



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ASPECTOS AMBIENTALES QUE INTERVIENEN EN UNA  
PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO

TRABAJO MONOGRAFICO DE  
ACTUALIZACION  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO  
P R E S E N T A :  
EDUARDO HERNANDEZ TINOCO



MEXICO, D.F.



2005

EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA

m. 343414



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente I.Q.M. Eusebio Candido Atlatenco Tlapanco

Vocal Dr. José Alejandro García Hinojosa

Secretario I.Q.M. Adrián Manuel Amaro Villena

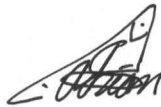
1er. Suplente I.Q. Rodolfo Torres Barrera

2do Suplente I.Q.M. Agustín Ruiz Tamayo

Sitio donde se realizó el tema

Departamento de Ingeniería Metalúrgica  
Facultad de Química. Edificio "D"  
Ciudad Universitaria, UNAM

Asesor de Tema:



I.Q.M. Adrián Manuel Amaro Villena

Sustentante:



Eduardo Hernández Tinoco

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: EDUARDO HERNANDEZ TINOCO

FECHA:

22 / ABRIL / 2005

FIRMA:



## DEDICATORIAS

A ti Ochún. Que siempre me alumbras el camino y llenas mi corazón de dulzura.

A ti baba que me tranquilizas, Obbatalá tu eres la luz de mi mente.

A ti Eleggúa. Que me abriste, me abres y me abrirás el camino.

A todos mis Orichás. Por que sin ustedes nada es posible.

A todos mis Eggun. Por cuidarme.

A ti Madre. Por que eres lo que mas quiero en esta tierra, te amo mamita.

A Sandra H. Tinoco. Por que esto es tu trabajo.

A Fernando H. Tinoco. Gracias Carnal.

A José Antonio H. Tinoco. Pa lante siempre, nunca mires pa tras.

A Fernanda y Emilio. Por que cuando se siembra se cosecha.

A Jorge Tinoco Z. La esperanza nunca muere.

A mi fruto mi flor mi lluvia de abril mi historia sin fin, te quiero mi cinty.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por todo lo que da sin pedir nada a cambio.

A mi asesor I.Q.M. Adrián M. Amaro V. Por el gran apoyo y dedicación en este trabajo.

Al I.Q.M. Eusebio Candido Atlatenco Tlapanco. Por que mas que un maestro es un gran amigo.

Al Dr. Alejandro García Hinojosa. Por el apoyo que siempre brinda.

A todos los profesores de la carrera, por que siempre están cuando los necesitamos.

Al I.M. José Luís Alonso V. Por impulsar mi vida profesional gracias.

A Maricruz Hernández H. Es bueno saber que cuento contigo.

A Edith V. Sabes que eres una gran amiga mil gracias.

A Eduardo Trejo. Gracias Compiter.

A mis amigos: Salomón, Ale, Piporro, Elvin, Quique Maya, Julio Cesar, Chuchin, Arturo, Mauro, Chris y Vane, José y Alan, Ángeles y Roberto, Juan Manuel Ochoa, Quiquito, Idania y a todos los que me faltan.

## INDICE

Introducción	1
Objetivo	3

### CAPITULO I ANTECEDENTES TEÓRICOS

1.1 Desarrollo sustentable	4
1.2 Ecoeficiencia	7
1.2.1 Practicas Vs. ecoeficiencia	7
1.2.2 Beneficios y consecuencias	8
1.2.3 Cómo ser ecoeficiente	9
1.2.4 Herramientas administrativas	10
1.2.5 Visión y alcance dentro de la organización	11
1.2.6 Algunas técnicas ecoeficientes	12
1.2.7 Reutilización y reciclaje	13
1.2.8 Ecoeficiencia: Compromiso industrial responsable	13
1.3 Producción más limpia	15
1.3.1 Origen de la producción más limpia	15
1.3.2 ¿Que es la producción más limpia?	16
1.3.3 ¿Cómo hacer una evaluación de producción más limpia?	16
1.3.4 Auditoria de producción más limpia	16
1.3.5 Fase 1. Planeación y organización	17
1.3.6 Fase 2. Evaluación previa	19
1.3.7 Fase 3. Evaluación	20
1.3.8 Fase 4. Estudio de Factibilidad	24
1.3.9 Fase 5. Implantación	26

### CAPITULO II CLASIFICACIÓN Y TRATAMIENTO DE CHATARRA DE ALUMINIO

2.1 Aluminio primario y secundario conceptos	28
2.2 Grupos de clasificación	29
2.3 Fuentes de abastecimiento de la industria del aluminio secundario	30
2.4 Recuperación de aluminio de desecho municipal	32
2.5 Recuperación de aluminio de chatarra industrial	33
2.6 Clasificación y preparación de chatarra de aluminio en México	34
2.7 Procesamiento de chatarra de aluminio	37
2.8 Procesamiento antes de la fusión	37
2.9 Procesamiento durante la fusión	44
2.10 Procesamiento después de la fusión	47

CAPITULO III CRITERIOS, NORMAS Y PLANIFICACIÓN PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

3.1 Emisiones al ambiente de la industria del aluminio secundario	49
3.2 Factores asociados con la contaminación del aire	52
3.2.1 Monóxido y dióxido de carbono	52
3.2.2 Total de partículas en suspensión (TPS).	53
3.2.3 Óxidos de Nitrógeno	53
3.2.4 Óxidos de azufre	54
3.3 Factores asociados con la contaminación del agua	55
3.3.1 Fuentes de contaminación de agua	55
3.3.2 Efectos de contaminación de agua	56
3.4 Factores asociados con la contaminación del suelo	58
3.4.1 Clasificación de residuos sólidos	59
3.5 Criterios y Normas para la calidad del aire	62
3.5.1 Normas sobre efluentes	64
3.6 Criterios y Normas sobre uso de corrientes de agua	67
3.6.1 Normas sobre efluentes	68
3.7 Criterios y Normas para la calidad del suelo	70
3.8 Planificación para protección del ecosistema	76
3.9 Sistemas de control para la contaminación del aire	80
3.9.1 Sistemas de control de partículas	80
3.9.2 Colectores mecánicos	81
3.9.3 Ciclones o separadores ciclónicos	83
3.9.4 Lavadores de gases	84
3.9.5 Mecanismos de colección de partículas	86
3.9.6 Tipos de lavador de gases	87
3.10 Procesos de tratamiento de aguas residuales	97
3.10.1 Procesos de pretratamiento	91
3.10.1.2 Separación de aceites y grasas	91
3.10.2.1 Procesos de tratamiento primario	92
3.10.2.2 Filtración con mallas	92
3.10.2.3 Camas de arena	92
3.10.2.4 Sedimentación	93
3.10.2.5 Flotación	94

3.11 Manejo de residuos sólidos	98
3.11.1 Manejo en el sitio	98
3.11.2 Desechos sólidos convencionales	99
3.11.3 Almacenamiento en el sitio	100
3.11.4 Recolección de desechos sólidos	102
3.11.5 Transferencia y transporte	102
3.11.6 Procesamiento y recuperación de materiales	103
3.11.7 Reducción mecánica de volumen	104
3.11.8 Incineración o reducción química de volumen	104
3.11.9 Reducción de tamaño	104
3.11.10 Separación mecánica de componentes	104
3.11.11 Separación magnética y electromecánica	105
3.11.12 Deshidratación y secado	105
3.11.13 Procesamiento de desechos peligrosos	105
3.11.14 Incineración con recuperación de calor	106
3.11.15 Disposición Terminal	106
3.11.16 Características de un sistema de tratamientos de desechos sólidos	108
CONCLUSIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	111

## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los temas más relevantes en nuestro país y que cada vez toma mayor importancia es la contaminación ambiental, esto se debe a que afecta gravemente la salud humana y la calidad de vida de los habitantes.

Es el tema que preocupa a todo el mundo y es una de las razones por la cuales se ve obligado el gobierno mexicano a adoptar políticas mundiales, en el actual contexto de la globalidad, de esta manera forzando a los países a tomar medidas y tendencias uniformes tanto económicas como ambientales, haciendo evidente el rezago económico y ecológico de nuestro país.

El control y prevención de la contaminación ambiental es una alternativa para enfrentar los retos de competitividad de la industria metalúrgica, mediante el mejoramiento de los procesos y el rehúso de materia prima.

Las actividades de prevención y control de la contaminación ambiental en México, son todavía muy ineficientes y enfrentan muchos obstáculos principalmente de carácter político, organizativo y cultural.

Los procesos de prevención y de control de la contaminación ambiental juegan un papel importante en la incorporación de la industria metalúrgica mexicana en la competencia mundial.

La prevención consiste principalmente en que es más productivo dejar de generar contaminantes que gastar dinero en tratarlos, esto se refiere directamente al control de la contaminación, resulta más viable aplicar soluciones a la fuente donde se genera dichos contaminantes y no al final del proceso, de esta manera el ahorro generado por el uso eficiente de materiales y energía se traducen en ahorros económicos para la empresa.

El ingeniero químico metalúrgico esta directamente involucrado en los procesos de prevención y control de la contaminación, cada vez que se procesa cualquier metal constituye una actividad contaminante y se generan residuos que se tendrán que alojar en el aire, agua o suelo.

El reto es hacer procesos que minimicen el manejo de residuos peligrosos a través de procesos seguros y limpios, afectando lo menos posible el medio ambiente.

La chatarra de aluminio juega un papel muy importante en la industria Mexicana, esto no solo sucede en nuestro país si no en todo el mundo, así la industria consumidora de aluminio secundario ha vivido la transformación desde un negocio simple en donde se funde la chatarra y se producen lingotes o piezas fundidas tirando la escoria al patio trasero, hasta una industria de la mayor especialización para poder procesar chatarras mas pobres en una manera mas eficiente y manejar los residuos de una manera adecuada.

Tenemos que analizar desde tres perspectivas la situación de la chatarra en México la energética, tecnológica y socio-económica desde el punto de vista energético sabemos que el hecho de utilizar chatarra de aluminio el consumo de energía para producir una pieza es de solo el 5 por ciento con respecto a la energía necesaria que cuando se parte del mineral, este es la razón principal que se utilice cada día mas la chatarra de aluminio en el mundo.

Por otra parte, si se analiza desde el lado tecnológico, el avance de procesos de producción y refinación ha ido haciendo posible el tratamiento de chatarras más pobres o con más elementos residuales. Necesitamos trabajar en aspectos que controlen la separación y clasificación de chatarra.

El otro punto de vista es el aspecto socio-económico en este caso México esta muy rezagado aun con que se cuente con centros de acopio. Tenemos varias alternativas para incrementar la recuperación del metal, pero que es fundamental la participación del gobierno y la sociedad, así como los intereses del consumidor industrial de chatarra.

El avance logrado en otros países, hacia la mayor participación del aluminio secundario ha obtenido buenos resultados haciendo converger objetivos de los diferentes sectores involucrados: el sector industrial consumidor, el sector comercial de la chatarra, el sector gubernamental y el público usuario.

#### OBJETIVO

- La finalidad de este trabajo es presentar la problemática de la industria de la fundición de aluminio secundario en el aspecto ambiental y como se contribuye a la contaminación del agua, suelo y aire.
- Planteando los métodos de prevención y control para la contaminación que genera la industria de la fundición de aluminio secundario
- Cual es la importancia de la clasificación de la chatarra de aluminio y su análisis químico.
- Exponer los diversos procesos mas adecuados para la separación de chatarra de aluminio.

## CAPITULO I ANTECEDENTES TEÓRICOS

### 1.1 DESARROLLO SUSTENTABLE

El desarrollo sustentable es un concepto reciente, que nace de la necesidad de poner en equilibrio las actividades de la sociedad actual y futura, con el impacto ambiental <sup>(2)</sup>.

Que es desarrollo sustentable:

- a) Desarrollo sustentable es aquel que no degrada el medio ambiente.
- b) Desarrollo sustentable es la evolución de la sociedad manteniendo relaciones estables en la biosfera y geósfera, no agotando sus recursos potenciales.
- c) Desarrollo sustentable es aquel que promueve la satisfacción a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para cubrir las propias.

La materia objeto del desarrollo sustentable se compone de contribuciones de Ingeniería, ecología, economía, antropología, sociología, psicología reforzándose de otras disciplinas.

La estrategia de conservación del mundo (unión internacional para la conservación de la naturaleza) indicó que la humanidad debe dirigirse hacia el desarrollo sustentable, y muchos ecologistas ven la sustentabilidad de los sistemas productivos, incluyendo la agricultura, como una meta importante.

En virtud del énfasis puesto por los ecologistas en la sustentabilidad de los sistemas productivos y el interés creciente de los economistas en este aspecto, hay que tener una idea clara de lo que se entiende por sustentabilidad.



La estrategia de conservación del mundo define al desarrollo sustentable como:

La modificación de la biosfera y la aplicación de los recursos humanos, financieros, vivientes y materiales para satisfacer las necesidades humanas y mejorar la calidad de vida, y define a la conservación como:

El manejo humano de la biosfera de tal forma que rinda el mayor desarrollo sustentable a las generaciones presentes y al mismo tiempo mantener su potencial para cubrir las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

La misma estrategia afirma que el desarrollo económico sustentable requiere:

- a) El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y los sistemas de soporte a la vida.
- b) La preservación de la diversidad genética.
- c) La utilización sustentable de especies y ecosistemas.

Igualmente, grupos conservacionales apoyan una sociedad sustentable y sugieren seis acciones a realizar:

- 1) Estabilizar la población mundial.
- 2) Proteger los terrenos cultivables contra la erosión.
- 3) Reforestar la tierra.
- 4) Reciclar más recursos.
- 5) Conservar la energía.
- 6) Apoyarse más en energía renovable.

De todo lo anterior, se desprende el criterio que está siendo ampliamente propagado de que el desarrollo económico debe ser sustentable y por ende los sistemas ecológicos en donde finalmente la producción económica descansa, también necesitan ser sustentables<sup>(4)</sup>.

En lo que respecta a la Ingeniería metalúrgica, su papel es dirigirla a la aplicación de Tecnologías Ambientales Benignas, que son tecnologías que cumplen una determinada función con un reducido impacto al ambiente, sin un costo excesivo que redunde seriamente en el crecimiento de la industria metalúrgica.

Estas tecnologías incluyen procesos más limpios y fabricar productos con el menor consumo de materia prima.

Es necesario que las industrias apliquen el criterio de la "Ecoeficiencia", o sea, incrementar su competitividad, rentabilidad mientras reducen su impacto ambiental, por ejemplo, minimizando sus desechos, reciclar materiales dentro de la misma industria<sup>(5)</sup>.

## **1.2 ECOEFICIENCIA**

La ecoeficiencia es una cultura administrativa que guía a la industria a asumir su responsabilidad con la sociedad, y la motiva para que su negocio sea más competitivo, adaptando y readecuando los sistemas productivos existentes a las necesidades del mercado y del ambiente, y de esa forma consolidar niveles más altos de desarrollo económico, social y ambiental.

La visión central de la ecoeficiencia se puede resumir en "producir más con menos". Utilizar menos recursos naturales y menos energía en el proceso productivo, reducir los desechos, atenuar la contaminación, es definitivamente positivo para el ambiente, y a la vez, resulta beneficioso para la empresa porque sus costos de producción y operación disminuyen.

Como meta final, la ecoeficiencia busca la elaboración de bienes y la prestación de servicios a precios competitivos que satisfagan las necesidades humanas y eleven la calidad de vida de la población. Al mismo tiempo, debe promover la reducción progresiva del impacto ambiental negativo de los productos, y procurar que su confinamiento dentro de la capacidad de carga de la Tierra.

### **1.2.1 PRÁCTICAS TRADICIONALES VS. ECOEFICIENCIA**

La ecoeficiencia promueve un diseño integral de tecnología para reducir la intensidad de uso de materiales y energía durante la producción, además de impulsar la reutilización de insumos a través de procesos de reconversión tecnológica y de reciclaje. Esto motiva a que la industria mejore la funcionalidad de los productos y aumente la durabilidad de los mismos.

La ecoeficiencia constituye el medio más adecuado para que las industrias puedan medir su desempeño ambiental y productivo. Una industria ecoeficiente debe maximizar el valor agregado en productos y servicios con el mínimo posible de recursos.

Por ejemplo, si una fábrica decide reciclar sus residuos o darle un tratamiento y no mandarlos a relleno sanitario, su producto final tendrá el siguiente valor agregado:

- Impulsará la investigación tecnológica sobre residuos.
- Habrá un mayor control sobre los desechos.
- Creará mejores y más seguras condiciones de trabajo.
- Promoverá la cultura de mejorar el medio ambiente

La ecoeficiencia debe ser vista como una oportunidad para hacer negocios, abrir nuevos nichos de mercado y asumir la responsabilidad empresarial hacia el ambiente. Para un empresario convencional, el éxito radica actualmente en la mayor cantidad posible de ventas; para un empresario comprometido con el desarrollo sostenible, el éxito radica en la mayor extensión posible de servicio otorgado.

### **1.2.2 BENEFICIOS Y CONSECUENCIAS**

Una industria que implemente un programa efectivo de ecoeficiencia podrá obtener los siguientes beneficios:

- Minimizará costos de producción.
- Utilizará de manera más responsable los recursos naturales.
- Reducirá la emisión de contaminantes.
- Será competitivo e innovador en la producción
- Obtendrá ingresos adicionales con el reciclaje y reuso de desechos.
- Gozará de prestigio entre distribuidores y consumidores.

- Reducirá el nivel de rotación de personal y mantendrá un ambiente laboral sano y estable.
- Tendrá acceso a nuevas oportunidades de mercado y cumplirá con estándares internacionales.
- Mejorará sus relaciones públicas y obtendrá la aprobación de su comunidad.

Además de beneficiar a la empresa, la implementación de programas de ecoeficiencia también resulta en consecuencias positivas para el desarrollo sustentable a nivel regional y global. La reducción de consumo de materias primas y de desechos repercute en la creación de un balance ambiental en el planeta. El aumento en los niveles de seguridad y desarrollo de recursos humanos motiva un panorama de equidad social. La eficiencia y responsabilidad empresariales son un instrumento eficaz para establecer acciones conjuntas con gobiernos y sociedad civil. Finalmente, la competitividad y rentabilidad provocados por la adopción de nuevas tecnologías se traduce en el crecimiento económico de la empresa, y por ende, de la región.

### **1.2.3 CÓMO SER ECOEFICIENTE**

Existen dos elementos principales para la aplicación de programas de ecoeficiencia:

1. La adopción de un cambio en la cultura empresarial
2. El establecimiento de técnicas adecuadas para promover dichos cambios.

La adopción de una visión empresarial de ecoeficiencia por parte de los empleados medios y los gerentes del más alto nivel, debe estar basada en la promoción del concepto de ecoeficiencia, política organizacional que sería proyectada a sus clientes y proveedores.

Por su parte, el establecimiento de las técnicas adecuadas comprendería decisiones orientadas a considerar el ciclo de vida de sus productos, implementando las modificaciones que fueran necesarias, identificando los riesgos y oportunidades para la empresa y documentando las acciones que permitan la ecoeficiencia en toda la gama de procesos, productos y servicios de la organización <sup>(3)</sup>.

#### **1.2.4 HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS**

Existen varias herramientas administrativas que son útiles para identificar y seleccionar áreas de oportunidad en las industrias y cuya aplicación debe ser promovida como parte de la cultura ecoeficiente:

- La adopción de un enfoque de ciclo de vida para los productos.
- La certificación de estándares regionales, nacionales e internacionales para procesos de producción que consideren el impacto ambiental, como es el EMAS en Europa. (Es un sistema europeo de gestión medioambiental para las empresas que tiene como finalidad propiciar avances constantes del medio ambiente en las actividades industriales), ISO 14001 en todo el mundo (Esta Norma Internacional especifica los requisitos para que un Sistema de Gestión Medioambiental que capacite a una organización para formular una política y unos objetivos, teniendo en cuenta los requisitos legales y la información acerca de los impactos Medioambientales significativos).
- La implementación de sistemas de gestión ambiental
- El desarrollo de auditorias ambientales en una base periódica.
- El uso de métodos de contabilidad empresarial que reflejen los costos ambientales ocultos y detecten ahorros potenciales.
- La publicación de reportes ambientales
- El uso de sistemas de retroalimentación para gerentes por parte de trabajadores, clientes, proveedores y público en general.

### **1.2.5 VISIÓN Y ALCANCE DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN**

La alta gerencia debe estar dispuesta a adoptar un sistema de gestión ambiental en la industria, y a promover la cooperación interinstitucional para encontrar una dirección conjunta al esfuerzo ecoeficiente.

Los departamentos de investigación y desarrollo en las áreas de procesos de producción deben enfocarse en la búsqueda o adopción de tecnologías que permitan reducir el impacto ambiental de los procesos y aumentar el valor agregado del producto.

El departamento de diseño, sobre todo el área relacionada con el desempeño y estética de productos, debe considerar la racionalización y óptimo uso de materias primas y energía para la producción, uso y confinamiento de bienes y servicios, extendiendo la durabilidad de los mismos. Además, para ciertos productos, las industrias ecoeficientes deberán ser capaces de diseñarlos, elaborarlos, venderlos y recuperarlos para su futura reutilización, reciclaje o confinamiento.

El departamento de compras debe evaluar el desempeño ambiental de sus proveedores a la hora de efectuar cualquier adquisición de materias primas.

El departamento de recursos humanos debe considerar la cultura de ecoeficiencia de la empresa durante la selección y capacitación del personal, desarrollar un programa de mantenimiento y desarrollo de su gente en la filosofía ecoeficiente e implementar un programa de salud y seguridad industrial congruente con las necesidades de la empresa.

## **1.2.6 ALGUNAS TÉCNICAS ECOEFICIENTES**

Existen algunas técnicas específicas de ecoeficiencia que se pueden implementar en la industria:

### **Cambios en la materia prima**

Rediseño de productos y cambio de especificaciones para promover el uso de materiales reciclados, que no sean tóxicos, que estén libres de solventes y que no contaminen.

### **Cambios de tecnología**

Sustitución de procesos químicos por mecánicos; uso de equipos que consuman menos energía; instalación de computadoras para el control de procesos; reemplazo de equipos obsoletos e ineficientes.

### **Cambios de proceso**

Disminución del número de procesos u operaciones; sustitución por procesos limpios; instalación de sistemas de conservación de energía, controladores de proceso, sensores y medidores; aplicación de controles estadísticos de calidad.

### **Orden y limpieza**

Control de inventarios y almacenamiento ordenado; mantenimiento de instalaciones; sustitución de materiales de limpieza con unos más amigables para el ambiente; medición de consumos y desechos; tratamiento de efluentes; control de derrames.

### **Mantenimiento de equipos**

Establecimiento de un programa de inspecciones; mantenimiento preventivo y predictivo del equipo; calibración del equipo.



### **1.2.7 REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE**

Decantación de sólidos; recuperación de solventes; reciclaje de agua, papel, envases, plásticos, metales, lodos y desechos; recuperación de materias primas por medio de condensación, absorción y filtración; recuperación de calor <sup>(6)</sup>.

### **1.2.8 ECOEFICIENCIA: COMPORTAMIENTO INDUSTRIAL RESPONSABLE**

El objetivo principal de esta nueva filosofía empresarial llamada ecoeficiencia, es lograr una ventaja competitiva sostenida a través de una mayor productividad de los materiales y la energía, con el menor impacto ambiental posible, al tiempo que se promueve el desarrollo integral de los recursos humanos de la empresa, y se afecta positivamente su entorno familiar y comunitario.

