación.

El vapor de disolvente que no condensa sobre los objetos, condensa sobre los serpentines de enfriamiento ubicados en la región superior del estanque y retorna al baño, evitándose así la evaporación del disolvente hacia la atmósfera.

El desengrasador del ciclo de vapor simple no es muy eficiente cuando los objetos son pequeños o el calor específico del material es bajo, porque la temperatura del objeto se equilibra rápidamente con la del vapor, sin poder condensarse suficiente disolvente para limpiar la superficie. Estos objetos pueden limpiarse eficientemente usando un desengrasador de ciclo vapor-rocío, que es equipado con una boquilla pulverizadora que dirige disolvente desde la bandeja recolectora de condensado para lavar mecánicamente aceites y grasas depositados sobre la superficie del objeto y enfriarlo parcialmente, permitiendo una limpieza final con el vapor que condensa. Los desengrasadores de ciclo vapor-líquido-líquido tienen tres compartimentos separados para el disolvente tibio, disolvente en ebullición y vapor. Estos tipos de desengrasadores son generalmente usados con objetos pequeños u objetos muy sucios. Los desengrasadores ultrasónicos tiene un transductor montado en la base del estanque que produce sonido en el rango de 20 a 40 Khz. Las ondas de sonido inducen vibraciones que provocan una rápida formación y colapso de burbujas de gas en el disolvente líquido. Las burbujas colapsan durante la compresión, resultando en la producción de pequeñas ondas que irradian desde el punto de colapso; éstas remueven la tierra adherida a los objetos. Para reducir las emisiones atmosféricas, los desengrasadores de vapor deben incorporar las siguientes características: (a) revancha adicional refrigerada desde el nivel normal más alto del vapor, (b) cubiertas deslizantes, y (c) destiladores integrados para la recuperación de disolvente.

En los Estados Unidos, el tricloroetileno era el disolvente comúnmente usado en desengrasadores de vapor. Después de reducirse su uso debido a problemas de seguridad y salud ocupacional fue substituido principalmente por 1,1,1-tricloroetano. No obstante, debido al problema de destrucción de la capa de ozono, este compuesto y los freones están siendo reemplazados por hidroclo fluorocarbonos e hidrof fluorocarbonos. Las instalaciones que continúan usando dichos solventes deben mejorar sus sistemas de control de emisiones atmosféricas.

5.4.4. Limpieza de Precisión

La limpieza de precisión de instrumentos y componentes electrónicos demanda el uso de disolventes de elevada pureza, alto poder solubilizante, y de evaporación rápida. Esta consiste generalmente de la limpieza propiamente tal y de una etapa de verificación del grado de limpieza alcanzado. La etapa de limpieza puede incluir una o más de las siguientes operaciones: limpieza alcalina, desgrasado por vapor, y limpieza con disolvente líquido. La verificación del grado de limpieza obtenido se realiza lavando el artículo con disolvente en una sala limpia o en un sistema cerrado para minimizar su contaminación. El disolvente usado en el último enjuague es recolectado y analizado para determinar su grado de contaminación mediante filtración, conteo y clasificación por microscopio de las partículas retenidas sobre el material filtrante. Además, el disolvente es analizado para determinar los residuos no volátiles, generalmente aceites. Luego de la limpieza, el artículo es colocado en bolsas dobles de polietileno o similares, y selladas.

El freón TF (CFC-113) y el alcohol isopropílico son los dos disolventes más usados en el último enjuague, siendo la selección restringida por las características de inflamabilidad, compatibilidad del material, y uso final del producto.

Los disolventes que generalmente se utilizan en las operaciones de limpieza son los compuestos halogenados. Se conoce que estos compuestos presentan peligros ambientales y de salud y que sólo deben utilizarse cuando no es viable una alternativa de emulsión de base acuosa, o un método de limpieza mecánico. Si no es posible la limpieza que no use disolventes, se debe considerar el uso de disolventes alternos

menos peligrosos, como por ejemplo los terpenos, N-metil-2-pirolidono o ésteres ácidos difásicos. En caso que sea necesaria su uso tendrán que implementarse medidas para su minimización o para su reciclaje.

Los tipos de disolventes usados por las industrias (virtualmente en todas éstas para limpieza de equipos) son indicativos de los tipos de disolvente recuperado en instalaciones comerciales.

La industria de pinturas usa principalmente disolventes no halogenados, mientras que en la limpieza de superficies se usan principalmente disolventes halogenados. El tetracloroetileno es el principal usado por lavasecos.

La opción preferida para el manejo de residuos de disolvente es con frecuencia su regeneración y recuperación mediante procesos tales como destilación, no obstante, consideraciones de tipo más bien económico que técnico hacen a veces desistir de su uso. Esto conlleva al uso de estos residuos como combustible alternativo. Sin embargo, tales usos requieren de una evaluación cuidadosa, y las características del residuo deben corresponder con la capacidad del proceso en el que se pretende realizar la combustión.

5.5 Alternativas para minimizar la generación de disolventes

5.5.1. La reducción de las fuentes de contaminación en la limpieza y en el desprendimiento

Si hay que limpiar piezas, se debe considerar primero el material menos peligroso. Idealmente, el método de limpieza preferido implicará el número menor de pasos, por lo cual se debe emplear el medio menos tóxico, y generar la menor cantidad de residuos. Los medios más deseables de limpieza son el aire y el agua. Si éstos no son efectivos, los medios abrasivos con aire y agua como acarreadores son los más deseables. Estos pueden aplicarse frotando la pieza a mano o con un aparato de tipo soplete que utiliza presión.

Si para lograr el acabado necesario se requiere el uso de químicos, estos deben probarse en el orden siguiente:

1. Las soluciones acuosas de detergentes,
2. Las soluciones alcalinas,
3. Los ácidos,
4. Los disolventes.

Esta jerarquía se basa en las propiedades de riesgo de las opciones y de los costos de tratamiento. Muchos detergentes acuosos pueden ser descargados directamente a un sistema de drenaje sin tratamiento previo. Con frecuencia los líquidos que contienen detergentes acuosos llenan los requisitos de disposición del sistema de drenaje sin tratamiento adicional, a menos que la contaminación del metal sea excesiva. Cuando se requiere tratamiento es usualmente debido a los sólidos totales disueltos o por la demanda química de oxígeno. Típicamente las soluciones alcalinas sólo requieren ajuste del pH antes de su disposición. Las soluciones ácidas pueden tener un contenido de metal considerable y por lo tanto deben ser tratadas más extensamente.

Los disolventes presentan grandes problemas, incluyendo el peligro de inflamabilidad y el riesgo que presentan para la salud de los obreros. Antes de que una empresa cambie un proceso de limpieza a otro, deberá evaluar completamente los efectos del nuevo limpiador, como por ejemplo el efecto en los procesos subsiguientes del residuo o solución arrastrada de un limpiador de superficie que sirva de sustituto. La empresa también deberá aconsejarse con la agencia local (INE, SEMARNAT) que regula la limpieza del aire en el medio ambiente, para asegurar que el uso del disolvente es permitido. El primer paso en la implementación de ésta alternativa es el de identificar el tipo de impureza que tiene la superficie. Para facilitar el corte, pulido, y extracción de las piezas de metal se utiliza una gran variedad de materiales. Estos incluyen aceites minerales, talco, grafito, aceites sintéticos clorados y jabones metálicos. Las piezas se pueden cubrir también con una capa de residuos del agua, sales de metales pesados, o simplemente cubiertas con herrumbre. Se debe estimular a los pulidores de metal a que investiguen otros materiales menos peligrosos para facilitar estas operaciones

Se debe estimular a los pulidores de metal para que mantengan un enfoque de "en tiempo" en la manufactura, proceso en que las piezas se limpian en conjuntos no mayores de las que se pueden inmediatamente alimentar a los procesos subsiguientes. Esto elimina la necesidad de almacenar las piezas entre las operaciones, donde podrían ponerse en contacto con nuevos contaminantes y necesitar limpieza de nuevo. Si se tienen que almacenar las piezas limpias, se ha comprobado que ponerlas en bolsas de nitrógeno seco es una forma de mantenerlas limpias y libres de oxidación, mientras se almacenan para luego ponerles una capa en la superficie.

Los vendedores que proveen las piezas al pulidor de metales le aplican algunas capas a las piezas. Estas capas tienen como propósito proteger el material, pero simplemente añaden otra fuente de residuos cuando hay que quitarlas. El pulidor debe trabajar con el vendedor para reemplazar la capa con un material no peligroso que se pueda fácilmente descortezar, o con una capa de laminado polimérico encogido con calor.

