

25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTAMPADO
AUG 11 1989

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN PROCESOS DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A :
ALEJANDRA ISABEL CARRILLO RABAGO



MEXICO, D. F.

279889

2000



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	Prof. RODOLFO TORRES BARRERA
Vocal	Prof. LANDY IRENE RAMIREZ BURGOS
Secretario	Prof. FULVIO MENDOZA ROSAS
1er. Suplente	Prof. JOSE LUIS LOPEZ MARTINEZ
2º. Supente	Prof. JOSE SABINO SAMANO CASTILLO

Sitio donde se desarrolló el tema: En el Instituto de Ingeniería, UNAM y en una empresa ubicada en el Estado de México

Nombre completo y firma del asesor del tema:
M. en I. Fulvio Mendoza Rosas



Nombre completo y firma del sustentante:
Alejandra Isabel Carrillo Rábago



Sabiendo que jamás existirá una
forma de agradecer una vida de
lucha, sacrificio y esfuerzo constante,
sólo deseo que comprendan que el logro
mío; es suyo, que mi esfuerzo es inspirado
en ustedes y que son mi único ideal.
Con respeto y admiración a mis padres;
Gracias por tu amor mamá,
y se que estas conmigo papá

A mi hermana Carol, amiga incondicional,
por tu cariño, fortaleza y tu capacidad
de escucharme, para lograr lo que hoy termino
y lo que hoy empiezo.

A toda mi familia por su apoyo y comprensión
en todos los momentos de mi vida y en
especial en éste, para que juntos
sigamos cultivando el amor y la unidad
que hemos logrado

**Gracias Paco por tu amor, demostrado con apoyo,
comprensión y paciencia, lograste impulsarme para
obtener una de mis principales metas.
Gracias por saber escuchar y brindar
ayuda cuando es necesario.
Te amo y espero que juntos
logremos todas nuestras metas**

**A Fulvio por tu apoyo, tiempo y dedicación para poder
realizar esta titulación y por brindarme
un poco de tu sabiduría.**

**A todos mis amigos y amigas por compartir conmigo
tantos momentos a lo largo de mi vida, con los cuales
hemos crecido juntos y seguiremos haciéndolo.**

**Cris muchas gracias por todos los comentarios y
reflexiones que me señalaste en la elaboración de éste
trabajo, así como, todas las que me has hecho en todo
el tiempo que hemos compartido.**

**Al Instituto de Ingeniería de la UNAM y en especial al Dr. Jorge de Victorica
por hacer posible mi realización profesional**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo y Alcances del estudio	2
2. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	3
2.1. Concepto de la Prevención de la Contaminación	3
2.2. Producción más Limpia en el sector de fundición	4
2.2.1. Origen de la Producción más Limpia	4
2.2.2. Auditoría de Producción más Limpia	5
3. FUNDICIÓN	17
3.1. Procesos de Fundición	17
3.1.1. Metalurgia	17
3.1.2. Preparación y manejo de materiales	19
3.1.3. Moldeo	19
3.1.4. Fundición	20
3.1.5. Remoción de escoria	20
3.1.6. Acabados	22
4. EMPRESA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA FUNDICIÓN DE ALUMINIO	23
4.1. Instalaciones de la empresa	24
4.2. Relación de maquinaria y equipo	27
4.3. Proceso Productivo	27
4.3.1. Descripción del Proceso	27
4.4. Residuos, Descargas y Emisiones de la empresa	34
4.5. Normatividad y legislación Ambiental	35
4.6. Balances de Materia y Energía	38
4.6.1. Balance de materia	38
4.6.1.1. Balance de materia sobre emisiones	39
4.6.2. Balance de energía	40
5. COSTOS ASOCIADOS A UN LOTE DE PRODUCCIÓN	42
6. OPORTUNIDADES PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	44

6.1. Mejores prácticas operativas	44
6.2. Mejoras en la eficiencia del proceso de producción	45
6.3. Análisis Costo-Beneficio	47
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
8. BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXO I: ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL	58
ANEXO II: ANÁLISIS DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS	60
ANEXO III: HOJAS TÉCNICAS DE MATERIAS PRIMAS	62
ANEXO IV: HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIAS PRIMAS	65
ANEXO V: MEMORIA DE CALCULO	83
ANEXO VI: MEMORIA FOTOGRÁFICA	93

1. INTRODUCCIÓN

La prevención de la contaminación ofrece una alternativa para enfrentar los nuevos retos de competitividad de la industria, mediante el mejoramiento de la eficiencia de la empresa en los campos productivo y de protección ambiental en forma simultánea. Las actividades de prevención de la contaminación en México son todavía incipientes y enfrentan una serie de obstáculos que deben ser previstos para garantizar el éxito de dichas actividades. Los obstáculos más comunes en la promoción e instrumentación de proyectos de prevención de la contaminación en nuestro país se relacionan con aspectos de carácter político, organizativo y cultural, más que con elementos de naturaleza técnica o tecnológica (Freeman, 1992).

La prevención de la contaminación puede jugar un papel sumamente importante en la incorporación de la industria mexicana a la competencia internacional. La prevención de la contaminación ofrece una alternativa para enfrentar los nuevos retos de competitividad mediante el mejoramiento de la eficiencia de la empresa en los campos productivo y de protección ambiental en forma simultánea. El enfoque consiste en revisar detalladamente el proceso y las actividades operativas y administrativas de la empresa con el fin de encontrar soluciones al uso excesivo de materiales y energía que se traducen en la generación de residuos y emisiones que son el resultado de una operación ineficiente de la planta. Con ello se buscan ahorros tanto en el aprovechamiento de los insumos del proceso, como en el tratamiento y disposición de los residuos y emisiones al final del mismo. El espíritu de la prevención de la contaminación consiste fundamentalmente en que es más racional y productivo dejar de generar contaminantes, que gastar dinero en tratarlos o disponerlos, por lo que resulta más viable aplicar soluciones en la fuente donde se generan dichos contaminantes y no al final del proceso.

En este sentido, los ahorros generados por el uso más eficiente de materiales y energía se traducen en un incentivo para las empresas que puede llevarlas a reducir la carga contaminante generada en sus procesos aún más allá de los límites establecidos por la normatividad ambiental, ya que en la medida en que la contaminación es reducida, los ahorros para la empresa aumentan, por lo que ésta se hace más productiva y por consecuencia más competitiva. Al respecto es importante destacar que aunque las exigencias ambientales también pueden cumplirse con la adición de equipos al final del proceso con el fin de capturar los contaminantes, esto implica una inversión que no tiene ningún periodo de recuperación,

pues lo único que permite es cumplir con la normatividad ambiental sin ofrecer ningún otro beneficio adicional.

1.1. Objetivo y alcances del Estudio

El propósito general de este estudio es identificar medidas de prevención de la contaminación en el proceso de fundición de aluminio de una empresa de la Industria Mexicana.

Los alcances son:

- Plantear la metodología para el desarrollo de un estudio de prevención de la contaminación en cualquier giro industrial.
- Realizar un estudio de caso, que demuestre las ventajas económicas y los beneficios ambientales que pueden obtenerse mediante la introducción de iniciativas de prevención de la contaminación en la industria de la fundición de aluminio.
- Consolidar el estudio en una empresa Mexicana representativa de la industria de la Fundición de Aluminio en México y hacer las recomendaciones pertinentes para su implementación oportuna.

El trabajo se limita al estudio del proceso de fundición de aluminio para obtener lingotes del mismo, los cuales constituyen el único producto de una empresa dedicada a dicha actividad. De ahí que se haya llevado a cabo una revisión del proceso productivo en la planta mediante una evaluación de carácter estimativo, ya que las medidas recomendadas en el presente trabajo no han sido instrumentadas en el proceso productivo de la planta, por lo que desde el punto de vista económico sólo se han hecho recomendaciones de carácter general.

2. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

2.1. Concepto de la prevención de la contaminación

La prevención de la contaminación es un tema de desarrollo reciente y se fundamenta en prevenir la generación de contaminantes, en lugar de controlar la contaminación o manejar los residuos una vez que ya se han generado. De ahí que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) defina prevención de la contaminación como el "acto de eliminar un contaminante antes de que se genere". Con este enfoque es posible obtener una mejora en la eficiencia de los procesos mediante la mejor utilización de los materiales y la energía, obteniéndose beneficios tanto económicos como ambientales (Freeman, 1992).

De acuerdo con un estudio de la Comisión para la Cooperación Ambiental publicado en 1996, las iniciativas de prevención de la contaminación se caracterizan porque:

1. *Reducen insumos y costos de operación;*
2. *Son a menudo más efectivas en materia de costos que el control de la contaminación;*
3. *Sobrepasan las exigencias de la normatividad porque eliminan contaminantes desde la fuente de origen;*
4. *Mejoran la comprensión de los procesos y ofrecen beneficios tales como mayor eficiencia en la producción, reducción de costos y emisiones de contaminantes al ambiente.*

Derivado de diversas experiencias en los últimos años en los países industrializados como Estados Unidos, se ha llegado a la conclusión de que la mejor estrategia para evitar la contaminación consiste en el adecuado manejo y disminución de los contaminantes mediante el establecimiento de iniciativas que van desde los aspectos más sencillos del manejo de procesos hasta los conceptos más revolucionarios como aquéllos consistentes en el diseño de enfoques para el cuidado del ambiente. De ahí que dichas iniciativas pueden modificar prácticamente cualquier proceso industrial que se encuentre en funcionamiento en la actualidad.

2.2. Producción más Limpia en el sector de fundición

2.2.1. 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 (Canacintra) 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.

¿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.

¿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.

2.2.2. Auditoría de Producción más Limpia

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

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 LIMPIA¹

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

¹Fuente: Centro Mexicano para la Producción más Limpia. "Guías de Producción más Limpia. 2. Fundición. Producción más Limpia en el Sector de Fundición". 1998, Instituto Politécnico Nacional. Primera Edición. México, D.F.

[⊗]P+L significa Producción más Limpia

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 P+L. 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.

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/o 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 debe 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 P+L. 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.

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:

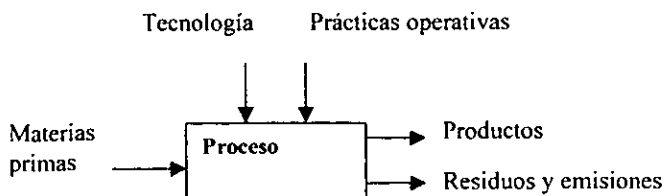
- Registro de compra, inventarios e información de proveedores sobre las materias primas;
- Composición y especificaciones del producto;
- Registros de operación, llevando un procedimiento de operación estándar y un manual de operación;
- Facturas del servicio de energía eléctrica, combustible y agua;
- 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, poco personal que causa presión.
- 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 P+L. 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 P+L. 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.

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:

$$\text{Periodo de recuperación (años)} = \frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Ahorros anuales}}$$

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 la 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.

FASE 5, IMPLANTACIÓN

Actividad 17. Preparar un plan de P+L. 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 P+L. 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 P+L. 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.

3. FUNDICIÓN

En la República Mexicana existen 618 empresas dedicadas a la fundición; sin embargo sólo se dispone información de 250, con una producción promedio de 701,243 toneladas anuales. El 51 por ciento del metal vaciado corresponde a la fundición de hierro gris, 33 por ciento al aluminio, 9 por ciento a hierro nodular, 3 por ciento a acero, 3 por ciento a lingotes de aluminio y 1 por ciento a cobre y aleaciones. De la producción, el 70 por ciento se destina al mercado nacional y el resto a la exportación.²

Por otra parte, la industria de la fundición proporciona 54,331 empleos, de los cuales el 79 por ciento corresponde a personal obrero. El 70 por ciento de las empresas no cuenta con programas de capacitación.

En lo que se refiere al ámbito ambiental, la industria de la fundición es considerada por el Instituto Nacional de Ecología (INE) como una industria que impacta negativamente las condiciones de la calidad del aire (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 1998).