Muchas son las ventajas competitivas de una empresa ecoeficiente frente a una "ecológicamente ineficiente". Por ejemplo, las organizaciones ecoeficientes buscan mejorar su desempeño ambiental, no sólo disminuyendo la generación de residuos, sino agilizando sus procesos de producción, elevando los niveles de calidad de sus productos, interactuando positiva y favorablemente en los entornos productivos, promoviendo mecanismos novedosos de competencia, siempre incorporando a su personal en aquellos esfuerzos donde el principal motor de su actuación está basado en su propio convencimiento.

Muchos son los países que han venido adoptando principios y códigos de actuación ecoeficiente en sus empresas, que relacionan en forma directa la rentabilidad de un negocio (produciendo más con menos), con la disminución del consumo de energía y de diversos recursos naturales como el agua.

No se trata únicamente de ahorrar papel, reciclar lo más posible o mantener las áreas verdes de una industria, tal y como algunas empresas han tratado de justificar su carácter conservacionista.

El secreto de la ecoeficiencia descansa en lograr sistemas de producción en los cuales los estándares de actuación ambiental correspondan con la menor incidencia negativa sobre el entorno, con un alto rendimiento de sus capacidades y una considerable rentabilidad.

A diferencia de lo que pudiera pensarse, las industrias no necesitan hacer a un lado sus actuales prácticas y procesos de producción para convertirse en empresas ecoeficientes; por el contrario, sólo es necesario readecuar y adaptar los sistemas productivos existentes a las necesidades del mercado y del ambiente, y de esa forma consolidar niveles más altos de desarrollo económico y social. La implementación de un programa efectivo de ecoeficiencia tiene como resultado la consecución conjunta de una excelencia empresarial y una excelencia ambiental, en pro del mejoramiento de la calidad de vida.

Además de los logros económicos y ambientales, una industria ecoeficiente puede gozar de mayor prestigio entre clientes, socios y proveedores, además de incidir en la disminución del índice de rotación de personal, mejorar el ambiente de trabajo, será más competitivo en los mercados internacionales y obtendrá una mayor y mejor visibilidad frente a su comunidad.

El bienestar humano depende en igual medida del compromiso de los gobiernos, las empresas y la ciudadanía en general, en el cual la conservación ambiental y el desarrollo sustentable se traducen en una responsabilidad indelegable de la presente generación.

Con salvadas y escasas excepciones, el empresariado aún no ha adoptado las prácticas ecoeficientes como pilar de su actuación social responsable.

La ecoeficiencia es una excelente oportunidad para pasar de los discursos verdes a los hechos.

Esto no será posible sin la ayuda del gobierno federal y organismos internacionales que apoyen al industrial con incentivos económicos y técnicos, para poder llevar a cabo esta práctica <sup>(4)</sup>.

## **1.3 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL SECTOR DE LA FUNDICIÓN**

### **1.3.1 ORIGEN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

El Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMPL) fue establecido en diciembre de 1995 como parte del Proyecto Mundial de los Centros Nacionales de Producción más Limpia (CNPL) que, en su primera etapa, considera la instalación de 10 centros en países en desarrollo o con economías en transición. Este proyecto es una iniciativa conjunta de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en respuesta al crecimiento demográfico e industrial, con la finalidad de crear una estrategia para preservar el ambiente y los recursos globales para nuevas generaciones.

La creación de los CNPL, es la respuesta de la ONUDI a los lineamientos emanados de la "Declaración de Río" y del plan mundial denominado "Agenda 21", mejor conocida como la "Cumbre de la Tierra", realizada en junio de 1992, en Río de Janeiro, donde se propone un camino alternativo para el desarrollo mundial en el próximo siglo.

En México, el CMPL está respaldado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN), en colaboración con la Cámara Nacional de la industria de la Transformación (Canacindra) y el Environmental Pollution Prevention Project (EP3) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), teniendo como sede las propias instalaciones del IPN.

El objetivo del CMPL es facilitar la transferencia de información técnica, experiencia y tecnología más limpia de otros países a las organizaciones industriales y a las instituciones gubernamentales en México, para que puedan incorporar las técnicas de producción más limpia a sus programas de reducción de la contaminación ambiental. Específicamente, el CMPL desarrolla proyectos de demostración en las organizaciones industriales, brinda capacitación a profesionales e industrias, proporciona asesoría en política ambiental y apoya la difusión de información en producción más limpia a través de publicaciones técnicas.

### **1.3.2 ¿QUÉ ES LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA?**

El concepto de producción más limpia se define como una estrategia preventiva e integrada que contribuye a la protección ambiental y al desarrollo industrial. Se enfoca al potencial de ahorro directo en el mismo proceso de producción y al ahorro indirecto por la eliminación de costos asociados con el tratamiento y la disposición final de residuos, como método para lograr un uso eficiente de materias primas y energía, reducir la descarga de contaminantes desde la fuente al menor costo y con periodos cortos de amortización de las inversiones.

La producción más limpia, generalmente ofrece una notable disminución de los costos y mejora la eficiencia de las operaciones, por lo que facilita a los negocios y a las organizaciones alcanzar sus metas económicas, al mismo tiempo que mejora el ambiente. La implantación de la producción más limpia involucra un cambio en el pensamiento sobre la producción y el ambiente.

### **1.3.3 ¿CÓMO HACER UNA EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA?**

Con el siguiente procedimiento podemos realizar una evaluación de producción más limpia que nos permita identificar, entre otras características, las oportunidades de mejor uso de materias primas, minimización de residuos y emisiones, uso racional de energía, disminución de costos de operación de las plantas industriales, mejora en el control administrativo del proceso e incrementa la rentabilidad de la empresa.

### **1.3.4 AUDITORIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

El procedimiento consiste de cinco fases; cada una de ellas incluye diversas actividades (**cuadro 1**)<sup>(1)</sup>

1. Planeación y organización;
2. Evaluación previa;
3. Evaluación;
4. Estudio de factibilidad;
5. Implantación.

**CUADRO 1 ETAPAS PARA EFECTUAR UNA AUDITORÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

<b>Fase 1. Planeación y organización</b>	
Actividad 1.	Involucrar y obtener el compromiso a nivel gerencial.
Actividad 2.	Establecer el equipo conductor del proyecto.
Actividad 3.	Establecer las metas de Producción más Limpia
Actividad 4.	Identificar barreras y soluciones.
<b>Fase 2. Evaluación previa</b>	
Actividad 5.	Desarrollar el diagrama de flujo del Proceso.
Actividad 6.	Medir las entradas y salidas.
Actividad 7.	Seleccionar las metas de Producción más Limpia
<b>Fase 3. Evaluación</b>	
Actividad 8.	Elaborar el balance de materiales.
Actividad 9.	Evaluar las causas.
Actividad 10.	Generar opciones de Producción más Limpia
Actividad 11.	Seleccionar las opciones de Producción más Limpia
<b>Fase 4. Estudio de factibilidad</b>	
Actividad 12.	Evaluación preliminar.
Actividad 13.	Evaluación técnica.
Actividad 14.	Evaluación económica.
Actividad 15.	Evaluación ambiental.
Actividad 16.	Seleccionar opciones factibles.
<b>Fase 5. Implantación</b>	
Actividad 17.	Preparar el plan de Producción más Limpia
Actividad 18.	Implantar las opciones de Producción más Limpia.
Actividad 19.	Supervisar y evaluar el avance.
Actividad 20.	Mantener las actividades de Producción más limpia

### 1.3.5 FASE 1. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN

**Actividad 1.** Involucrar y obtener el compromiso a nivel gerencial. Debe de haber compromiso para que existan acciones y resultados reales. La gerencia de la empresa dará apoyo al estar convencida de sus beneficios.

**Actividad 2.** Establecer el equipo conductor del proyecto. La integración adecuada del equipo dependerá del tamaño y de la estructura de la organización. El equipo conductor del proyecto es responsable del progreso de la evaluación. Se sugiere también identificar posibles consultores externos de la empresa, ya que algunas oportunidades específicas requieren de conocimientos especializados difíciles de comprender por los integrantes del grupo interno en la

primera revisión del proceso.

Se pueden identificar muchas actividades, sin embargo las más importantes son:

- Analizar y revisar las prácticas actuales (conocimientos);
- Desarrollar y evaluar los cambios (creatividad);
- Implantar y mantener los cambios (autoridad).

**Actividad 3.** Establecer las metas de Producción más Limpia Las metas deben ser lo suficientemente ambiciosas para motivar un esfuerzo significativo, pero a la vez realistas para alcanzar una medida adecuada de éxito. Algunos criterios para formular las metas de producción más limpia hacia determinadas esferas de prioridad, son los siguientes:

- Costos (mano de obra, servicios, tecnología, mantenimiento, materias primas y otros).
- Cantidades utilizadas.
- Condiciones de operación y proceso (controles, registros y datos históricos).
- Inflamabilidad y reacciones químicas.
- Emisiones al aire y descargas al agua, así como, la generación de residuos y los costos asociados.
- Método de disposición (reciclaje en y fuera de sitio y relleno sanitario).
- Efectos en la salud.

**Actividad 4.** Identificar barreras y soluciones. Las barreras se pueden identificar en las actitudes del personal y la gerencia: la falta de información, el tipo de organización de la empresa, los problemas económicos, la falta de información técnica, etc. Algunas soluciones a las barreras se pueden encontrar en las siguientes ideas:

- Dar a conocer historias exitosas de otras empresas del mismo sector industrial que han integrado la producción más limpia a su proceso productivo.
- Reunir información sobre tecnologías alternativas o sus sustitutos, donde los cambios son de bajo costo o sin costo; y evaluar pérdidas en residuos, emisiones y energía eléctrica.

### 1.3.6 FASE 2. EVALUACIÓN PREVIA

**Actividad 5.** Desarrollar el diagrama de flujo del proceso. La preparación del diagrama de flujo detallado y correcto es la actividad clave de la evaluación de producción más limpia y forma la base de la compilación de los balances de materiales y energía. El diagrama de flujo debe atender a:

- Almacenamiento y manejo de materiales;
- Mantenimiento y reparaciones de equipo;
- Productos secundarios liberados al medio ambiente como emisiones fugitivas.

El diagrama de flujo del proceso puede ser complementado con ecuaciones químicas para facilitar la comprensión del proceso. Deben destacarse de manera apropiada los materiales que se utilizan ocasionalmente y que no aparecen en los flujos de producción (como catalizadores, aceite refrigerante, aire comprimido y acondicionado, vapor, parámetros eléctricos, etc.), los procesos periódicos, por lote y continuos.

**Actividad 6.** Medir las entradas y salidas. Durante esta actividad se hace un cálculo general de las cantidades de materias primas, auxiliares, productos primarios, productos secundarios, residuos y emisiones consumidas o producidas, energía eléctrica, energía térmica; por cada proceso y por operación unitaria. La evaluación se basa en el sentido común más que en un cálculo.

En esta etapa se debe considerar si el sistema de supervisión y análisis existente es adecuado. La información de las cantidades y la composición de las entradas y salidas se deben registrar de manera periódica, con el fin de lograr una comparación "antes y después" sobre la opción de producción.

**Actividad 7.** Seleccionar las metas de Producción más Limpia. Establecer las metas de evaluación de producción limpia es básicamente la redefinición de las establecidas durante la fase de planeación y organización. Por lo tanto, aquí se aplican las mismas consideraciones y criterios.

Se establece:

- Donde se genera la mayor cantidad de residuos y emisiones;
- Donde se propician las mayores pérdidas económicas;
- Donde se tiene la mayor cantidad de opciones obvias de producción más limpia;
- Es aceptable para todo el personal involucrado.

A continuación se presenta un conjunto de criterios más completo que se puede tomar en consideración al establecer las metas de la evaluación de producción limpia:

- Nivel de riesgo ambiental y riesgos de seguridad para los empleados y los alrededores;
- Costo de materias primas y el potencial para la recuperación de productos secundarios valiosos;
- Cumplimiento con los reglamentos, cargos, etc. presentes y futuros;
- Consumo y uso de energía eléctrica, vapor, aire comprimido y acondicionado;
- Propiedades de riesgo de residuos y emisiones (incluyendo toxicidad, inflamabilidad, disposición a corrosión y reactividad) al igual que su potencial, cantidad y el costo de la administración;
- Presupuesto disponible, subsidios o préstamos para la evaluación de producción limpia;
- Expectativas respecto a la competitividad de la empresa.

### **1.3.7 FASE 3. EVALUACIÓN**

**Actividad 8.** Elaborar el balance de materiales. Un balance de materiales permite identificar y cuantificar pérdidas o emisiones previamente desconocidas. El diagrama de flujo del proceso es la base para el cálculo del balance de materiales. El balance no solamente identifica las



entradas y salidas, sino también los costos asociados con éstos.

Las fuentes de información necesaria para la elaboración del balance de materiales son:

- Registro de compra, inventarios e información de proveedores sobre las materias primas;
- Composición y especificaciones del producto;
- Registros de operación, llevando un procedimiento de operación estándar y un manual de operación;
- Facturas del servicio de energía eléctrica, combustible y agua;
- Limpieza de equipo y procedimiento de validación;
- Inventarios de emisiones;
- Muestras, análisis y mediciones de emisiones y residuos. Un balance general de materiales para la empresa se puede conformar con el conjunto de los balances de material de operaciones unitarias individuales.
- Es importante medir los parámetros eléctricos de los motores o equipos relacionados directamente con el proceso y los flujos de agua y vapor o los depósitos donde se requiere calentamiento, así como, revisar los usos y tuberías del aire comprimido y acondicionado.
- Es importante el balance energético (como en los hornos).

**Actividad 9.** Evaluar las causas. El balance de materiales debe proporcionar las respuestas de dónde, por qué y cuántos residuos y emisiones se generan así como, cuánta energía se pierde. Las materias primas, las prácticas operativas, los productos y los residuos y la tecnología son los cinco elementos principales implicados en un proceso de producción.

Por lo que las causas relacionadas con los elementos implicados en un proceso de producción son:

1) Causas relacionadas con las materias primas

El uso de materias primas baratas, que no cumplen con las normas así como, la carencia de especificaciones de calidad, escasez de materiales, sistema de

administración de compras y almacenamiento inadecuados.

## 2) Causas relacionadas con la tecnología

A. Operativa y de mantenimiento. Consumo no verificado de aire y agua, energía eléctrica y calorífica, funcionamiento innecesario del equipo, carga inferior a la óptima, carencia de mantenimiento preventivo o correctivo, mantenimiento inferior al óptimo de las condiciones del proceso, fugas en las llaves, válvulas o rebordes, derrames de las bandas móviles, tuberías, etc., y llenado excesivo de tanques.

B. Diseño de proceso y equipo. Capacidad no comparable del equipo, selección de materiales inferiores a los óptimos, diseño susceptible al mantenimiento, adopción de pasos innecesarios para un proceso y carencia de información y capacidad de diseño.

C. Disposición de las instalaciones. Expansión no planeada, planes de utilización de espacio y de traslado de materiales deficientes.

D. Tecnología. Empleo de la misma tecnología, a pesar de los cambios de materias primas o productos o por implementación de una mejor tecnología con un costo elevado, dimensiones pequeñas de la planta y carencia de información

## 3) Causas relacionadas con las prácticas operativas

A. Personal. Falta de disponibilidad de mano de obra calificada y dependencia de mano de obra eventual, carencia de un sistema de capacitación formal, miedo a perder secretos industriales.

B. Desmotivación de los empleados. Carencia de reconocimientos, hincapié en la producción únicamente y no en la gente, no se da el valor adecuado al trabajo.

## 4) Causas relacionadas con los productos

Proporción inadecuada entre los productos y los subproductos secundarios, demasiadas especificaciones de alta calidad, diseño poco práctico de los

productos y productos compuestos de materiales de alto riesgo.

#### 5) Causas relacionadas con los residuos

Poca atención al potencial de reciclaje de ciertos residuos, falta de recuperación de la energía de residuos y emisiones y manejo inadecuado de los mismos.

**Actividad 10.** Generar opciones de Producción más Limpia. Se busca las posibles formas de incrementar la eficiencia y reducir los residuos, las emisiones y las pérdidas de energía. El encontrar opciones o alternativas de solución depende del conocimiento y creatividad de los miembros de su equipo.

1) Cambios en las materias primas. Reducir o eliminar los materiales de riesgo que ingresan al proceso de producción y evitar la generación de residuos peligrosos o utilizar un energético más económico o menos contaminante.

2) Cambios en la tecnología. Para aumentar la productividad y garantizar la calidad, reducir los residuos y emisiones e incrementar el uso eficiente de energía. Los cambios de tecnología, pueden ser totales o parciales.

3) Buenas prácticas operativas. También llamadas buenas prácticas de manufactura, implican medidas de procedimiento, administración o institucionales que puede utilizar una empresa para optimizar la operación dentro de los parámetros establecidos, lo que elimina desperdicios o uso excesivo de insumos y tiempo, minimiza los residuos, las emisiones y los energéticos.

4) Cambios en los productos. Puede ser modificando el diseño o la composición.

5) Reciclaje en planta. Involucra el retorno del material de desperdicio, ya sea a su proceso de origen como sustituto de un material de suministro o bien a otro proceso como material de suministro. Es recomendable analizar la cantidad relativa de material de reciclaje, ya que éste puede deberse a problemas de operación.

**Actividad 11.** Seleccionar las opciones de Producción más Limpia Se hace una "lluvia de ideas", en donde se seleccionan y clasifican las mejores ideas. Las opciones atractivas con altos costos se sujetan a un estudio de factibilidad para

determinar el alcance de los cambios, sin olvidar las disposiciones de la legislación vigente y sus repercusiones.

Se organizan las opciones por operación específica (opciones por operación unitaria) Es fundamental identificar las opciones mutuamente excluyentes con el fin de evitar seleccionar opciones similares, para así implantar las opciones obviamente factibles (opciones sin costo o bajo costo), y eliminar las opciones obviamente no factibles (muy caras, que no pueden ser implantadas).

El proceso de asignación de prioridades es una mezcla de "sentido común" con aspectos económicos, técnicos y ambientales.

#### **1.3.8 FASE 4 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.**

**Actividad 12.** Evaluación preliminar. La evaluación preliminar determinará, la "factibilidad técnica, económica y ambiental de las opciones seleccionadas.

- Cambios en los procedimientos, en el personal y/o cambios técnicos.
- Cambios sencillos (técnicos con una pequeña inversión) y los cambios complejos (reemplazo de una operación unitaria lo que requiere evaluación técnica y económica).
- Evaluar si es una opción de bajo, medio o alto costo (implantación).

**Actividad 13.** Evaluación técnica. Determinará si la opción requerirá de cambios de personal, operaciones adicionales, además de capacitación adicional del personal. Se recomienda evaluar el impacto de las medidas propuestas para el proceso, el producto, las tasas de producción, la seguridad, etc. Se pueden anexar pruebas de laboratorio u operaciones de prueba de las opciones, cuando éstas representen un cambio considerable en las prácticas actuales del proceso.

**Actividad 14.** Evaluación económica. Es recomendable evaluar primero las opciones más atractivas económicamente. Esto refuerza el interés y el compromiso de la empresa con la producción más limpia.

Al realizar una evaluación económica se deben considerar diversos costos y ahorros. Al igual que con muchos proyectos, los costos para las opciones de producción más limpia se pueden desglosar en muchos costos operativos e inversiones. Los tres métodos normales para medir la rentabilidad son:

- Periodo de recuperación.
- Tasa interna de recuperación (TIR).
- Valor neto actual (VNA).

El periodo de recuperación de un proyecto es el tiempo que toma recuperar el capital inicial del proyecto.

La fórmula para calcular el periodo de recuperación antes de impuestos es la siguiente:

Periodo de recuperación (años) = Inversión de capital / Ahorros anuales

El periodo de recuperación se utiliza, generalmente, para las opciones de baja inversión o que son sencillas de implantar. Por otro lado, la tasa interna de recuperación y el valor neto actual se usan cuando las opciones son costosas o complejas.

Es importante considerar, en el análisis financiero, los reglamentos ambientales impuestos o que serán probablemente impuestos en el futuro. Las multas, sanciones y demás medidas coercitivas generadas por incumplimiento, pueden resultar en un recorte considerable de la rentabilidad de la empresa.

**Actividad 15.** Evaluación ambiental. Las ventajas son obvias, entre las que se encuentran las siguientes: una reducción neta de la toxicidad y/o de la cantidad de residuos, de emisiones y consumo de energía eléctrica. La información de los efectos ambientales podrían no estar disponibles, por lo que en, estos casos se tendrá que hacer una evaluación cualitativa, con base en la información disponible. Con el fin de dar prioridad a ciertos efectos ambientales respecto a otros, se deben estudiar las políticas ambientales nacionales y las prioridades gubernamentales para la protección ambiental y el uso racional de la energía.

**Actividad 16.** Seleccionar las opciones factibles. Se debe tener un informe de cómo se ha llevado a cabo el proyecto, en la medida en que éste se vaya desarrollando.

De las opciones que se consideran factibles, se puede utilizar un análisis comparativo de clasificación para dar prioridades a las opciones para su implantación. A cada opción se le asignará una calificación por cada criterio, por ejemplo, del 1 al 10; al multiplicar el peso relativo de cada criterio por la calificación de la opción respectiva, se obtendrá una calificación final para cada una de las opciones y la que obtenga la calificación más alta será seleccionada para su implantación. Puede ser que las calificaciones totales de dos opciones sean similares, por lo que se deberá seleccionar la mejor opción con base en una evaluación de los criterios más importantes.

### **1.3.9 FASE 5, IMPLANTACIÓN.**

**Actividad 17.** Preparar un plan de Producción más Limpia, Los recursos financieros se deben asignar para la implantación del grupo de opciones que han resultado del estudio de factibilidad. Para elaborar el plan de implantación, el programa debe explicar:

- Qué actitudes específicas se deben desarrollar;
- Quién es responsable de esas actividades;
- Qué resultados específicos se esperan;
- Cuándo y durante qué tiempo se deben supervisar los cambios (término de la implantación);
- Cuándo se debe evaluar el progreso.

**Actividad 18.** Implantar las opciones de Producción más Limpia. Esta actividad involucra modificaciones al equipo existente o, en su caso, la obtención de equipo nuevo. Al igual que cualquier otro proyecto de inversión, las actividades para el proyecto de producción más limpia incluyen lo siguiente:

- Planeación.
- Diseño.

- Gestión.
- Construcción.

Se debe poner especial atención a las necesidades de capacitación del personal administrativo y de otros empleados.

**Actividad 19.** Supervisar y evaluar el avance. Se debe supervisar el desempeño de las opciones establecidas. Los resultados "reales" deben evaluarse contra los resultados "esperados". Existen tres maneras de supervisar la efectividad de la implantación de una opción:

- 1) Cambios en las emisiones y residuos.
- 2) Cambios en el consumo de recursos (incluyendo energía).
- 3) Cambios en la productividad (muy importante para la empresa).

Los costos operativos y los beneficios se pueden calcular con base en una comparación de "antes" y "después".

La evaluación de las opciones se puede llevar a cabo de manera periódica para verificar si todavía se cumplen los cambios y los objetivos de producción más limpia. Se debe guardar un archivo de todo el procedimiento que se ha realizado para la implantación de la producción más limpia y al llegar a este punto se debe hacer la elaboración de un plan de acciones a largo plazo para la producción más limpia.