Se debe examinar primero la alternativa más conveniente, ya que un descuido en el estudio de los requisitos de limpieza puede tener el efecto opuesto, aumentando el residuo generado, al tener que volver a procesar los rechazos causados por una capa pobre.

5.6 Propuestas para sustituir los químicos que son peligrosos

El uso de limpiadores alcalinos calientes se podría comprobar como un sustituto viable para el desengrase con disolventes. El precio de compra de los limpiadores alcalinos pueden llegar a ser tan bajo como la mitad de lo que cuestan los disolventes. También los costos de tratamiento y disposición son generalmente más bajos para los limpiadores alcalinos. Algunos sólo necesitan ajustes del pH antes de descargarlos a un sistema público de tratamiento de aguas. A continuación se comentan otras alternativas para la limpieza con disolventes, enfatizando la minimización de la producción de residuos.

5.6.1 Los limpiadores alcalinos sustitutos

Si bien es cierto que los métodos de limpieza en base acuosa son mejores que los otros disolventes, se debe considerar primero el uso de agua, de vapor, o de abrasivos

como sustitutos para los limpiadores ácidos o alcalinos. Una regla general para lograr el objetivo de minimizar los residuos, independientemente del método de limpieza de base acuosa que se seleccione, es la de aumentar la duración del baño de la solución limpiadora. Es esencial asegurarse de que las piezas de trabajo que se introduzcan en la solución limpiadora estén libres tanto como sea posible de aceites, disolventes y otros limpiadores. Podría ser deseable un baño de agua caliente como prelimpieza. El baño debe ser abastecido con agua desmineralizada, posiblemente del último baño de enjuague de la operación de limpieza.

La acumulación de polvos de metal y de partículas de pintura es perjudicial para las soluciones de limpieza de base acuosa. Se debe utilizar la filtración continua y la eliminación frecuente del sedimento para prolongar la utilidad de la solución. Los tanques deben tener forros plásticos o cubrirse con una capa protectora para evitar la entrada de impurezas del tanque a la solución limpiadora. Las perchas y los barriles que se usan para sostener las piezas de trabajo deben estar libres de corrosión para que no se añada herrumbre a la solución de limpieza y para evitar demasiada solución arrastrada, debido a la adhesión de la solución a las superficies ásperas.

La efectividad de los baños de limpieza alcalinos se reduce al introducir materiales que reducen la alcalinidad, incluyendo la impureza que se tiene como propósito eliminar. La vida del baño puede prolongarse evitando cargarlo innecesariamente con agua, con gran cantidad de minerales o con el dióxido de carbono del aire que se utiliza para agitar el tanque. La agitación mecánica y el uso de agua con bajo contenido de minerales o deionizada son soluciones a estos problemas. El operador también debe mantener el tanque continuamente caliente para minimizar la absorción del dióxido de carbono y para permitir el enfriamiento ocasional para la eliminación de aceites.

5.6.2. La sustitución de los procesos

Las operaciones de enchapado son por su naturaleza más peligrosa para el medio ambiente que muchas otras técnicas para cubrir metales. Es poco probable que el inspector revise mentalmente el proceso entero que se utiliza en un taller de acabado,

pero uno debe generalmente ser consciente de las sustituciones en potencia para procesos como el pulimento, el revestimiento, y el recubrimiento sin electricidad.

5.6.3. La compra, el almacenaje y la administración de materiales

Una forma importante para reducir la generación de disolventes es la de controlar adecuadamente los químicos que se usan en el proceso del acabado. Esto se puede lograr estableciendo procedimientos de compra y control de materiales. El inspector deberá determinar, como uno de los primeros pasos en una inspección, hasta qué punto el pulidor de metales ha establecido o no procedimientos relacionados a la compra de químicos. Es importante, por ejemplo, que todas las compras de materia las revise una persona o un grupo clave dentro de la operación, antes de que se realice la compra. El proceso de aprobación deberá determinar si los materiales que se evalúan contienen componentes peligrosos. De ser así, se debe determinar el costo del tratamiento y de disposición de los residuos generados, y añadirlo al costo de compra. Esto ayudará a la empresa a evaluar el costo total de la compra de un químico. Es posible que muchos de los materiales que se usan como sustitutos tengan un precio de compra mayor que el precio de los materiales que se usan actualmente, pero los costos de disposición y de tratamiento pueden ser más bajos. El inspector deberá estimular a la empresa de acabado de metales para que emplee la filosofía de examinar todos los costos de un material, desde que aparece en la empresa hasta que acaba su vida útil, cuando quiera que se evalúe la compra de un material.

5.7. Enjuague

El enjuague tiene la función de diluir o eliminar los materiales dañinos de la película superficial del producto, a tal grado que no se afecten los procesos posteriores. Esto quiere decir que al baño que sigue no deben llegar sustancias de proceso que afecten el tratamiento de alguna manera. Entonces, en la superficie de las piezas deben estar presentes sólo trazas de los materiales utilizados en la operación anterior. Los factores de dilución requeridos están generalmente entre 100 y 10,000. Por otro lado, la cantidad de agua de enjuague utilizada debe ser mínima para no sobrecargar la planta de tratamiento de aguas residuales y para alcanzar la mayor concentración posible de

entrada en el retorno de la solución de enjuague. En el resultado del enjuague influye también la capa de difusión límite que está pegada en las piezas, formada por los químicos del baño; ésta es difícil de eliminar por simple inmersión. Al sumergirse solamente, la capa de difusión límite de químicos adheridos puede tener un espesor de algunas décimas de milímetros; con una fuerte turbulencia disminuye a pocos micrómetros, pero no se puede eliminar completamente.

Esta capa de difusión límite se puede reducir más rápido, a través de las siguientes medidas:

- Introducción de aire,
- Inmersión repetida del producto con su soporte (rack),
- Girar el tambor en el baño de enjuague
- Revertir los soportes (racks) de los productos
- Rociarlos con el agua de enjuague.

Antiguamente se enjuagaba simplemente en un recipiente el tiempo necesario hasta alcanzar la dilución correspondiente. Esto significaba no sólo un consumo muy alto de agua sino también la generación de cantidades considerables de aguas residuales. La tecnología actual cuenta con otros métodos de enjuague, más ahorrativos de agua:

- El enjuague en cascada,
- Las técnicas de enjuague de rocío,
- El uso múltiple del agua de enjuague por reciclaje interno
- La conducción de la solución de enjuague en circuito.

El enjuague en cascada se caracteriza porque el agua de enjuague fluye en sentido contrario del trabajo a través de varios compartimentos de enjuague, uno tras otro. Así, por ejemplo, una cascada doble solamente necesita entre el 1 y el 5% de la cantidad de agua que requiere una instalación de enjuague en flujo. La desventaja del enjuague en cascada consiste en que necesita mucho espacio.

Los productos de pedestal con la geometría adecuada pueden enjuagarse mediante rociado. Esta tecnología aprovecha la energía del chorro de aspersión eliminando también partículas viscosas pegadas, especialmente en lugares que se encuentran del lado opuesto de la corriente. Por la alta turbulencia en la superficie se logran capas de difusión límite muy delgadas y buenos efectos de limpieza.

El reciclaje interno del agua de enjuague se logra a través de procedimientos químicos de precipitación clásicos o mediante métodos físicos. También el agua de enjuague que se ensució poco en una etapa del proceso, se puede reutilizar como agua de enjuague en una fase posterior.

5.7.1. Ahorro de agua de los enjuagues

En particular, para reducir la cantidad del agua de enjuague se pueden tomar las siguientes medidas:

- Reducir poco a poco la entrada de agua fresca a la cantidad necesaria que se estableció empírica o analíticamente. La regulación se realiza a través de una medición de conductividad o se ajusta manualmente. Provocando turbulencias en el baño al mover el producto o inyectando aire se adelgaza más rápido la película adherente a la pieza.
- Cambiar la técnica de enjuague existente por la técnica de cascada, si se cuenta con el espacio correspondiente.
- Conducir el agua de enjuague en circuito, pasando por equipos de intercambio iónico y de ósmosis inversa. Estos procedimientos convienen solamente si se usa agua desmineralizada, porque de lo contrario deberán eliminarse también los minerales del agua potable, que son los causantes de dureza, y los costos de instalación y operación aumentarían de manera desproporcionada.
- Reducir la descarga de ingredientes del baño de proceso a los recipientes de enjuague posteriores tiene un efecto positivo para la generación de residuos y aguas residuales de una empresa metalmeccánica, ya que disminuye la cantidad de agua de enjuague necesaria y se reduce la carga de materia residual en el agua de proceso a tratar.