3.1 Procesos de Fundición

3.1.1. Metalurgia

El arte de la metalurgia comprende la obtención de metales partiendo de minerales o del estado en el cual se encuentran en la naturaleza; del afino y de aleaciones con otros metales y finalmente su manufactura en perfiles y formas útiles para la industria. El campo de la metalurgia puede ser dividido en dos partes: La primera trata de la fusión y afino de los metales y se la designa por Metalurgia Química o de Proceso. La segunda parte estudia el comportamiento físico y químico de los metales durante las operaciones de tratamiento y modelado, así como, el comportamiento de los mismos cuando se ponen al servicio del hombre. Esta última fase se denomina Metalurgia Física (Kirk-Othmer, 1994 y Ferrous and Non-ferrous Foundries).

² Centro Mexicano para la Producción más Limpia CMPL. Guías de producción más Limpia. 2. Fundición. Producción más Limpia en el Sector de fundición. 1998. Instituto Politécnico Nacional. Primera Edición, México, D.F. pag. 14

El procedimiento de fusión más simple es el método del crisol, mismo que es empleado para algunos aceros y en pequeñas fundiciones de latón y aluminio. Cuando interesa fundir en forma continua una gran cantidad de metal, se utiliza el cubilote aunque su empleo se confina principalmente al hierro colado. Para aleaciones distintas al hierro colado se utilizan hornos eléctricos, ya sean del tipo de arco ó de inducción. En los hornos de arco se utilizan electrodos de grafito y carbón, y el calor es generado por la corriente eléctrica al pasar a través del aire que separa los electrodos del baño. Los electrodos se van consumiendo durante el proceso y deben avanzar a medida que el horno va trabajando.

Los hornos de reverbero son utilizados en fundición de metales no ferrosos y son utilizados generalmente para pequeñas cantidades de producción.

La industria de la fundición comprende una serie de instalaciones, en donde el metal sólido se funde y se vacía o inyecta en moldes de arena o metálicos, obteniendo así una forma única, prácticamente imposible de lograr por otros métodos. Las fundidoras producen metal líquido a partir de chatarra sucia, lingotes y retomos de la fundición (Centro Mexicano para la Producción más Limpia, 1998).

De acuerdo con la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S.E.P.A.), la base más efectiva de subcategorización es por el tipo de metal fundido:

- Fundición de aluminio.
- Fundición de cobre.
- Fundición de hierro y acero.
- Fundición de magnesio.
- Fundición de zinc.
- Fundición de plomo.

El proceso de fundición incluye varios pasos integrados. No obstante, se considera que la fundición puede estar representada por tres procesos generales precedidos de la preparación y manejo de los materiales y seguidos del control y disposición de las emisiones atmosféricas, aguas residuales y residuos:

- Moldeo o producción de moldes y corazones.
- Fundición y vaciado de metal.

- Acabado de piezas fundidas.

3.1.2. Preparación y manejo de materiales

Estas operaciones de manejo incluyen la recepción, descarga, almacenamiento y transporte de todas las materias primas, tanto para la carga del horno como para la preparación de moldes y corazones. La chatarra, retornos, fundentes y ferroaleaciones se incorporan directamente a los hornos de fusión. En cambio, la arena sílica, sus aglutinantes o resina, y los catalizadores se preparan antes de moldear las piezas.

3.1.3. Moldeo

Los moldes le dan la forma exterior a la pieza, mientras que los corazones llenan su volumen interno. Se requiere una variedad de materiales (arcilla, arena sílica virgen, arena reciclada, aglutinantes, aditivos químicos) para preparar los corazones y moldes, según el tamaño de las piezas o la calidad del acabado. Cuando los materiales se solidifican, el modelo se retira dejando una cavidad en el molde de arena. En algunas operaciones de vaciado, el modelo permanece dentro del molde y se quema con el metal fundido.

El proceso de moldeo más común es el denominado "en verde". Por otro lado, los materiales aglutinantes mantienen unidos los granos de arena, pero varían considerablemente en composición y propiedades. Los aglutinantes base grasa y sintéticos son muy comunes. Las resinas sintéticas incluyen compuestos fenólicos, formaldehído, uretánicos, urea-formaldehído, urea-formaldehído/alcohol furfurílico, fenol-isocianato e isocianato alquídico. Existe una gran variedad de aglutinantes; sin embargo, los aglutinantes químicos se emplean más en la fabricación de corazones que de moldes.

El recubrimiento de los moldes y corazones que sellan la superficie en contacto con el metal líquido durante el vaciado, se realiza para evitar que se quemen o peguen los moldes/corazones y para prevenir la penetración del metal dentro de la superficie de arena. Estos recubrimientos tienen bases de óxidos refractarios finamente disgregados y silicatos o material carbonáceo. El espesor del recubrimiento generalmente tiene de 0.2 a 1 mm.

Las técnicas de aplicación, según el tipo de recubrimiento, pueden ser por aspersión, lavado, sumergido o con brocha. Una vez aplicado el recubrimiento, el corazón/molde puede someterse a un tratamiento posterior, dependiendo del tipo y técnica de aplicación.

3.1.4. Fundición

Las materias primas requeridas para cargar el horno dependen del metal a fundir, por ejemplo:

a) Los materiales utilizados para producir hierro fundido son la chatarra de hierro y los retornos de fundición. Los fundentes incluyen carbonatos (dolomita, caliza), fluoruros (fluoroespato) y compuestos de carburo (carburo de calcio).

b) Los materiales empleados para producir acero fundido son la chatarra de acero, los retornos de fundición y los aleantes que incluyen FeMn, FeSi, SiMn, grafito, etc.

c) Para la producción de aluminio fundido se utilizan lingotes y chatarra de aluminio y fundentes como "alufin", "alumod" y "tilite", entre otros.

Las operaciones básicas del proceso de fundición son las siguientes:

I. Cargado del horno. El metal, la chatarra, los retornos, las aleaciones y los otros materiales alimentan el horno.

II. Fusión de la carga, es decir, fundición del metal (durante esta operación el horno permanece cerrado).

III. Recargado del horno, la adición de metal y aleaciones, según lo necesite el horno.

IV. Refinación y tratamiento. En este proceso la composición química se ajusta para cumplir las especificaciones del producto.

3.1.5. Remoción de escoria

La remoción de escoria en el horno se realiza a través de una puerta o toma de salida, ya que la escoria es más ligera que el metal fundido, en donde ésta se mantiene en la superficie del metal, por lo que

de esta manera, se puede extraer del horno. Los hornos de arco e inducción se inclinan hacia atrás y su escoria se remueve hacia la puerta de escoria.

Los hornos más utilizados en México para la fusión del hierro gris son los de cubilote e inducción eléctrica; para la fusión del acero, los de arco eléctrico e inducción eléctrica, y para la fusión no ferrosa, entre estos el aluminio, los de crisol y de reverbero. Muy pocas empresas emplean hornos rotatorios.

Los hornos de crisol son recipientes cilíndricos, de metal o cerámica; los más frecuentes son los de carburo de silicio o grafito con revestimiento de fibras cerámicas de alta temperatura. El metal se funde en el crisol calentado exteriormente por los gases de combustión producidos en un quemador de combustible líquido o gaseoso, o bien, por resistencia eléctrica. Los hornos de crisol pueden ser fijos para mantener la temperatura del metal fundido, y basculantes para fundir y vaciar el metal y pueden existir variantes con baño exterior y resistencias. Estos hornos se utilizan principalmente en la fusión de metales no ferrosos pesados (bronce, latón, etc.) y ligeros (aleaciones de aluminio, magnesio), y en las aleaciones de bajo punto de fusión. La capacidad de estos hornos es muy variable.

Los hornos de reverbero consisten de un corazón superficial, comúnmente rectangular, con paredes laterales, finales y un techo o arco. La carga descansa sobre el corazón y el horno funciona con gas, diesel o carbón pulverizado, el cual se quema en el espacio entre la carga y el techo. La transferencia de calor se alcanza, principalmente, por radiación directamente de la flama y por reflexión del techo refractario arqueado. Existe poca o ninguna reacción entre la carga y los gases gastados que salen del horno a muy alta temperatura. La alimentación es una de las ventajas que ofrecen este tipo de hornos, ya que puede recibir, a través de puertas laterales o por la parte superior, desde partículas, hasta pacas de chatarra, dependiendo del diseño y del agente reductor, generalmente el coque. La escoria se remueve por tomas y el metal fundido se puede extraer continuamente o en lote. Los hornos de reverbero se fabrican de muchos tamaños, desde una tonelada de metal, a cientos de toneladas (empleados en la fundición de cobre).

Una vez que el metal fundido se ajusta hasta alcanzar la composición química deseada, se transfiere al área de vaciado en cucharas o crisoles. El metal fundido se vacía a los moldes y se transporta al área de enfriamiento, donde solidifica en la arena y se enfría antes de desmoldearlo del corazón y el molde. En las fundidoras mecanizadas; los moldes se transportan automáticamente a través de un túnel de

enfriamiento. En fundidoras pequeñas, los moldes se colocan en un espacio abierto en el piso, el metal fundido se vacía dentro de los moldes y se deja enfriar parcialmente.

3.1.6. Acabados

Una vez enfriada la pieza, se limpia de arena por una rejilla vibratoria. Las mazarotas y los alimentadores se eliminan de la pieza por medio de un corte o golpe. La pieza se limpia generalmente con un chorro de arena o con esmeriles, según sea la calidad de su acabado.

4. EMPRESA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA FUNDICIÓN DE ALUMINIO

Esta empresa cuenta con el siguiente personal en planta:

- ▣ Jefe de Producción
- ▣ Asistente de Producción
- ▣ 3 supervisores

- ▣ Jefe de Almacén
- ▣ 3 montacarguistas
- ▣ 3 operadores

- ▣ Jefe de Calidad
- ▣ 3 laboratoristas

- ▣ *Personal Obrero:*
- ▣ 13 homeros categoría "A"
- ▣ 6 homeros categoría "B"
- ▣ 3 homeros categoría "C"
- ▣ 3 homeros categoría "D"
- ▣ 11 ayudantes en general

Esta industria es productora de lingotes de aluminio en presentaciones de 14 kg y de 250 kg, los cuales se destinan principalmente a Celaya, Gto.; Querétaro, Qro. y Bocanegra, Estado de México. Dentro de los productos vendidos en estos lugares se tienen las aleaciones: M/124 Sr, M/124P, F/132, Dross, etc. La empresa tiene una capacidad instalada de producción conforme a los hornos con que cuenta, de 18 toneladas/día y 24 toneladas/día en reverberos y crisoles, respectivamente. Sin embargo, los reverberos operan a un 70% de dicha capacidad, y los crisoles a un 40%. De acuerdo con lo anterior la producción promedio de la empresa es de 20 ton/día.

Actualmente la empresa tiene contemplados los proyectos de instalación de equipo anticontaminante para la recolección de polvos producidos en las emisiones de humos, y por otra parte, disminuir el ruido generado en sus trenes de lingoteras (LAU, 1999).

4.1. Instalaciones de la empresa

Descripción de la numeración asignada en el Plot-Plan, presentado en la figura 1

1. Area de producto terminado.
2. Area de materia prima: Rebaba.
3. Area de materia prima: Rebaba como chatarra de aluminio.
4. Area de materia prima: Rebaba.
5. Area de materia prima: Rebaba.
6. Extractor de gases de combustión.
7. Area de escoria.
8. Reverbero con capacidad para 3 ton.
9. Horno de secado.
10. Horno de sudado.
11. Reverbero con capacidad para 1 ton.
12. Vestidores.
13. Lingoteras.
14. Báscula.
15. Area de chatarra mezclada.
16. Bandas magnéticas.
17. Area de 4 turbinas para los crisoles.
18. Reverbero con capacidad para 1 ton.
19. Plancha de escurrimiento de aluminio.
20. Reverbero con capacidad para 3 ton.
21. Area de escoria.
22. Reverbero con capacidad para 1 ton.
23. Area de materia prima.
24. Línea de 4 crisoles con capacidad para media tonelada.
25. Línea de 2 crisoles con capacidad para 1 ton.
26. Escaleras de acceso al segundo nivel.
27. Línea de tanques para el desgasificado. (O₂, N₂, Ar y Linde 57).