**Actividad 20.** Mantener las actividades de Producción más Limpia. Una empresa debe buscar continuamente la manera más eficiente para mejorar su desempeño ambiental. Otros componentes de un programa de producción más limpia incluyen lo siguiente:

- Asignación de un coordinador de producción más limpia.
- Desarrollo de un plan de acción.
- Evaluación y ajuste del programa.

## **CAPITULO II CLASIFICACIÓN Y TRATAMIENTO DE CHATARRA DE ALUMINIO**

### **2.1 ALUMINIO PRIMARIO Y SECUNDARIO;**

#### **CONCEPTOS.**

El ser humano, en búsqueda constante de elementos que faciliten su vida. Descubrió la posibilidad de sustituir algunos de los metales que acostumbraba usar, por otros que fueran más efectivos en el que hacer cotidiano.

El aluminio respondió de inmediato a esa necesidad, por su poco peso la tercera parte de la densidad del acero, la relación de ésta con su resistencia mecánica, su maleabilidad y confortabilidad, su gran resistencia a la corrosión y su elevada conductividad térmica y eléctrica; su no toxicidad ni magnetismo, así como su resistencia a la tracción inclusive, combinándolo con otros metales y sometándolo a diversos tratamientos, el aluminio puede ser utilizado en un sin número de procesos para la obtención de gran variedad de productos<sup>(18)</sup>.

Originalmente, la explotación de recursos minerales no renovables y su transformación fue la vía adecuada para la obtención de diversos metales. A éstos dimos por llamarlos "primarios". En el caso del aluminio, la bauxita transformada en alúmina y ésta, a su vez, en aluminio, ejemplifica el concepto de ALUMINIO PRIMARIO.

A partir de la segunda década del siglo XX y con la aceleración de los procesos industriales, la necesidad cada vez mayor de metales ferrosos y no ferrosos, hizo surgir con fuerza el requerimiento de un mayor abastecimiento de éstos. Introduciéndose entonces el concepto de "reciclaje" o "recuperación", aplicándose el término de ALUMINIO SECUNDARIO. De este reciclaje obtuvimos metal nuevamente utilizable hasta conseguir un alto porcentaje de usos del aluminio secundario, en función de los productos fabricados con primario,



## 2.2. GRUPOS DE CLASIFICACIÓN

De acuerdo con el destino del aluminio, ya fuere primario o secundario, la industria estableció tres grandes grupos de clasificación :

A) EXTRUSIÓN

B) LAMINACIÓN

C) FUNDICIÓN

En el grupo A. Extrusión, se incluyen artículos o productos para las industrias de la construcción transporte, electricidad, línea blanca y mobiliario, principalmente en forma de barras, perfiles y tubos.

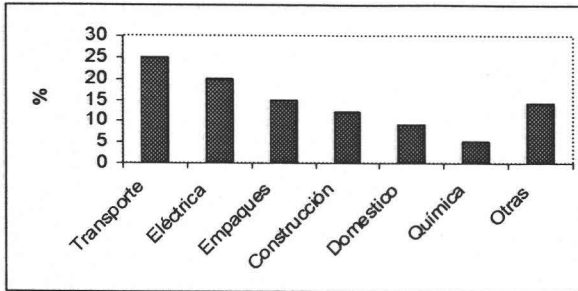
En el grupo B, Laminación, se incluyen igualmente productos para las industrias de la construcción, transporte, electricidad, línea blanca, y se agregan la industria litográfica y muy destacadamente, la del envasado de bebidas y alimentos. evidentemente por tratarse de lámina y chapa de aluminio.

En el grupo C, Fundición, la estadística nos muestra que se trata del grupo clasificatorio que en nuestro país involucra el mayor tonelaje.

Lo anterior se explica por la amplia gama de productos de aluminio fabricados por procesos de moldeo, ya sea en arena, inyección o molde permanente principalmente.

Uno de los destinos mas importantes de la industria de la fundición de aluminio es, sin duda, la industria automotriz. Según estadísticas conjuntadas por uno de los principales productores de aluminio de los E.U.A. los usuarios finales de piezas fundidas son<sup>(10)</sup>:

**GRAFICA 1: USUARIOS DE PIEZAS FUNDIDAS DE ALUMINIO**



Debemos así mismo tomar en cuenta el hecho de que, desde hace ya más de 25 años, por diversos factores, pero preferentemente por el principio del ahorro de energéticos, la industria automotriz ha estado pugnando por reducir el peso de sus vehículos, y el mejor modo que ha encontrado ha sido la sustitución de partes de acero por partes fabricadas en aluminio.

De la gráfica anterior podemos deducir un aspecto fundamental la importancia que reviste el aluminio secundario en el mercado total de la industria nacional

### **2.3 FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO SECUNDARIO**

A) Retornos industriales, o sea. Chatarra de aluminio que se genera en la planta productiva, ya sea en forma de rechazo o de sobrante, de piezas defectuosas, recortes, rebabas, o inclusive escorias.

B) Chatarra de aluminio proveniente del desecho de productos obsoletos o ya desgastados, o bien de lo que se considera "post-consumo" envases, latas, desechos de construcción, etc.

La industria de la recuperación de aluminio ocupa hoy por hoy un lugar muy importante, pues su intervención en el proceso productivo trae como consecuencia:

1.- No deprimir los recursos naturales no renovables.

2.- Ahorrar agua.

3.- Ahorrar energía en el proceso de producción.

Todos sabemos que la producción de aluminio primario demanda enormes cantidades de electricidad. Existen plantas de aluminio primario que consumen ellas solas la electricidad necesaria equivalente a la de una ciudad de dos millones de habitantes

4.- Evitar la contaminación que provocan los desechos sólidos.

Por otra parte, la producción de aluminio primario está siempre relacionada con el aspecto energético debido a que los requerimientos termodinámicos de energía para la reducción de alúmina son altos. Esto a su vez determina la importancia de la recirculación de metal ya fundido, pues es un hecho conocido que la producción de nuevas aleaciones y piezas de aluminio a partir de chatarra requiere solamente un cinco por ciento de la energía que se necesita cuando se parte de mineral, y por otro lado en México no contamos con importantes yacimientos de bauxita.

Reciclando un kilogramo de aluminio se pueden ahorrar 8 kilogramos de bauxita, 4 kilogramos de productos químicos y 14 Kw/hr de electricidad.

De aquí que la mayor parte de los trabajos en la industria y de los nuevos desarrollos estén enfocados a la minimización de consumo de energía.

Contrariamente, un aspecto que no se ha estudiado con la debida profundidad, en nuestro país al menos, es el efecto de los patrones de consumo de aluminio sobre la cantidad y el tipo de chatarra producida, así como su interrelación con los comerciantes de chatarra y las reglamentaciones del gobierno. Es conocido el gran impacto positivo que tuvo sobre la recirculación de latas de aluminio en Estados Unidos de América la reglamentación del gobierno en conjunto con los centros comerciales, y en otros países la cantidad de aluminio recirculado alcanza alrededor del 50%. Además, el medio ambiente resulta beneficiado en forma doble: se evita generar más basura y se ahorra en consumo de energía,

una lata vacía tirada equivale a perder para siempre el equivalente a la mitad de su contenido en volumen de gasolina<sup>(19)</sup>.

#### **2.4. RECUPERACIÓN DE ALUMINIO DE DESECHOS MUNICIPALES**

Esta es la fuente potencial más grande de aluminio para incrementar el reciclado al (70%) por lo que es conveniente examinar posibles rutas de recuperación. El desecho municipal contiene alrededor de 0.7% aluminio. Esto puede ser mucho mayor en el caso de México

Actualmente los dos principales métodos que se han desarrollado para la recuperación de aluminio a partir de desechos municipales son: Selección dentro de la planta de procesamiento de desechos, separación en el origen.

En el primer caso, el desecho mezclado se separa en una serie de corrientes que puede venderse para reprocesarse. El aluminio se puede recuperar como un concentrado separado pero el costo de recuperar al aluminio solo sería mucho mayor que el valor del metal. así la extracción de aluminio a partir de este "mineral urbano" solo se puede intentar como una parte de un ataque integral para recuperar otros materiales de valor como vidrio, productos de papel, plásticos, acero, hule, estaño, etc.

El costo del capital y operación varía con el número de operaciones unitarias y con la capacidad. Esta tecnología está bien establecida y el obstáculo principal para incrementar el procesamiento es de carácter económico-gubernamental en el caso de México

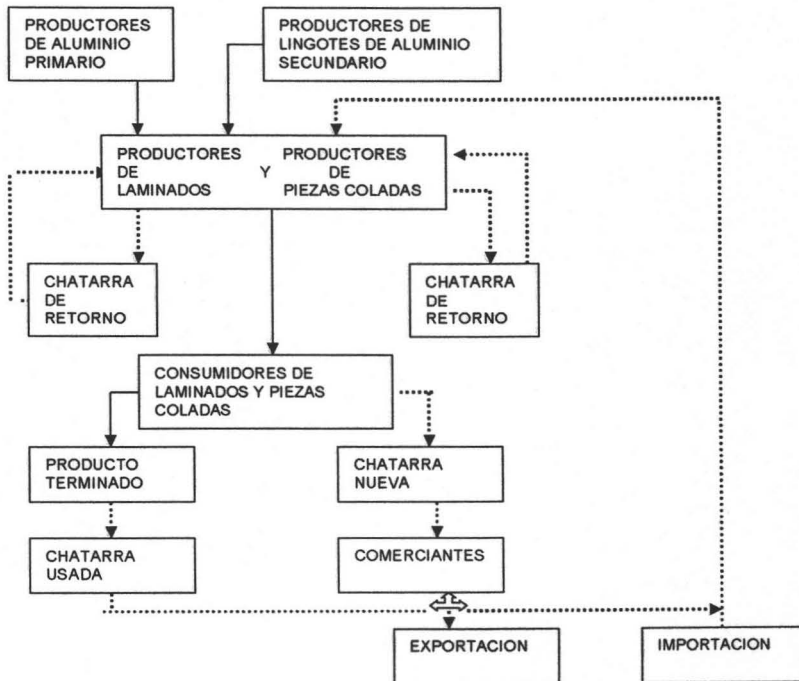
En el segundo caso, separación en el origen, el potencial de desarrollo es muy basto para el reciclado de aluminio. Consiste básicamente en que el consumidor separa los materiales de desperdicio en su hogar y que estos sean transportados separadamente hacia un punto de recolección; este proceso incluye a los metales ferrosos, vidrio, aluminio y papel. Algunos factores que afectan la viabilidad económica de un sistema de tal tipo son:

- Costo extra de vehículos y mano de obra para el transporte de los desechos
- La fracción de hogares participantes o interesados
- El precio del mercado de los materiales separados
- Los ahorros que se obtienen al reducirse el volumen de desechos para tirar

El punto principal de un esquema de este tipo es la participación del público, quien debe ser conciente del beneficio. En nuestro país se han iniciado muy pequeños, aunque alentadores, esfuerzos en este sentido.

## 2.5. RECUPERACIÓN DE ALUMINIO DE CHATARRA INDUSTRIAL

El flujo de chatarra industrial de aluminio es el presentado en el diagrama 1<sup>(6)</sup>, lo que se presenta como chatarra de retorno es lo que se definió como chatarra interna. El punto en el cual se inicia la industria del aluminio secundario.



...CHATARRA

\_\_ PRODUCTO SECUNDARIO

DIAGRAMA 1: FLUJO DE CHATARRA DE ALUMINIO

## **2.6. CLASIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE CHATARRA DE ALUMINIO EN MÉXICO**

Por convención se consideran tres tipos generales de chatarra.

Chatarra interna: es la que se produce dentro de las plantas de producción, lingotes descartados, alimentadores, cortes, material de rechazo, etc. y que normalmente se recicla en la planta y rara vez aparece en las estadísticas.

Chatarra nueva: que es la producida por los usuarios de metal semiterminado, e incluye limaduras, rebabas, perforaciones, recortes y material terminado.

Chatarra vieja: llamada también obsoleta que es la generada por los productos que han completado su vida útil: latas de aluminio, piezas de automóviles, cables, accesorios de cocina, etc.

Los tipos de chatarra clasificados son los siguientes

- 1) cable
- 2) perfil de prensa
- 3) perfil de patio
- 4) delgado
- 5) grueso industrial
- 6) grueso patio
- 7) bote
- 8) rebaba
- 9) revuelto
- 10) escorias

Por otra parte, es necesario apuntar aquí que el aluminio presenta grandes ventajas sobre otros materiales al reciclarse ya que su calidad prácticamente no sufre decrementos,

En el caso del aluminio, las clasificaciones de los principales grupos de chatarra industrial vieja son:

- I) Fundición vieja
- II) Lámina vieja
- III) Aluminio con hierro
- IV) Latas viejas
- V) Radiadores viejos aluminio-cobre

Las mayores fuentes de esta chatarra son

- I) Automóviles
- II) Aparatos y muebles eléctricos
- III) Lata y recipientes usados
- IV) Camiones, aviones, barcos y edificios

Esta clasificación parte de los usos principales a que se destina el Aluminio.

Por otra parte, la chatarra vieja que no tiene origen industrial se le agrupa como chatarra municipal. Básicamente se consideran tres fuentes:

- I) Chatarra de compañías locales
- II) Chatarra separada en los lugares de relleno en las Estaciones de reciclado de basura
- III) Chatarra de lata.

Una fracción no considerada aquí pero con un enorme potencial como es la chatarra de empaque contenida en los residuos domésticos.

De la clasificación anterior, se puede inferir que son variadas las fuentes de chatarra de aluminio, y debido a esta extensión, es claro que existe un gran rango de composición de elementos aleantes en el aluminio, por lo que la industria del aluminio secundario, tiene que enfrentar al reto de cumplir con exigencias en especificaciones de composición química para producir productos de mejor calidad <sup>(13)</sup>.

**EN EL CUADRO 2<sup>(9)</sup>: SE PRESENTAN LAS COMPOSICIONES QUÍMICAS Y USOS MÁS COMUNES EN ALEACIONES DE ALUMINIO**

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Uso
1235	0,65+Fe	--	0,05	0,05	0,05	0,1	0,06	hoja impresa
3004	0,3	0,7	0,25	1,0-1,5	0,8-1,3	0,25		cuerpo p/lata
5182	0,2	0,35	0,15	0,2-0,5	4,0-5,0	0,25	0,1	tapas p/lata
8079	0,05-0,3	0,70- 1,3	0,05	--	--	0,1	--	foil p/hoja platos p/comida
3003	0,6	0,7	0,05-0,2	1,0-1,5	--	0,1	--	
3105	0,6	0,7	0,3	0,3-0,8	0,2-0,8	0,4	0,1	placas p/pared
6063	0,2-0,6	0,35	0,1	0,1	0,45-0,9	0,1	0,1	extrusiones
2036	0,5	0,5	2,2-3,0	0,1-0,4	0,3-0,6	0,25	0,15	lamina p/autos
5657	0,08	0,1	0,1	0,03	0,6-1,0	0,05	0,1	contramarcos
7016	0,1	0,1	0,6-1,4	0,03	0,8-1,4	4,5	0,03	parachoques
380	7,5-9,5	2	3,0-4,0	0,5	0,1	3	--	colada presión
390	16-18	1,3	4,0-5,0	0,1	0,45- 0,65	0,1	0,2	bloque p/motor
360	9,0-10,0	2	0,6	0,35	0,4-0,6	0,5	--	colada presión
413	11,0- 13,0	2	1	0,35	0,1	0,5	--	colada presión
520	0,25	0,3	0,25	0,15	9,5-10,6	0,15	0,25	moldeo arena
202	0,1	0,15	4,0-5,2	0,2-0,8	0,15- 0,55	--	0,15	moldeo arena
513	0,3	0,4	0,1	0,3	3,5-4,5	1,4	0,2	moldeo coquilla



## **2.7. PROCESAMIENTO DE CHATARRA DE ALUMINIO**

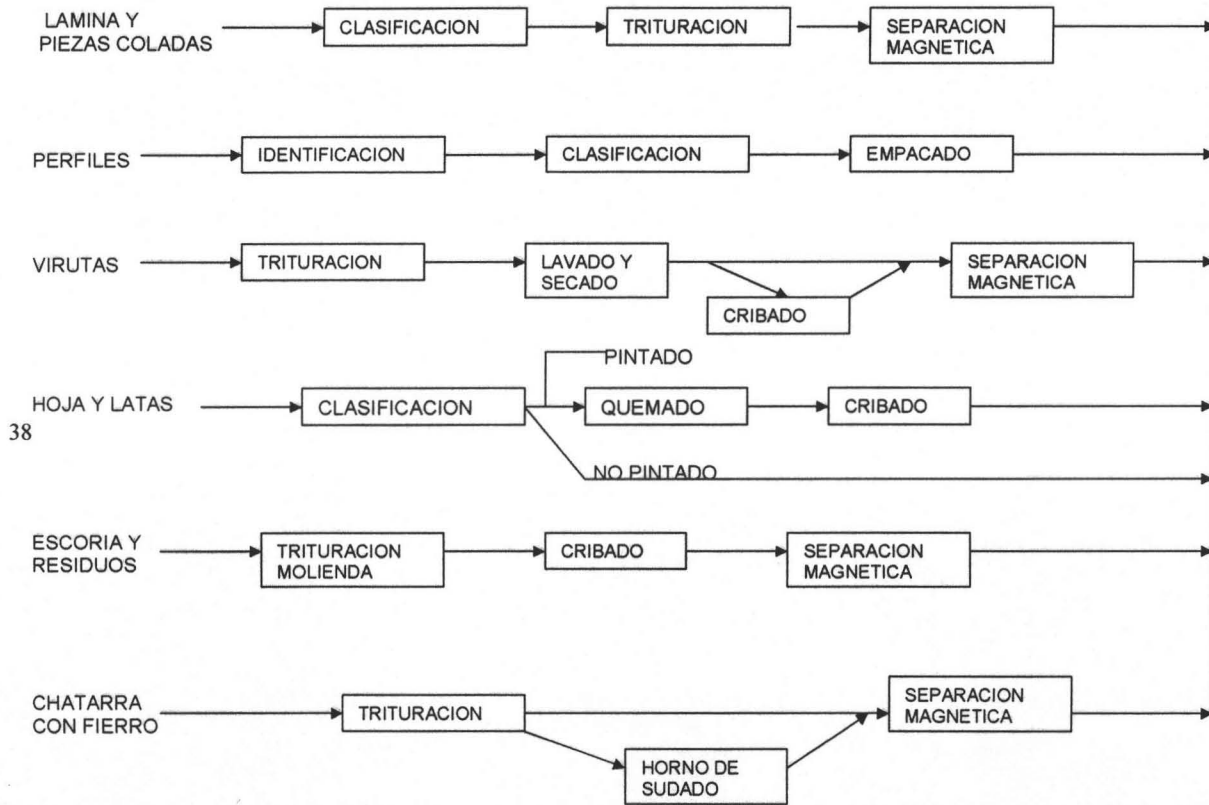
Por la amplia diversidad en composición de elementos aleantes en Aluminio y también por la capacidad del Aluminio de alearse con una gran variedad de elementos metálicos (Fe, Mn, Ni, Mg, Cr, Ti, Cu, Na, Ca, etc.), provenientes de la misma materia prima o por su introducción accidental. Su tendencia a oxidarse rápidamente en sus superficies que se encuentren en contacto con oxígeno proveniente del aire, la facilidad de absorber hidrógeno proveniente ya sea por humedad del medio ambiente, productos de combustión de los combustibles usados para la fusión, o por materia prima o herramental húmedos. Todo lo anterior hace que el reciclado de chatarra de Aluminio se torne complicada, y requiera de la utilización de nuevas Tecnologías para la eliminación de estos aspectos que pueden producir problemas de rechazo por poseer impurezas indeseables en la aleación. Además, se requiere obtener un máximo de recuperación, control en las especificaciones químicas, protección al medio ambiente y ahorros de tiempo, energía y dinero.

Para el procesamiento de chatarra de Aluminio, se hace la siguiente división:

- 1) Procesamiento antes de la fusión.
- 2) Procesamiento durante la fusión.
- 3) Procesamiento después de la fusión.

## **2.8. PROCESAMIENTO ANTES DE LA FUSIÓN**

Los aspectos principales que determinan el tipo de circuito de procesamiento se exponen de manera general en el diagrama 2<sup>(10)</sup>



38

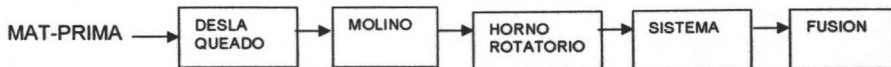
DIAGRAMA 2: QUE MUESTRA LO TIPOS DE CHATTARRA DE ALUMINIO Y PROCESOS DE TRATAMIENTO

En La preparación de latas de Aluminio para la fusión, el proceso que mayor aceptación esta teniendo actualmente es el PROCESO ALCOA.

Una de las dificultades principales para el reciclado de latas de bebida es que están fabricadas de dos aleaciones diferentes: AA5182, que constituye la tapa, con 25% en peso y AA3004, que forma el cuerpo, con 75% en peso. La fusión conjunta de estas dos aleaciones da un contenido teórico de Mn de 1.03%, y un contenido teórico de Mg de 1.91%, en la práctica el contenido de Magnesio es variable y depende de la técnica de fusión, por la alta reactividad del Magnesio a Temperaturas de trabajo elevadas, llegando a ser en la practica real de 1.30% para Mg y 1.03% para Mn. Lo que provoca que la aleación obtenida sea inadecuada para volver a manufacturar láminas y de esta forma producir nuevas latas, pues para fabricar tapas el contenido de Mg es elevado y para producir cuerpos el contenido de Mn se excede, lo que requiere de la dilución costosa de estos elementos mediante el uso de Aluminio puro<sup>(7)</sup>.

El proceso ALCOA separa estas aleaciones antes de fundirlas, basando esta separación en la diferencia de Temperaturas de fusión entre estas dos aleaciones:

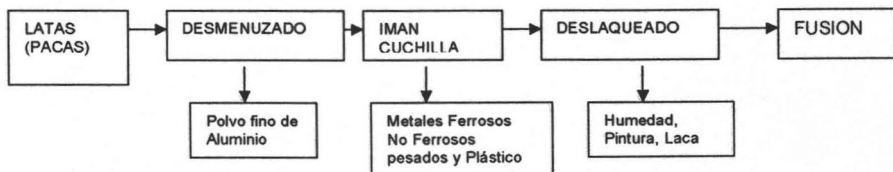
AA5182, 580°C - 636°C, y la aleación AA3004, 629° C - 654° C; haciendo pasar las latas a través de un horno rotatorio hasta la Temperatura de fusión incipiente de la aleación AA5182 lo que produce su fragmentación. Para su posterior separación, se realiza un tamizado dividiendo las partículas de acuerdo al tamaño. De manera esquemática en el diagrama 3<sup>(8)</sup>, es presentado el proceso ALCOA.



**DIAGRAMA 3: PROCESO ACTUAL ALCOA PARA LA PREPARACION DE LATAS ANTES DE FUNDIRLAS.**

Otro proceso actual para el tratamiento de latas de Aluminio consiste de las etapas presentadas en el esquema del diagrama 4<sup>(10)</sup>. de manera general inicia con la llegada de los paquetes de latas, éstos son destrozados y desmenuzados para crear una corriente de partículas más manejables, y en el camino, polvo y otros finos son removidos. Posteriormente pasan por un imán para apartar material ferroso y luego por un cuchillo neumático para separar no ferrosos, enseguida, las partículas pasan a través de un horno para su deslaqueado donde la parte orgánica es eliminada, inmediatamente después las partículas son llevadas a fusión (sumergiéndolas en un baño sobrecalentado de Al líquido).