5.7.2. Los sistemas de enjuague

El diseño y la revisión de los sistemas de enjuague se concentran en la conservación del agua de desperdicio. Si el taller tiene suficiente espacio, la instalación de un sistema de enjuague contracorriente de etapas múltiples puede reducir el consumo de agua en hasta un 90%. Este sistema utiliza múltiples tanques de enjuague, a través de los cuales se remoja la pieza en sucesión. El agua de enjuague fresca fluye en el último de los tanques. El agua que se desborda de cada tanque de enjuague fluye al próximo tanque de la fila, en dirección contraria al movimiento de la pieza. El líquido que sale del tanque de enjuague último se utiliza como fuente de solución para el tanque de proceso o se recupera para el reciclaje, la recuperación del recurso o el tratamiento. Independientemente de que se use o no el enjuague de etapas múltiples, rociar con agua antes de enjuagar y dejar escurrir la pieza reducirá de forma importante el arrastre, permitiendo así reducir el paso de flujo del tanque o de los tanques de enjuague.

5.8. Fosfatizado

Para mejorar la protección anticorrosiva y la adhesión posterior de una eventual capa de pintura, se usan métodos de fosfatación en las piezas de acero y hierro. Se distinguen los siguientes procedimientos:

- fosfatación ferrosa,
- fosfatación mediante zinc,
- fosfatación a través de varios metales,
- fosfatación orgánica.

Recubrimientos de fosfato de hierro se generan mediante procedimientos de aspersión e inmersión. Este método se aplica en piezas pequeñas y piezas que requieren de poca protección anticorrosiva.

Los recubrimientos de fosfato de zinc forman una capa uniforme de fosfato de zinc y hierro que ofrece buena protección anticorrosiva y facilita la adhesión de un posterior barnizado o laqueado. Los baños de fosfatación de zinc se deben Ajustar

constantemente a la concentración necesaria y tienen muchas veces una larga vida útil si se elimina periódicamente el lodo que se genera mediante filtrado. Un desarrollo más reciente es el proceso de emplear poco zinc que permite la incorporación del hierro, que se separa del metal básico durante la reacción decapante, a la capa de fosfato. En láminas delgadas galvanizadas y afinadas de superficie se lleva a cabo una fosfatación por medio de varios metales a través de iones externos. Estos iones externos son calcio, níquel y zinc. Debido a la toxicidad de los iones de níquel, ya se han desarrollado procesos alternos con soluciones de fosfatación sin níquel.

En la fosfatación orgánica se realiza la formación de la capa de fosfato a través de polifosfatos y un polímero de fosfato en una mezcla de hidrocarburo y alcohol. Para alcanzar un manejo óptimo del baño de fosfatación deben analizarse constantemente sus ingredientes más importantes. También son importantes el manejo exacto de la temperatura igual que una carga uniforme. Para prolongar la vida útil de los baños de fosfatación, el lodo producido por la fosfatación debe eliminarse periódicamente mediante filtrado.

5.9. Esmaltado y laqueado

5.9.1 Tipos de materiales

Los laqueados y recubrimientos tienen el fin de proteger la superficie de los metales de esfuerzos y cargas, pueden tener aspectos muy diferentes. Los esmaltes y materiales de recubrimiento consisten generalmente en aglutinantes, pigmentos y disolventes.

Los aglutinantes unen las partículas de pigmentos entre sí y con la superficie a tratar y forman con ella el recubrimiento terminado. También definen en gran parte las cualidades mecánicas así como las propiedades de resistencia de los esmaltes.

Los pigmentos son colorantes y constan de componentes inorgánicos u orgánicos de partículas muy finas. En primer lugar sirven para la coloración, pero en algunos casos pueden usarse también por sus propiedades inhibidoras de corrosión.

Los disolventes pueden ser líquidos orgánicos halogenados o no halogenados, agua o mezclas de disolventes orgánicos con agua. Ellos tienen que disolver los aglutinantes sin transformación química alguna y deben ser volátiles dejando formada una película

como residuo. La selección del disolvente depende del tipo de aglutinante y las propiedades requeridas para la aplicación.

Entre los esmaltes y materiales de recubrimiento se distinguen los esmaltes de disolventes convencionales (esmaltes que se secan de manera física, esmaltes químicamente reticulantes), esmaltes ricos en cuerpos sólidos, esmaltes base agua y de polvo. El tipo de laca tiene gran influencia en las cantidades de residuos que se originan en su aplicación y en la posibilidad de aprovechar estos residuos. En los últimos años han sido desarrolladas más pinturas o esmaltes con un mínimo de solventes para muchos métodos de aplicación. Para algunas áreas su desarrollo implicó mucho trabajo (por ejemplo, pinturas metálicas para automóviles).

5.9.2. Otras medidas

El fallo de herramientas, una fuga en los ductos de aceites hidráulicos, o lubricantes refrigerantes no aptos afectan el proceso de producción y llevan a un incremento en la generación de residuos innecesarios y costosos, que puede evitarse mediante un mantenimiento preventivo. Para cada máquina debería elaborarse una hoja de trabajo que contenga, aparte de los parámetros de ajuste para la herramienta y del modo de operación de la máquina, indicaciones sobre el próximo cambio de aceite hidráulico, requerimientos para el lubricante refrigerante y otros requerimientos que deben cumplirse en coordinación con el fabricante para realizar una producción manejada bajo el criterio de calidad. Para garantizar el cumplimiento de todas las medidas que contribuyan a la calidad de los productos y la reducción de residuos, se debería introducir un sistema de manejo de calidad que incluya, además de la asignación clara de responsabilidades, también la capacitación e instrucción constante del personal.

6. Alternativas de reciclaje

De lo anteriormente expuesto, en el proceso metalmeccánico y el acabado de superficies de hierro y acero se generan los siguientes residuos principales:

- Chatarra a causa de producciones fuera de especificación y recortes
- Viruta de diferentes tamaños, en su mayoría aceitada
- Residuos de esmerilado
- Residuos de fosfatación y laqueado
- Aceites gastados y residuos de lubricantes refrigerantes, y
- Disolventes halogenados

Los **residuos de chatarra** que consisten en desperdicios de troquelado y cortes, restos metálicos y piezas defectuosas, generalmente siempre se pueden vender. Para alcanzar mejores precios conviene recolectar los metales por separado según su calidad. En todo caso deberían recolectar y venderse por separado los aceros normales y aceros finos. Los productos fuera de especificación (piezas defectuosas), generalmente se pueden vender como chatarra. Aquí hay que cuidar que los residuos de producción no tengan contenidos muy altos de otros metales, restos de aceite o restos de pintura. En el caso de la **viruta** se puede reciclar, por ejemplo, en fundidoras si su contenido de aceite sobrante no es demasiado alto. Al buscar vías de reciclaje para la viruta se deben tomar en cuenta su forma y el tipo de lubricante refrigerante. La viruta larga y grande absorbe, solamente pocas cantidades de aceites y emulsiones, además de una capa superficial entre la viruta. La viruta pequeña y corta presenta una capa superficial, además absorbe muchas veces grandes cantidades de aceites y emulsiones entre la viruta cuyos contenidos dependen de la viscosidad y la tensión superficial del lubricante refrigerante. Los contenidos grandes de aceites o emulsiones entre la viruta llevan en el reciclaje posterior en el horno de fundición de una fundidora, a considerables fumarolas y trastornos en el filtro eléctrico, conformando una carga para el ambiente por las emisiones. El resultado podría ser que la viruta con un contenido demasiado alto de aceite ya no pudiera reciclarse en ciertas instalaciones. La reducción del contenido de aceite, especialmente de la viruta corta que a menudo

contiene mucho aceite, es posible a través de una centrifuga. Estas centrifugas se pueden manejar de modo continuo o discontinuo y logran muy buenos resultados de desengrasado. Soluciones más simples son las coladeras de goteo entre la máquina y el contenedor donde se guarda la viruta; sin embargo esta medida tiene resultados satisfactorios solamente si la viruta es grande. Los aceites o emulsiones de lubricantes refrigerantes que se recuperaron de la centrifuga de viruta o de la coladera, deben reciclarse inmediatamente al circuito de enfriamiento; de lo contrario existe el gran riesgo de una degradación por bacterias, particularmente de las emulsiones de lubricantes refrigerantes. El desengrasado de la viruta debería realizarse aún cuando solo fuera por razones de costos, ya que se pueden recuperar cantidades considerables de aceite especialmente en la viruta corta. Contenidos menores de aceite en la viruta se pueden lograr también a través de un cambio a aceites refrigerantes de menor viscosidad o a emulsiones de lubricantes refrigerantes. Como alternativas pueden plantearse métodos de metalmecánica que arrancan viruta, combinada con la lubricación por evaporación o con la tecnología sin lubricación.