28. Laboratorio de análisis. (Se encuentra en el primer nivel y cuenta principalmente con un espectrofotómetro y un metalógrafo).
29. Area de oficinas. (Segundo nivel)
30. Montacargas. (2 unidades)
31. Línea de tanques de gas con capacidad para 5000 L c/u.

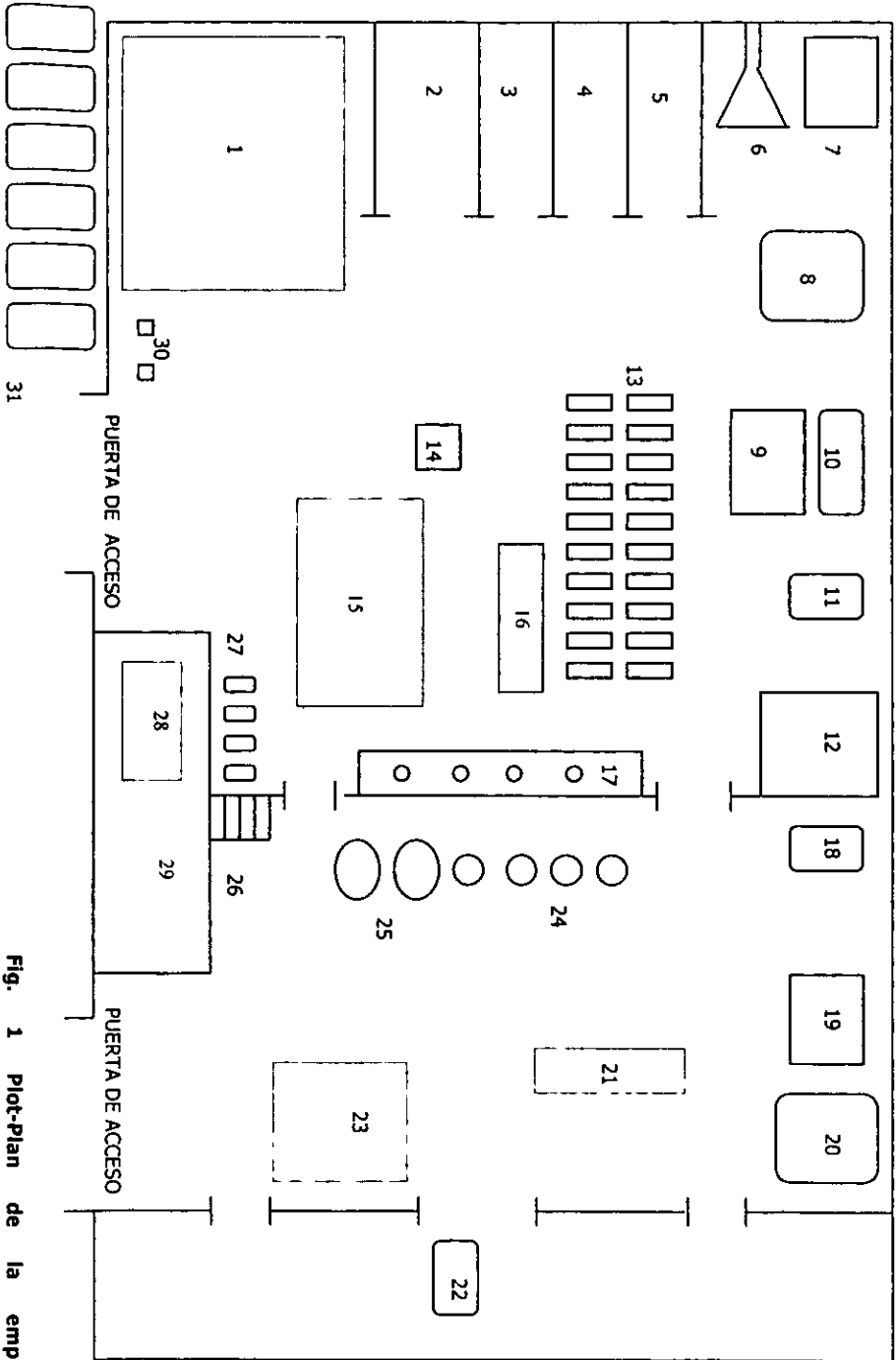


Fig. 1 Plot-Plan de la empresa

4.2. Relación de maquinaria y equipo

La empresa cuenta con la siguiente maquinaria y equipo dentro de sus instalaciones:

- 2 hornos reverberos con capacidad de 3 toneladas.
- 3 hornos reverberos con capacidad de 1 tonelada.
- 4 hornos de crisol con capacidad de 600 kg.
- 2 hornos de crisol con capacidad de 500 kg.
- 1 horno de secado con capacidad de 1000 kg.
- 1 horno de sudado con capacidad de 300 kg/h.
- 1 montacargas de 3.5 toneladas de carga.
- 3 bandas magnéticas.
- 20 conjuntos de lingoteras de 9 lingoteras c/u.
- 1 equipo anticontaminante con motor de 5 HP.
- 1 equipo anticontaminante en construcción.
- 6 carros para transportar rebaba con capacidad de 300 kg c/u.
- 1 báscula de 1000 kg.

En el Anexo III se presentan las hojas técnicas de algunas materias primas, y en el Anexo IV las hojas de seguridad de algunos materiales utilizados en el proceso de obtención de lingotes de aluminio. Lo anterior con el propósito de tener presente las características y efectos sobre la salud y el ambiente que tienen los materiales empleados.

4.3. Proceso Productivo

4.3.1. Descripción del Proceso

En la industria para la obtención de las aleaciones, producto del proceso, se sigue el tren establecido en el Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) que más adelante se presenta en la figura 2.

Para la elaboración de las aleaciones se utilizan varios tipos de materias primas, dependiendo de la aleación que se vaya a producir y del tipo de proceso a utilizar.

Se tienen dos tipos de procesos:

- Maquila de rebabas propiedad del cliente.
- Fabricación de aleaciones a partir de chatarras.

A. ALMACÉN DE MATERIA PRIMA

El almacén se encuentra dentro de la empresa, donde es colocada la materia prima de manera organizada, para disponer de ésta conforme se va requiriendo para la alimentación del proceso.

A.1 y A.2 PERFIL DE ALUMINIO Y CHATARRA DE ALUMINIO

En lo que respecta a la fabricación de aleaciones a partir de chatarra, se clasifica la materia prima de la siguiente manera: traste, pistón, perfil, cable, bases de planchas y demás partes automotrices de aluminio. Esta clasificación se realiza debido a las diferentes composiciones químicas que van a facilitar la fabricación de una aleación específica.

A.3 REBABA DE ALUMINIO

La empresa que produce los lingotes de aluminio pacta un convenio con el cliente consumidor de los mismos en donde el cliente, al elaborar su producto utilizando dichos lingotes, junta la rebaba de aluminio que se genera durante los procesos correspondientes y se la manda a la empresa productora de lingotes, para que ésta última utilice dicha rebaba en la fabricación de nuevos lingotes. De esta manera ambas empresas se benefician, ya que la empresa productora de lingotes de aluminio utiliza menos materias primas en la elaboración de dichos lingotes al emplear la rebaba que le mandan, por lo que el precio disminuye considerablemente para el cliente consumidor. Por lo tanto se genera un doble beneficio.

A.4 ALEANTES

Los aleantes que se utilizan son: Si, Cu, Ni, Mg, Mn. Algunos son obtenidos de desechos de diferentes piezas, por ejemplo el cobre lo obtienen del embobinado de motores; el magnesio lo obtienen de los rines de los autos; el manganeso, el sílice y el níquel es comprado.

El níquel es considerado un elemento tóxico, por lo que es comprado en forma de níquel electrolítico, ya que éste es menos tóxico que el níquel en estado natural.

B. HORNO DE SECADO

La rebaba puede requerir de una etapa de secado, que dependerá de la humedad y de las impurezas que contenga. Para ello se utiliza un horno de gas con capacidad de 150 kg que cuenta con un tiempo de secado de aproximadamente siete minutos y el cual se encuentra a una temperatura de 250°C aproximadamente.

C. FUNDICIÓN PREVIA

En el caso para perfil y chatarra de Al, tal vez requiera la materia prima un prelingoteo que se realiza en el horno de sudado, el cual consiste en una fusión previa para eliminar materiales indeseables del aluminio. En caso de no requerirse de esta etapa previa, la materia prima se manda directamente al proceso de fundición.

D. LIMPIEZA MAGNÉTICA

Una vez que la rebaba sale de la etapa de secado, en su caso, se transporta sobre dos bandas que pasan por una polea magnética que separa las partículas ferrosas, debido a que el hierro es un elemento indeseable en las aleaciones de aluminio. De esta forma, se deja la rebaba de aluminio limpia y lista para ser cargada a los hornos y el hierro obtenido por el proceso de separación es desechado.

A partir de aquí, el proceso sigue las mismas operaciones tanto para la rebaba, como para el perfil y la chatarra de aluminio.

E. FUNDICIÓN

Después del acondicionamiento de la materia prima, ésta se carga en hornos de reverbero o de crisol dependiendo del volumen y de la aleación a producir. El aluminio de mayor volumen puede ser procesado de mejor manera en los hornos de reverbero y en el caso de aleaciones que contienen elementos con

tolerancias muy reducidas y volúmenes pequeños, se utilizan los hornos de crisol. Los hornos tanto de reverbero como de crisol son calentados con gas L.P.

F. ESCORIADO

En este proceso se eliminan las impurezas por medio de fundentes que facilitan la remoción de éstas en el metal líquido, además de que impiden la absorción de hidrógeno en el baño. Estos fundentes se agregan en proporción del 5% al peso total de la carga. La escoria es eliminada por diferentes formas: Una de éstas consiste en que, con un cucharón metálico que toma de la superficie del horno la escoria, la saca y la coloca en un escurridero constituido de tabique refractario que se encuentra inclinado, mismo que sirve para retener la escoria sucia y para dejar escurrir la escoria limpia que cae. Otra forma de eliminar la escoria es por medio de una espátula grande cuya punta está doblada hacia abajo, por lo que permite que se adentre en el horno y se elimine la superficie, y al igual se coloca en el escurridero. La ventaja de esta comparación de formas de eliminar la escoria consiste en que en la de la espátula se tiene menos desperdicio de producto ya que es más fácil recoger la escoria y no tomar así mucha escoria con producto.

G. ADICIÓN DE ALEANTES

Es cuando se agregan los aleantes para obtener las aleaciones correspondientes al pedido, como pueden ser: M/124 Sr, M/124 P, F/132, Dross, etc. Se tiene ya una tabla, en la que al saber cual es la carga para el horno, se pueden determinar las cantidades de los aleantes en proporción a dicha carga. Al terminar de agregar los aleantes se toma una muestra probeta y se lleva al laboratorio donde el departamento de aseguramiento de calidad analiza la composición química de la muestra por medio de un espectrómetro de emisión óptica de marca SPECTRO, modelo Spectrolab M-5. Dicho equipo utiliza para la medición y análisis, gas argón ultra alta pureza, para crear una atmósfera inerte en la chispa que descompone el espectro a analizar. Los resultados informan si la composición es la adecuada, por lo que si la aleación esta incompleta se hacen los cálculos correspondientes y se agrega lo faltante. Se toman las muestras necesarias hasta quedar con la aleación requerida y de ahí se sigue con el desgasificado.

H. DESGASIFICADO

Para eliminar porosidad en el producto, se inyecta a la carga gas nitrógeno o linde 57 durante cinco minutos, aplicándolo con una lanza de grafito y distribuyéndolo en toda la carga de aluminio. Una vez efectuado lo anterior, se vuelve a tomar una probeta, para analizar nuevamente la composición química, y además para conocer la estructura de la aleación se ve con el microscopio metalográfico.

I. VACIADO EN LINGOTES

Cuando la carga ya es aceptada y desgasificada, se procede inmediatamente a lingotear el material, con ayuda de las ollas de vaciado que tienen la capacidad para llenar una lingotera. Este proceso es manual y se tienen las lingoteras a distancias de hasta 25 m del horno de fusión, que es el lugar al que se desplaza el trabajador para efectuar el vaciado. Los moldes son de hierro gris para una mayor duración y no contienen arena, por lo que se agrega el fundente directamente a éstos.