En este proceso se produce un metal cuya composición requiere dilución de Magnesio y algunas adiciones de Manganeso para lograr especificaciones en composición química para producir aleación 3004 para manufacturar cuerpos de latas para bebidas.



**DIAGRAMA 4: DIAGRAMA ACTUAL PARA EL PROCESAMIENTO DE LATAS**

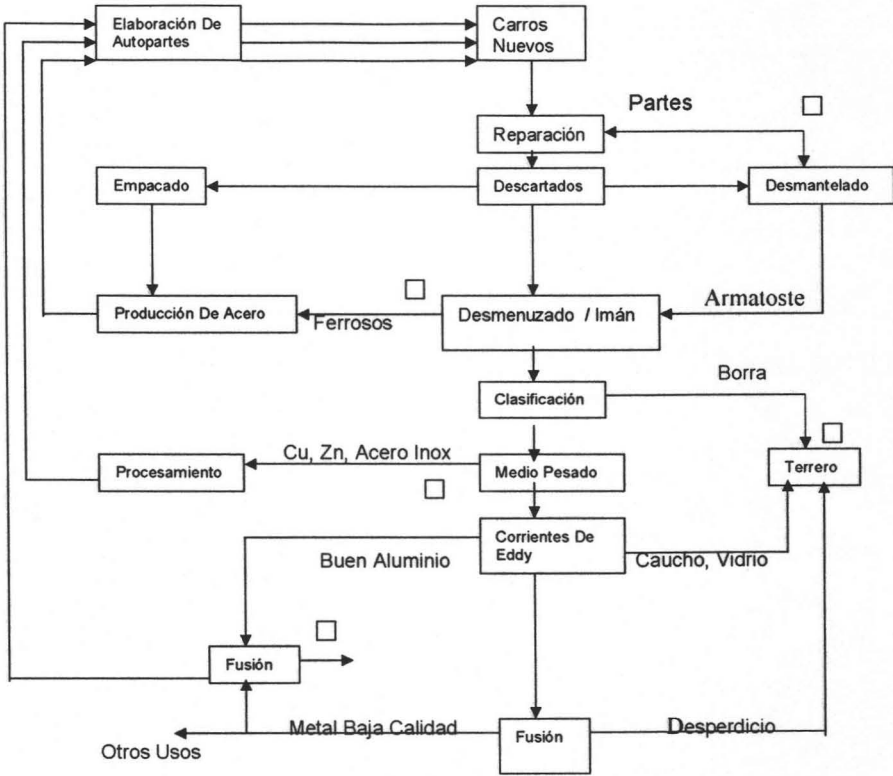
La preparación actual de las latas involucra:

- Trituración/desmenuzado mecánico, para exponer sus superficies pintadas.
- Procesamiento térmico a aproximadamente 500° C, para quemar recubrimientos.
- Carga al horno de fusión.

Para la preparación de la chatarra automotriz que sin duda es el grupo que en nuestro país envuelve el mayor tonelaje, debido a la amplia gama de productos que se elaboran por procesos de moldeo.

El reciclado actual de automóviles se da de la siguiente manera: Cuando el automóvil es descartado puede ser empacado, o desmantelado o desmenuzado

Directamente. El empacado de automóviles ha venido declinando debido a la calidad del acero recuperado. Típicamente el automóvil es primero desmontado por partes en un desmantelador, después, el armatoste es enviado a un desmenuzador, las partículas pasan por un imán para separar los metales ferrosos. Un clasificador de aire remueve la borra (tapicería, plástico ligero, caucho ligero, etc.); el material remanente es mitad no metal (vidrio, caucho, etc.), y la otra mitad es metal no ferroso con aproximadamente 60% Al, y el resto de una mezcla de Cobre, Latón, Zinc, y Acero inoxidable. Posteriormente pasan por separación en medio pesado donde son apartados los metales pesados. Luego los ligeros pasan por separadores de corrientes de Eddy, para separar los materiales conductores (Al, Mg) de los no metales (vidrio, plástico pesado, etc.). De esta manera el 75% del Aluminio original es retornado hacia la industria automotriz.



□ = Pérdidas Potenciales De Aluminio

DIAGRAMA 5<sup>(20)</sup>: QUE MUESTRA EL ACTUAL PROCESO DE RECICLADO DE AUTOMOVILES

Existen diversos procesos para tratar chatarra automotriz, dependiendo del contenido de materiales presentes en la chatarra. Todos ellos tienen el propósito de mejorar la calidad y cantidad de los productos recuperados.

En el caso de procesar partículas finas sueltas (rebaba, alambres, recortes, etc.) es necesario realizar una aglomeración de dichas partículas; ya que la rebaba suelta tiene una densidad aparente de aproximadamente  $0.25 \text{ g/cm}^3$  y una gran área superficial, además de que frecuentemente se encuentra húmeda y/o grasosa. Esto podría provocar grandes pérdidas de energía y de metal por la oxidación si se llegase a fundir la rebaba tal cual.

Para evitar la oxidación se han diseñado métodos para alimentar rebaba limpia, predensificada y suelta al interior del baño líquido. Muchas de éstas técnicas utilizan una clase de barrenas y tubos, para carga, elaborados de grafito, los cuales llegan casi al fondo del baño y ahí descargan la alimentación.

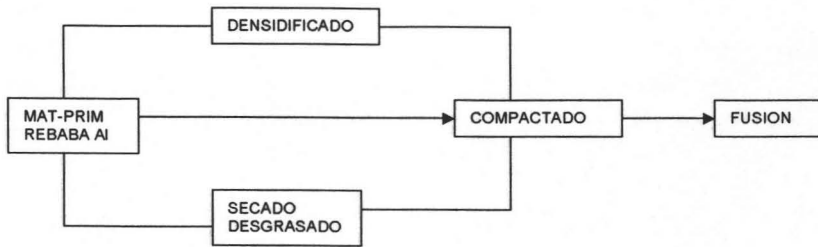
Otra técnica se basa en la aglomeración de las partículas de chatarra. Existen dos métodos para compactar (aglomerar) la rebaba:

- Proceso de punzón y dado.
- Proceso de rodillos.

En el proceso de punzón y dado la rebaba suelta se coloca dentro de un dado en forma cilíndrica para luego recibir un fuerte golpe del punzón y así compactarse; las dimensiones aproximadas del producto son 80-190 mm. de diámetro, 30-120 mm. de altura y 0.4-7.3 Kg. de peso.

En el proceso de rodillos, la rebaba es pasada a través de dos rodillos que giran en sentidos opuestos, para de esa manera ser compactada, el producto obtenido es cortado a dimensiones de longitud deseada.

Con estos procesos se tiene un producto de densidad aparente poco mayores a  $2.3 \text{ g/cm}^3$ , lo que significa que al cargar el horno el material compactado penetrará la capa de escoria y se sumergirá en el baño de metal líquido. El siguiente diagrama de bloques muestra el proceso de preparación de partículas<sup>(9)</sup>.



**DIAGRAMA 6<sup>(16)</sup>: DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PREPARACION DE PARTÍCULAS PARA LA FUSIÓN**

## 2.9. PROCESAMIENTO DURANTE LA FUSIÓN

Los principales problemas asociados con aleaciones de Aluminio durante la fusión son: Hidrógeno disuelto, inclusiones no metálicas y remoción de aleantes indeseables, como pueden ser (Fe, Cu, Sn, Ti, Mg, Zn, Pb, etc). Cabe señalar que estos elementos son indeseables para ciertas aleaciones y para otras no, dependiendo de la composición y propiedades requeridas para la aleación. Para el caso del (Fe, Cu, Sn, Ti), por ejemplo, la única alternativa para su remoción es mediante la dilución con Aluminio metálico de alta pureza.

Para la remoción del Magnesio, e impurezas de metales alcalinos, se emplean sistemas basados en la inyección de Cloro gaseoso u otro halógeno (particularmente Flúor, en pastillas o mezclado con N<sub>2</sub>) dentro del baño para que reaccione con el Magnesio presente y forme un cloruro de Magnesio, MgCl<sub>2</sub>, insoluble que pasara a la escoria para posteriormente ser descorificado. En la práctica real el MgCl<sub>2</sub> es formado debido a una reacción secundaria como resultado de la descomposición del Cloruro de Aluminio, que se forma cuando el cloro es burbujeado en el baño.

Existen otros procesos tales como Derham, ALCOA, Depurador de Campana, o utilización de bombas inyectoras de gas que se basa en la inyección de Cloro para eliminar Magnesio.



Otra alternativa para remover Magnesio, y también Zinc y Plomo, de aleaciones de Aluminio es mediante la volatilización selectiva utilizando el proceso de refinación en vacío. Este proceso tiene la ventaja de que en poco tiempo (aproximadamente 15 min.) remueve esas impurezas; además de que resulta aceptable para el control del medio ambiente y se pueden obtener subproductos que pueden ser reutilizables además de disolver gases contenidos en el líquido.

Para el control de Hidrógeno disuelto, que es el único gas con solubilidad importante en Aluminio, se han desarrollado distintas técnicas para la remoción de ese elemento, estas técnicas se resumen en el cuadro 3<sup>(28)</sup>. De este cuadro es claro darse cuenta de las variadas técnicas existentes para desgasificado.

Durante la fusión de Aluminio rápidamente se forma una capa de óxido,  $Al_2O_3$  en superficies expuestas a atmósferas que contengan oxígeno. aunado a la oxidación acelerada del Magnesio frecuentemente presente, provoca que partículas finas de óxido permanezcan suspendidas en el baño de Aluminio líquido, formando inclusiones dañinas en las piezas coladas. Además, algunas partículas de óxido envuelven cantidades considerables de Aluminio cuando se encuentran en la superficie, y que al ser removidos, se producen pérdidas de Aluminio metálico.

Entonces, para evitar la oxidación, acelerar la remoción de inclusiones, recuperar Aluminio de la escoria, evitar formación de óxido, impedir la dilución de Hidrógeno, y aún refinar el grano por la adición de agentes nucleantes, se utilizan en la práctica de fusión los fundentes.

**CUADRO 3: TÉCNICAS DE DESGASIFICADO EN ALEACIONES DE ALUMINIO**

Físicos	P r e s o l i d i f i c a c i ó n		
	U l t r a s o n i d o		
	Vació	C o n G a s d e P u r g a	
		S i n G a s d e P u r g a	
Inyección de Gases Inertes	Nitrógeno	Lanza	R e c t a s
			T a p ó n P o r o s o
	Argon	R o t o r - - D i s p e r s o r	
		C a j a s d e D e s g a s i f i c a d o	
Gases Reactivos	Hexa Fluoruro de azufre Cloro Freon 12	L a n z a	T a p ó n P o r o s o
			R e c t a s
			B o m b e o
		R o t o r - - D i s p e r s o r	
		C a j a s d e D e s g a s i f i c a d o	
Reactivos Clorados Sólidos	Hexacloretano Tetracloruro de Benceno Tetracloruro de Carbono Cloruro de Amonio		I n s u f l a d o
			C a m p a n a s
			P a s t i l l a s
Sales de Cloro	Cloruro de Zinc Cloruro de Sodio Cloruro de Calcio		I n s u f l a d o
			C a m p a n a s
			P a s t i l l a s
Inyección de Fundentes	Mezcla de Fundentes Con Gas Inerte		I n s u f l a d o
			R o t o r - - D i s p e r s o r

## 2.10. PROCESAMIENTO DESPUÉS DE LA FUSIÓN

Los puntos importantes a considerar en el procesamiento de chatarra de Aluminio después de su fusión son: Tratamiento de escorias y utilización de filtros para la remoción de inclusiones. Debido a que la fusión de chatarra de Aluminio genera grandes cantidades de escoria, se han ideado algunos métodos mecánicos e hidrometalúrgicos para recuperar los valores presentes. La escoria que se produce contiene una gran variedad de compuestos tales como: Aluminio metálico, óxidos, silicatos, nitratos, cloruros, fluoruros, etc. y que dependen del proceso de fusión, tipo de carga y método de refinación utilizados. El objetivo principal del tratamiento de escorias es la recuperación de Aluminio metálico y obtención de subproductos útiles para otras industrias. Los métodos mecánicos más utilizados actualmente de manera comercial son:

- Tratamiento de alta y baja Temperatura.

- -Agitador de doble hoja.

- -Proceso A.R.O.S.

- -Procesamiento Prensa.

Mediante los procesos mecánicos arriba mencionados sólo es recuperado el Aluminio metálico y la recuperación obtenida varía de acuerdo al tipo de escoria que sea procesada.

En los métodos hidrometalúrgicos, bajo estudio, se obtiene Alúmina y/o subproductos mediante la lixiviación, ya sea:

- -Con ácido clorhídrico

- -Con ácido nítrico.

- -Con hidróxido o carbonato de sodio.

También existen varios procesos hidrometalúrgicos para eliminar Plomo de escorias de Aluminio y así obtener un producto que cumpla con especificaciones y pueda ser utilizado en la industria del cemento.

Ya que la remoción de partículas no metálicas e intermetálicas suspendidas en el Aluminio líquido es un problema que puede provocar mermas en la calidad y propiedades en las piezas coladas, se han diseñado técnicas para su remoción, además de las técnicas de asentamiento, flotación, y adhesión a la burbuja, se ha ideado la técnica de filtración en la que el metal líquido pasa a través de un medio filtrante, atrapando así las partículas indeseables <sup>(15)</sup>.

Se puede filtrar al Aluminio líquido en una unidad de tratamiento o en el molde. Para el primer caso, en cama empacada es colocado en la unidad de tratamiento y se hace pasar a través del baño metálico. En el segundo caso, el filtro es colocado en el molde y el metal vaciado pasa a través del filtro entrando a la cavidad de la pieza ya limpio.

Existen tres sistemas principales de filtración:

**REJILLAS:** Son metálicos o de resina ligada con vidrio y son colocados tan cerca como sea posible a la cavidad del molde. Son de fácil uso, de poco costo y su efectividad depende del tamaño de malla.

**CAMAS FILTRANTES:** Fabricadas de agregados inertes (Alúmina, carbón de leña), o activos (que utilizan fundentes). Su eficiencia depende de la finura del grano, espesor de la cama y la velocidad de flujo del líquido

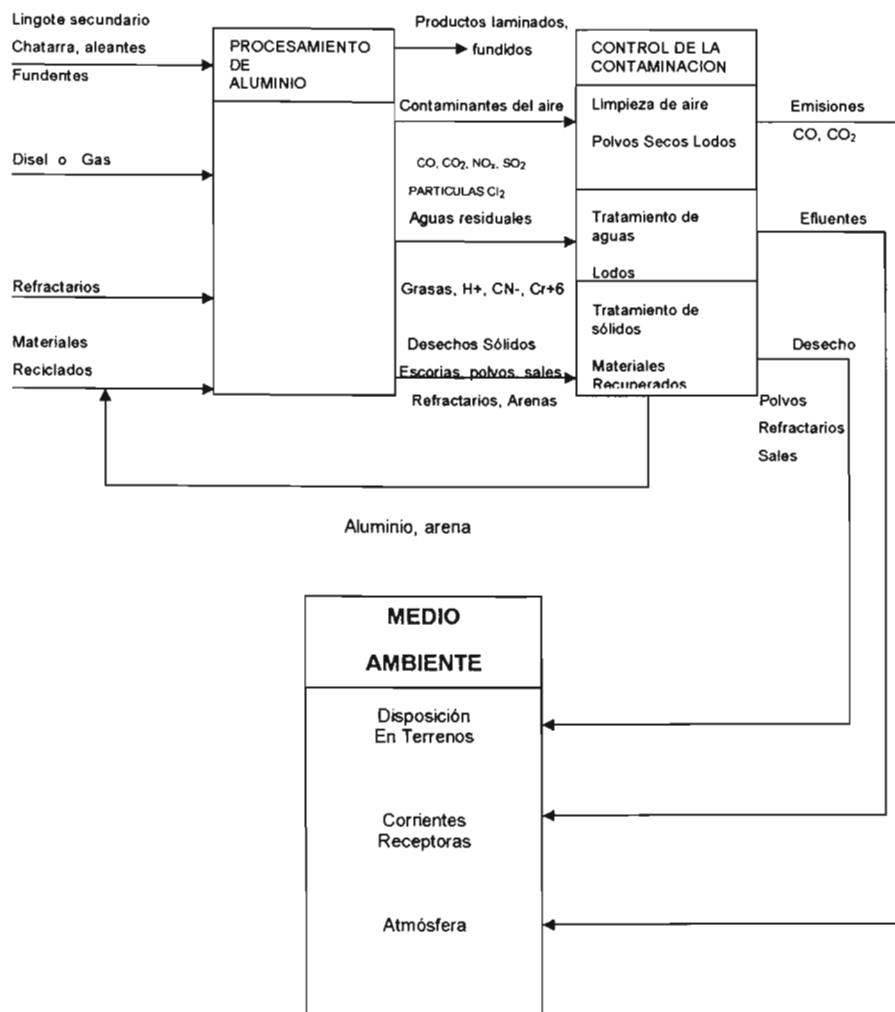
**FILTROS CERÁMICOS:** De tipo espuma celular, celdillas finas extruidas, o comprimidos; con eficiencia intermedia y elevado costo.

## **CAPITULO III CRITERIOS, NORMAS Y PLANIFICACIÓN PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

### **3.1. EMISIONES AL AMBIENTE DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO SECUNDARIO**

El medio ambiente se ha convertido en motivo de preocupación de muchos ejecutivos de la industria del aluminio, al igual que para los de otras industrias metalúrgicas. El factor contaminación es motivo de consideraciones de similar importancia que calidad, productividad y costos. Es de esperar que en un futuro inmediato tomara aún mayor relevancia, especialmente en relación a las empresas fundidoras y las de acabados superficiales.

Se vuelve entonces necesario tomar provisiones así como implantar las medidas necesarias para controlar los tres tipos de emisiones, agua, suelo y aire y mantenerlas dentro de los límites permisibles por las normas oficiales vigentes. Asimismo se deberán hacer proyecciones hacia métodos más avanzados, llamados de Alta Tecnología (Hi Tech), que al implantarlos en un mediano plazo permitan no solamente disminuir las emisiones en el origen sino tener un efecto positivo en la productividad y eficiencia del proceso de fundición. Un esquema del proceso de producción de aluminio secundario y las emisiones correspondientes se presenta en el diagrama 7 <sup>(11)</sup>.



**DIAGRAMA 7: QUE MUESTRA EL FLUJO PARA EL PROCESAMIENTO DE ALUMINIO Y SUS EMISIONES CORRESPONDIENTES EN CADA ETAPA DEL PROCESO**

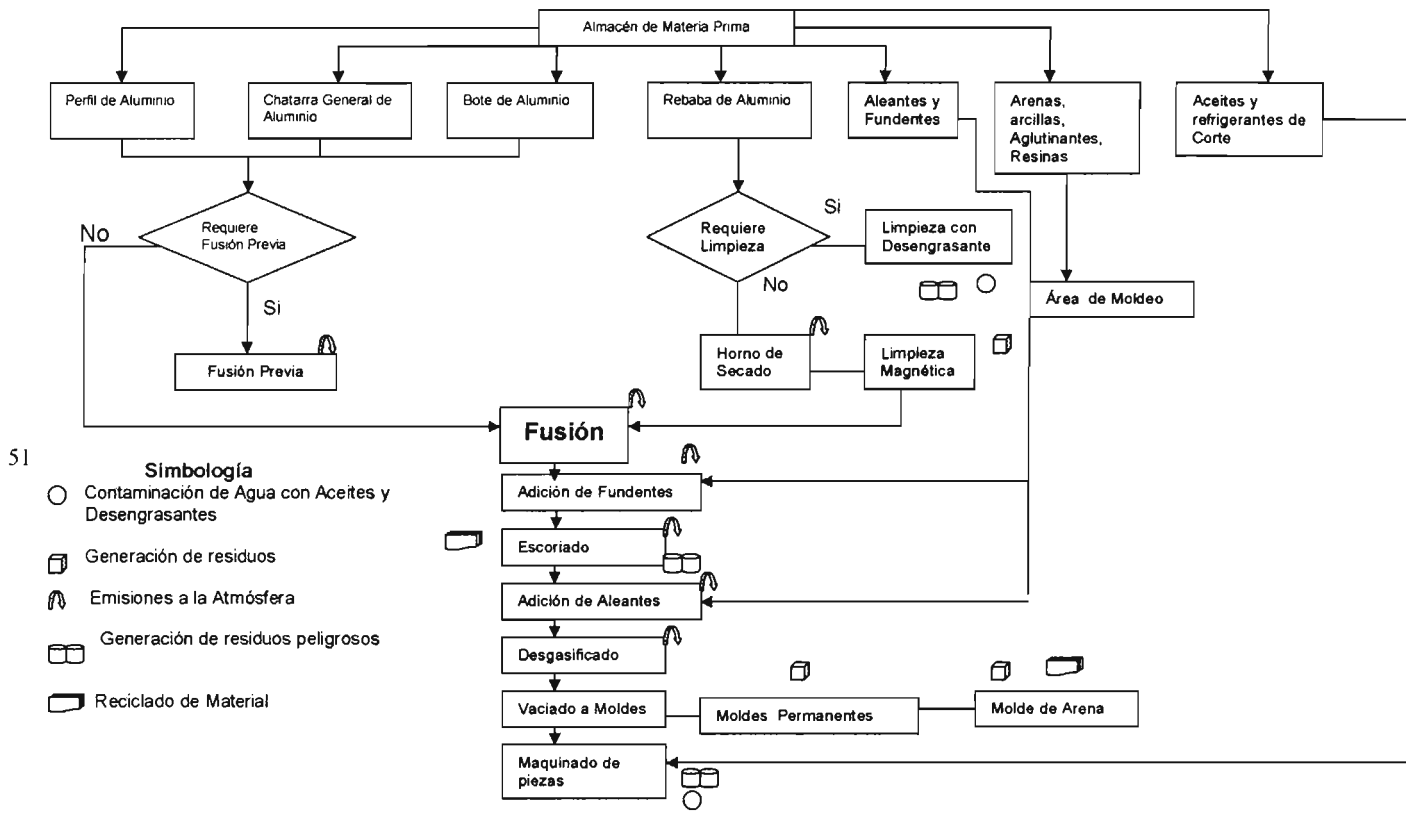


DIAGRAMA 8: PROCESO DE UNA PLANTA FUNDIDORA DE ALUMINIO SECUNDARIO Y SUS EMISIONES

## **3.2. FACTORES ASOCIADOS CON LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

Contaminación del aire es el termino utilizado para describir la presencia en la atmósfera de una o mas sustancias en cantidades o características y duración tales, que sean perjudiciales a la salud de lo seres humanos, animales, plantas o que afecten a los bienes materiales.

Las fuentes de contaminación del aire se pueden clasificar en estacionarias y móviles o fugitivas, las móviles o fugitivas se originan en los transportes, y las fuentes estacionarias industriales esta se originan de cualquier industria que tenga quema de combustible para generar calor y energia son las principales fuentes de contaminación de aire,

En la mayoría de los casos los efectos de las fuentes estacionarias o focos de contaminación, como las plantas industriales, dependen de diversos factores locales entre ellos cabe señalar la topografía, las condiciones meteorológicas, la altura de las chimeneas, la ubicación, el equipo de control, las materias primas y el tipo de proceso.

En el caso de la fundición de aluminio secundario los principales contaminantes del aire son CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y partículas suspendidas principalmente.