Los **residuos de esmerilado** contienen, además de diferentes porcentajes de metal, restos de esmeril, aceites de pulido o emulsiones de lubricantes refrigerantes. En los casos de un mayor contenido de metal y poco contenido de aceite, los residuos de esmerilado se pueden reciclar. Los residuos con un alto porcentaje de esmeril y un contenido elevado de aceite pueden reutilizarse como combustible alterno en una planta de cemento.

Los **lodos de fosfatizado** contienen hierro en forma químicamente fijada y no son directamente aprovechables. Se pueden reutilizar como material de mezcla en la producción de hierro que, sin embargo, no existe en el Valle de México. Las **natas de pintura** se pueden reciclar solamente bajo ciertas condiciones, en caso de que no se pueda reutilizar el overspray directamente. Deben contar con un tipo homogéneo de aglutinante que no haya perdido su capacidad de reaccionar o se haya desnaturalizado. Si existe una cantidad suficientemente grande de nata de pintura, se pueden recuperar aglutinantes o pigmentos y ser agregados como diluyente a pinturas

nuevas. Por eso se deberían plantear al fabricante de las pinturas utilizadas las posibilidades de reciclaje.

Los **aceites gastados** pueden reciclarse si no están contaminados por químicos u otras sustancias. Esto presupone una recolección separada y también la existencia de cantidades suficientes. Las mezclas de aceites usados cuya composición no hace provechoso el reciclaje, se pueden reutilizar como combustible alternativo en una planta de cemento.

Las **emulsiones de aceites solubles refrigerantes** deben separarse para su reciclaje en una fase de aceite y otra de agua. La fase de aceite puede seguir siendo reciclada o ser utilizada como combustible alternativo en plantas de cemento.

Los **disolventes** que generalmente se utilizan en las operaciones de limpieza son los compuestos halogenados. Se conoce que estos compuestos presentan peligros ambientales y de salud y que sólo deben utilizarse cuando no es viable una alternativa de emulsión de base acuosa, o un método de limpieza mecánico. Si no es posible la limpieza que no use disolventes, se debe considerar el uso de disolventes alternos menos peligrosos, como por ejemplo los terpenos, N-metil-2-pirolidono o ésteres ácidos difásicos. En caso que sea necesaria su utilización tendrán que implementarse medidas para su minimización en el uso o se tendrán que implementar formas de reciclar los disolventes utilizados en todos los distintos procesos en que se ocupan.

Los tipos de disolventes usados por las industrias (virtualmente en todas éstas para limpieza de equipos) son indicativos de los tipos de disolvente recuperados en instalaciones comerciales.

La industria de pinturas usa principalmente disolventes no halogenados, mientras que en la limpieza de superficies se usan principalmente disolventes halogenados. El tetracloroetileno es el disolvente principal usado por lavasecos.

La opción preferida para el manejo de residuos de disolvente es con frecuencia su regeneración y recuperación mediante procesos tales como destilación, no obstante, consideraciones de tipo más bien económico que técnico hacen a veces desistir de su uso. Esto conlleva a la utilización de estos residuos como combustible alternativo. Sin embargo, tales usos requieren de una evaluación cuidadosa, y las características del

residuo deben corresponder con la capacidad del proceso en el que se pretende realizar la combustión.

6.1 El reciclaje de los disolventes

6.1.1. Tratamiento inicial

Los disolventes sucios recibidos son inicialmente tratados mediante separación mecánica para remover sólidos suspendidos y agua. Los métodos de separación mecánica incluyen filtración y decantación. Esta última también es usada para separar el agua del solvente inmiscible.

En la destilación simple por lotes, una cantidad de disolvente usado es alimentada al evaporador. Después de ser cargado, los vapores son removidos y condensados continuamente. Los residuos remanentes en el fondo del destilador son removidos del equipo después de la evaporación del disolvente.

La destilación continua simple es similar a la destilación por lotes exceptuando que el disolvente es alimentado continuamente al evaporador durante la destilación, y los residuos del fondo del evaporador son descargados continuamente.

La separación de mezclas de disolventes generalmente requiere de destilaciones simples múltiples o rectificaciones. En la rectificación por lotes, los vapores del disolvente pasan a través de la columna de fraccionamiento donde entran en contacto con disolvente condensado (reflujo) ingresando por la parte superior de la columna. El disolvente que no es retornado como reflujo es retirado como producto por el tope. Durante la rectificación continua, el disolvente sucio es alimentado continuamente en un punto medio de la columna. Los disolventes más volátiles son retirados por la parte superior de la columna mientras que los disolventes con puntos de ebullición más elevados son recolectados en el fondo.

Los equipos de rectificación y destilación comunes no son apropiados para la recuperación de algunos disolventes sucios. Por ejemplo, contaminantes resinosos o viscosos pueden recubrir las superficies de transferencia de calor resultando en pérdida de eficiencia del evaporador.

Los evaporadores con serpentines expuestos a los disolventes son sólo adecuados con disolventes con un contenido de sólidos inferior al 5%. Dos evaporadores que evitan

que los contaminantes deterioren las superficies de calentamiento son los de raspadores rotatorios o de película delgada. En los primeros, raspadores rotatorios evitan que los contaminantes se adhieran a las superficies calientes del evaporador. Para materiales viscosos o sensibles al calor, evaporadores de película delgada son los más adecuados. Mediante este diseño, el disolvente es forzado a formar una película delgada sobre las paredes calientes del evaporador por unas cuchillas rotatorias. Estas cuchillas agitan el disolvente mientras mantienen una pequeña distancia desde las paredes del evaporador para evitar la acumulación de contaminantes sobre las superficies para calentamiento. Mezclas de disolventes azeotrópicos, que normalmente son difíciles de separar, pueden ser separados durante la destilación mediante la adición de un tercer disolvente. Por ejemplo, la adición de fenol a mezclas de ciclohexano y benceno durante la destilación, hace que los coeficientes de actividad del ciclohexano sean aproximadamente el doble de los del benceno. Este factor hace que la volatilidad del ciclohexano sea casi el doble de la del benceno, permitiendo una fácil separación por destilación. La condensación de los vapores de disolvente se logra durante la destilación mediante condensadores barométricos o de carcaza y tubos. Este último diseño consiste de tubos paralelos al interior de una carcaza cilíndrica. La condensación del disolvente se logra por el flujo de agua de enfriamiento a través de los tubos que están en contacto con los vapores de disolvente en la carcaza. Este arreglo evita el mezclado del disolvente recuperado con el agua de enfriamiento. En los condensadores barométricos, el vapor es condensado por contacto directo con un rocío de agua de enfriamiento. La condensación de vapor resulta en una mezcla de disolvente y agua de enfriamiento.

Los disolventes con puntos de ebullición elevados (155°C) son destilados más eficientemente en vacío. La destilación en vacío reduce de manera importante la cantidad de calor que sería requerido por medio de destilación a presión atmosférica.

6.1.2. Purificación

Después de la destilación, agua remanente es removida del disolvente por decantación. Un enfriamiento adicional de la mezcla disolvente-agua antes de la decantación aumenta la separación de los dos componentes al disminuir su solubilidad.

El disolvente es circulado a través de un lecho de cloruro de calcio donde el agua es removida por absorción. Durante la purificación, algunos disolventes recuperados pueden perder su capacidad para tamponar y necesitan ser estabilizados. La estabilización requiere la adición de tampones para asegurar que el pH se mantenga constante durante su uso. La composición de los aditivos usados para tamponar es considerada propiedad privada por la mayoría de las empresas.

6.1.3. Reciclado

Las alternativas de recuperación de disolvente se dividen en dos grupos básicos, recuperación en la planta (*on-site*) y fuera de la misma (*off-site*). Aunque la primera simplifica la operación de manejo del residuo algunas veces no se puede optar por ella debido a que no es factible desde el punto de vista económico o simplemente porque no se produce un disolvente de la calidad suficiente para ser rehusado por el industrial. En estos casos una empresa recicladora de disolventes puede ser la solución.

Los tipos de servicios generalmente ofrecidos son tres:

- (a) "*toll recycling*" (el disolvente es reciclado y retornado a su generador),
- (b) "*speculative recycling*" (el disolvente reciclado no es retornado al generador del disolvente contaminado).
- (c) corretaje de residuos o banco de residuos (representa una gestión en que el generador del disolvente contaminado es puesto en contacto con un interesado de este residuo) (U.S. EPA, 1992).