Las ollas de vaciado deben de tener un precalentamiento antes de tomar el fundente. Dicho precalentamiento se realiza a fuego directo y a la intemperie.

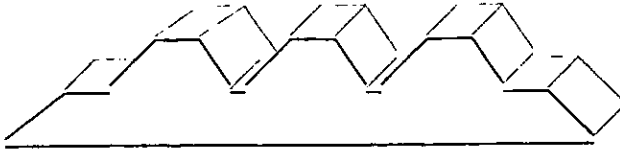
J. MARCACIÓN DE LOTE Y DESMOLDEO

Los moldes se dejan un determinado tiempo a la intemperie para su enfriamiento y una vez fríos se desmoldean volteándolos y golpeándolos, cayendo así el lingote. Una vez que se tienen los lingotes, se flejan y se marcan con el número de lote correspondiente.

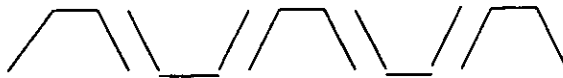
K. y L. ESTIBADO Y EMPAQUE Y ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO

En la planta se cuenta con veinte unidades para el vaciado del producto fundido, que a su vez están conformadas por nueve lingoteras cada una.

El peso promedio del lingote es de 12 kg. y presenta la siguiente forma:



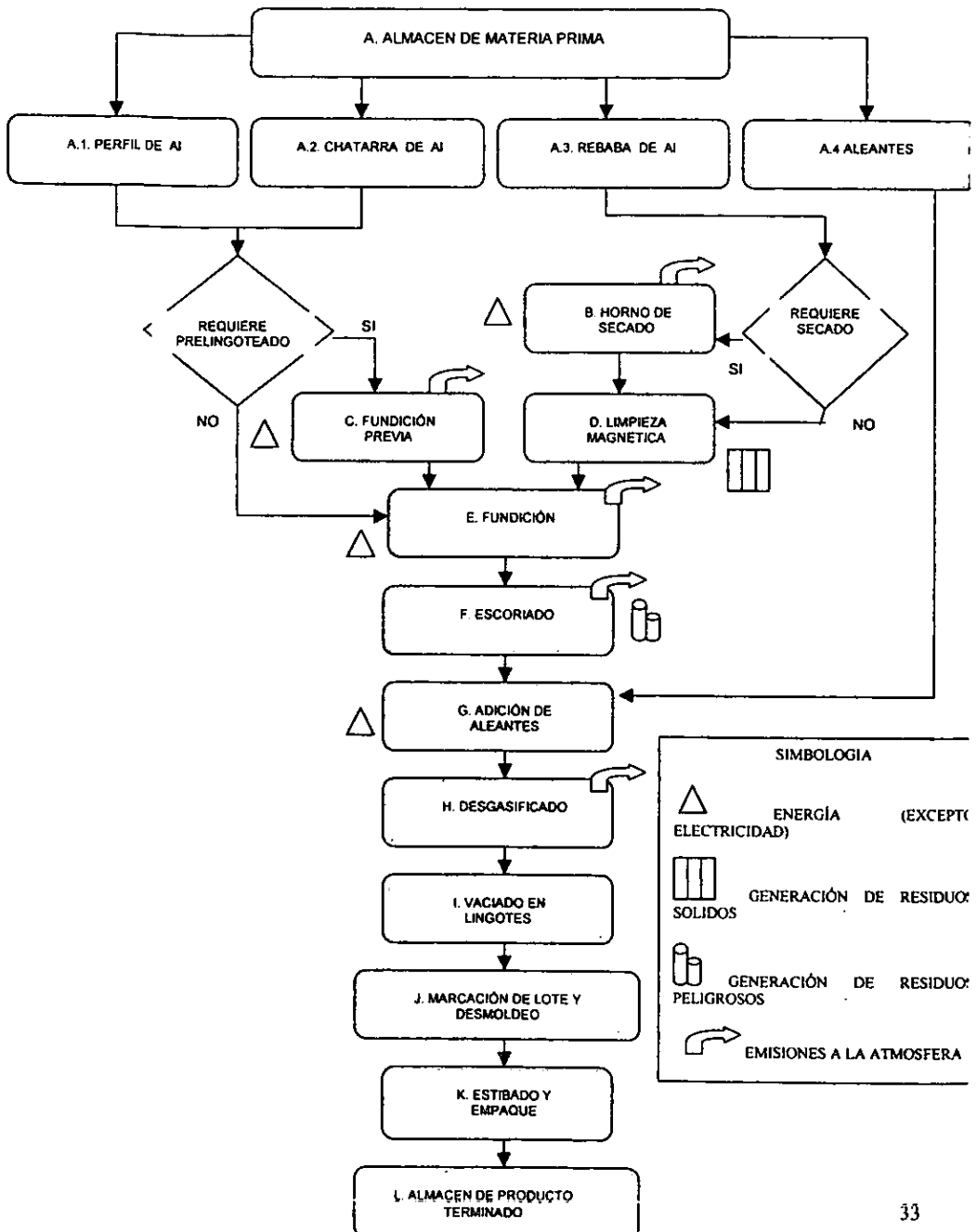
El apilado se hace colocando los lingotes de manera alternada, poniendo cinco en la base y diez apilados en forma vertical; lo que equivale a cincuenta lingotes en cada paquete que va al almacén de producto terminado.



Cada uno de los lingotes tiene su especificación mediante franjas de distintos colores que se pintan en cada lote producido.

A continuación, en la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo de proceso para la empresa:

Fig. 2 Diagrama de Flujo de Proceso de la Fundidora de Aluminio



4.4. Residuos, Descargas y Emisiones de la Empresa.

La empresa genera residuos en varias etapas del proceso. Dichos residuos son los siguientes:

- Escorias.
- Humos.
- Gotas de aluminio.
- Material refractario quemado.
- Aceite Lubricante.
- Guantes sucios de aceite.

Las escorias se forman al término de cada fusión en cada uno de los hornos utilizados en la producción. De este material se generan aproximadamente 200 kg / carga. La escoria es tirada a la basura, sin saber cual es el destino de la misma.

Los humos se generan en el secado de la rebaba, al fundir la rebaba, al adicionar el fundente para llevar a cabo la operación de escoriación y al mover la escoria para enfriar en los escurrideros. Dependiendo de la cantidad de rebaba que se adiciona al horno, el tiempo de generación de humo es de 2 minutos por operación, dando un total de 8 minutos por carga. En la última operación es donde la cantidad de humos generado se vuelve mínima.

Las gotas de aluminio se generan al sacar la escoria de los hornos y al vaciar el material fundido en las lingoteras, en donde la cantidad generada promedio es de 20 kg/carga. Dichas gotas son reprocesadas en los hornos de la planta.

El material refractario quemado es muy poco y se produce aproximadamente cada 6 meses después de su uso en cada uno de los hornos, y en cantidades variables según las reparaciones de cada horno. Este material refractario es también tirado a la basura.

El aceite lubricante que se utiliza en la compresora y en los montacargas, para lubricar los motores, se obtiene una cantidad generada al año de aproximadamente 200L, mismos que son almacenados en un tambor metálico de tal capacidad.

Los guantes sucios de aceite lubricante son generados en el mantenimiento que se proporciona a los motores, y se estima una cantidad anual de 250 kg. También son almacenados en un tambor metálico, y tanto el aceite como los guantes almacenados como residuos serán dispuestos próximamente a través de un prestador de tal servicio.

En el proceso de la empresa no es requerido el uso de agua, sin embargo hay una descarga de aguas residuales, proveniente de servicios sanitarios y regaderas de la compañía. En el Anexo 1 se presenta un análisis de las aguas residuales mencionadas³. Según el informe reportado, indica que no se encontró parámetro alguno de los analizados, fuera de los límites máximos permitidos por la NOM-031-ECOL-1993.

Por otra parte, a la empresa se le hacen análisis de emisión de partículas de acuerdo con la NOM-043-ECOL-1993 y la NOM-085-ECOL-1994. Es por ello que en el Anexo II se presenta un análisis de emisión de partículas del horno de crisoles y del área de secado⁴, obteniéndose valores dentro del parámetro de la norma.

4.5. Normatividad y Legislación Ambiental

La normatividad y la legislación ambiental que compete a esta empresa es la que a continuación se presenta:

La regulación aplicable a este giro industrial se presenta en la siguiente lista. En ella se hace mención principalmente a la Norma Oficial Mexicana, NOM-052-ECOL/1993, la cual 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.

Las Leyes, Reglamentos y Normas más importantes son mencionados a continuación:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (1988/1996)

³ Análisis realizado por la empresa *Setha Ingeniería Ambiental, S.A. de C.V.* el día 06 de abril de 1998.

⁴ Análisis realizado por la empresa *Setha Ingeniería Ambiental, S.A. de C.V.* el día 4 de marzo de 1998.

- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (1988)
- *Normas Oficiales Mexicanas (NOM's):*
- NOM-052-ECOL/1993: Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- NOM-053-ECOL/1993: Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- NOM-054-ECOL/1993: Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL/1993.
- NOM-002-SCT2-1994: Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- NOM-003-SCT2-1994: Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-004-SCT2-1994: Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-005-SCT2-1994: Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materias y residuos peligrosos.
- NOM-006-SCT2-1994: Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

- NOM-007-SCT2-1994: Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
- NOM-009-SCT2-1994: Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-043-ECOL-1993: Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
- NOM-085-ECOL-1994: Que establece los niveles máximos permisibles por emisión de contaminantes generados en los procesos de combustión de calentamiento indirecto

Algunas de las regulaciones no competen directamente a la industria fundidora, por lo que a continuación se hace mención brevemente de los requisitos más importantes a considerar:

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establece las disposiciones de manera genérica al generador de residuos.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (artículo 8) contiene las disposiciones específicas que regulan los requisitos a los que las empresas de fundición deben someterse. Sin embargo, los requisitos específicos se presentan a nivel de Normas Oficiales Mexicanas.

El Reglamento establece la obligación del generador de residuos peligrosos para darte una disposición final adecuada, así como su clasificación correcta. A nivel nacional, la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), a través del Instituto Nacional de Ecología (INE), es la autoridad competente en materia de residuos peligrosos, especialmente para las autorizaciones correspondientes para el manejo de residuos peligrosos, incluyendo los trámites administrativos y legales necesarios.

4.6. Balances de Materia y Energía

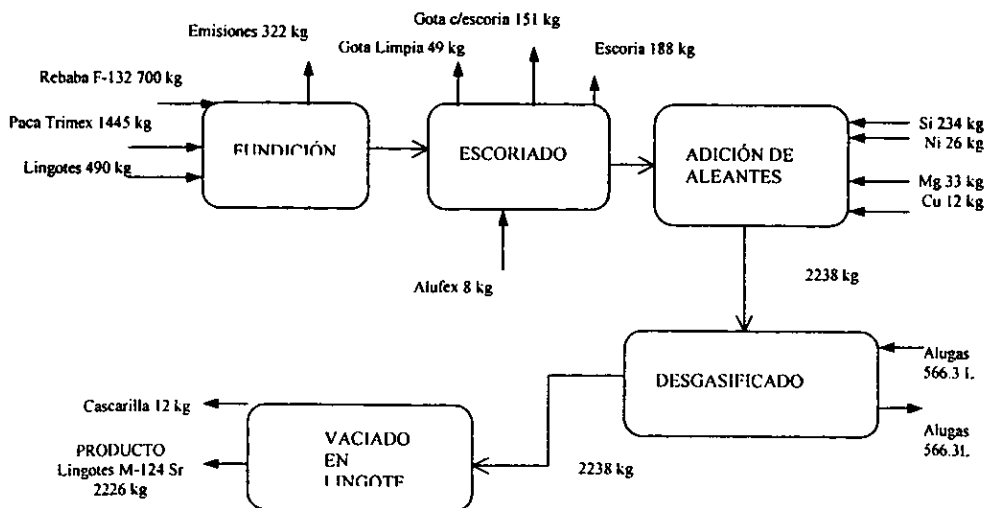
4.6.1. Balances de materia

Con el propósito de conocer los puntos de consumo y pérdidas de materiales dentro del proceso productivo de la empresa, fue necesario efectuar un balance de materiales. Asimismo, para conocer los consumos energéticos y sus pérdidas en las operaciones involucradas en el proceso, se realizó un balance de energía.