### **3.2.1 MONÓXIDO Y DIÓXIDO DE CARBONO**

El monóxido es un gas incoloro, inodoro e insipido que se forma principalmente por la combustión incompleta del carbono. Las variables importantes que afectan la concentración de su emisión incluye el tiempo de residencia en la cámara de combustión, turbulencia, temperatura de flama y concentración de oxigeno.



Por mucho, la fuente principal de monóxido de carbono es la combustión en los motores de combustión interna de fuentes móviles, las fuentes fijas contribuyen en mucho menor grado a la formación del monóxido de carbono.

Otro componente de las emisiones de gases de combustión es el dióxido de carbono, formado por la combustión a baja velocidad de reacción, del monóxido de carbono en la atmósfera.

### **3.2.2 TOTAL DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (TPS)**

Son partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera y pueden ser de origen orgánico o inorgánico, por ejemplo: polvo, polen, cenizas, hollín y diversas sustancias químicas. Dependiendo de su tamaño, se depositaran cerca de su lugar de origen o serán transportados por el aire a grandes distancias. Las partículas se clasifican, según su tamaño en partículas decantables de (más de 50 micras), aerosoles de (menos de 50 micras) y partículas finas (menos de 3 micras).

En el caso de la industria de la fundición de aluminio secundario, son partículas finas de menos de 3 micras<sup>(12)</sup>.

### **3.2.3 ÓXIDOS DE NITRÓGENO**

De las numerosas formas posibles de óxidos de nitrógeno, el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) son los contaminantes del aire más significativos. El óxido nítrico es el contaminante principal y se forma por combustión atmosférica a alta temperatura en la combinación directa de nitrógeno y Oxígeno. En presencia de la luz solar, el óxido nítrico se combina con el oxígeno atmosférico para formar el dióxido de nitrógeno, que en este caso es un contaminante secundario.

La principal fuente de "óxidos de nitrógeno" es la quema de combustible, en donde la cantidad de óxidos de nitrógeno es función de la concentración disponible de nitrógeno y oxígeno, tiempo de reacción y temperatura. La Industria de la fundición es otra fuente notable de emisiones localizadas.

### 3.2.4 ÓXIDOS DE AZUFRE

Estos contaminantes del aire son dióxido de azufre, SO<sub>2</sub> y tritóxido de azufre, SO<sub>3</sub>. La fuente principal de ambos es la quema de combustibles, principalmente carbón que contenga azufre en presencia de aire (oxígeno), el contaminante secundario mas significativo es el ácido sulfúrico <sup>(23)</sup>.

**CUADRO 4<sup>(22)</sup>: EFECTOS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE**

CONTAMINANTE	EFFECTOS PRINCIPALES.
Total de Partículas en Suspensión (TPS)	Efectos directamente tóxicos o agudización de los efectos de contaminantes gaseosos; empeoramiento del asma u otros síntomas de enfermedades respiratorias o cardiorrespiratorias; intensificación de la tos y de malestares respiratorios; aumento de la mortalidad. Otros efectos: ensuciamientos y deterioro de materiales de construcción y otras superficies; reducción de la visibilidad.
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Agravamiento de enfermedades respiratorias (asma, bronquitis crónica, enfisema); reducción de la función pulmonar; irritación de los ojos y de las vías respiratorias; aumento de la mortalidad. Otros efectos: Corrosión de metales; deterioro de los contactos eléctricos, el papel, los textiles, el cuero, los acabados y revestimientos y la piedra de construcción; formación de lluvia ácida; daño del follaje y reducción del crecimiento de la vegetación.
Monóxido de Carbono (CO)	Menos tolerancia al ejercicio físico; reducción de la capacidad mental; agravamiento de enfermedades cardiovasculares.
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares y de Nefritis crónica. Otros efectos: Decoloración de pinturas y tinturas; reducción de la visibilidad. Disminución del crecimiento de la vegetación y defoliación.
Plomo	Retraso mental y daño cerebral, especialmente en niños.

### **3.3 FACTORES ASOCIADOS CON LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

En las sociedades industrializadas se emplean grandes cantidades de agua. La mayor parte del agua, más del 50%, se utiliza en procesos industriales y transporte de desechos domésticos e industriales; aproximadamente el 40% en riego agrícola, y únicamente cerca de 10% se usa para el abastecimiento municipal. Solo una pequeña cantidad de agua se utiliza para mantener la vida acuática y la silvestre.

En la industria, la producción de una tonelada de acero requiere aproximadamente 160 m<sup>3</sup> de agua, una tonelada de aluminio primario 1400 m<sup>3</sup>, En algunos casos el tratamiento del agua permite su reciclaje dentro de las mismas plantas industriales antes de desecharla.

#### **3.3.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

El exceso de impurezas o la naturaleza de las especies indican la contaminación del agua, que frecuentemente se manifiesta por cambios en su sabor, olor y apariencia. No obstante, en algunos casos la presencia de contaminantes peligrosos sólo se revela a través de análisis químicos precisos.

Los contaminantes en forma líquida provienen de la descarga de desechos domésticos, agrícolas e industriales e incorporan a las corrientes de agua contaminantes que contienen entre otros, minerales disueltos, detritos humanos y de animales, compuestos químicos y materia suspendida y coloidal. Los contaminantes físicos sólidos incluyen materiales como arena, arcilla, cenizas, grasas, brea, papel, hule, madera, metales y plásticos entre otros.

Los contaminantes químicos incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos. Entre los contaminantes inorgánicos están sales solubles como cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos y carbonatos; los desechos ácidos y alcalinos y gases tóxicos disueltos, como SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S y Cl<sub>2</sub>, provenientes principalmente de actividades industriales. Entre los contaminantes orgánicos se encuentran los aceites o grasas, con este tipo de contaminantes contribuye la fundición de aluminio secundario<sup>(14)</sup>.

### 3.3.2 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Es posible prever que la descarga de contaminantes industriales en el agua:

a) Tendrá un efecto general; por ejemplo, hará que el agua tenga mal olor o un aspecto desagradable. El agua que parece contaminada nunca se aprovecha plenamente, y ello conduce al deterioro de la zona en general. Un lugar u objeto de aspecto desagradable parece .contaminado sea cuál fuere el grado real de contaminación, lo cual es pernicioso para el medio ambiente.

b) Destruirá los peces y otros organismos que viven en el agua.

c) Causará o aumentará la corrosión de todos los tipos de superficies con las que entre en contacto el agua.

d) Limitará la utilización del suelo y reducirá el valor monetario de los terrenos que rodean las aguas contaminadas.

e) Estimulará la proliferación de organismos indeseables, por lo general en cantidades excesivas.

f) Causará enfermedades en las personas que beban el agua o ingieran organismos que se han reproducido en ella.

g) Impedirá la utilización del agua con fines de esparcimiento recreativo; Ejemplo la natación, la navegación deportiva, etc.

h) Hará que el agua sea inadecuada para el riego.

i) Hará que el agua sea inadecuada para usos industriales.

En la siguiente tabla se muestra la importancia de los contaminantes del agua y las fuentes y efectos de contaminantes típicos en aguas de desecho.

**CUADRO 5<sup>(22)</sup>: IMPORTANCIA DE LOS CONTAMINANTES DEL AGUA**

CONTAMINANTE	RAZON DE IMPORTANCIA
Físicos: Sólidos Suspendidos	Son importantes por razones estéticas y porque pueden originar el desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaeróbicas,
Químicos Orgánicos Biodegradables.	Compuestos principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, los orgánicos biodegradables se miden más comúnmente en términos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si se descargan sin tratamiento hacia el ambiente, la estabilización biológica de estos materiales puede originar el agotamiento de reservas naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Nutrientes.	Carbono, Nitrógeno y Fósforo son nutrientes esenciales para el crecimiento, cuando se descargan al ambiente acuático, estos nutrientes pueden causar el crecimiento de vida acuática indeseable. al descargarse en cantidades excesivas en la tierra, Pueden también originar contaminación de los cuerpos de agua.
Orgánicos Refractarios	Estos orgánicos tienden a resistir los métodos biológicos convencionales de tratamiento de aguas de desecho. Ejemplos típicos incluyen sulfatantes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales Pesados.	Debido a su naturaleza tóxica, ciertos metales pesados pueden impactar negativamente en los procesos de tratamiento biológico de desechos y en la cadena de vida.
Sólidos Orgánicos Disueltos.	Los constituyentes inorgánicos tales como Calcio, Sodio y Sulfatos se agregan al suministro doméstico de agua como resultado de su uso y pueden tener que removerse si el agua de desecho va a reutilizarse.
Biológicos Organismos Patógenos.	Enfermedades contagiosas pueden transmitirse por los organismos patógenos en el agua de desecho.

### **3.4 FACTORES ASOCIADOS CON LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

Los desechos o residuos sólidos se denominan normalmente "basura" y el principal problema que presentan es su disposición adecuada. De hecho, la mayor parte de los residuos sólidos se tienen que desplazar de un lado a otro antes de eliminarlos. La generación de residuos sólidos está aunada al crecimiento demográfico y de las actividades productivas y de servicio, los que han producido un incremento considerable en la cantidad y variedad de los residuos.

En el pasado, casi todos los residuos sólidos eran biodegradables y la naturaleza se encargaba de reciclarlos por medio de procesos biológicos. Actualmente, la capacidad de asimilación de la naturaleza ha sido rebasada, debido al desarrollo de nuevos materiales difíciles de degradar, como los plásticos; también se han originado nuevos desechos por el cambio en los hábitos de consumo, tal es el caso del consumo abusivo de comida y bebidas enlatadas, pañales desechables y envases de vidrio y plástico no retornables.

Además de la enorme cantidad de material no biodegradable producido por las actividades domésticas se encuentran también cantidades considerables de residuos, sólidos de origen industrial. Los desechos sólidos no solo contaminan el suelo donde son depositados, sino que debido a los procesos de descomposición pueden emitir gases y olores que contaminen la atmósfera, o convertirse en líquidos que puedan drenar hasta los mantos acuíferos. Actualmente los "basureros tradicionales", es decir, el depósito de los desechos a cielo abierto están proscritos en muchos países <sup>(23)</sup>.

### 3.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos pueden clasificarse por su fuente de origen, su naturaleza o sus características de peligrosidad. Según su naturaleza pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos, según su origen o fuente en domésticos, industriales y especiales. Se consideran residuos peligrosos a los desechos que presentan algún grado de toxicidad, inflamabilidad, corrosividad, reactividad o biológico infeccioso.

Los residuos orgánicos, como su nombre lo indica, están formados por materia orgánica, sólida y semisólida; su origen es esencialmente de tipo doméstico y agrícola. Generalmente se descomponen con facilidad.

Los residuos inorgánicos no se descomponen fácilmente, por lo que el principal problema que presentan es su acumulación en grandes cantidades aún en períodos relativamente cortos. Su origen puede ser de tipo doméstico o industrial <sup>(23)</sup>.

Entre los contaminantes más comunes que contribuyen a la contaminación del suelo figuran los siguientes:

- 1) Materiales de embalaje, como papel, envases de cartón, cajas y plásticos.
- 2) Restos de neumáticos, latas y cenizas resultantes de la quema.
- 3) Escombros de demoliciones como maderas, ladrillos, piedras, trozos de hormigón y otros materiales de construcción desechados.
- 4) Suelos excavados inutilizables y erosionables y acumulaciones de rocas resultantes de operaciones de minería
- 5) Escorias de las operaciones de fundición.
- 6) Residuos de las operaciones de fundición.

7) Residuos orgánicos de las operaciones de enlatado, como pulpa semillas, residuos, hojas y tallos.

8) Cienos cloacales orgánicos parcialmente concentrados de las fábricas de papel y celulosa, las fabricas textiles y las plantas de potabilización del agua.

9) Materiales inservibles acumulados o desechados, como automóviles y repuestos viejos, barriles de petróleo y otros objetos análogos.

10) Aceites de desecho, ya sea los contenidos en cienos cloacales o los aceites contaminados de garajes o fábricas de reelaboración de aceite.

11) Excavación del suelo debido a la explotación de canteras para extraer piedra, grava o arena.

Los residuos industriales están íntimamente relacionados con los procesos que las mismas Industrias realizan; en general, su problema principal son los grandes volúmenes generados. Sin embargo, una parte importante de los desechos industriales pueden considerarse como peligrosos y requieren de un manejo y procesamiento especial

Los residuos que no se consideran peligrosos pueden depositarse junto con los residuos de tipo domestico en los rellenos sanitarios.

También por su naturaleza, los residuos pueden representar diferente grado de peligrosidad, es decir, ser no peligrosos, potencialmente peligrosos y peligrosos, como se muestra en la siguiente tabla.



**CUADRO 6<sup>(23)</sup>: CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD**

GRADO DE PELIGROSIDAD	TIPO DE RESIDUOS.
No Peligrosos	Vidrio, papel, cartón, plástico, tetrapack, material inerte, textiles naturales, textiles sintéticos, residuos alimenticios, Residuos Jardinería, material ferroso, material no ferroso, madera hueso.
Potencialmente Peligrosos	Excremento, secreciones, algodón contaminado, pañales, Envases plaguicidas, envases, Aerosoles, material no ferroso y ferroso contaminados con aceites, papel carbón, aceites y grasas, autos abandonados animales muertos
Peligrosos	Substancias químicas, animales de investigación, residuos de medicamentos, solventes, papel con excremento de contagiosos, cuerpos de animales enfermos, medicinas caducas, alimentos caducos enlatados o a granel, desechos radiactivos.

**CUADRO7: FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO**

TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS	ORIGEN.
Municipales	Casas-habitación, parques, vías públicas, oficinas bienes muebles, demoliciones, construcciones, establecimientos de servicio, instituciones etc.
Industriales	Generados de cualquier proceso industrial de extracción, beneficio, transformación y producción.
Especiales	Aquellos no incluidos en los municipales e Industriales; residuos de rastros,

### 3.5 CRITERIOS Y NORMAS PARA LA CALIDAD DEL AIRE

Para que el medio ambiente no ofrezca ningún peligro al ser humano, la descarga de sustancias o materiales que podrían denominarse "peligrosas" o "tóxicas" en el aire, el agua y el suelo debe mantenerse a un nivel aceptable. Para mantener ese nivel, es necesaria la instalación de dispositivos de tratamiento que reducen las concentraciones de las emisiones o descargas hasta un nivel "no peligroso".

El nivel al que se puede descargar o emitir una sustancia determinada sin resultados perniciosos se denomina "norma". Estas normas son diferentes en cada país, según las condiciones de exposición.

Las actividades industriales, junto con la quema de combustibles para generar calor y energía, son las principales fuentes de contaminantes de aire. En la mayoría de los casos los efectos de las fuentes estacionarias (o focos) de contaminación, como las plantas industriales, dependen de los diversos factores locales. Entre ellos cabe señalar la topografía, las condiciones meteorológicas, la altura de las chimeneas, la ubicación, el equipo de control, las materias primas y el tipo de proceso.

Las normas que especifican emisiones aceptables pueden estar relacionadas con la producción o la calidad del aire en la atmósfera en torno a la planta industrial. En el primer caso se denominan normas sobre efluentes o normas de funcionamiento, y en el segundo normas sobre la calidad del aire ambiente. Las primeras son más útiles para fines de diseño y control, en tanto que las segundas son preferibles para la medición y protección de la calidad del medio ambiente. Ambas son útiles e importantes para el funcionamiento de sistemas de protección ambiental<sup>(23)</sup>.

Las normas relativas al aire ambiente están destinadas a limitar la concentración final de contaminantes en el aire que rodea una zona industrial o una comunidad. El límite aplicable a cada tipo de contaminante debe estar basado en los efectos físicos, sanitarios y de otra índole del contaminante, así como en la viabilidad de alcanzar el nivel deseado. No proporcionan indicaciones muy precisas para el diseño de las instalaciones de control, salvo en el caso en que se conocen exactamente las proporciones en que se combinan los gases emitidos por la planta industrial y la atmósfera que los diluye.

En el cuadro 8, se presentan la norma relativa a la calidad del aire ambiente en vigor actualmente en México. Cabe señalar que la concentración admisible de cada contaminante varía con el tiempo de exposición. Cuanto más breve el tiempo de exposición, mayor la concentración que puede permitirse en determinadas condiciones, pero esto debe especificarse en cada caso.

**CUADRO 8<sup>(24)</sup>: NORMA MEXICANA RELATIVA A LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE**

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE.
Partículas suspendidas totales	275 mcg/m <sup>3</sup> / 24 hrs.
Monóxido de Carbono	12 595 mcg/m <sup>3</sup> / 8hrs. (11.0 ppm)
Bióxido de Azufre	340 mcg/m <sup>3</sup> / 24 hrs. (0.13 ppm)
Óxidos de Nitrógeno	395 mcg/m <sup>3</sup> / 1r. (0.21 ppm)
Ozono	216 mcg/m <sup>3</sup> / 1hr. (0.11 ppm)
Plomo	1.5 mcg/m <sup>3</sup> / 3 meses

Los 5 primeros contaminantes del cuadro 8. se utilizan para cuantificar el Índice Metropolitano de Calidad del Aire, conocido como IMECA. estos valores presentados en dicha tabla se utilizan para fijar el valor de 100 puntos.

Cabe destacar que en el reciclado de aluminio, contribuimos con tres de estos 6 contaminantes partículas suspendidas totales, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Nota; mcg microgramos

### **3.5.1 NORMAS SOBRE EFLUENTES**

Las normas sobre emisiones establecen un nivel para la descarga de ciertos contaminantes relacionados con determinadas industrias. Ese nivel por lo general supone la utilización de equipo de control de la contaminación, el control adecuado de los procesos industriales y operaciones de fabricación en plantas de diseño moderno. La omisión o falta de cualquiera de estos tres elementos impone exigencias excesivas a los otros dos, lo cual en muchos casos hace que se excedan los niveles permisibles.

La norma puede estar relacionada con una unidad de alimentación o producción de una industria dada o en muchos casos, con el volumen de gas generado. En el Cuadro siguiente se resume la Norma Oficial Mexicana que establecen los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera para la industria de la fundición de aluminio secundario, actualmente en vigor.

Es preciso tener en cuenta que este tipo de norma no impedirá necesariamente que el aire se contamine. Tampoco dará ninguna indicación directa del nivel de contaminación existente en un momento dado en el aire. No es más que un instrumento de trabajo para el diseño y aplicación satisfactorios de programas de reducción de la contaminación con los mejores métodos disponibles en la actualidad para esas plantas industriales.

**NORMA TÉCNICA ECOLÓGICA NTE-CCAT-008/88.** Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas.

**CUADRO 9<sup>(23)</sup>: NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LOS PROCESOS DE COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL EN FUENTES FIJAS**

Contaminantes	Kg. /m <sup>3</sup> * E10 <sup>6</sup>
Partículas	100 (a)
Monóxido de Carbono	500 (c)
Bióxido de Azufre	640 (b)
óxidos de Nitrógeno	10 2250 (C) 9000(d)

Notas;

(a) Kilogramos de contaminante por cada millón de metros cúbicos de gas natural consumido a  $P=1\text{Kg}/\text{cm}^2$  y  $T=20^\circ\text{C}$ .

(b) Los óxidos de Nitrógeno expresados como bióxido de Nitrógeno.

(c) Para equipos de combustión de capacidad hasta de  $106\text{E}10^9$  Joules por hora.

(d) Para equipos de combustión de capacidad mayor de  $106\text{E}10^9$  Joules por hora.

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-043-ECOL/1993**, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas<sup>(23)</sup>.

CUADRO 10<sup>(23)</sup>. NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE PARTICULAS SÓLIDAS.

Flujo de gases m <sup>3</sup> /min.	Zonas críticas mg/m <sup>3</sup>	Resto del país mg/m <sup>3</sup>
5	1536	2304
10	1148	1722
20	858	1287
30	724	1086
40	641	962
50	584	876
60	581	811
80	479	719
100	437	655
200	326	489
500	222	333
800	182	273
1000	166	249
3000	105	157
5000	84	127
8000	69	104
10000	63	95
20000	47	71
30000	40	60
50000	32	48

Para la interpretación de los datos contenidos en la tabla utilizar las ecuaciones:

Para Zonas Críticas:  $E = 3020 / C^{0.42}$

Para el resto del país:  $E = 4529.7 / C^{0.42}$

Donde:

E= Nivel máximo permisible en mg / m<sup>3</sup>

C=Flujo de gases en la fuente en m<sup>3</sup> / min.

La emisión está referida a condiciones normal:

T=25°C y p=760 mmHg

### **3.6. CRITERIOS Y NORMAS SOBRE USO DE CORRIENTES DE AGUA**

En general, la calidad del agua se puede controlar aplicando uno de los dos métodos siguientes: a) normas sobre corrientes de agua b) normas sobre efluentes. Si bien el objetivo último es aumentar al máximo la calidad de las aguas receptoras para que puedan utilizarse en forma óptima, a veces resulta más fácil lograrlo exigiendo que cada fuente de contaminación descargue tan solo una cantidad determinada de contaminantes o una concentración dada en un volumen total preestablecido de aguas de desecho.

La tendencia es establecer cual es la calidad deseada de las aguas receptoras y se procura mantener la calidad controlando cada descarga de desechos de modo que no exceda el mínimo de unidades de contaminantes por unidad de producción. Esto último se determina para toda la industria sobre la base de un análisis del potencial de tratamiento efectivo que es económicamente factible.

Casi todas las fuentes de agua naturales están "Contaminadas" de una u otra forma. Cuando se comparan esas aguas con un líquido de control como el agua pura ó destilada, podría considerarse que están sustancialmente "contaminadas". Ciertas cantidades de algunas sustancias como el calcio magnesio y el hierro son esenciales para el hombre, así como para la flora y fauna acuáticas, y el agua pura o destilada no contiene ninguno de esos nutrientes. La descarga de desechos por lo general afecta la utilización de agua para el abastecimiento de la población y otros usos necesarios. Las aguas no contaminadas por lo general se clasifican en blandas o duras, según la concentración de minerales disueltos.

Es preciso subrayar que el término "contaminado" es relativo y varía mucho según las condiciones locales y otros factores conexos.

Se debe proceder con cautela al clasificar las masas de agua naturales contaminadas o no contaminadas. Las características de esas aguas varían mucho según el lugar y otros factores como las condiciones climáticas, la topografía y las formaciones geológicas.

La principal ventaja del sistema de normas sobre corrientes de agua es que previene el exceso de contaminación sea cual fuere el tipo de industria u otros factores, como la ubicación de zonas industriales y municipalidades.

También permite que el público fije metas relativas a la calidad del agua para el presente y el futuro. La descarga de desechos se limita a lo que la corriente de agua puede asimilar, y esto puede crear dificultades para la planta industrial ubicada en un punto crítico sobre dicha corriente. Por otro lado, la reducción de la contaminación debe tratarse con sumo cuidado en las decisiones que se tomen sobre la ubicación de las fábricas.

En lo que respecta a las normas sobre corrientes de agua aplicables al agua potable y al agua para otros usos la Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales (antes SEMARNAT) ha reunido una gran cantidad de información sumamente útil. Se han establecido los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, en donde se precisan los niveles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua, o sus efectos como son color, olor o sabor, potencial de hidrógeno y sus niveles permisibles, para que las autoridades competentes puedan calificar a los cuerpos de agua, como aptos para ser utilizados como fuentes de abastecimiento de agua potable, en actividades recreativas con contacto primario, para riego agrícola, para uso pecuario, para uso en la acuicultura, o bien, para el desarrollo y la conservación de la vida acuática. Dichos parámetros constituyen la calidad mínima requerida para el uso o aprovechamiento del agua en los casos mencionados <sup>(23)</sup>.