Al estudiar la posibilidad de contratar los servicios de una empresa recuperadora de disolventes, se recomienda considerar en primera instancia a los recicladores que se ubiquen en el área geográfica próxima al lugar de generación del disolvente contaminado. Asimismo, se debe analizar los requerimientos de transporte. Debe considerarse que el reciclador y el transportista deben estar debidamente autorizados por la semarnat y que el disolvente usado es un residuo y debe declararse como tal. Al investigar las posibilidades debe tenerse presente que los recicladores de disolvente, por lo general, sólo manejan algunos tipos particulares de disolventes, y pueden además estipular cantidades mínimas aceptadas.

Cuando se evalúen todas las posibilidades, se recomienda analizar la factibilidad económica de contratar los servicios de cada empresa disponible, considerando los siguientes factores:

- (a) La *calidad del disolvente reciclado* (mientras mayor sea el nivel de especificación para el disolvente reciclado mayor será el costo de recuperación).
- (b) La *calidad del disolvente usado* (el segregar los disolventes, mantenerlos libres de la contaminación con agua va a mejorar su factibilidad de reciclaje y va a reducir los costos del proceso).
- (c) La *cantidad* (a mayor cantidad puede disminuir el costo unitario del proceso).
- (d) Los *costos de transporte*.

Cuando se adquiera disolvente reciclado se recomienda conocer la calidad del mismo. Se debe solicitar análisis de los disolventes reciclados y asegurarse que estos poseen el nivel de pureza solicitado.

Finalmente, se sugiere analizar la reputación de la empresa y solicitar a ésta una presentación de sus actividades en el pasado. También es aconsejable consultar a otros clientes y conversar acerca de sus experiencias.

6.1.4. Sistemas de destilación *on-site*

Algunos de los potenciales beneficios de la recuperación de disolvente contaminado en el mismo lugar de generación son:

- (a) reducción del monto de residuos peligrosos generados y almacenados en el sitio de generación,
- (b) reducción en los requerimientos (regulatorios) de declaración como generador de residuos,
- (c) reducción de la cantidad de disolvente virgen a ser comprado,
- (d) reducción en la responsabilidad asociada al transporte y tratamiento externo de los disolventes.

Estos beneficios se deben principalmente a la disminución en el volumen total de residuos que serán generados y deberán ser dispuestos externamente por el industrial.

7. Conclusiones

De acuerdo al trabajo realizado se puede concluir que en las diferentes facetas de producción de la industria metalmecánica los residuos generados son tanto sólidos como líquidos, pero debido al auge tecnológico en el tratamiento de residuos peligrosos se han implementado en la actualidad diversas técnicas para minimizar el uso de ciertos disolventes peligrosos. Las técnicas que se deben para tratar disolventes peligrosos son muy complejas por lo cual requieren ser analizadas con mayor profundidad. debido a esto solo se mencionan acciones sencillas que ayudan a minimizar el uso de disolventes halogenados (percloroetileno , tricloroetileno) como por ejemplo, supliéndolos por soluciones alcalinas menos contaminantes. Sin embargo, las acciones aquí propuestas no son factibles en muchas empresas debido a que no cuentan con la suficiente información técnica. La información presentada en este trabajo podría solucionar diversos problemas de diferente indole. Permitiéndoles minimizar costos económicos y ambientales de gran importancia no solo para la empresa en particular, sino también, para la comunidad donde estos residuos afectarían directamente. Por lo cual falta mucho por hacer para poder atender un problema que nos atañe a todos. Y que tanto el gobierno y empresas particulares deben trabajar en conjunto para darle la debida atención al problema ambiental.

ANEXO A

Datos estadísticos del giro Metalmecánica que está clasificado por la Secretaría de Economía bajo el subsector 38,

Subsector 38	Características	Numero de empresas a nivel nacional	Numero de empresas a nivel estado de México	Numero de empresas a nivel distrito federal
Ramo 3811	Fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas	1049	164	151
Ramo 3812	Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales	29347	3186	2160
Ramo 3813	Fabricación y reparación de muebles metálicos	1031	146	264
Ramo 3814	Fabricación de otros productos metálicos no incluye maquinaria y equipos	4225	612	1009
Ramo 3821	Fabricación, reparación y/o ensamble de maquinaria, equipo y equipo para fines agrícolas	824	102	231
Ramo 3822	Fabricación, reparación y/o ensamble de maquinaria de maquinaria y equipo para fines de armado	5145	559	799
Ramo 3823	Fabricación y/o ensamble de maquinas de oficina, calculo y procesamiento informatico	87	3	7
Ramo 3831	Fabricación y/o ensamble de maquinaria equipo y accesorios eléctricos	1408	193	330
Ramo 3832	Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio y televisión y de uso medico	535	42	84
Ramo 3833	Fabricación y/o ensamble de aparatos de uso domestico	247	43	53
Ramo 3841	Industria automotriz	1401	231	273
Ramo 3842	Fabricación reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes	171	32	28
Ramo 3850	Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión incluye instrumental quirúrgico	776	46	245
	Total	46246	5359	5634

ANEXO B

Legislación y requisitos que la SEMARNAT solicita a las empresas generadoras de residuos peligrosos

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS

AUTORIZACIÓN PARA RECICLAJE DE RESIDUOS PELIGROSOS	No DE AUTORIZACIÓN
EMPRESA AUTORIZADA	
Razón social REPRESENTANTE DE LA EMPRESA DIRECCIÓN	No DE OFICIO México D. F.

CONDICIONANTES GENERALES DE LA AUTORIZACIÓN

1. La SEMARNAT a través del INE y en uso de las atribuciones que le fueron conferidas en el Artículo 5, Fracción XIX de la ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente; y para dar cumplimiento a los Artículos 151 de la misma y 10 de su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, se concede l a presente Autorización con base en la información presentada por el interesado.
2. Zinc Nacional, S.A. deberá dotar de equipos de seguridad y capacitar periódicamente al personal que maneje los residuos peligrosos amparados por la presente Autorización
3. Zinc Nacional, S.A., deberá implementar planes que contengan las medidas y acciones que se llevaran a cabo para controlar contingencias ocasionadas por fugas, derrames e incendios que se presenten como resultado de las actividades amparadas por la presente Autorización.
4. Zinc Nacional, S.A., deberá contar con sistemas que controlen la emisión de contaminantes a la atmósfera y operarlos eficientemente para cumplir con las normas respectivas.
5. Zinc Nacional S.A., deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo y
6. correctivo en:
7. Equipos de combustión.
8. Equipos de control de contaminantes
9. Area de Peletizado, Planta Húmeda, Molienda, Tanque de lixiviación y Filtro prensa.
10. Dispositivos de seguridad
11. Equipo contra incendio
12. Quedan prohibidas las infiltraciones de residuos peligrosos al suelo y subsuelo.
13. Las Áreas de almacenamiento deberán cumplir con los Artículos 14 al 19 del
14. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en
15. Materia de Residuos Peligrosos.
16. Las descargas de aguas residuales que se generen en el proceso , deberán

ajustarse a los lineamientos y especificaciones que les dicte la autoridad competente

17. Los movimientos de entrada y salida de Residuos Peligrosos del area de almacenamiento quedaran registrados en bitácora, debiendo indicar fecha de movimiento, origen y destino de Residuo Peligroso.

18. En el almacén de combustible la iluminación y la instalación eléctrica, así como las bombas de conducción deben ser a prueba de explosión; tanquería, y líneas deben estar aterrizadas para la descarga de energía estática y la herramienta utilizada debe ser antichispa

19. Zinc Nacional S.A., deberá contar en las áreas donde se traten los Residuos Peligrosos con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos descritos y amparados por la presente Autorización en lugares y formas visibles de igual forma los sistemas de extinción contra incendios.

20. Zinc Nacional, S.A. deberá contar con una póliza de seguros que cubra la responsabilidad civil por accidentes y por los daños que se puedan ocasionar al medio ambiente en todas las operaciones que realice sobre el manejo de Residuos, motivo de esta Autorización.

21. Cuando la Empresa tenga previsto realizar cambios, modificaciones o alteraciones a lo aquí Autorizado, deberá notificarlo a esta Secretaria con la debida anticipación, a fin de regularizar la presente Autorización.

22. Es motivo de cancelación de la presente Autorización el incumplimiento de cualquiera de las condiciones aquí establecidas, así como en aquellos casos que determine la Secretaria.

23. La presentación de quejas hacia la Empresa en forma reiterativa y justificada, o la ocurrencia de eventos que pongan en peligro la vida humana o que ocasionen daños al medio ambiente y a los bienes particulares o nacionales podrá ser causa justificada para la cancelación de la presente Autorización.

24. La presente Autorización es intransferible y se otorga sin perjuicio de la Autorizaciones que deben obtenerse de estas u otras Autoridades competentes.

25. Esta institución se reserva el derecho de realizar visitas técnicas a las instalaciones de la Empresa beneficiada con la presente Autorización.