De acuerdo con lo anterior, para realizar los balances de materia y energía en el proceso productivo, fue necesario dar seguimiento al lote de producción B-72, el cual correspondió a la fabricación de la aleación M-124 Sr. Este lote se realizó en el horno de reverbero número 1.

Para obtener la información necesaria se requirió pesar materiales en las entradas y salidas de las operaciones que conforman el proceso. El resultado de tales mediciones y los balances de masa plasmados en el siguiente diagrama de flujo del proceso:

Fig. 3 Balance de Materiales en la empresa



4.6.1.1. Balance de materia sobre emisiones

Cabe hacer mención que en el caso de las emisiones a la atmósfera se determinaron con base a los balances tradicionales de materiales. No obstante, se realizó un estudio de evaluación de emisiones, el 5 de mayo de 1999, a través del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CIITEC) del Instituto Politécnico Nacional. Con los resultados obtenidos en el estudio, se realizó una estimación de la cantidad de emisiones descargadas por la chimenea instalada en la empresa. La cantidad de emisiones descargadas por la chimenea fue de 47.9 kg, lo cual implica, conforme a los 322 kg obtenidos de los balances de materia, que 274.1 kg fueron descargados dentro de la propia empresa, debido a la ineficiencia del sistema de extracción de los gases de emisión, o dicho de otra manera, el sistema de extracción es eficiente en aproximadamente un 15%.

Del estudio realizado por el CIITEC y del análisis presentado por la empresa en el Anexo II, se determinó que los gases de emisión no contienen CO, lo cual se atribuye a la ineficiencia del sistema de extracción. Sin embargo, a continuación se hace una estimación de los gases de combustión generados con base en una combustión total. Los datos considerados fueron tomados de la información señalada en el tomo III de Perry, 1995.

Se anexa memoria de cálculo de las operaciones realizadas (ANEXO V).

Ahora para el gas L.P. se obtuvo un consumo aproximado de este lote, a partir de datos que ha generado la empresa, en este caso se consideró que se requiere 1 L de gas por cada 3.03 kg de producto⁵, lo que implica que hubo un consumo de aprox. 734.65 L de gas L.P. en este lote de producción. La composición considerada del gas L.P. es de 40% propano y 60% butano (Villalobos, 1999). De aquí que el consumo de propano fue de 293.86 L y de butano de 440.79 L.

Con los datos anteriores se obtiene que la cantidad de gases de combustión generados en el lote seguido son:

$$\text{CO}_2 = 93.42 \text{ ft}^3 = 2,645.36 \text{ L}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 119.37 \text{ ft}^3 = 3,380.18 \text{ L}$$

$$\text{N}_2 = 576.35 \text{ ft}^3 = 16,320.41 \text{ L}$$

El total de gases de combustión es de 789.14 ft³ o 22,345.95 L

Considerando que se tiene una producción del 6,000 ton/año de aleación, y en este lote la producción es de 2226 kg/lote, se obtiene la producción anual de todo el lote.

Que nos da como resultado lo siguiente:

$$\text{CO}_2 = 251,805.93 \text{ ft}^3 / \text{año} = 7,130,350.40 \text{ L/año}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 321,752.02 \text{ ft}^3 / \text{año} = 9,110,997.30 \text{ L/año}$$

$$\text{N}_2 = 1,553,504.04 \text{ ft}^3 / \text{año} = 43,990,323.45 \text{ L/año}$$

Como se mencionó el total de gases de combustión en el lote seguido es de 789.14 ft³ o 22,345.95 L, y con ayuda de la ley de los gases ideales, conociendo que el peso molecular de los gases es de 28.38 g/mol, se obtuvo la masa de los gases, la cual resultó ser de 28.32 kg. Dicho peso es solamente de los gases de combustión del gas L.P., por lo tanto de los 322 kg de emisiones, 293.68 kg son debidos a los gases de combustión de solventes y refrigerantes que lleva la materia prima.

4.6.2. Balances de energía

Por otra parte, en lo que se refiere al balance de energía, sólo se realizó en el área de fusión, por lo que fue necesario conocer los datos como el calor de fusión, $\lambda_f = 96 \text{ kcal/kg}$ y la capacidad calorífica, $C_p = 0.3119 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$, del aluminio (Smith y Van Ness, 1987 y Valiente, 1986).

Con los datos anteriores, se calculó la energía requerida por la carga a fundir, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = mC_p\Delta T + \lambda_f m$$

Donde:

m = la masa de material a fundir, 2626 kg

ΔT = la temperatura del aluminio fundido menos la temperatura ambiente

³ Este dato fue obtenido por la empresa Mexicana estudiada, basado su consumo mensual de gas L.P. y en su producción.

$$\Delta T = 850^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$$

Entonces

$$Q = 931,907 \text{ kcal}$$

Este es el calor requerido por la carga a fundir, eliminando la masa correspondiente a las emisiones por humos.

Para el gas L.P., se consideró una composición de 60% butano y 40% propano, con lo cual se obtuvo un poder calorífico de 6043.56 kcal/L, y un consumo de 734.65 L por lo que el calor proporcionado por el gas L.P., fue de 4,439,901 kcal, lo cual significa que hubo una pérdida de energía de 3,507,994 kcal, o dicho de otra manera, el consumo de gas L.P. es 4.76 veces mayor al requerido. De lo anterior, se obtiene que la cantidad de gas L.P. gastado en exceso es de 580.31 L, lo cual implica un costo de combustible extra de \$ 1,067.77 o lo que es lo mismo \$0.5/kg de aleación producida.

Por otra parte, la capacidad energética de diseño del horno es de $2.6 \cdot 10^6$ BTU/h, la cual indica, de acuerdo con la capacidad real medida en $1.5 \cdot 10^6$ BTU/h, que está sobredimensionado en un 73.3%.

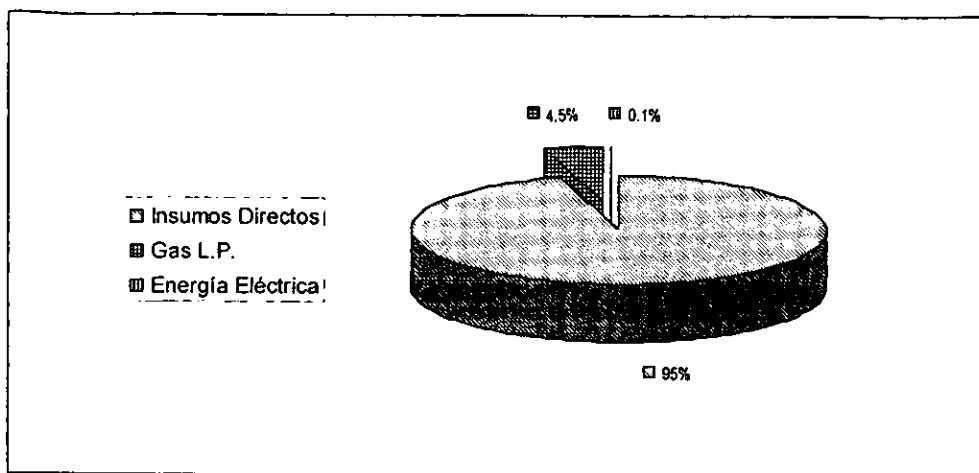
5. COSTOS ASOCIADOS A UN LOTE DE PRODUCCIÓN

Para el lote seguido se realizó una estimación del costo de producción con base en los costos de los materiales involucrados y los costos de los principales servicios asociados a él. En la Tabla 1 se enumeran todos los costos asociados al lote de producción B-72, correspondiente a la aleación M-124 Sr, así como el costo total de dicho lote.

Tabla 1. Costos Asociados al Lote de Producción B-72

MATERIAL	CONSUMO EN EL LOTE (kg)	COSTO UNITARIO (\$/kg)	COSTO TOTAL (\$)
Lingotes (Lote N-222)	490	13.39	6,561.1
Rebaba F-132	700	3.82	2,674.0
Paca Trimex	1445	10.3	14,883.5
Silicio	234	12.64	2,957.8
Cobre	12	14.5	174.0
Niquel	26	49.41	1,284.7
Magnesio	33	11.5	379.5
Alufex	8	4.7	37.6
Gas L.P.	734.65 L	\$1.84 / L	1,351.8
Alugas 57	566.3 L	\$0.0873 / L	49.4
Energía Eléctrica	16.5 kWh	\$1.31 / kWh	21.6
		COSTO TOTAL DEL LOTE	30,375

Fig. 4 Porcentajes de los costos asociados al costo de producción



Con los resultados obtenidos, y sabiendo que la producción en masa de dicho lote fue de 2,226 kg de aleación, puede obtenerse el costo unitario de producción, el cual corresponde a \$13.6/kg de aleación producida.

En la Figura 4 se muestran los porcentajes correspondientes a los costos de insumos directos, gas L.P. y energía eléctrica, respecto del costo total del lote. Cabe resaltar que las materias primas son de gran importancia en el costo de producción (95.4%), y le sigue el costo por consumo de gas L.P. (4.5%), siendo mínimo el costo por consumo de energía eléctrica (0.1%).

6. OPORTUNIDADES PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

En la empresa se ha identificado una serie de oportunidades para la prevención de la contaminación en diferentes rubros. Dichas oportunidades encontradas se mencionan a continuación:

6.1. Mejores prácticas operativas

Oportunidad	
1.	<p>Se recomienda instrumentar un procedimiento de cargado de los hornos en forma más adecuada, tratando de evitar que la chatarra se agregue en cantidades excesivas y sobre todo de dimensiones mayores a las del horno ya que sino se hace de esta manera, se daña el material refractario del horno, causando un aumento en los costos de mantenimiento y contaminación del producto, así como, un mayor tiempo en el cargado y por lo tanto un mayor tiempo de emisiones a la atmósfera por combustión de combustible.</p> <p>También se pueden disminuir las emisiones de polvos mediante el empleo de buenas prácticas de operación, tales como: evitar el sobrecalentamiento excesivo del metal manteniendo un flujo suficiente o cubrir la escoria sobre el metal para mantener el metal fundido separado de la atmósfera, evitar la adición de metales cuando el horno esta a máxima temperatura y evitar el rápido calentamiento del metal.</p> <p>En este caso sera necesario capacitar a los horneros para que efectúen el cargado de los hornos en forma correcta.</p>
2.	<p>Es recomendable hacer una mejor distribución de las lingoteras en la planta, debido a que en algunos casos al momento de realizar el vaciado del metal, las lingoteras quedan a distancias de hasta 25 m del horno de fusión. Lo anterior ocasiona que los trabajadores tengan que desplazarse mayores distancias con la olla de vaciado que contiene el metal fundido, incrementándose así, la posibilidad de algún accidente y de pérdidas de material por escurrimientos. Por esto, se recomienda tener lingoteras para cada horno en operación, lo más cercanas posibles al horno. También implica una oportunidad de aumentar la productividad de la empresa al disminuir el tiempo de operación.</p>

Estas primeras oportunidades identificadas no requieren de inversión económica alguna.