### **3.6.1 NORMAS SOBRE EFLUENTES**

El sistema de normas sobre efluentes es más fácil de controlar. No se necesitan análisis detallados de las corrientes de agua para determinar el grado preciso de tratamiento de los desechos que resulta necesario.

Estas normas se actualizan periódicamente y así es como este sistema proporciona una protección efectiva a largo plazo para las corrientes de agua que han recibido una cantidad excesiva de desechos. En algunos casos las normas sobre efluentes están basadas más en la economía y la viabilidad del tratamiento que en la protección absoluta de la corriente;



la utilización óptima de esa corriente no es siempre la consideración primordial. Mas bien, la utilización de la corriente depende de la condición en que se encuentra una vez que se han cumplido las normas sobre efluentes.

En ejercicio de la autoridad que se le ha conferido, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) ha emitido normas para la limitación de efluentes aplicables a distintas categorías de industrias. Estas normas regulan el volumen de efluentes que una industria puede descargar en las fuentes de agua del país, así como las características químicas, físicas y biológicas de esos efluentes.

En muchos casos conviene utilizar una combinación de normas sobre efluentes y corrientes de agua, las primeras para facilitar las mediciones y ayudar a las planeas industriales en funcionamiento, y las segundas para proteger las aguas receptoras a fin de que sea posible utilizarlas en forma óptima.

**CUADRO 11<sup>(23)</sup>: NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-031-ECOL-93**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes, en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la fundición de aluminio secundario

Parámetro	Unidad	Limite máximo de norma
Temperatura	°C	-
PH	-	6 a 9
Sólidos Sedimentables	mg / l	5
Grasas y Aceites	mg / l	60
Conductividad	microohms / cm	5000
Aluminio	mg / l	10
Arsénico	mg / l	0,5
Cadmio	mg / l	0,05
Cianuros	mg / l	1
Cobre	mg / l	5
Cromo Hexavalente	mg / l	0,5
Cromo total	mg / l	2,5
Fluoruros	mg / l	3
Mercurio	mg / l	0,01
Niquel	mg / l	4
Plata	mg / l	1
Plomo	mg / l	1
Zinc	mg / l	6
Fenoles	mg / l	5
DBO	mg / l	-
DQO	mg / l	-

### 3.7. CRITERIOS Y NORMAS PARA LA CALIDAD DEL SUELO

La normatividad para la conservación y protección del suelo se ha establecido para controlar el manejo de desechos sólidos y es una expresión de la preocupación de las autoridades respecto a la disposición de los residuos peligrosos.

Actualmente existen en México 7 Normas que regulan la disposición y manejo de residuos peligrosos, ya que éstos en cualquier estado físico, por sus características: corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, venenosas, ó biológico infecciosas (código de clasificación CRETIB), representan un peligro para el equilibrio ecológico, por lo que es necesario controlarlos.

Para dicho control, en estas normas se definen cuales son esos residuos, identificándolos, ordenándolos por giro industrial y por proceso, estableciendo los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; se establece el método de extracción para determinar los compuestos que hacen peligroso a un residuo; se indica el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos; se establecen los requisitos que debe reunir un sitio destinado al confinamiento controlado de residuos peligrosos, así como para el diseño, construcción de sus obras complementarias y operación del sitio<sup>(23),(24)</sup>.

**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<sup>(23)</sup>.

Se considerarán peligrosos aquellos que presenten una o más de las siguientes características: Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y/o Biológico Infecciosas, atendiendo a los siguientes criterios:

1) Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades

En estado líquido o en solución acuosa presenta un PH menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5.

En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55°C es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 mm o más por año.

2) Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

Bajo condiciones normales (25°C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.

En condiciones normales (25°C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

Bajo condiciones normales cuando se pone en contacto con soluciones de PH ácido (HCl 1.0N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación y (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

Tiene en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de PH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCN/kg. de residuo o 500 mg de H<sub>2</sub>S/Kg. de residuo.

Es capaz de producir radicales libres.

3) Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y a una atmósfera.

4) Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente cuando presenta la siguiente propiedad:

Concentración máxima de (mg/l). Arsénico 5.0, Bario 100.0, Cadmio 1.0 Cromo Hexavalente 5.0, Níquel 5.0, Mercurio 0.2, Plata 5.0, Plomo 5.0 y Selenio 1.0 esto es con respecto a méteas

5) Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen

Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.

No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C y una atmósfera.

Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulan la combustión,.

6) Un residuo con características biológico-infecciosas se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

Contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.

Contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

7) La mezcla de un residuo peligroso conforme a esta norma con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

### **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-055-ECOL-1993**

Los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos <sup>(23)</sup>.

Esta norma parte de la consideración de que la construcción de confinamientos controlados para la disposición final de los residuos peligrosos debe reunir condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico.

Para lo anterior, esta norma contempla los siguientes factores que debe tener un sitio destinado al confinamiento de residuos peligrosos

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| a) Geohidrológicos                           | e) De hidrológica superficial; |
| b) Ecológicos                                | f) Climáticos                  |
| c) De crecimiento de centros<br>De población | g) Sísmicos                    |
| d) Topográficos                              | h) De acceso                   |

Cada uno de estos puntos, son especificados en la norma, explicando y mencionando algunos de los parámetros más importantes para cada concepto (Ver referencia 23).

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-056-ECOL/1993**, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos<sup>(23)</sup>.

Esta norma parte de la consideración de que los confinamientos controlados para la disposición final de residuos peligrosos deben reunir las condiciones de máxima seguridad para garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico, por lo que es necesario establecer los requisitos para el diseño y construcción de sus obras complementarias.

- |                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| a) Celda de confinamiento          | l) Celda de tratamiento      |
| b) Zonas restringidas              | m) Áreas de acceso y espera; |
| c) Cerca perimetral y de seguridad | n) Caseta de vigilancia      |
| d) Caseta de pasaje y báscula      | o) Laboratorio               |
| e) Caminos                         | p) Área de almacenamiento    |
| f) Área de emergencia              | q) Área de limpieza          |
| g) Drenaje                         | r) Instalación eléctrica     |
| h) Señalamientos                   | s) Pozos de monitoreo        |
| i) Área de amortiguamiento         | t) Taller de mantenimiento   |
| j) Área administrativa             | u) Servicio Médico           |
| k) Servicios sanitarios            | v) colocación de acceso      |

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-057-ECOL/1993**, que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos <sup>(23)</sup>.

Los puntos que contiene esta norma son

- a) Diseño y construcción de celdas
- b) Diseño y construcción de sistemas de captación de lixiviados
- c) Diseño y construcción del sistema de venteo
- d) Cubierta
- e) Operación
- f) Equipo de protección personal

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-058-ECOL-1993**, que establece los requisitos da la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos <sup>(23)</sup>.

Puntos que considera esta norma son:

- a) Registros: Bitácora de recepción, libro de registro de pesaje, registro de laboratorio, plano general, libro de registro de monitoreo.
- b) Operación: Recepción de residuos (verificar documentación, textura), Datos de Recepción (fecha, cantidad, procedencia, transportista), Análisis.
- c) Monitoreo.
- d) Obras complementarias: Control de acceso, drenaje, etc.

### **3.8. PLANIFICACIÓN PARA PROTECCIÓN DEL ECOSISTEMA**

Debido al deterioro que ha sufrido el medio ambiente, el aumento considerable en la población, los requerimientos gubernamentales en materia ambiental y la gran competencia comercial, es necesario realizar una cuidadosa planificación para realizar una expansión de una planta industrial existente, y todavía mas en el curso de un proyecto nuevo.

Uno de los impactos importantes de las regulaciones ambientales es que el tiempo requerido para la planeación y construcción de plantas industriales se incrementa. Entre mas complejas sean las implicaciones ambientales que una planta nueva pueda generar, mayor será la complejidad para su análisis y solución. Claro está que el aumento de tiempo variara de un caso a otro, dependiendo de que tantos requisitos haya que cubrir para su instalación.

Cualquier compañía que planea una expansión o la construcción de una planta debe considerar en alto grado, además de los aspectos tradicionales de tecnología y finanzas, los aspectos ambientales inherentes a la nueva instalación: para cumplir con la legislación y normatividad ambientales, será necesario analizar todos los factores involucrados en el diseño, construcción y operación de la planta. Estos factores son de tipo Tecnológico, Económico, Social y Político.

La Ingeniería metalúrgica puede incidir en diferentes formas y grados en las decisiones que se tomaran para desarrollar la nueva instalación.

Por los factores mencionados, es claro que la aprobación y construcción de nuevas plantas industriales o expansiones de las ya existentes, es una operación mucho más complicada que como fue en el pasado. Los exigentes requisitos ambientales en algunos casos, restringirán la construcción de ciertas instalaciones en localidades que anteriormente habrían sido consideradas.

Las plantas industriales deben situarse en zonas que tiendan a minimizar sus efectos ambientales. Esto se aplica especialmente a las plantas grandes y a aquellas inapropiadas por una razón u otra para su ubicación en zonas industriales.



La ubicación adecuada de una planta no eliminara la necesidad de un tratamiento final para la protección del medio, pero podría disminuir el grado de tratamiento necesario.

El Control de la Contaminación debe considerarse en términos de los sistemas tecnológicos (Procesos y Equipos) y en las consecuencias ecológicas, tales como los problemas de tratamiento y disposición de los contaminantes.

La estrategia de Control de Contaminantes incluye el enfoque de cinco alternativas cuyo propósito sería la reducción o eliminación de emisiones contaminantes:

- a) Eliminación de la etapa del proceso o parte de ella.
- b) Modificación de la etapa.
- c) Reubicación de esa parte del proceso.
- d) utilización de tecnología adecuada de Control.
- e) Una combinación de las opciones anteriores.

En virtud de los costos relativamente altos de los Sistemas de Control de Contaminación (inversión y operación) los ingenieros deben dirigir un esfuerzo considerable hacia la modificación del proceso para eliminar tanto como sea posible la contaminación desde su origen. Esto incluye la evaluación de alternativas de manufactura y producción, la sustitución de materias primas, y la mejora de los métodos de Control de Proceso.

Un programa de prevención de la contaminación involucra varios aspectos, entre ellos hay algunos de importancia fundamental para tener éxito en ese objetivo como son:

a) Diseño del Producto. La fase de diseño del producto de un programa de prevención de la contaminación debe originar productos que sean menos tóxicos, con menos movilidad, menos persistente, más adecuados para reciclar o mas adecuados para tratamiento. El enfoque debe ser hacia la prevención de que los productos escapen hacia el ambiente, que sean fácilmente removibles de él y aumentar su capacidad para ser reprocesados.

b) Diseño del proceso. En esta etapa del proyecto, el objetivo será llegar a un diseño tal que la tendencia sea a que las emisiones o desechos sean lo mínimo posible. Aquí hay que considerar algunos aspectos, como son: la configuración de la planta, entre más integrada esté habrá menor necesidad de transportar las materias primas, productos intermedios y productos finales a distancias más cortas, disminuyendo la posibilidad de derrames o fugas.

La recirculación de una o varias corrientes con o sin tratamiento hacia otras partes del proceso es un factor a considerar en gran manera, pues esto redundaría en la optimización del uso de la energía y los materiales, además de la minimización de desechos o emisiones, aspecto crucial para proteger el ambiente hoy en día.

c) Diseño y Selección del Equipo de proceso. En esta fase hay que puntualizar la necesidad de diseñar o seleccionar los equipos más eficientes y que ofrezcan mayor integridad, esto con respecto a la minimización o eliminación de las emisiones fugitivas. Por ejemplo: Al escoger un tipo de sello mecánico para bombas de proceso, de acuerdo a las condiciones de presión, temperatura, concentración, fluidos a manejar, etc. o una válvula de control con determinado empaque, con mayor durabilidad, resistencia, etc.

Desafortunadamente, si no hay alternativa, debe considerarse la aplicación del equipo de Control de Contaminación. Debido a sus costos relativamente altos, es fundamental una selección adecuada de este equipo.

El equipo debe diseñarse para cumplir con la normatividad ambiental en una base continua. El aumento en los costos de energía, mano de obra y materiales, pueden hacer más importantes las consideraciones de operación y mantenimiento que el costo original de capital.

Varios factores deben considerarse para seleccionar un sistema de Control de Contaminación; en general, estos factores pueden agruparse en 3 categorías: ambientales, de ingeniería y económicos.

Factores Ambientales. Estos incluyen: Ubicación del equipo, espacio disponible, condiciones ambientales y disponibilidad de servicios adecuados (energía, agua, combustible, etc.) e instalaciones auxiliares (tratamiento y disposición de desechos), consideraciones estéticas, niveles máximos de emisión, contribuciones entre sí de los sistemas de Control de Contaminación (por ejemplo: la recolección de contaminantes gaseosos, en el aumento de aguas de desecho y disposición de sólidos) y la contribución del sistema de Control en los niveles de ruido en la planta.

Factores de Ingeniería. Estos incluyen:

- a) Características del contaminante (propiedades físicas y químicas, concentración, forma, tamaño, reactividad, corrosividad, abrasividad, toxicidad, etc.)
- b) Características de la corriente de desecho: flujo o volumen, temperatura, presión, humedad, composición, viscosidad, densidad, flamabilidad, etc.
- c) diseño y características de funcionamiento del Sistema Particular de Control (tamaño, peso, curvas de eficiencia y capacidad de transferencia de masa, caída de presión, capacidad para aumentar o disminuir la corriente a manejar, requerimientos de servicios, limitaciones de temperatura, requerimientos de mantenimiento, y flexibilidad para cumplir normas ambientales más exigentes.

Factores Económicos. Estos incluyen: Costo de Capital (equipo, instalación, ingeniería, etc.) Costo de operación (servicios, de mantenimiento etc.) y costo de ciclo de vida sobre el tiempo de vida

La selección final del equipo se hace por su capacidad para cumplir con la normatividad ambiental al mínimo costo anualizado (costo de capital amortizado más costos de operación y mantenimiento). Para comparar las alternativas específicas de equipo de control, es esencial el conocimiento de la aplicación en particular. Un análisis preliminar de las diferentes alternativas puede hacerse revisando las ventajas y desventajas de cada sistema de control de contaminantes

(25)

### **3.9. SISTEMAS DE CONTROL PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

A continuación se presentan las principales tecnologías para el control de la contaminación del aire; los procesos para el tratamiento de aguas industriales y los sistemas para el manejo de los desechos sólidos.

Los sistemas para controlar las emisiones industriales hacia la atmósfera pueden dividirse en dos grupos: Los que controlan las emisiones gaseosas, esto es, la disminución o eliminación de gases contaminantes; y los que controlan la emisión de partículas,

#### **3.9.1 SISTEMAS DE CONTROL DE PARTÍCULAS**

Hay una gran variedad de equipos para separar partículas de las corrientes gaseosas antes de descargarlas hacia la atmósfera. Estos equipos han evolucionado porque los procesos industriales son muy diversos en la naturaleza de las partículas que generan, así como en las condiciones a las que debe hacerse su recolección.

El diseño de los equipos utilizados para eliminar las partículas de un gas se basa generalmente en el aprovechamiento de ciertas propiedades físicas, químicas o eléctricas de las partículas.

La selección de un equipo para la purificación de un gas debe considerar, el rendimiento requerido, el tipo de gas efluente que contiene las partículas, las características de las partículas y los factores de funcionamiento, construcción y economía del equipo en cuestión.

Uno de los factores más importantes cuando se trata de elegir una técnica de eliminación es la distribución de tamaños de las partículas presentes, en el flujo de gas.

La eliminación de partículas de un gas depende de varios mecanismos, tales como la difusión (tanto molecular como turbulenta), el desplazamiento bajo la influencia de fuerzas eléctricas, centrífugas, gravitatorias, la contención y el impacto inercial.

El diseño de los equipos para eliminar las partículas se basa fundamentalmente en el principio de hacer que la corriente gaseosa, en la que se encuentran las partículas, pase por una zona en donde las partículas sean sometidas a fuerzas externas o chocan contra ciertos obstáculos, lo que hace que se separen de la corriente gaseosa.

Los Colectores de partículas pueden clasificarse en:

- Colectores Mecánicos.
- Lavadores de gases.
- Colectores de polvos con bolsas de tela.
- Precipitadores Electrostáticos.

Algunos colectores pueden combinar los principios de operación de 2 clases, por ejemplo, los filtros de bolsas de tela incorporando cámaras de sedimentación. Algunos, principalmente los lavadores húmedos, pueden remover también contaminantes gaseosos. Adicionalmente un colector de partículas puede incluir una función secundaria, tal como enfriamiento de gases.

### **3.9.2 COLECTORES MECÁNICOS**

Cámaras de Sedimentación por Gravedad.

Este equipo es probablemente el tipo más simple y más antiguo de los colectores de polvos. Consiste de una cámara en la que la velocidad del gas se reduce para hacer que el polvo se sedimente por la acción de la gravedad. Su simplicidad se presta para casi cualquier tipo de construcción. Prácticamente, sin embargo, su utilidad se limita a remover partículas mayores de 325 mallas (45 micras de diámetro). Para remover Partículas mas pequeñas el tamaño requerido de la cámara es generalmente excesivo.

Los colectores por gravedad se construyen generalmente en forma de cámaras rectangulares, largas, horizontales con la entrada en un extremo y la salida por un lado o por arriba en el otro extremo.

Para un flujo volumétrico dado de aire, la eficiencia de colección depende de la sección total de la cámara y es independiente de la altura. La altura debe ser solo la suficiente para que la velocidad del gas en la cámara no sea tan alta para causar nuevamente el arrastre del polvo separado. Generalmente la velocidad promedio del gas no debe exceder de 3 m/seg.

La caída de presión en una Cámara de Sedimentación es pequeña, y consiste principalmente por pérdidas a la entrada y salida del gas; debido a las velocidades bajas del gas que se utilizan, la cámara no está sujeta a abrasión y puede usarse como un prelimpiador para remover partículas muy gruesas y así minimizar la abrasión en el equipo subsecuente.

Una variante del sedimentador por gravedad, es la Cámara de Sedimentación

Con baffles; para polvos secos y con alta concentración, estos sedimentadores pueden ser de utilidad. La eficiencia es totalmente dependiente del grado de impactación que ocurre, en dicha eficiencia intervienen cuatro factores: El Número de baffles, su longitud, el espacio y la configuración de los baffles.

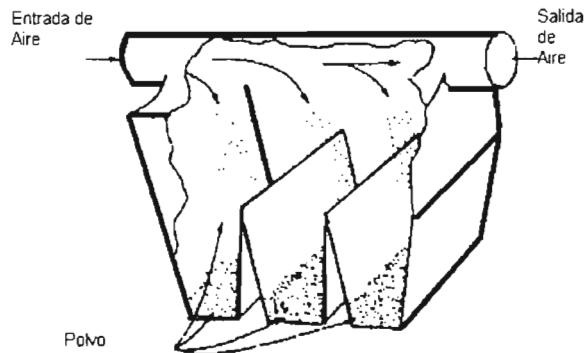


FIGURA 1<sup>(26)</sup>:CAMARA DE SEDIMENTACIÓN POR GRAVEDAD

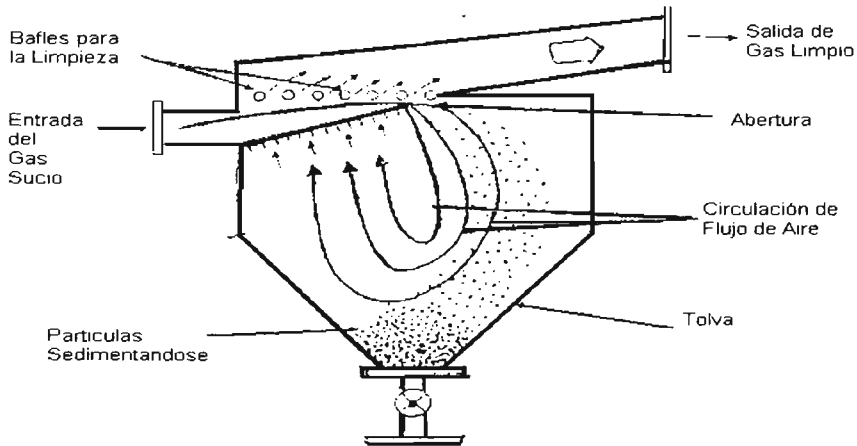


FIGURA 2 <sup>(26)</sup>: CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN CON BAFLES

### 3.9.3 CICLONES Ó SEPARADORES CICLÓNICOS.

Uno de los colectores de polvos mas usado es el ciclón. El gas entra Tangencialmente por la parte superior de un envolvente cilíndrico y es forzado a fluir hacia abajo en una espiral de diámetro decreciente en una sección cónica. Las partículas por la fuerza centrífuga son lanzadas hacia la pared y caen a lo largo de esta por efecto de la gravedad. En la parte interior del ciclón, la corriente de gas se Invierte y girando regresa hacia arriba, saliendo por la parte superior. Las partículas se descargan por la parte inferior por la trampa de polvo.

La velocidad de entrada debe ser suficientemente alta para tener una eficiencia de separación alta sin crear una turbulencia excesiva. Las velocidades de entrada del gas generalmente están en el rango de 10 a 25 m/seg.

El diámetro de la parte superior de los ciclones está en el rango de 24-120 pulgadas, con eficiencias que alcanzan el 85% con partículas tan pequeñas menorea a 10 micras.

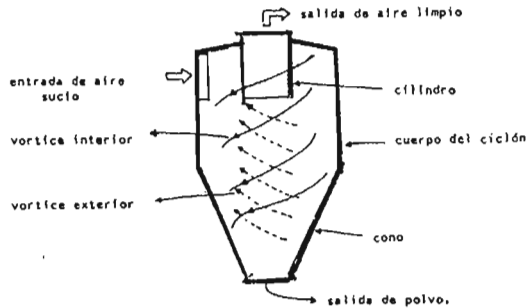


FIGURA 3 <sup>(26)</sup>: FUNCIONAMIENTO DEL CICLON

Los ciclones se usan raras veces como único equipo para controlar la contaminación, excepto en los casos en que la carga consiste casi totalmente de partículas gruesas, o cuando la densidad de las partículas es inusualmente alta.

El diseño de un ciclón separador de partícula representa un compromiso entre su rendimiento, su pérdida de presión y su tamaño. Un mayor rendimiento requiere mayor pérdida de presión (es decir, mayor velocidad de entrada de los gases) y un mayor tamaño, o sea, mayor longitud del cuerpo del ciclón,

Por lo general los ciclones son equipos de control inefectivos para partículas con diámetro menor de 5 micras.

Se dispone de ciclones en una amplia variedad de formas, en el rango de unidades largas hasta unidades cortas de gran diámetro. El cuerpo puede ser cónico o cilíndrico y entrada tangencial, redonda o rectangular.

### 3.9.4 LAVADORES DE GASES

Los lavadores de gases son equipos que pueden aplicarse tanto a la colección de polvos como a la absorción de humos y gases. Estos equipos colectan los polvos con una solución o un lodo, el cual requiere de un proceso posterior, ya sea para recuperar un producto o para disponer de él como un material de desecho.

Las partículas submicrónicas pueden ser colectadas por medio de los lavadores de alta energía (venturi), mientras que para las partículas cuyo tamaño varía entre una



y diez micras, pueden utilizarse lavadores de energía baja, como los lavadores de placas de choque.

Los contaminantes gaseosos pueden separarse de la corriente del aire por condensación, lavado, absorción o incineración.