26. La Empresa deberá solicitar la renovación de esta Autorización 30 días antes del término de su vigencia.

CONDICIONANTES ESPECIFICAS DE LA AUTORIZACIÓN

1. Se otorga la presente Autorización a la empresa Zinc Nacional, S.A., para realizar la actividad de reciclado de Residuos Peligrosos con contenido de Zinc con una capacidad de 20 000 ton / mes.

2. La presente Autorización tiene una vigencia de 12 meses, contados a partir de la fecha de recepción del presente oficio; y podrá ser renovada a solicitud expresa de la empresa.

3. Zinc Nacional, S.A., deberá contar con una bitácora en la cual registre las entradas y salidas de Residuos Peligrosos antes y después del reciclaje como producto terminado.

4. El tanque de Ácido Sulfúrico del proceso hidrometalurgico y el tanque reactor del area de Planta húmeda y de dechlorinado, deberán contar con los dispositivos de seguridad a fin de evitar cualquier fuga o derrame.

5. Zinc Nacional S.A., deberá verificar en el area de Peletizado, el nivel de las góndolas antes de poner en marcha la maquinaria, así como revisara que las compuertas de las góndolas queden cerradas, incluyendo las puertas superiores. También deberá dar el mantenimiento de lubricación a la transmisión, conos peletizadores, resto del equipo y revisar los niveles de aceite en los reductores Hidráulicos.
6. Zinc Nacional S.A., contara con un Programa de Mantenimiento del Equipo de Succión del Sistema Colector de Polvos.
7. Zinc Nacional S.A., deberá contar en el area de filtros prensa con mecanismos para evitar fugas o derrames que puedan causar infiltraciones al suelo.
8. Zinc Nacional S.A., deberá realizar y caracterizar los residuos que puedan generarse al realizar el reciclaje, y de acuerdo a los resultados obtenidos se les dará su disposición final.
9. Zinc Nacional S.A., deberá evitar la existencia de polvos fugitivos en el area de descarga y peletizado.
10. Se otorga la presente Autorización en atención a su solicitud V U-092-MRP-96.

**ATENTAMENTE
SUFRAGIO EFECTIVO. NO REELECCIÓN
EL DIRECTOR GENERAL**

**INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES
RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS**

AUTORIZACIÓN PARA EL TRATAMIENTO IN-SITU DE RESIDUOS PELIGROSOS	No DE AUTORIZACIÓN
--	---------------------------

EMPRESA AUTORIZADA

Razón social DIRECTOR GENERAL DE LA EMPRESA	No DE OFICIO
DIRECCION	México D. F.

CONDICIONANTES GENERALES DE LA AUTORIZACIÓN

1. La SEMARNAT, a través, del Instituto Nacional de Ecología y en uso de las atribuciones que le fueron conferidas en el Artículo 5, Fracción VI de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y para dar cumplimiento a los Artículos 151 Bis de la misma Ley y 10 de su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, concede la presente Autorización con base en la información presentada.
2. deberá presentar a esta Dirección General, en un plazo de 3 meses, contados a partir de la fecha de recepción del presente oficio, un programa integral de medidas de seguridad , el cual incluya los siguientes aspectos:
 - a. Programa de mantenimiento preventivo de los equipos de operación y de control de las emisiones contaminantes, haciendo énfasis en los sistemas y dispositivos de seguridad, así como el sistema contra-incendio
 - b. Equipos y dispositivos de seguridad para la prevención y control de contingencias.
 - c. Programa de simulacros.
3. Deberá delimitar las áreas de almacenamiento temporal de residuos peligrosos, las cuales deberán cumplir con lo establecido en los Artículos 14 al 21 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos, para lo cual, deberá presentar ante esta Dirección General, en un plazo de 3 meses, posteriores a la fecha de recibo del presente oficio, la información que certifique lo antes citado. Asimismo, deberá dar cumplimiento a lo establecido en los Artículos 23 y 25 del citado Reglamento, que se refieren al sistema de Manifiestos de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos y el Reporte Semestral sobre los residuos peligrosos que hubiere tratado durante dicho periodo respectivamente.
4. deberá contar con un programa de capacitación para el personal responsable del manejo de residuos peligrosos, así como para el uso de equipos y dispositivos para la prevención y control de contingencias.
5. deberá contar con los planes, medidas y acciones que se llevaran a cabo para mitigar y controlar contingencias originadas por derrames e incendios que pudieran presentarse como resultado de las actividades realizadas. Asimismo, en el caso de derrames, deberá remitir a esta Dirección General, el Manifiesto para los casos de derrame de Residuos Peligrosos por accidente, en los formatos Oficiales correspondientes.
6. En caso de que la empresa, deseara utilizar equipos de transporte de su propiedad para el traslado de residuos peligrosos, deberá contar con la Autorización correspondiente, otorgada por esta Dirección General.

7. En el caso de que requiera los servicios de una empresa transportista, esta deberá cumplir con lo establecido en los Artículos 22 al 29 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo relativo a la Transportación de Residuos Peligrosos.
8. El manejo de residuos peligrosos generados durante el proceso de tratamiento, se realizara con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-054-ECOL-1993 o la que la sustituya, donde se establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-1993 vigente.
9. De conformidad con lo establecido en el Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, cuando sean requeridos sus servicios por un tercero, la empresa que usted dirige, deberá hacerse responsable de la operación de las actividades previstas en la presente Autorización.
10. deberá contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos amparados por la presente Autorización, en lugares y formas visibles. Además, el sistema contra incendio, deberá ser seleccionado de acuerdo al riesgo involucrado por los residuos que se manejen.
11. El sistema de iluminación eléctrica y las bombas de conducción, deberá ser a prueba de corto circuito y explosiones. Todos los equipos de proceso, tanquería y líneas, deberán estar aterrizadas para la descarga de energía estática. La herramienta utilizada, deberá ser antichispa.
12. deberá contar con una póliza de seguros que cubra la responsabilidad civil por accidentes y por los daños que se puedan ocasionar a terceros en sus bienes, personas y al medio ambiente por las operaciones que realice la empresa.
13. Solo podrá manejar residuos peligrosos para tratamiento, de empresas manifestadas como Generadoras de Residuos Peligrosos.
14. La empresa solo podrá manejar para su tratamiento, residuos de origen nacional.
15. deberá contar con un sistema que controlen la emisión de contaminantes a la atmósfera y al suelo, los cuales deberán operar eficientemente para cumplir con las Normas correspondientes.
16. Queda prohibido infiltrar al suelo y subsuelo, aguas residuales y de proceso, lixiviados o cualquier líquido generado durante el tratamiento de residuos peligrosos.
17. Las descargas de aguas residuales que se generen, deberán ajustarse a la normatividad, lineamientos y especificaciones que dicte la Autoridad competente.
18. La presentación de quejas contra la empresa en forma reiterada y justificada o la ocurrencia de eventos que pongan en peligro la vida humana o que ocasionen daños al medio ambiente podrá ser causa suficiente para la cancelación de la presente Autorización.
19. Cualquier modificación, cambio o alteración o lo aquí Autorizado, deberá notificarlo a esta Dirección General con la debida anticipación, a efecto de dictaminar en lo procedente.
20. La Presente Autorización se otorga sin perjuicio a las Autorizaciones y Permisos que deban observarse de otras Autoridades competentes.
21. En uso de sus facultades de inspección y vigilancia, la instancia correspondiente podrá verificar en cualquier momento, que la empresa haya cumplido con las condicionantes

CONDICIONANTES ESPECIFICAS DE LA AUTORIZACIÓN

1. La Autorización se otorga a la empresa, para la siguiente actividad: 05-30-PS-V-02-97, tratamiento In – Situ de lodos residuales, generados como recortes de perforación y sedimentos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, mediante separación física(centrifugación), con una capacidad aproximada de 1000 toneladas por mes, los hidrocarburos recuperados en el tratamiento se devuelven a la empresa generadora.
2. deberá efectuar mediciones de sus contaminantes al aire y al agua.
3. deberá remitir cada 6 meses a esta Dirección General y a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la siguiente información:
4. I.- La cantidad de residuos resultantes del trabajo
5. II.- Los resultados de las mediciones, solicitadas específicamente en el punto 2 del presente oficio, que se hayan efectuado.
6. III.-La disposición final de los residuos generados por los procesos y actividades de la empresa.
7. Queda apercibido que deberá demostrar ante las Autoridades del Instituto Nacional de Ecología y de la Procuraduría Federal de Protección al 052-ECOL-93.
8. 5 No podrá tratar residuos peligrosos que contengan bifenilos policlorados, organo-hexaclorados ni plaguicidas.
9. La presente Autorización es intransferible e inalienable, y deberá ser renovada anualmente, previo pago de los derechos correspondientes. Esta Autorización, queda sujeta al estricto cumplimiento de las condiciones Generales y Específicas aquí establecidas, así como a las disposiciones aplicables de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, además como a cualquier norma u ordenamiento legal en la Materia que a la fecha se encuentre vigente. La omisión a lo antes indicado, faculta a esta Dependencia a la cancelación de la misma y por tanto al término de la vigencia.
10. La presente Autorización se emite en atención a su solicitud de regularización presentada mediante su escrito del 14 de abril de 1997.
11. El presente acto a la Autorización No.5-30-PS-V-01-93 emitida mediante el Oficio No. DGNA.- 011546 del 9 de diciembre de 1993.