6.2. Mejoras en la eficiencia del proceso de producción

3.	Dentro del área de lingoteras sería conveniente revisar la nivelación horizontal de cada una de éstas, ya que del total instalado se estima que un 20% tienen una inclinación que provoca pérdidas de material en el vaciado, estimadas en 0.2 kg/lingotera, (Este dato fue obtenido de acuerdo con el lote seguido).
4.	Dado que la empresa no cuenta con un sistema de conducción de humos y recolección de polvos adecuado, se recomienda que se haga un diseño, para poder instrumentarlo.
5.	En cuanto a las ollas de vaciado, se recomienda instrumentar un sistema para el precalentamiento, con el propósito de evitar pérdidas de energía. Para esto se recomienda un sistema cerrado, mismo que reduciría en gran medida el consumo de gas, debido a que ya no se realizaría a fuego directo y a la intemperie. Sería necesario destinar un espacio en la planta para la construcción de un horno pequeño de material refractario.
6.	Sería conveniente cambiar las tapas de los hornos de reverbero, ya que durante la fusión del metal existen pérdidas considerables de energía por radiación y convección; así lo manifiesta el balance de energía. Al realizar lo anterior, se conseguirá una disminución en el consumo de gas L.P. y por ende, habrá una menor cantidad de emisiones por combustión a la atmósfera.
7.	Es recomendable cambiar los quemadores de los hornos de reverbero y crisoles para optimizar el consumo de combustible, y además obtener una mejor combustión. También los beneficios serán económicos y ambientales.
8.	Se recomienda instalar integradores de gas L.P. para cuantificar el consumo en cada horno de la planta. Esto permitiría tener cuantificado el consumo y costo real del gas utilizado en cada fusión.
9.	Cambiar los hornos actuales por hornos de inducción, los cuales son muy amigables al ambiente y permiten tener un mejor control sobre la fusión. Los hornos de inducción son aproximadamente de 75 a 80% más eficientes y emiten aproximadamente 75% menos de polvo y humos, debido a la ausencia de gases de combustión.
10.	Cambiar los motores que estén sobredimensionados, como es el caso del motor del soplador utilizado en el horno de reverbero empleado en el lote de producción seguido, ya que el motor es de 5 HP y de acuerdo con las mediciones efectuadas en planta el motor

10.	debería ser de 2 HP (Cálculo en el ANEXO V). Además existe la recomendación de reemplazar los motores estándar por motores de alta eficiencia cuando la reparación excede del 50% del costo o cuando los motores ya tienen más de 15 años de servicio.
11.	Buscar instrumentar un sistema dosificador adecuado para la alimentación del fundente y no hacerlo en forma manual, para evitar pérdidas de este material y tener un consumo óptimo del mismo.

6.3. Análisis Costo-Beneficio

Se hace una evaluación que determina, la factibilidad técnica, económica y ambiental de las oportunidades seleccionadas. Algunas oportunidades solamente requieren cambios en los procedimientos y en el personal, en donde las oportunidades sencillas pueden ser buenas prácticas operativas o ligeros cambios técnicos que se pueden implantar, sin, o con una pequeña inversión; mientras que las complejas pueden necesitar el reemplazo de un equipo, requiriendo de una evaluación técnica y económica compleja.

Tabla 2. Generalidades de las oportunidades identificadas

Oportunidad	Comentarios
1	Esta oportunidad genera ahorros no cuantificados sin realizar inversión económica alguna, además de que indirectamente disminuye emisiones a la atmósfera.
2	Al igual que la oportunidad anterior, no requiere de inversión alguna y aumenta la seguridad de los obreros e indirectamente disminuye emisiones a la atmósfera.
3	No hay requerimiento de inversión económica y además sólo se genera pérdidas de producto de 19,946 kg/año, lo cual implica que se pueden ahorrar \$\$12,167.00/año debido a que ya no habría consumo de energía para su reprocesamiento.
4	Requiere una inversión considerable; tal es el caso del ventilador centrífugo requerido, el cual involucra una inversión de \$99,454.00. Disminuye problemas ambientales en la nave, para cumplir con la ley competente y por ende protege la salud de los obreros.
5	Requiere de una inversión, tal vez no muy fuerte para la empresa, en donde inclusive la misma empresa pueda realizar la construcción del horno. Sin embargo habrá ahorros por consumo de combustibles no cuantificados.
6	Se requiere de inversión de \$29,500.00 para instalar tapas a todos los hornos, tanto de reverbero como crisoles. Esta estimación se realizó considerando tapas de placa de acero con material refractario. Se podrían obtener ahorros de acuerdo con los balances de energía de hasta \$2,878,087.00/año considerando el total de la energía perdida. El periodo de recuperación de la inversión sería de aproximadamente 4 días.
7	Es necesaria una inversión que generaría ahorros del 15% en combustible si se

	<p>cambian los quemadores actuales por quemadores de alta velocidad. Tal ahorro sería de \$546,523/año, pero la inversión sería aproximadamente de \$158,490.59 por cada horno de reverbero y de \$111,595.84 para cada horno de crisol, por lo que el total de la inversión sería de \$1,462,028.00. El periodo de recuperación de la inversión sería aproximadamente de 2 años 8 meses. Así mismo, habrá una disminución en las emisiones emitidas por la combustión del gas L.P de 318,490.55 ft³ /año o 9,018.65 m³/año, y por su composición de:</p> <p>CO₂ = 37,708.89 ft³/año = 1,067.80 m³/año H₂O = 48,167.11 ft³/año = 1,363.94 m³/año N₂ = 232,614.55 ft³/año = 6,586.91 m³/año</p> <p>Dicho de otra manera, se disminuirán en 11,427.17 kg/año las emisiones de gases de combustión. En este caso la cotización de los quemadores se realizó con la empresa Grupo Termoindustrial ECA, S.A. de C.V.</p>
8	<p>Se requiere una inversión de \$25,000.00/horno, que es el costo de cada integrador de acuerdo con la cotización realizada por IESS de México, S.A. de C.V.. Esta oportunidad causa indirectamente ahorros económicos no cuantificados y, además, proporciona un mejor control del proceso.</p>
9	<p>La inversión requerida dependerá de que se compre uno o dos hornos, para satisfacer la producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 horno para la producción total, \$2,000,000.00 • 2 hornos para la producción total, \$3,400,000.00, pero si se compra sólo un horno de éstos, la inversión sería de \$1,700,000.00 para satisfacer la mitad de la producción. <p>Los beneficios en productividad y ambientales son muy altos. Los ahorros generados por el no consumo de gas L.P. serían de \$3,643,665.77/año, y considerando solamente este ahorro económico, el periodo de recuperación sería de:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • 1 horno para producción total, aproximadamente de 6 meses. • 2 hornos para producción total, aproximadamente de 11 meses • 1 horno para la mitad de la producción, aproximadamente de 11 meses <p>La cantidad de emisión de gases por combustión del gas L.P. sería disminuida en su totalidad 76,317.19 kg/año, si se instala(n) horno(s) de inducción para la producción total, y se disminuiría a 38,158.59 kg/año si se instala un horno para la mitad de la producción total. La cotización se realizó con la empresa Alta Frecuencia, S.A. de C.V.</p>
10	Esta opción requiere de una inversión aproximada de \$2,281.40, en un motor de alta eficiencia, sin embargo, los ahorros generados por consumo y demanda se estiman en \$1,031.00/año lo cual indica que el periodo de recuperación es aproximadamente de 2 años 2 meses. Cotización con ABB Motores S.A. de C.V.
11	Se estima que el desperdicio es de 2.5% de fundente por cada lote realizado, por lo tanto el desperdicio económico es de \$2,533.7/año. En este caso es necesario que el fabricante de dosificadores haga una visita previa a las instalaciones, para poder realizar la cotización.

NOTA: La producción anual considerada en las estimaciones fue de 6000 Ton/año, calculada con datos indicados en la Licencia Ambiental Única tramitada en 1999.

Para lograr realizar la jerarquización fue necesario analizar la información mostrada en la Tabla 2 y la listada anteriormente, a través de una evaluación ambiental-económica.

Para realizar la evaluación ambiental fueron considerados dos conceptos:

- ◆ Disminución de emisiones al ambiente.
- ◆ Generación de contaminantes.

La disminución de emisiones al ambiente se refiere a que la oportunidad identificada puede reducir o eliminar las emisiones que actualmente se emiten por la empresa, y la generación de contaminantes significa que la oportunidad en cuestión generaría alguna emisión, descarga o residuo al ambiente por su instrumentación.

Por otra parte, la evaluación económica sólo se enfocó en un concepto:

- ◆ Ahorros generados.

Con este concepto nos referimos a los ahorros económicos generados por la instrumentación de la oportunidad identificada.

En la Tabla 3 se presentan las escalas consideradas para la evaluación ambiental y económica. Se puede utilizar un análisis comparativo de clasificación para dar prioridades a las oportunidades para su implementación. A cada oportunidad se le asignará una calificación, que en este caso, le llamaremos escala para cada criterio; Posteriormente al multiplicarla por el peso relativo de cada criterio (en este caso ambiental 30% y económico 70%) y por la calificación de la oportunidad respectiva, se obtendrá una calificación final para cada una de las oportunidades. Con esto se podrá jerarquizar, para ir implantándolas.

Tabla 3. Escalas de evaluación ambiental y económica

Evaluación ambiental

CALIFICACIÓN O ESCALA	Disminución de Emisiones
1	No hay disminución en las emisiones
5	Hay disminución de las emisiones
10	Disminuye significativamente las emisiones

CALIFICACIÓN O ESCALA	Generación de Contaminantes
1	Genera significativamente contaminantes
5	Genera contaminantes
10	No genera contaminantes

Evaluación económica

CALIFICACIÓN O ESCALA	Ahorros generados
1	No genera ahorros económicos
5	Genera ahorros económicos
10	Genera significativamente ahorros económicos

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la evaluación ambiental-económica de acuerdo con las escalas antes mencionadas. También puede observarse como cada oportunidad es identificada respecto de las otras para cada rubro, tanto ambiental como económico, en forma independiente.

Tabla 4. Evaluación ambiental-económica

Oportunidad Identificada	escala ambiental		Total Ambiental	escala económica
	Disminución de emisiones	Generación de contaminantes		Ahorros generados
1	10	10	20	5
2	5	10	15	5
3	5	10	15	5
4	10	10	20	1
5	5	5	10	5
6	10	10	20	10
7	10	10	20	5
8	1	10	11	1
9	10	10	20	10
10	1	10	11	5
11	1	10	11	5

La empresa indicó tener las siguientes pretensiones económicas y ambientales:

- ◆ Un criterio de ponderación económico del 70% y,
- ◆ Un criterio de ponderación ambiental del 30%

Con los datos obtenidos en la Tabla 4. El total ambiental se multiplica por su factor ambiental que es de 0.3 y el total económico o ahorro generado se multiplica por su factor económico que es de 0.7. De esta

manera, se obtiene un total de ponderados que permiten jerarquizar las oportunidades como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Jerarquización de las oportunidades identificadas

Oportunidad	Evaluación Ambiental Ponderada	Evaluación Económica Ponderada	Total de Ponderados	Jerarquización
1	6.0	3.5	9.5	2
2	4.5	3.5	8.0	3
3	4.5	3.5	8.0	3
4	6.0	0.7	6.7	5
5	3.0	3.5	6.5	6
6	6.0	7.0	13.0	1
7	6.0	3.5	9.5	2
8	3.3	0.7	4.0	7
9	6.0	7.0	13.0	1
10	3.3	3.5	6.8	4
11	3.3	3.5	6.8	4

En la Tabla 5 puede notarse, que en la jerarquización hay oportunidades que tienen el mismo número. Esto es debido a que la evaluación indica que son igualmente importantes desde el punto de vista ambiental-económico. Una de las oportunidades más importantes resultó ser la 9, la cual es la de llevar a cabo el cambio de los hornos de reverbero y crisol por uno o dos hornos de inducción, lo cual implicaría una alta inversión; sin embargo, sería recuperada rápidamente al eliminarse el consumo de gas L.P. También en primer término se obtuvo la oportunidad 6 que es la instalación de las tapas de los hornos tanto de reverbero como de crisol, en donde ésta es la oportunidad que produce más ahorros para la empresa con una muy baja inversión.

Finalmente, en la Tabla 6 se presentan en un resumen las inversiones, ahorros y periodos de recuperación de algunas oportunidades.