Para tratar contaminantes gaseosos orgánicos se sugiere:

Vapores presentes en altas concentraciones y con temperatura de rocío mayor a 32°C pueden ser removidos por condensación, ya sea por enfriamiento directo o por presión.

Contaminantes en concentraciones mayores de 1% y solubles en agua, permiten el uso de este líquido como medio de lavado.

Contaminantes que tengan peso molecular mayor que el de los componentes normales del aire, pueden ser separados por absorción en agua.

Los contaminantes inorgánicos gaseosos pueden separarse de las corrientes de aire por medio de condensación, lavado con líquidos y con absorbente talas como sílica gel, alumina o carbón activado. El uso de absorbentes para contaminantes inorgánicos tienen una aplicación limitada, así que el lavado y a veces la condensación, son los principales métodos de tratamiento.

Los lavadores de gases presentan las siguientes características:

- a) La corriente de gases se enfría y se lava simultáneamente.
- b) Pueden eliminarse tanto gases como partículas.
- c) Los vapores corrosivos pueden neutralizarse por medio de una selección adecuada del líquido de lavado.
- d) No hay límite en la temperatura y contenido de humedad de la corriente de proceso.
- e) Los riesgos de manejo de una mezcla de aire con polvos explosivos son reducidos.
- f) El espacio que ocupa el equipo es moderado.
- g) La eficiencia varía en función del consumo de potencia.

h) El costo inicial es moderado pero el costo de operación es elevado, especialmente para altas eficiencias, ya que estas requieren un gran consumo de potencia.

Los fabricantes de Lavadores de Gases ofrecen una gran variedad de equipos para este propósito. Se dispone de un rango amplio de diseños, tamaños, capacidad de funcionamiento y costos de capital y operación. Para seleccionar el lavador de gases adecuado para un determinado servicio se requiere entender las alternativas que varias unidades pueden presentar. La idea principal es entender los mecanismos básicos que son responsables del funcionamiento de los lavadores de gases.

### **3.9.5 MECANISMOS DE COLECCIÓN DE PARTÍCULAS**

a) Sedimentación por Gravedad. Este mecanismo generalmente tiene poca influencia para partículas pequeñas para que sea considerado en un lavador de gases.

b) Separación Centrifuga. Las partículas pueden separarse de una corriente gaseosa por una fuerza centrífuga inducida por un cambio en la dirección de flujo del gas. Los cambios a gran escala en la dirección de flujo, como en un separador ciclónico no son muy efectivos para partículas de menor diámetro que 5 micras.

c) Impacto inercial a intercepción. Cuando una corriente gaseosa fluye alrededor de un pequeño objeto, la inercia de las partículas las hace continuar hacia el objeto y algunas de ellas serán colectadas.

Debido a que el impacto de inercia es efectivo sobre partículas tan pequeñas como unas décimas de micra, este es el mecanismo de colección más importante para el lavador de partículas. Ya que este mecanismo se basa en la inercia de las partículas, son importantes su tamaño y densidad para saber con qué facilidad pueden colectarse.

d) Difusión Browniana. Cuando las partículas son suficientemente pequeñas, digamos, menos de 0.1 micras de diámetro, al estar en la corriente gaseosa, se comportan como moléculas gaseosas y se difunden en la corriente por su movimiento Browniano, de esta forma al dispersarse las gotas de líquido entre las

partículas de polvo, éstas se depositan sobre las primeras. En general, el impacto inercial y la difusión Browniana son los dos principales mecanismos que operan en los lavadores de gases.

### **3.9.6 TIPOS DE LAVADORES DE GASES**

1) Lavadores ciclónicos. Este tipo de lavadores se utiliza para manejar:

- Partículas de 1 micra o mayores, con eficiencias de 98 ó 99%.
- Para absorber gases muy solubles, como el amoniaco.
- Para eliminar  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y compuestos orgánicos sulfatados, usando como medio de lavado una solución alcalina.

2) Torres da Platos. Una torre lavadora de platos es casi la misma unidad utilizada para destilación, esto es, consiste de una torre vertical con varios platos montados dentro transversalmente. El gas entra por el fondo de la torre y pasa a través de perforaciones, válvulas, cachuchas u otras aberturas en cada plato fluyendo hacia arriba. Generalmente, el líquido se introduce en el plato superior y baja por cada plato mezclándose con el gas, este contacto origina la transferencia de masa o la remoción de partículas para lo cual se diseñó el lavador de gases.

c) Lavador de placar de choque. Es una unidad del tipo de baja energía y se utiliza para eliminar partículas de polvo cuyo tamaño varía en un rango entre 2 y 10 micras. En este tipo de lavadores, los gases contaminados primero se humidifican, luego se separan en varias corrientes, las cuales pasan a través de los platos donde se lleva a cabo la colección por medio del liquido lavador, además este equipo puede usarse como absorbedor o enfriador de gases, así como una unidad para condensación. Como se sabe, la eficiencia en este tipo de lavador es función directa del número de platos.

3) Torres empacadas. Las torres empacadas se usan para la eliminación de humos y gases contaminantes. Consisten en un recipiente cilíndrico, en el cual una sección se rellena con empaque, el área del empaque facilita el contacto entre el líquido y el gas. Cuenta además, en su interior, con un eliminador de niebla, por el que pasa el gas antes de salir a la atmósfera <sup>(17)</sup>.

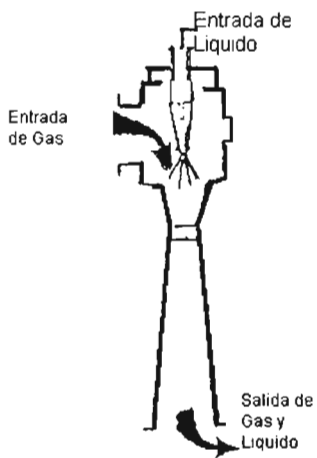


FIGURA 4 <sup>(26)</sup>: LAVADOR VENTURI

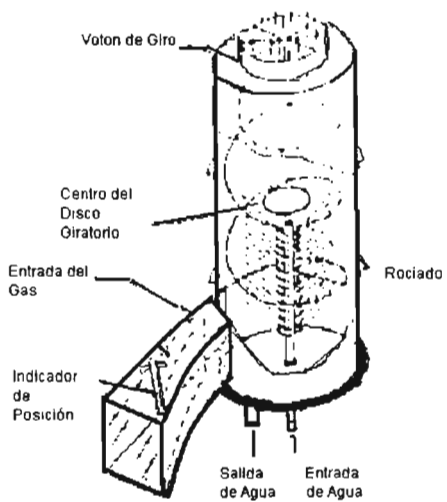


FIGURA 5 <sup>(26)</sup>: LAVADOR CICLONICO

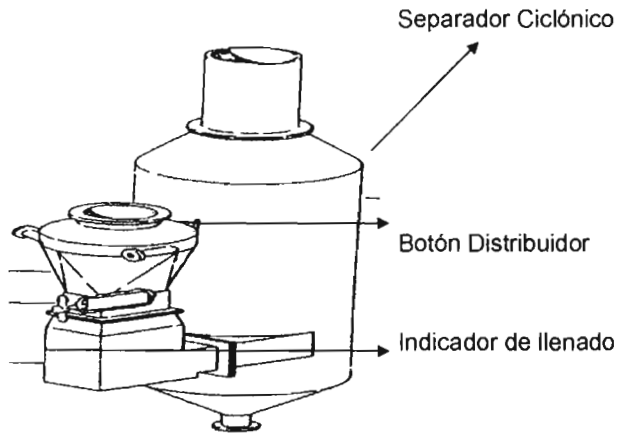


FIGURA 6 <sup>(26)</sup>: LAVADOR VENTURI CON SEPARADOR CICLONICO

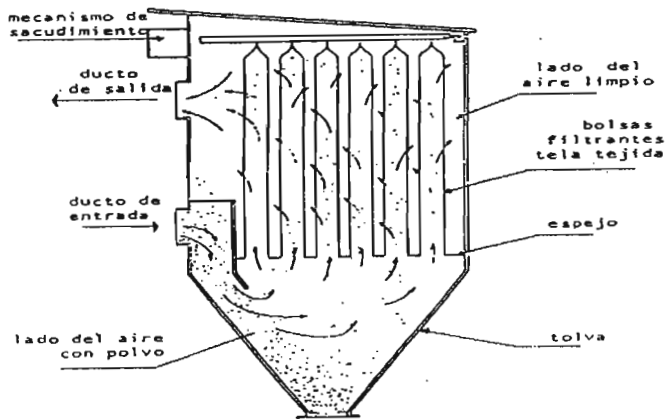


FIGURA 7 <sup>(27)</sup>: COLECTOR TIPO SECUNDARIO MECANICO

### 3.10. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Dependiendo de la naturaleza de la industria y del uso proyectado del agua de la corriente receptora o antes de descargar los desechos al drenaje municipal, es necesario remover los contaminantes que se han agregado a las aguas de proceso.

Los contaminantes pueden ser en forma resumida:

- a) Compuestos orgánicos solubles que consumen el oxígeno disuelto de la corriente receptora.
- b) Sólidos suspendidos, escorias, arenas.
- c) Compuestos tóxicos, metales pesados, cianuros, etc.
- d) Color y turbidez, por razones de estética.
- e) Nitrógeno y Fósforo, que promueven la eutroficación y el crecimiento de algas.
- f) Sustancias resistentes a la biodegradación.
- g) Aceites, grasas y material flotante
- h) Sustancias volátiles

La selección de un proceso o combinación de procesos de tratamiento de aguas de desecho depende de varios factores, como son:

- 1) Características de las aguas de desecho: Hay que considerar la forma del contaminante, esto es, si son suspendidos, coloidales disueltos, la biodegradabilidad y toxicidad de los componentes orgánicos e inorgánicos.
- 2) La calidad requerida del efluente: Debe cumplirse con la normatividad vigente y deben considerarse futuras restricciones para eliminar la descarga de sustancias tóxicas hacia los cuerpos receptores de agua.

3) Los costos y la disponibilidad de terreno para cualquier problema dado el tratamiento de aguas: Una o varias combinaciones de tratamiento pueden producir la calidad requerida de efluente y solo una de estas alternativas es la más económica.

Debe hacerse un análisis detallado de costos antes de la selección final del diseño de proceso.

Puede requerirse tratar una o mas corrientes de desecho previamente por separado antes de unir las al desecho general, por contener sustancias tóxicas que afecten al tratamiento biológico.

Los procesos de tratamiento de aguas residuales se dividen en: Procesos de Pretratamiento, Procesos Primarios, Procesos Secundarios y Procesos terciarios.

### **3.10.1.1 PROCESOS DE PRETRATAMIENTO**

Estos procesos son un apoyo para el tratamiento de las aguas de desecho, pues preparan las corrientes para una mayor eficiencia y evitan efectos adversos en el funcionamiento de los equipos incluidos.

### **3.10.1.2 SEPARACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**

Las grasas y aceites tienden a formar capas insolubles en agua como resultado de sus características hidrofóbicas. Estos contaminantes pueden separarse de la fase acuosa fácilmente por gravedad y decantación. El diseño de separadores por gravedad como lo especifica el Instituto Americano del Petróleo, se basa en la remoción de glóbulos libres de aceite con diámetro mayor a 0.015 cm. Estos separadores han sido utilizados ampliamente por la industria petrolera para remover aceites de las aguas de desecho. La industria alimenticia usa trampas de grasa para eliminarlas antes de descargar sus aguas de desecho, una trampa de grasa debe diseñarse para un volumen específico de grasa a coleccionar en un tiempo determinado.

Los materiales grasosos que forman emulsiones requieren de un tratamiento especial para romper la emulsión y poder separar los materiales por gravedad, coagulación o flotación con aire. Las emulsiones pueden romperse por acidulación, adición de alumina o sales de hierro, o con polímeros rompedores de emulsión. La desventaja de la alumina o el hierro son las grandes cantidades de lodos que se generan.

### **3.10.2.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO PRIMARIO**

El tratamiento primario de aguas de desecho está enfocado a la remoción de contaminantes con un mínimo esfuerzo; los sólidos suspendidos se remueven por técnicas de separación físicas o químicas.

### **3.10.2.2 FILTRACIÓN CON MALLAS**

Se utilizan mallas finas para remover partículas de tamaño moderado, cuando su cantidad es suficientemente grande para justificar unidades adicionales. Se han usado mallas finas que se limpian mecánicamente para separar partículas grandes.

### **3.10.2.3 CÁMARAS DE ARENA**

Las industrias con aguas de desecho que tienen arena ó partículas duras e inertes han encontrado útiles las cámaras de arenas para la separación rápida de estas partículas. Las cámaras de arena aireadas son relativamente pequeñas, con un volumen total basado en un tiempo de retención de 3 minutos a flujo máximo. Se inyecta aire para crear un patrón de mezclado, y las partículas pesadas inertes se proyectan hacia las paredes del tanque por la acción centrífuga. El flujo de aire se ajusta de acuerdo al tamaño y tipo de partículas que se desea remover. La arena asentada se retira con un transportador de tomillo para su disposición final.



### 3.10.2.4 SEDIMENTACIÓN

Los sólidos suspendidos pueden removerse de las aguas de desecho dejando que se asienten lentamente en un tanque de sedimentación por gravedad.

En la mayoría de los casos, estos tanques se diseñan sobre la base de tiempo de retención, velocidad de flujo superficial y profundidad mínima, y pueden ser rectangulares o circulares. El factor más importante que afecta su eficiencia de separación es el patrón de flujo hidráulico a través del tanque. La energía que trae consigo el flujo de agua de desecho debe disiparse antes de que los sólidos puedan asentarse.

El flujo de agua de desecho debe distribuirse adecuadamente a través del volumen de sedimentación para máxima eficiencia.

Después de que los sólidos se han sedimentado, deben colectarse sin crear corrientes hidráulicas importantes que puedan afectar el proceso de sedimentación. En los tanques de sedimentación rectangulares se colocan vertederos de desecho en un extremo y en la periferia de los tanques de sedimentación circulares para asegurar un flujo uniforme de salida de los tanques, una vez que los sólidos se han sedimentado, deben removerse del piso del tanque por arrastre y flujo hidráulico. Los tanques de sedimentación convencionales tienen colectores de lodos para separarlos y evitar retirar volúmenes excesivos de agua con los sólidos asentados.

Los tanques de sedimentación se diseñan sobre el criterio de 2 horas de tiempo de retención, basándose en el flujo promedio, con períodos mayores para sólidos ligeros o sólidos inertes que no cambien durante su estancia en el tanque. El tiempo de retención no debe ser muy largo, ya que los sólidos pueden compactarse demasiado y se afectaría su remoción.

Los sólidos orgánicos se compactan entre un 5 y 10%. Los sólidos inorgánicos se compactarán hasta un 20-30%. Las bombas centrífugas de lodos pueden manejar sólidos hasta un 5 o 6%, mientras que las bombas para lodos de desplazamiento positivo, pueden manejar sólidos hasta un 10%. Con sólidos arriba del 10%, el lodo tiende a perder propiedades de fluido y debe manejarse como un semisólido, en vez de tomarlo como un fluido.

Los tanques de sedimentación también se conocen como tanques clarificadores, pues el líquido de desecho que se desborda por el vertedero está libre de sólidos suspendidos y se ayuda con los colectores de espuma ó natas, por lo que el líquido saliente ha sido clarificado.

### **3.10.2.5 FLOTACIÓN**

Esta operación se usa para remover sólidos suspendidos, grasas y aceites de aguas de desecho y para la separación y concentración de lodos. El flujo de desecho o una porción del efluente clarificado se presuriza entre 50 y 70 Psi, en presencia de aire suficiente para aproximarse a la saturación. Cuando esta mezcla presurizada aire-líquido se libera a presión atmosférica en la unidad de flotación, se liberan burbujas pequeñas de aire de la solución. Los flóculos de lodo, los sólidos suspendidos ó los glóbulos de aceite son impulsados a flotar por las burbujas de aire, las cuales se adhieren entre sí y se entremezclan con las partículas floculadas. La mezcla aire-sólidos sube a la superficie, en donde es separada.

El líquido clarificado se remueve del fondo de la unidad de flotación, en este momento, una porción del efluente puede recircularse hacia la cámara de presión. Cuando van a clarificarse lodos floculantes, el ciclo de recirculación, generalmente dará un efluente de mayor calidad, ya que los floculos no están sujetos a esfuerzos cortantes en las bombas y sistema de presurización.

Las variables principales para diseñar un sistema de flotación son la presión, la relación de reflujo ó recirculación, la concentración de sólidos en la alimentación y el tiempo de retención. Al aumentar el tiempo de retención, aumenta la concentración de sólidos que flota. Cuando el proceso de flotación se usa principalmente para clarificación, un tiempo de retención de 20-30 minutos es adecuado. Cuando el proceso se usa para espesamiento, se requieren tiempos de retención mayores para permitir que el lodo se compacte.

Los principales componentes de un sistema de flotación son la bomba presurizadora, las instalaciones para inyección de aire, un tanque de retención, un aditamento para regular la contrapresión y la unidad de flotación, La bomba eleva la presión para aumentar la solubilidad del aire. El aire normalmente se agrega con un inyector en la succión de la bomba ó directamente al tanque de retención.

Solo se menciona el pretratamiento y el tratamiento primario, por que la industria de la fundición de aluminio secundario, solo requerimos de pretratamiento y en algunas ocasiones de tratamientos primarios, se contribuye a la contaminación del agua con grasas y lodos

La industria de la fundición de aluminio secundario, contribuye a la contaminación del agua con grasas y lodos, que solo requiere de pretratamientos de agua residual y muy pocas veces. Se utiliza el tratamiento primario, esta es la razón por la cual no se mencionan los tratamientos secundarios y terciarios <sup>(27)</sup>.

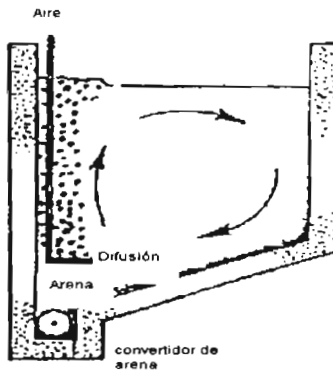


FIGURA 7 <sup>(27)</sup>: ESQUEMA DE UNA CÁMARA AIREADA DE ARENA

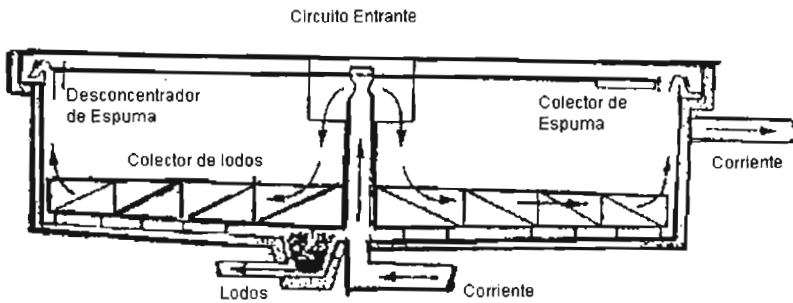


FIGURA 8 <sup>(27)</sup>: TANQUE RECTANGULAR DE SEDIMENTACIÓN O CLARIFICADOR RECTANGULAR

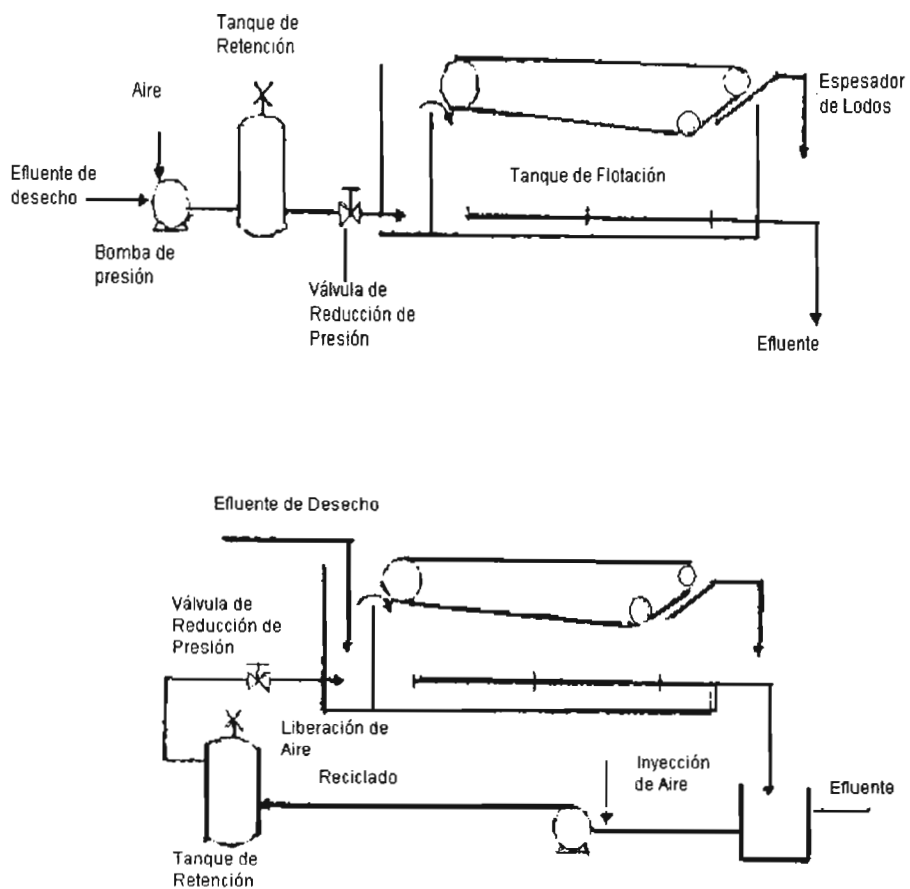


FIGURA 9 <sup>(27)</sup>: SISTEMA DE FLOTACIÓN; A) CON RECIRCULACIÓN Y B) SIN RECIRCULACIÓN

**3.11. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.** Los desechos sólidos incluyen todos los materiales sólidos o semisólidos que se considera que no tienen ya valor suficiente para retenerlos en esas condiciones, aunque podrían tener alguna utilidad para aprovecharse posteriormente.

Los desechos sólidos se clasifican en dos grandes grupos que son los Desechos Convencionales y los Desechos Peligrosos. Los Convencionales incluyen todo tipo de sólidos generados en las actividades de la industria de que se trate como son: Desechos de alimentos. Papel, Carbón, Metal, Plásticos, Textiles, Hule, Cuero, Madera, Lodos de plantas de tratamiento de Agua, etc. Los desechos peligrosos incluyen sustancias radiactivas, químicas, biológicas, inflamables ó cualquiera de los anteriores contaminados con cualquier tipo de aceite ó grasa.

Las actividades asociadas con el manejo de desechos sólidos desde el punto de generación hasta su disposición final pueden englobarse como se presenta en el siguiente diagrama.