**ATENTAMENTE
SUFRAGIO EFECTIVO. NO REELECCIÓN
EL DIRECTOR GENERAL**

**INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES
RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS**

AUTORIZACIÓN PARA EL RECICLAJE DE RESIDUOS PELIGROSOS	No DE AUTORIZACION
EMPRESA AUTORIZADA	
Razón social PROPIETARIO DE LA EMPRESA	No DE OFICIO
DIRECCIÓN	México D. F.

CONDICIONANTES GENERALES DE LA AUTORIZACIÓN

1. La SEMARNAT, a través del Instituto Nacional de Ecología y en uso de las atribuciones que le fueron conferidas en el Artículo 5, Fracción XIX de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y para dar cumplimiento a los Artículos 151 de la misma Ley y 10 de su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, concede la presente Autorización con base en la información presentada.
2. deberá cumplir con la bitácora de movimientos a que se refiere el Artículo 21 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, así también, observara el cumplimiento de los Artículos 23 y 25 que se refieren al sistema de Manifiestos de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos Semestral sobre aceite lubricante gastado que hubiere recibido durante dicho periodo, respectivamente.
3. deberá contar con un programa integral de Medidas de Seguridad, el cual incluya los siguientes aspectos:
 - a. Programa de Mantenimiento Preventivo de los equipos de proceso, almacenamiento y seguridad.
 - b. Equipos y dispositivos de seguridad para la prevención y control de contingencias.
 - c. Programa de simulacros.
4. Deberá contar con un programa de capacitación al personal responsable del manejo de residuos peligrosos y del uso de equipos y dispositivos para la prevención y control de contingencias.
5. deberá contar con los planes, medidas y acciones que se llevaran a cabo para mitigar y controlar contingencias derivadas de situaciones por derrames e incendios que se presenten como resultado de las actividades realizadas. Asimismo, en el caso de derrames, deberá remitir a esta Dirección General, el Manifiesto para los casos de derrame de Residuos Peligrosos por accidente, en los formatos Oficiales correspondientes.
6. En caso de que la empresa, deseara utilizar equipos de transporte de su propiedad para el traslado de residuos peligrosos, deberá contar con la Autorización correspondiente, otorgada por esta Dirección General.
7. En el caso de que requiera los servicios de una empresa transportista, esta deberá cumplir con lo establecido en los Artículos 22 al 29 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo relativo a la Transportación de Residuos Peligrosos.
8. deberá cumplir en las áreas de almacenamiento temporal de aceite lubricante

gastado, con lo establecido en los Artículos 14 al 21 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

9. De conformidad con lo establecido en el Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, cuando sean requeridos sus servicios por un tercero, la empresa que usted dirige, deberá hacerse responsable de la operación de las actividades previstas en la presente Autorización.

10. deberá contar con sistemas que controlen la emisión de contaminantes a la atmósfera y al suelo, los cuales deberán operar eficientemente para cumplir con las normas correspondientes.

11. deberá contar con una póliza de seguros que cubra la responsabilidad civil por accidentes y por los daños que se puedan ocasionar en las operaciones que realice la empresa.

12. Solo podrá recibir aceite gastado de empresas manifestadas como Generadoras de Residuos Peligrosos.

13. La empresa, solo podrá manejar aceite lubricante gastado de origen nacional.

14. Las descargas de aguas residuales que se generen, deberán ajustarse a la normatividad, lineamientos y especificaciones que dicte la Autoridad competente.

15. deberá contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos por la presente Autorización, en lugares y formas visible, Además, los sistemas de extinción contra incendios deberán ser seleccionados de acuerdo al riesgo involucrado por los residuos que se manejen.

16. El manejo de los residuos peligrosos se realizará respetando la posible incompatibilidad química que pueda existir entre ellos, tal como lo establecen las Normas Oficiales Mexicanas NOM-052-ECOL-93 y NOM-054-ECOL-93 o aquellas que la sustituyan.

17. El incumplimiento de cualquiera de las condicionantes Generales y Específicas aquí establecidas, es motivo de cancelación de la presente Autorización.

18. Cualquier modificación, cambio o alteración a lo aquí Autorizado, deberá notificarlo a esta Dirección General con la debida anticipación, a efecto de actualizar la presente Autorización.

19. La presente Autorización se otorga sin perjuicio de las Autorizaciones y permisos que deban observarse de otras Autoridades competentes.

20. Esta Autorización se enmarca en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y al Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, por lo cual la empresa deberá sujetarse a todas las disposiciones establecidas en estos instrumentos Jurídicos, así como las Normas Oficiales Mexicanas vigentes aplicables a las actividades motivo de esta Autorización.

21. La presente Autorización es intransferible y tiene una vigencia de un año contado a partir de la fecha de recepción del presente oficio; y será renovada a juicio de esta Dependencia y a solicitud expresa. Dicha solicitud deberá hacerse con 30 días de anticipación a la fecha de su vencimiento.

Ejemplo:**CONDICIONES ESPECIFICAS DE LA AUTORIZACIÓN**

1. La Autorización se otorga al C. Francisco de la Barrera Mares propietario de la empresa Manufacturas Metálicas, cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en Gustavo Baz No. 5, Col. Nueva Teotihuacan, San Juan Teotihuacan, Estado de México; para la siguiente actividad: 15-33-PS-VI-43-96, Reciclaje de aceite lubricante gastado, mediante filtración (filtro prensa), para elaborar combustible alterno, además, obteniendo como subproducto lodos para la elaboración de mastique.
 2. La capacidad de procesamiento es de 120,000 litros por mes de aceite lubricante gastado y 50 kilogramos por mes de mastique.
 3. deberá remitir semestralmente a esta Dirección General y a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente un reporte en el que se consideren las cantidades resistentes del tratamiento y las enviadas a disposición final, con base en las características de los mismos.
 4. Los combustibles alternos deberán cumplir con las especificaciones siguiente:

+ Poder calorífico (Líquidos)	4,000	Kcal/kg	Mínimo
+ Poder calorífico (Sólidos)	3,000	Kcal/Kg	Mínimo
+ Sólidos suspendidos	40%		Máximo
+ Agua total	25%		Máximo
+ pH	entre 4 y 11		
+ Halógenos totales (Expresado como Ion-cloro)	2.0%		Máximo
+ Azufre total	1.0%		Máximo
+ Cromo hexavalente	3,000	mg/l	Máximo
+ Plomo	4,000	mg/l	Máximo
+ Arsénico	100	mg/l	Máximo
+ Mercurio	50	mg/l	Máximo
+ Plata	100	mg/l	Máximo
+ Selenio	100	mg/l	Máximo
+ Cadmio	500	mg/l	Máximo
+ Bario	6,000	mg/l	Máximo
+ Bifelinos policlorados	50	mg/l	Máximo
 - 5.- Los residuos que no deberán formar parte de la mezcla para combustible alterno son: Residuos que sufran cambios violentos, que reaccionen violentamente con agua, que formen mezclas explosivas con agua o que sean capaces de tener una reacción de detonación y explosiva bajo condiciones de manejo normal.
 - Dioxinas policloradas.
 - Furanos policlorados.
 - Bifenilos policlorados en concentraciones mayores a 50 mg/.
 - Plaguicidas concentrados.
 - Desechos radioactivos.
 - Gases comprimidos.
 - Compuestos biológico patológicos.
 Compuestos hexaclarados, tales como hexacloroetano, hexaclorobutadieno y hexaclorobenceno.
 - Cianuros.
- 6.- El presente acto cancela la Autorización No. 15-33-PS-V-19-95, otorgada ATENTAMENTE SUFRAGIO EFECTIVO. NO REELECCIÓN

ANEXO C

Clasificación de los residuos según la clave oficial para residuos peligrosos generados en la industria metalmeccánica.