Tabla 6. Resumen de Oportunidades

Oportunidad	Inversión	Ahorro	Período de Recuperación
3	Ninguna	\$12,167.00/año	No aplica
6	\$29,500.00	\$2,878,087.00/año	4 días
7	\$1,462,027.99	\$546,523/año	2 años 8 meses
9	\$2,000,000.00/un horno para producción total	\$3,643,665.77/año	6 meses
	\$3,400,000.00/dos hornos para producción total	\$3,643,665.77/año	11 meses
	\$1,700,000.00/un horno para la mitad de la producción total	\$1,821,832.8/año	11 meses
10	\$2,281.00	\$1,031.00/año	2 años 2 meses
11	No determinada	\$2,533.7/año	No determinado

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio se identificaron oportunidades para la prevención de la contaminación en el proceso de fundición de aluminio en una empresa fundidora de aluminio mexicana, principalmente en los rubros consistentes en mejores prácticas operativas y mejoras en la eficiencia del proceso de producción. Dichas oportunidades fueron jerarquizadas desde el punto de vista ambiental-económico, dando como resultado que las oportunidades más importantes para la empresa son, en primer término, el cambio de hornos de reverbero y crisol por hornos de inducción y la instalación de las tapas de los hornos de reverbero y crisol; en segundo término, se obtuvieron varias oportunidades: buscar un nuevo sistema de cargado de los hornos, calibración o cambio de los quemadores de los hornos. En tercer lugar, se encuentra una mejor distribución de las lingoteras dentro de la planta y la nivelación de las lingoteras; en cuarto término, logran una adecuada alimentación del fundente y el cambio de motores sobredimensionados mientras que en quinto término, se encuentra la construcción del sistema de colección de humos. En sexto lugar, se tiene la oportunidad de instrumentar un sistema de precalentamiento de las ollas y finalmente en séptimo término, se encuentra la instalación de integradores de gas L.P.

La empresa debe decidir si compra solo un horno de inducción o dos, ya que con uno la inversión es menor, pero la flexibilidad en la producción de varias aleaciones puede ser limitada. Mientras que con dos la inversión aumenta en un 85% respecto de comprar uno sólo, pero se tendría mayor flexibilidad en la producción.

La oportunidad de rediseño de las puertas de los hornos es importante tomarla en cuenta, ya que considerando el total de la energía perdida en el sistema, esto implicaría un ahorro de \$2,878,087.00 al año. Esta estimación considera que los quemadores funcionan a un 100% de su capacidad con las condiciones óptimas de aire/combustible.

La nivelación de las lingoteras no requiere una inversión económica, y sin embargo si generaría ahorros de hasta \$12,167.00 al año

En el cargado de los hornos se propone instrumentar una manera adecuada de alimentación del material, para evitar pérdidas económicas con base en el mantenimiento de los hornos y a mayores

tiempos de operación. Esta oportunidad no implica inversión económica alguna y si puede generar ahorros económicos importantes no cuantificados en este trabajo.

De manera general, todas las oportunidades identificadas disminuyen las emisiones al ambiente o generan ahorros económicos importantes, o ambas situaciones, permitiendo de esta manera que la industria fundidora de aluminio mejore sus relaciones con las autoridades ambientales, convirtiéndose así en una industria amiga del ambiente y con mayores ventajas competitivas dentro de las industrias de su ramo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Centro Mexicano para la Producción más Limpia. "Experiencias en la Industria de la Fundición." 1997, Estudios de caso de Producción más Limpia. Varias empresas fundidoras como caso.

Centro Mexicano para la Producción más Limpia. "Guías de Producción más Limpia. 2. Fundición. Producción más Limpia en el Sector de Fundición". 1998, Instituto Politécnico Nacional. Primera Edición. México, D.F.

De la Garza, José Ma. y Camiro, Ricardo. "Estadística Nacional de la Industria de la Fundición." 1995 Sociedad Mexicana de Fundidores, A.C.

Ferrous and Non-Ferrous Foundries. "Great Lakes Regional Pollution Prevention Roundtable." Primary Metals.

Freeman, H. et. al. "Industrial Pollution Prevention: A Critical Review." 1992, J. Air Waste Manage. Assoc. 42(5) pp. 618-656

Kirk-Othmer. "Encyclopedia of Chemical Technology." 1994, John Wiley & Sons. Fourth Edition. Volume 9.

Licencia Ambiental Única. "Empresa Aleaciones Zumpango, S.A. de C.V.", 1999, Representante Legal: C.P. Hugo U. Barrera Carro. México, Estado de México.

Perry. "Manual del Ingeniero Químico." 1995, Mc-Graw-Hill. Sexta Edición. Tomo I

Perry. "Manual del Ingeniero Químico." 1995, Mc-Graw-Hill. Sexta Edición. Tomo III.

Smith, J.M. y Van Ness, H.C.. "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química". 1987, McGraw-Hill. Cuarta Edición. México, D.F.

Valiente B., Antonio y Primo S., Rudi. "Problemas de Balances de Energía." 1986, Editorial Alhambra Mexicana. México, D.F.

Villalobos I., A.. Información personal sobre la composición del gas L.P. 1999, Gerente Industrial. Instituto Mexicano del Petróleo.

<http://nuclear.hazard.uiuc.edu/qirpr/packets/primmetals/chapter3.htm>. Consultado el 18 de diciembre de 1998.

ANEXO I: ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES
EMPRESA FUNDIDORA DE ALUMINIO⁶**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE NOM-031-ECOL-93
Temperatura	°C	21.0	-
PH	-	8.05	6 a 9
Sólidos sedimentables	mg/l	0.0	5.0
Grasas y Aceites	mg/l	1.0	60.0
Conductividad	microohms/cm	1,180.0	5,000.00
Aluminio	mg/l	<0.200	10.0
Arsénico	mg/l	<0.0005	0.5
Cadmio	mg/l	0.0857	0.05
Cianuros	mg/l	<0.044	1.0
Cobre	mg/l	0.1371	5.0
Cromo hexavalente	mg/l	<0.05	0.5
Cromo total	mg/l	0.2611	2.5
Fluoruros	mg/l	0.318	3.0
Mercurio	mg/l	<0.0005	0.01
Níquel	mg/l	1.161	4.0
Plata	mg/l	<0.0200	1.0
Plomo	mg/l	0.050	1.0
Zinc	mg/l	0.6811	6.0
Fenoles	mg/l	<0.005	5.0
SAAM	mg/l	0.145	30.0
DBO	mg/l	29.41	-
DQO	mg/l	43.25	-
ST	mg/l	1,100.0	-
SST	mg/l	160.0	-
SDT	mg/l	940.0	-

⁶ Análisis realizado por Setha Ingeniería Ambiental S.A. de C.V.

Fecha: 06 de Abril de 1998

Punto de Muestreo: Descarga Unica

ANEXO II: ANÁLISIS DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS

**REPORTE DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA
EMPRESA FUNDIDORA DE ALUMINIO⁷**

EQUIPO EVALUADO	EXCESO DE AIRE (%)		MANCHA DE HUMO		OBSERVACIONES
	Medido	Valor Norma	Medido	Valor Norma	
Horno de Crisoles	48.46	50.0%V	0.0	0	Dentro de Norma
Area de secado	93.74	50.0%V	0.0	0	Dentro de Norma

⁷ Análisis realizado por Setha Ingeniería Ambiental S.A. de C.V.
Fecha: 04 de marzo de 1998

ANEXO III: HOJAS TÉCNICAS DE MATERIAS PRIMAS

FUNDIDORA MEXICANA/ REPORTE DE INSPECCIÓN				
MATERIAL:		Aluminio Macizo		
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1) Contaminación con materiales extraños	MIN N/A	MAX N/A	Alta	Pzas. C7Fe y Zn
2) Presentación	Contenedores de 200 kg	A Granel	A Granel	S/C
MATERIAL:		Lámina de Aluminio		
1) Contaminación con materiales extraños	N/A	N/A	0%	S/C
2) Presentación	Contenedores de 200 kg	A Granel	A Granel	S/C
3) Análisis Químico	N/A	N/A		
MATERIAL:		Aluminio Blando		
1) Contaminación con materiales extraños	N/A	N/A	0%	S/C
2) Presentación	Contenedores de 200 kg	A Granel	A Granel	S/C
MATERIAL:		Paca de Aluminio		
1) Contaminación con materiales extraños	N/A	N/A	Alta	Esmalte
2) Presentación	Empaquetada a 50 kg	A Granel	A Granel	S/C

FUNDIDORA MEXICANA / REPORTE DE INSPECCIÓN

MATERIAL: Rebaba M-124 P				
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
	MIN	MAX		
1) % de Humedad	N/A	N/A	14.0%	S/C
2) % de Hierro	N/A	N/A	0.0	S/C
3) Contaminación con materiales extraños	N/A	N/A	Alta	Hidrocarburos
4) Metalografía	N/A	N/A	-	OK
5) Si	11.5	13.0	11.84	S/C
6) Fe	0.00	0.65	0.615	S/C
7) Cu	0.80	1.30	1.350	Alto
8) Mn	0.00	0.30	0.068	S/C
9) Mg	1.15	1.50	0.283	Se quemó/Fusión
10) Zn	0.00	0.30	0.183	S/C
11) Ni	1.00	1.30	1.060	S/C
12) Ti	0.00	0.20	0.02	S/C
13) Ca	0.00	0.001	0.0001	S/C
MATERIAL: Rebaba M-124 Sr.				
	MIN	MAX		
1) % de Humedad	N/A	N/A	14.5%	S/C
2) % de Hierro	N/A	N/A	0.0	S/C
3) Contaminación con materiales extraños	N/A	N/A	Alta	Hidrocarburos
4) Metalografía	N/A	N/A	-	No Cumple
5) Si	11.5	13.0	10.70	Bajo
6) Fe	0.00	0.65	0.677	Alto
7) Cu	0.80	1.30	1.970	Alto
8) Mn	0.00	0.10	0.095	S/C
9) Mg	1.15	1.50	0.151	Se quemó/Fusión
10) Zn	0.00	0.10	0.293	Alto
11) Ni	0.80	1.30	0.727	Bajo
12) Ti	0.00	0.20	0.04	S/C
13) Ca	0.00	0.001	0.0001	S/C

**ANEXO IV: HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIAS
PRIMAS**

		Empresa Fundidora de Aluminio	Datos de Seguridad del Producto
Nombre: <u>Nitrógeno</u>			
Identificación del producto	Producto:	Nitrógeno	
	Nombre Químico	Nitrógeno	
	Formula	N ₂	
	Sinónimos	No aplica	
	Familia Química	No aplica	
	Peso Molecular	28.01	
	Nombre(s) Comercial(es)	Nitrógeno	
Riesgos de los componentes	Material (CAS No.) (Chemical Abstracts System No.)	Nitrógeno (7727-37-9)	
	% Peso	100	
	TLV-TWA (ACGIH 1989-1990) Límite de Exposición máxima durante 8hrs/día y 40hrs/Semana	Siempre Asfixiante	
Propiedades Físicas	Punto de ebullición (760 mm Hg)	-195.8°C (-320.46°F)	
	Punto de Congelamiento	-210°C (-345.8°F)	
	Gravedad Especifica (agua01)	Gas	
	Presión de vapor a 21°C	Gas	
	Densidad del vapor (aire=1)	0.967	
	Solubilidad en agua % en peso	Despreciable	
	Porcentaje de materia volátil en volumen	100	
	Coefficiente de Evaporación (Acetato de butilo=1)	No Aplica	
Apariencia y Olor	Gas incoloro e inodoro a temperatura y presión normales		
Información necesaria para la protección de la salud	Ingestión:	Este producto es un gas a temperatura y presión normales.	
	Absorción por la piel:	De acuerdo a la información disponible, no hay evidencia de efectos adversos.	
	Inhalación:	Asfixiante. Concentraciones moderadas pueden causar jaqueca, somnolencia, excitación, salivación excesiva, vómito e inconsciencia. La falta de oxígeno es causa de muerte.	
	Contacto con la piel:	No se esperan efectos dañinos del vapor. El líquido puede causar congelamiento	
	Contacto con los ojos:	No se esperan efectos dañinos del vapor.	