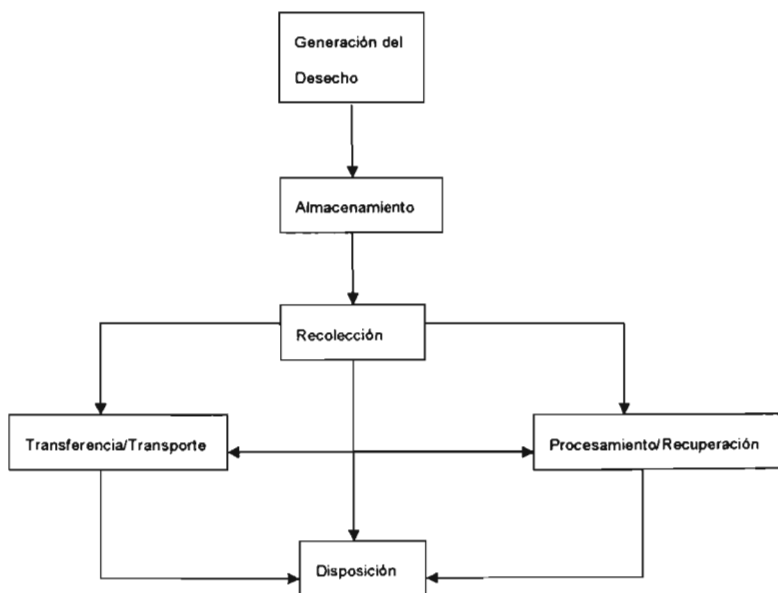


DIAGRAMA 9: ELEMENTOS FUNCIONALES DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

Es muy importante conocer los datos físicos y químicos de los desechos sólidos para poder evaluar las alternativas de sistemas, equipos, programas y planes, y manejarlos adecuadamente, ya sea que se decida recuperar algunos materiales útiles ó proceder a su eliminación

### **3.11.1 MANEJO EN EL SITIO**

Se refiere a las actividades asociadas con el manejo de desechos sólidos hasta que son colocados en los contenedores usados para su almacenamiento antes de la recolección. Dependiendo del tipo de servicio de recolección, puede requerirse mover los contenedores llenos hasta el lugar de recolección y regresarlos vacíos a su lugar de espera para llenarse nuevamente.

### **3.11.2 DESECHOS SÓLIDOS CONVENCIONALES**

En muchos lugares de trabajo los desechos sólidos acumulados se colectan en contenedores relativamente grandes montados en rodillos, una vez llenos, estos contenedores se remueven por un elevador, si hay, y vaciados en alguna de las siguientes alternativas:

- a) Grandes Contenedores de Almacenamiento.
- b) Compactadores utilizados junto con los contenedores de almacenamiento.
- c) Compactadores estacionarios que pueden comprimir el material en "pacas" o en contenedores especialmente diseñados.
- d) Otro equipo de procesamiento.

### 3.11.3 ALMACENAMIENTO EN EL SITIO

Cuando se generan desechos peligrosos, generalmente se usan contenedores especiales y el personal debe ser entrenado para manejar estos desechos.

Los factores que deben considerarse para el almacenamiento de desechos sólidos en el sitio incluyen:

- a) El tipo de contenedores a utilizarse.
- b) La ubicación del contenedor.
- c) La salud del público y la estética.
- d) Las técnicas de recolección a usarse.

**Tipos de Contenedores.** En gran medida, los tipos y capacidades de los contenedores usados dependen de las características de los desechos sólidos a recolectar, la frecuencia de recolección y el espacio para colocar los contenedores.

a) **Contenedores para desechos convencionales:** Hay de baja, media y gran capacidad (16-210 L), (0.75-9 m<sup>3</sup>) y (9-30 m<sup>3</sup>). Hay bolsas de papel y de hule, tamborea de plástico, metal, aluminio y fibra de vidrio para baja capacidad.

Para capacidad media: Contenedores rectangulares con tapa lateral o superior.  
Para gran capacidad: Sin tapa superior, con compactador estacionario, con compactador integrado al contenedor, montado en trailer.

b) **Contenedores para desechos peligrosos:** La práctica del almacenamiento en el sitio son función del tipo y cantidad de desechos generados en un periodo determinado. Generalmente, cuando se generan grandes cantidades, se usan instalaciones especiales con suficiente capacidad para recibir desechos por varios días. Si se generan cantidades pequeñas, pueden colocarse en contenedores y almacenarse por varios meses y en algunos casos, hasta por años. En el cuadro 11, se presenta información general de contenedores para desechos peligrosos.



**CUADRO11: DATOS TÍPICOS DE CONTENEDORES PARA ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DESECHOS PELIGROSOS**

Desecho	Tipo de Contenedor	Capacidad	Equipo auxiliar y condiciones de uso
Radioactivo	Plomo forrado de concreto. Tambores forrados de metal.	Varía con el desecho 210 Litros	Construcciones aisladas para almacenamiento, grúas de gran capacidad y equipo de alumbrado; marcado especial de contenedores.
Corrosivo, reactivo y tóxico	Tambores metálicos. Tambores forrados de metal. Tanques forrados	210 Litros 210Litros	Instalaciones para lavar contenedores vacíos; precauciones especiales de mezclado para prevenir reacciones peligrosas. Desechos incompatibles, se almacenan por separado.
Biológico	Bolsas selladas de hule. Tambos forrados de metal	120 Litros	Esterilización por calor antes de embolsar. Bolsas grandes marcadas a ambos lados.
inflamables	Tambos metálicos. Tanques de	210 Litros	Sistema de Ventilación. Control de temperatura.
Explosivos	Contenedores absorbedores de choque.	variable	Control de temperatura; marcas especiales en los contenedores

### **3.11.4 RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

El servicio de recolección para actividades industriales se centra en el uso de grandes contenedores móviles y estacionarios, y grandes compactadores estacionarios. Los compactadores son del tipo que puede usarse para comprimir material directamente en grandes contenedores o para formar "pacas" que se colocan en dichos recipientes.

Los Desechos Peligrosos para entregar a una instalación de tratamiento o disposición se recolectan por el generador del Desecho o por un transportista especializado. Generalmente, la carga de los vehículos de recolección se realiza en dos formas: Los desechos almacenados en tanques de gran capacidad son vaciados en los vehículos y los desechos almacenados en tambos sellados u otros contenedores sellados se cargan manual ó mecánicamente en camiones.

### **3.11.5 TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE**

El elemento funcional de transferencia y transporte se refiere a los medios, instalaciones y anexos usados para realizar la transferencia de desechos desde vehículos de recolección relativamente pequeños hacia vehículos más grandes y transportarlos por grandes distancias a lugares para procesamiento ó sitios de confinación

Las operaciones de transferencia y transporte son necesarias cuando la distancia hasta los lugares de disposición o procesamiento es tal que no es económico realizar la transportación directa.

Dependiendo de los requerimientos de capacidad y ambientales, pueden necesitarse estaciones de transferencia en donde se realiza descarga directa, descarga-almacenamiento y descarga directa combinada con descarga-almacenamiento. Estas estaciones de transferencia pueden ser plataformas en 2 niveles con muros de apoyo para las maniobras de carga y descarga de los desechos. La capacidad de la estación de transferencia debe ser tal que los vehículos de recolección no tengan que esperar mucho tiempo para descargar. Los medios utilizados para el transporte de desechos sólidos son principalmente camiones, trailers y en algunos casos, vagones de ferrocarril.

El manejo y las instalaciones para desechos sólidos peligrosos son bastante diferentes a aquellas para desechos convencionales: Generalmente no son compactados o entregados a diferentes niveles. Su manejo es mucho más estricto debido a sus características, por ejemplo: es recomendable neutralizar desechos para disminuir el costo de los tanques usados en los vehículos para transportación;

### **3.11.6 PROCESAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE MATERIALES.**

Las técnicas de procesamiento se usan en los Sistemas de Manejo de Desechos Sólidos para:

- a) Mejorar la eficiencia de los sistemas.
- b) Recuperar Materiales útiles.
- c) Preparar los materiales para recuperación de energía.

#### **Separación Manual de Materiales**

La separación manual de componentes en los desechos sólidos puede lograrse en el lugar donde se generan, en una estación de transferencia, en el lugar de procesamiento o en el sitio de disposición final. La clasificación manual en la fuente de generación es la mejor forma para lograr la recuperación de materiales. El número y tipo de materiales recuperados o salvados (cartón, papel, metales y madera) depende del lugar, las posibilidades para reciclarlo y el mercado de reventa.

#### **Almacenamiento y Transferencia**

Cuando los desechos sólidos van a procesarse para recuperación de materiales, deben considerarse instalaciones de almacenamiento y transferencia como una parte esencial de la operación de procesamiento.

Los factores principales a considerar en el diseño de esas instalaciones incluyen: tamaño del material antes y después del procesamiento, densidad del material, ángulo de reposo antes y después del procesamiento, características abrasivas del material y contenido de humedad. Para almacenaje de desechos sin procesar pueden usarse fosos abiertos y para desechos procesados, tolvas y silos. Equipo de transferencia, Transportadores de banda, neumáticos y de tornillo

(23)

### **3.11.7 REDUCCIÓN MECÁNICA DE VOLUMEN**

La reducción mecánica de volumen es probablemente el factor más importante en el desarrollo y operación de sistemas de manejo para desechos sólidos. Se utilizan vehículos equipados con mecanismos de compactación para recolectar muchos desechos sólidos industriales. Para incrementar la vida útil de los rellenos sanitarios, se compactan los desechos. Para reciclar el papel se hacen "pacas" para enviarlas a los lugares de procesamiento.

### **3.11.8 INCINERACIÓN Ó REDUCCIÓN QUÍMICA DE VOLUMEN**

La Incineración ha sido el método más comúnmente utilizado para reducir químicamente el volumen de desechos. Una de las características más atractivas del proceso de incineración es que puede usarse para reducir el volumen de los desechos sólidos combustibles en un 80-30%. Aunque la tecnología de los incineradores ha avanzado (con y sin recuperación de calor) desde 1960, sus principales problemas siguen siendo el control de la contaminación del aire y los costos.

### **3.11.9 REDUCCIÓN DE TAMAÑO**

El objetivo de la reducción de tamaño es obtener un producto -final razonablemente uniforme y de tamaño reducido considerablemente en comparación con su forma original. Es importante notar que reducción de tamaño no implica necesariamente reducción de volumen; el equipo utilizado puede ser molinos de martillos, trituradora, etc.

### **3.11.10 SEPARACIÓN MECÁNICA DE COMPONENTES**

Esta es una operación necesaria para recuperar materiales o posteriormente, energía. Las técnicas utilizadas son; tamizado (tamices vibratorios), separación con aire (clasificadores con aire, en zig-zag, vibratorios o rotatorios), separación por densidad, separación neumática, por flotación o hundimiento, separación inercial, de Mesa Inclinada, de Mesa Vibradora, Flotación.

### **3.11.11 SEPARACIÓN MAGNÉTICA Y ELECTROMECAÁNICA**

La separación magnética de materiales ferrosos es una técnica bien establecida. Recientemente, se han desarrollado una variedad de técnicas electromecánicas para remover varios materiales no ferrosos; Para Aluminio: Corriente Eddy, Para vidrio de desechos libres de fierro y Aluminio: separación electrostática, y para materiales no ferrosos: separación por fluido magnético.

### **3.11.12 DESHIDRATACIÓN Y SECADO**

En muchos sistemas de recuperación de energía de desechos sólidos, la fracción ligera de volumen reducido es presecada para disminuir el peso. Para desechos sólidos y lodos se utilizan secadores por convección, conducción y radiación para lodos de plantas de tratamiento se usan filtración y centrifugación.

### **3.11.13 PROCESAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS**

Para el caso de desechos sólidos peligrosos, el objetivo es reducir la cantidad de desecho para su disposición en rellenos sanitarios o preparar los desechos para su disposición final.

El único tratamiento utilizado para los desechos sólidos peligrosos es el térmico, dadas las características de los desechos, por lo que se ha utilizado la Incineración, Recientemente se ha cuestionado la incineración de desechos peligrosos que contengan cloro, ya que es una de las principales fuentes que emite a la atmósfera un grupo de los contaminantes más peligrosos producidos por el hombre: las dioxinas, nombre genérico que recibe un grupo de 75 compuestos químicos, que son altamente cancerígenos, por lo que constituyen gran peligro para la población

### **3.11.14 INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR**

El calor contenido en los gases producidos de la incineración de desechos sólidos puede recuperarse por conversión a vapor. El calor restante en los gases después de la recuperación puede también usarse para precalentar el aire de combustión, la reposición de agua de la caldera o el combustible sólido de desecho

### **3.11.15 DISPOSICIÓN TERMINAL**

En la actualidad, la Disposición sobre ó dentro de la tierra es el único método viable para el manejo a largo plazo de:

- a) Desechos sólidos recolectados sin utilización posterior.
- b) El material residual después que los desechos sólidos han sido procesados.
- c) El material residual después de la recuperación de productos o energía.

Los métodos más utilizados de disposición en tierra son: el relleno y el relleno Sanitario.

Aunque con frecuencia la incineración es considerada un método de disposición, es en realidad un método de procesamiento.

Relleno. Este método involucra la colocación de los desechos sólidos en la capa superior del manto de la tierra; consiste básicamente en poner capas de desecho sólido alternadas con capas de tierra, con una capa final de esta. Hay varios aspectos importantes que deben considerarse para la implementación de un relleno con desechos sólidos:

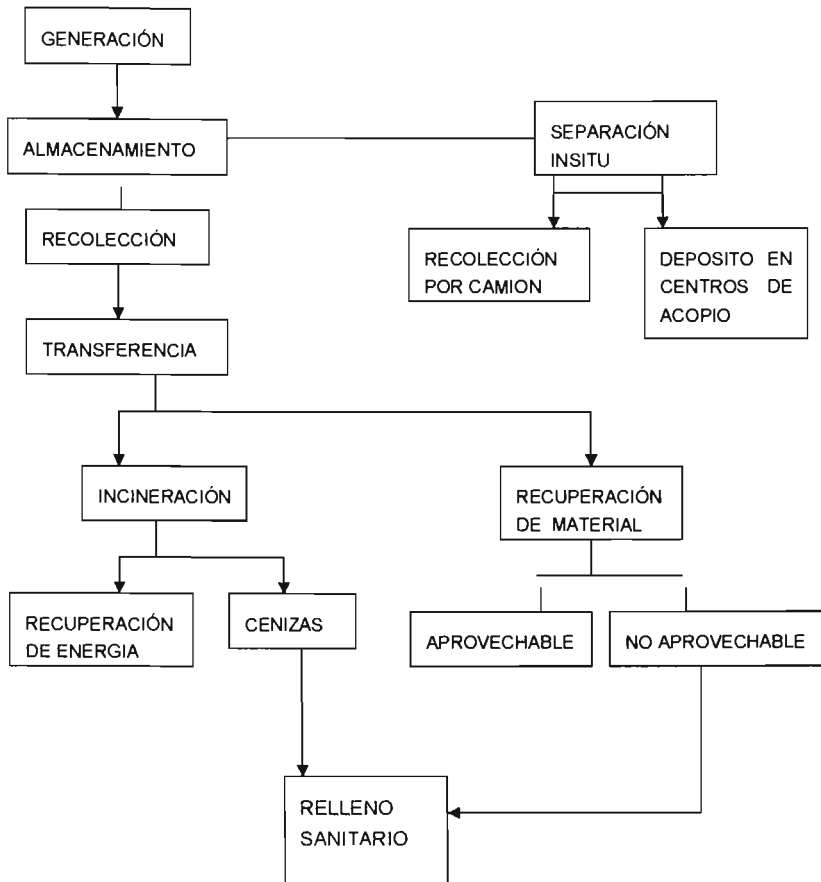


DIAGRAMA 10: ETAPAS DEL SISTEMA DE RESIDUOS SÓLIDOS.

### **3.11.16 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS**

#### **RECOLECCIÓN**

La composición de los desechos indica el tipo de residuos y su grado de peligrosidad el modo de recolección: en camión recolector, en contenedores, etc. La cantidad indica con que frecuencia se deben de recolectar: 1 vez, 2 veces..., a la semana o al mes.

#### **INCINERACIÓN**

La composición de los desechos indica si conviene o no incinerar los residuos: no conviene incinerar los residuos con alto grado de humedad ni que formen muchas cenizas. al contrario, residuos con un poder calorífico alto, es decir con alto contenido de plástico, son buenos combustibles y producen al quemarse cantidades de calor que se pueden recuperar bajo la forma de vapor o electricidad.

#### **RECICLADO**

La composición de los desechos muestra la posibilidad de recuperar algún material (papel, cartón, metales, vidrio, plásticos), la cantidad recolectada de cada uno de estos materiales permite establecer la factibilidad económica de la operación.

#### **RELLENO SANITARIO**

La composición indica si el residuo se puede depositar en un relleno sanitario. Los tipos de residuos autorizados en relleno sanitario son los no tóxicos y en ciertas condiciones muy específicas, los potencialmente peligrosos. Después de que se ha cubierto completamente un relleno sanitario, el terreno no puede utilizarse para construcciones permanentes, pero sí, para parques o canchas deportivas.



## **CONCLUSIONES:**

Es tiempo que en México se tomen políticas realmente más estrictas para beneficio del medio ambiente y desarrollo industrial, que con el apoyo del gobierno federal las empresas tomen una actitud ecoeficiente, para bien del desarrollo económico y cultural de nuestro país.

Se tiene que trabajar en programas más extensos de residuos sólidos, por parte del gobierno para motivar a la ciudadanía a separar los residuos sólidos y con esto tener un mejor aprovechamiento de los metales que se encuentran en la basura.

En nuestro país existen fuentes alternativas de una mejor recolección de chatarra de aluminio, un ejemplo claro son las latas y empaques, no solo se presentan problemas en los aspectos técnicos y energéticos en la recolección de chatarra ni en el procesamiento, el problema mas grave es el político y cultural de nuestro país.

Las chatarras de aluminio deben ser clasificadas por su composición química y/o por sus propiedades mecánicas, sus costos se elevan al ser clasificadas de esta manera, la contaminación disminuye, ya que no tenemos que agregar aluminio primario o productos de mayor costo.

Al tener procesos de separación de chatarra de aluminio ayuda en gran parte a resolver la problemática de la generación de contaminación en la industria de la fundición de aluminio secundario. Pero los costos elevados de los equipos no permiten que la pequeña y mediana empresa los puedan adquirir por esta razón tenemos que diseñar procesos mas económicos.

Existe información suficiente acerca de las emisiones producidas por la industria de la fundición de aluminio secundario, así como disposición y recursos tecnológicos para disminuirlas, la problemática en México es la falta de inversión.

La contaminación que genera una fundición de aluminio secundario en el aspecto de aire, agua y suelo es fácil de prevenirla y controlarla en comparación a otras industrias como la minera, el reto es que por muy pequeña que sea la planta tenga sistema de extracción de gas y tratamiento de residuos sólidos.

Es importante que exista un vínculo entre el gobierno y la industria, para establecer normas para el control, recopilación y separación de la chatarra de aluminio.

Existen residuos que pueden considerarse subproductos y adquieren un valor en el mercado y en lugar de ser un gasto para la empresa, esto se convierte en un ingreso.

Bibliografía:

1. Centro Mexicano para la Producción más Limpia "Guías de Producción más Limpia, producción más limpia en el Sector de la Fundición 1998" Instituto Politécnico Nacional Primera Edición. México D.F.

2. Consejo empresarial colombiano para el desarrollo sustentable; "Cumbre de la Tierra"

<http://www.cecodes.org.co>

3. Valderrama Liduvina; Ecoeficiencia "producir más con menos"

<http://www.vitalis.net>

4. Política ambiental y ecoeficiencia en la industria: "nuevos desafíos en México" CESPEDES comisión de estudios del sector privado para el desarrollo sustentable

<http://www.cce.org.mx>

5. Desarrollo sustentable; "funcionalidad del desarrollo sustentable"

<http://www.fundacionsustentable.org>

6. Beltrán Enrique; "Sustentabilidad e Industria" Agua y Desarrollo Sustentable. Gobierno del Estado de México. Septiembre 2004/Año 2/No 19

7. Guías Tecnológicas; "Metalurgia del Aluminio" Ministerio de Industria y Energía. España

<http://www.miner.gob.es>

8. Román Moguel, Guillermo J; Alonso Villanueva José Luís; Tovar Francisco Salvador; "Aluminio Secundario Clasificación, Procesamiento y Expectativas" Revista Moldeo y Fundición Febrero 1993; pp. 48-56 Actualización personal por los Autores 2004

9. Nilmani Madhu; "4th Australasian Asian Pacific Conference on Aluminium Cast House Technology Theory and Practice" TMS The Minerals, Metals and Materials Society 1995; pp. 95-108

10. Román Moguel, Guillermo J; "Clasificación y Preparación Física de Chatarra de Aluminio" Memorias del Tercer Panel del Procesamiento del Aluminio Mayo 1992; actualización personal Por el Autor 2004

11. Román Moguel, Guillermo J;"Control Ambiental en la Industria del Aluminio en México "Memorias del Tercer Panel del Procesamiento del Aluminio; Tomo 1 IMEDAL Mayo 1992; actualización personal Por el Autor 2004

12. Wake B.D.; "the environmental protection" Institution of Mining and Metallurgy; (Minerals Metals and the Environment) Elsevier Applied Science 1992; pp. 3-33

- 13.** Román Moguel, Guillermo J; "Propuesta de Norma de Chatarra de Aluminio al IMEDAL" Memorias del Tercer Panel del Procesamiento del Aluminio; Tomo 1 IMEDAL Mayo 1992; actualización personal Por el Autor. 2004
- 14.** Romano G. Readly; William P. Imrie; "Residues and Effluents Processing and Environmental Considerations" TMS The Minerals, Metals and Materials Society 1992; p.p 73-80
- 15.** Queneau B Paul; Peterson D. Ray; "Third International Symposium Recycling of Metals and Engineered Materials" TMS The Minerals, Metals and Materials Society 1995; pp. 3-5, pp. 739-750
- 16.** Jan H.L.; Linder Van; Stewart Donald Jr; "Second International Symposium Recycling of Metals and Engineered Materials" TMS the Minerals, Metals and Materials Society 1990; pp. 21-32, pp. 61-68
- 17.** Grub Verlay Nach; United Nation Industrial Development Organization (UNIDO) "industry and environment" 1991; pp. 5-35
- 18** Viland S. Joseph.; "A Secondary's View of Recycling" Light Metals 1990 The Minerals, Metals and Materials Society; pp. 669 -674
- 19.** Fielding A. P. Roger; "The Economy Scrap Recycling" Light Metals 1998 The Minerals, Metals and Materials Society; pp. 1137-1142
- 20.** Rossel. H; "New Recycling Approach Generation of Aluminium alloy Scrap of Old Cars" Light Metals 1998 The Minerals, Metals and Materials Society; pp. 1217-1223
- 21.** Samuel. M. "A New Technique for Recycling Aluminium Scrap" Journal of Materials Processing Technology December 2002; pp. 117-124
- 22.** Programa de Procuración de justicia ambiental 2001-2006 PROFEPA-SAMARNAT  
<http://www.profepa.gob.mx>
- 23.** Legislación y Normas Ambientales en México Emitidas por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales  
<http://www.semarnat.gob.mx>
- 24.** Marco Jurídico Instituto Nacional de Ecología  
<http://www.ine.gob.mx>
- 25.** Corbitt A. Robert; "Standard Handbook of Environmental Engineering"; McGraw-Hill 1990

**26.** Straub P. Conrad; "Practical Handbook of Environmental Control "; CRC Press 1998

**27.** Pfafflin H. Ziegler. N. Edward; "Encyclopaedia of Environmental Science and Engineering"; Third Edition, Gordon and Breach Science Publishers, Inc 1992

**28.** Raya M.H. Hernández Raúl; "Nuevos Desarrollos en la Inyección de Fundentes en Aleaciones de Aluminio" 1er Panel Técnico de la Fusión del aluminio 1990; Tomo 1 IMEDAL