Nr del residuo	Tipo de residuo (denominación oficial)	Tipo de residuo (denominación interna)
RP8.1/01	Aceite gastado de corte y enfriamiento En la operaciones de talleres de maquinado	Aceites solubles, gastados de corte y enfriamiento, emulsiones (aceite de enfriamiento), refrigerantes gastados
RPNE1.1/03	Aceites lubricantes gastados	Aceites gastados de las maquinas, aceites lubricantes gastados, aceites quemados, aceites lubricantes para motor de automóvil, aceites lubricantes de mantenimiento de maquinaria y equipo
RPNE1.1/04	Aceites dieléctricos, bifenilos policlorados	Bifenilos policlorados
RP1.1/15	Soluciones gastadas y sedimentos de los baños de cianuro de las operaciones de galvanoplastia	Cianuro de cobre, solución de sulfocianuro de sodio.
RP1.1/17	Soluciones gastadas y residuos provenientes de los baños de fosfatizado	Agua residual de los baños del fosfatizado. Agua residual del baño de fosfatizado
RP8.1/02	Aceites gastados de corte y enfriamiento en las operaciones de talleres de maquinado	Soluciones de los baños de templado provenientes de las operaciones de enfriamiento, Soluciones de enfriado
RP1.1/04	Baño de anodización del aluminio	Sellado del anodizado (ácidos).
RP8.1/04 RP8.1/04	Residuos de las operaciones de limpieza alcalina o ácida	Enjuague del decapado con ácido muriático Enjuague del desengrasante alcalino Soluciones de enjuagues

		<p>Agua residual del desengrase alcalino. Enjuague del decapado con ácido muriático Enjuague del desengrasante alcalino Sosa cáustica Solución acuosa con ácido sulfúrico al 5% Desengrasante electrolítico</p>
RP1.1/07	Soluciones gastadas y residuos provenientes del cromado Cromo	(Cr6+). Soluciones gastadas del baño de cromado
RP1.1/11	Soluciones gastadas y residuos provenientes del niquelado.	Cianuro de níquel
RP8.1/02	Residuos provenientes de barrenado y esmerilado	Rebaba de acero, polvos de esmeril, rebaba y granos abrasivos del esmeril, rebaba de acero
RP8.1/05	Pinturas, solventes, lodos, limpiadores y residuos provenientes de las operaciones de recubrimiento, pintado y limpieza	Filtro de felpa de plástico, filtro de felpa de plástico impregnado de pintura alquídica, cromato de zinc o poliuretano, filtro de tela trenzada, filtros saturados
RP1.1/01	Lodos de tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de metales para remover soluciones concentradas	
RP1.1/15	Soluciones y sedimentos provenientes de los baños de cianuro de las operaciones de galvanoplastia	Lodos de sulfocianuro de sodio
RP1.1/17	Soluciones gastadas y	Lodos del baño de fosfatizado

	residuos provenientes de los baños de fosfatizado	Lodos del fosfato
RP 1.1/02	Lodos provenientes de las operaciones de desengrasado	Lodos provenientes de las operaciones de desengrasado (detergentes o tensoactivos)
RP8.1/05	Pinturas, solventes, lodos, limpiadores y residuos de las operaciones de recubrimiento, pintado y limpieza	Natas de pintura lodos de pintura de la caseta de cortina de agua
RP8. 1/05.	Pinturas, solventes, lodos, limpiadores y residuos provenientes de las operaciones de recubrimiento, pintado y limpieza	Polvos de pintura
RP8.1/05.	Pinturas, solventes, lodos, limpiadores y residuos provenientes de las operaciones de recubrimiento, pintado y limpieza	Solventes gastados
RPNE1.1/08	Solventes halogenados en operaciones de Desengrasado	Desengrasante no electrolítico, percloroetileno/tricloroetileno/percloroetileno
RPNE1.1/01	Envases y tambos vacíos usados en el manejo de materiales y residuos peligrosos	Porrónes vacíos impregnados con ácido bromhídrico

8. Bibliografía

1. Manual de minimización, tratamiento y disposición concepto de manejo de residuos peligrosos e industriales para el giro metalmecánica Marzo de 1999
2. Manual de minimización, tratamiento y disposición Concepto de Manejo de Residuos Peligrosos e Industriales para el Giro de la Fundición Comisión Ambiental Metropolitana en colaboración con: Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) Diciembre de 1999
3. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial manejo de solventes Santiago de Chile junio de 1999
4. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial recuperación de solventes Santiago de Chile junio de 1999
5. Manual de minimización tratamiento y disposición Concepto y manejo de residuos peligrosos e industriales para el giro de la galvanoplastia México DF Septiembre de 1998
6. TÜV ARGE MEX – GTZ Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal Dirección General de Proyectos Ambientales Plaza de la Constitución No. 1, 3er piso Col. Centro C.P. 06500, México DF Tel.: 521 08 68, 723 65 78, 723 65 79 Mail: ikreiner@compuserve.com
7. Asociación Nacional de la Industria Química, AC. s.f. *Guía Básica de Servicios 2001*. México, DF.: ANIQ.
8. Cortinas de N. C., 1993. Regulación y gestión de productos químicos en México, enmarcados en el contexto internacional, México, DF. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL. (Serie Monografías No. 1)
9. EPA/SEDESOL. 1993. La minimización de residuos en la Industria del Acabado de Metales. Grupo de trabajo sobre la prevención de la contaminación.
10. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal Dirección General de Proyectos Ambientales Subdirección de Residuos Peligrosos Plaza de la Constitución No. 1, 3er. Piso Col. Centro C.P. 06000 México DF. Tel.: 521 81 60 y 542 24 83
11. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (SEMARNAP). 1997. Sistema integrado de regulación directa y gestión ambiental de la industria (SIRG). México, DF.: Instituto Nacional de Ecología

12. Secretaría de Salud; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Perfil nacional sobre uso y manejo de sustancias químicas en México. México, DF.: SSA.
13. Weinstein Ch. E., Ecotoxicology. Environmental fate and ecosystem impact. En: Ecotoxicity and Human Health. De Serres F. J. y Bloom A. D. Ed., CRC. Lewis, 1996, p.p.63-85
14. Cortinas de N. C., 1996. *Worldwide overview of hazardous wastes*. Toxicology and Industrial Health, 12:2, 127-139
15. Metal Finishing Organic finishing guidebook and directory issue june 2002 Vol 100 No.6A p.p. 492-504
16. Ecología Industrial Colección ingeniería medio ambiente aplicado a la industria Mariano S. C., grupo mundi prensa
17. Yen T. F. Environmental chemistry Prentice Hall Ptr 1999
18. Cairns J., Harrison R. M., Organic contaminants in the enviroment Prentice Hall Ptr 1999
19. Amos T., Jonathan T., Anet T. W., Contaminación del medio ambiente Interamericana
20. Herbert B., Lond F., Industrial pollution control Mc graw Hill 2000
21. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal Dirección General de Proyectos Ambientales Plaza de la Constitución No. 1, 3er piso Col. Centro C.P. 06500, México DF Tel.: 521 08 68, 723 65 78, 723 65 79
22. Instituto Nacional de Ecología Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas Av. Revolución 1425, niveles 13 y 33 Col. Tiacopac, Del. Álvaro Obregón C.P. 01040, México, DF. Tel.: 624 34 33, 624 34 18, 630 94 32 <http://www.ine.gob.mx>
23. XIX Censo Industrial. Industrias Manufactureras, Extractivas y Electricidad. 1999, INEGI
24. Kresse J., Säuberung technischer Oberflächen, Export Verlag 1988, 7044 Ehningen bei Göttingen, ISBN 3-8169-0329-0
25. Buonicore, A.J., and Davis, W. (Ed.) 1992. Air Pollution Engineering Manual. Air & Waste Management Association. Van Nostrand Reinhold. New York.

26. Callahan, M. S., 1995. Hazardous Solvent Source Reduction. McGraw-Hill, Inc.
27. Carter, B., 1998. Solvents-The Alternatives (Part 1 of 2). Waste Reduction Resource Center for the Southeast. Raleigh, North Carolina .
28. Kirk, R., Othmer, D., Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons, 1991
29. Berewinkel K.H., Vermeidung und Verwertung von Lackschlämmen, Forschungsbericht 10301375/07, UBA-FB 95-024, Umweltbundesamt, Bismarkplatz 1, 14193 Berlin, 1995
30. Grünwald F., Fertigungsverfahren in der Gerätetechnik, Carl Hanser Verlag München-Wien, 1985, ISBN 3-446-14195-2
31. Paul T. Kostecki , Edward J. Calabrese Petroleum contaminated soli Volumen I II II Lewis Publishers
32. Revista del medio ambiente (Waste medioambiente)
www.ideal.es
33. Contaminación atmosférica
www.sima.com.mx
34. Hipervínculo centro de información ambiental
www.sma.df