Efectos de la sobreexposición repetida (crónica):	De acuerdo a la información disponible, no hay evidencia de efectos adversos.	
Otros efectos de sobreexposición:	El contacto con el líquido puede causar congelamiento	
Condiciones médicas agravadas por la sobreexposición:	El conocimiento de la información toxicológica disponible y de las propiedades físicas y químicas del material, sugiere que es improbable que la sobreexposición agrave condiciones médicas preexistentes	
Datos de laboratorio significativos, con posible relevancia en la evaluación de la salud humana	Ninguno conocido a la fecha	
Procedimientos de emergencias y primeros auxilios:		
Ingestión:	Este producto es un gas a temperaturas y presión normales	
Contacto con la piel	En caso de exposición al líquido, de inmediato enjuagar la parte afectada, con agua caliente (no más de 40°C) En caso de exposición masiva, quite las ropas al paciente bajo ducha caliente. Llame al médico	
Inhalación:	Lleve al paciente al aire fresco. Aplique respiración artificial si no respira. Administre oxígeno si la respiración se dificulta. Llame al médico	
Contacto con los ojos:	En caso de salpicadura, inmediatamente enjuague los ojos con agua en abundancia, durante 15min por lo menos. Llame al médico de inmediato, de preferencia a un oftalmólogo.	
Notas para el médico:	No hay antídoto específico. El tratamiento debe dirigirse al control de síntomas y a la condición clínica	
Nota:	La conveniencia de usar este producto en mezclas de gas para respiración submarina, debe determinarse o estar bajo la supervisión de personal experimentado en el uso de este tipo de mezclas, y familiarizado con los efectos, métodos, frecuencia y duración del uso, así como con los efectos colaterales y las precauciones a tomar.	
Peligrosos de Fuego y explosión	Punto de ignición	No aplica
	Temperatura de autoignición	No aplica

		Inferior: No aplica Superior: No aplica
	Limites de inflamabilidad en el aire % en volumen	
	Métodos de extinción	El Nitrógeno no es inflamable. Use los medios adecuados para incendios en el entorno
	Procedimientos especiales en caso de incendio:	Evacúe a todo el personal del área de peligro inmediatamente humidézcalos contenedores con agua por aspersión desde una distancia máxima hasta que se enfrien, entonces, si puede hacerlo sin riesgo. Retire los contenedores lejos del área del incendio.
	Peligros inusuales de fuego y explosión:	El Nitrógeno no se inflama. El contenedor puede romperse debido al calor del fuego. Ninguna parte del contenedor debe estar sujeta a temperaturas superiores a los 52°C (aprox. 125°F) La mayoría de los contenedores están provistos con un dispositivo de alivio de presión diseñado para ventilar cuando son expuestos a temperaturas elevadas.
Datos de reactividad	Estabilidad	Inestable: ✕ Estable: ✓
	Condiciones a evitar:	Ver: Precauciones especiales
	Incompatibilidad (Materiales a evitar)	Bajo ciertas condiciones, el Nitrógeno puede reaccionar violentamente con el Litio, Neobio, Titanio y ozono
	Productos de descomposición peligrosos:	Ninguno
	Riesgos de Polimerización	Podría ocurrir ✕ No ocurre: ✓
	Condiciones a evitar:	Ninguna conocida a la fecha
Procedimiento en caso de derrame o fuga	SI EL PRODUCTO SE DERRAMA O FUGA. SIGA LOS SIGUIENTES PASOS: Inmediatamente evacúe a todo el personal del área de peligro. Use equipo de respiración autónomo cuando se requiera. Si puede hacerlo sin riesgo, cierre la fuga Ventile el área de la fuga o lleve a un área bien ventilada el contenedor que presenta fuga. Antes de permitir el reingreso del personal, pruebe el área, especialmente las áreas cerradas para cerciorarse de que hay suficiente oxígeno.	

	<p>MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS: Consulte los ordenamientos que indica a la Ley General de Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente, Reglamentos y Normas Técnicas aplicables en vigencia. Mantenga retirado al personal. Deseche el producto residuos y recipientes desechables de una manera ambientalmente aceptable.</p>	
<p>Información para protección especial</p>	<p>PROTECCION REPIRATORIA: Consulte el reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Instructivo No.17 Fracc. V. De la STPS Utilizar equipo de respiración de aire autónomo de presión positiva en atmósferas deficientes de oxígeno (menores al 19.5% de oxígeno) o en concentraciones de contaminantes, tales, que sean de inmediato peligro para la vida o la salud.</p>	
	<p>VENTILACIÓN:</p>	<p>Extracción local: De preferencia Mecánica general: Aceptable Especial: No Aplica Otra: No aplica</p>
	<p>GUANTES DE PROTECCIÓN: Consulte el reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo. Instructivo No. 17 Fracc. IV de la STPS Utilice guantes de piel o camaza para el manejo de cilindros.</p>	
	<p>PROTECCIÓN OCULAR: Consulte el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo Instructivo No. 17 Fracc. IV de la STPS Utilice lentes de seguridad con protección lateral, goggles para proteger lentes correctores de la vista o pantallas faciales completas. No deberán utilizarse lentes de tipo de contacto o pupilentes.</p>	
	<p>OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN: Consulte el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Instructivo No.17 Fracc. IV de la STPS Utilice calzado tipo bola con protección metatarsal y puntera de acero para el manejo de cilindros. Los pantalones deberán portarse por fuera del calzado y sin valenciana.</p>	
<p>Precauciones especiales</p>	<p>PRECAUCION: Gas a alta presión. Use tubería y equipo diseñados adecuadamente para resistir posibles presiones. Puede causar sofocación rápida, por la deficiencia de oxígeno. Siempre almacéñese y úsese con una ventilación adecuada. Cierre la válvula cuando no lo utilice o cuando se termine el gas.</p>	
	<p>MEZCLAS: Cuando dos o más gases licuados se mezclan, sus propiedades peligrosas pueden combinarse para crear peligros adicionales e inesperados. Obtenga y evalúe la información de seguridad para cada componente, antes de realizar la mezcla. Consulte a un Higienista Industrial, o a otra persona capacitada, cuando haga la evaluación de seguridad de su producto final. Recuerde que los gases y los líquidos tienen propiedades que pueden causar daños muy serios e incluso la muerte. Asegúrese de leer y comprender bien todas las etiquetas e instructivos que se proporcionan en todos los contenedores de este producto. Para información general el manejo de cilindros con gases comprimidos. Obtenga una copia del folleto P-1 "manejo Seguro de Contenedores con gases Comprimidos"</p>	

	<p>OTRAS CONDICIONES DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Nunca trabaje en sistemas presurizados. Si hay alguna fuga. Cierre la válvula del cilindro y ventile el sistema, cuidando que dicha ventilación desfogue a un lugar seguro. Después repare la fuga.</p>
--	---

	<p>NOTA IMPORTANTE: Por ningún motivo las condiciones normales del recipiente. No retire la válvula, no golpee el cilindro, no lo use como rodillo, no haga arco eléctrico con él, no lo recargue con otros gases, evite que la válvula o el cuerpo del recipiente se contaminen con grasa o aceite. No desprenda las etiquetas, tomar estas precauciones puede evitarse peligros adicionales.</p>
--	---

	Empresa Fundidora de Aluminio	Datos de Seguridad del Producto
Nombre: <u>Hexafluoruro de Azufre</u>		
Identificación del producto	Producto:	Hexafluoruro de Azufre
	Nombre Químico	Hexafluoruro de Azufre
	Formula	SF ₆
	Sinónimos	Fluoruro de Azufre
	Familia Quimica	Haluro no metálico
	Peso Molecular	146.05
	Nombre(s) Comercial(es)	Hexafluoruro de Azufre, Fluoruro de Azufre
Riesgos de los componentes	Material (CAS No.) (Chemical Abstracts System No.)	Hexafluoruro de azufre (2551-62-4)
	% Peso	100
	TLV-TWA (ACGIH 1989-1990) Limite de Exposición máxima durante 8hrs/día y 40hrs/Semana	1000 ppm
Propiedades Fisicas	Punto de ebullición (760 mm Hg)	-63.8°C (-82.8°F)
	Punto de Congelamiento	-50.8°C (-59.4°F) a 2.21 atm
	Gravedad Especifica (agua01)	1.88 @ -50.8°C
	Presión de vapor a 21°C	22.4 kg/cm ² (320 psig)
	Densidad del vapor (aire=1)	5.11 @ 20°C
	Solubilidad en agua % en peso	Despreciable
	Porcentaje de materia volátil en volumen	100
	Coefficiente de Evaporación (Acetato de butilo=1)	Flevado
	Apariencia y Olor	Gas incoloro e inodoro a temperatura y presión normales
Información necesaria para la protección de la salud	Ingestión:	Este producto es un gas a temperatura y presión normales.
	Absorción por la piel:	No se dispone de información sobre efectos adversos.
	Inhalación:	Asfixiante. Moderadas concentraciones pueden causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia, excitación, salivación excesiva, vómito y pérdida de la memoria. La falta de oxígeno puede causar la muerte.

	Contacto con la piel:	El vapor no causa daños. El líquido puede causar quemaduras
	Contacto con los ojos:	El vapor no causa daños. El líquido puede causar quemaduras.
	Efectos de la sobreexposición repetida (crónica):	No existe evidencia sobre efectos adversos.
	Otros efectos de sobreexposición:	La descomposición de productos generados a altas temperaturas puede ser irritante.
	Condiciones medicas agravadas por la sobreexposición:	El conocimiento de la información toxicológica disponible y de las propiedades físicas y químicas del material se concluye que debido a la sobreexposición es poco probable que se agraven las condiciones médicas existentes
	Datos de laboratorio significativos, con posible relevancia en la evaluación de la salud humana	Ninguno conocido a la fecha
	Procedimientos de emergencias y primeros auxilios:	
	Ingestión:	Este producto es un gas a temperaturas y presión normales
	Contacto con la piel	En caso de exposición al líquido, de inmediato eleve la temperatura de la parte afectada, con agua caliente (no más de 40°C) En caso de exposición masiva, quite las ropas al paciente bajo ducha caliente. Llame al médico
	Inhalación:	Lleve al paciente al aire fresco. Aplique respiración artificial si no respira. Administre oxígeno si la respiración se dificulta. Llame al médico
	Contacto con los ojos:	En caso de salpicadura, inmediatamente enjuague los ojos con agua en abundancia, durante 15min por lo menos. Llame al médico de inmediato, de preferencia a un oftalmólogo.
	Notas para el medico:	No hay antídoto específico. El tratamiento debe dirigirse al control de síntomas y a la condición clínica
Peligrosos de Fuego y explosión	Punto de ignición	No aplica
	Temperatura de autoignición	No aplica
		Inferior: No aplica
		Superior: No aplica
	Limites de inflamabilidad en el	

	aire % en volumen	
	Métodos de extinción	El hexafluoruro de azufre no puede incendiarse. Utilice técnicas apropiadas para combatir el fuego circundante.
	Procedimientos especiales en caso de incendio:	Evacúe a todo el personal del área de peligro inmediatamente humedézcalos contenedores con agua por aspersión desde una distancia máxima hasta que se enfrien, entonces, si puede hacerlo sin riesgo. Retire los contenedores lejos del área del incendio.
	Peligros inusuales de fuego y explosión:	El gas no es inflamable. El contenedor puede romperse debido al calor del fuego. Ninguna parte del contenedor debe estar sujeta a temperaturas superiores a los 52°C (aprox. 125°F) La mayoría de los contenedores están provistos con un dispositivo de alivio de presión diseñado para ventilar cuando son expuestos a temperaturas elevadas.
Datos de reactividad	Estabilidad	Inestable: ✗ Estable: ✓
	Condiciones a evitar:	Temperaturas excesivas de 800 °C Ver: Precauciones especiales
	Incompatibilidad (Materiales a evitar)	Explota violentamente cuando tiene contacto con disilano
	Productos de descomposición peligrosos:	La descomposición térmica puede producir humos de fluoruros y óxidos sulfúricos tóxicos
	Riesgos de Polimerización	Podría ocurrir ✗ No ocurre: ✓
	Condiciones a evitar:	Ninguna comúnmente conocida
Procedimiento en caso de derrame o fuga	SI EL PRODUCTO SE DERRAMA O FUGA. SIGA LOS SIGUIENTES PASOS: Inmediatamente evacúe a todo el personal del área de peligro. Use equipo de respiración autónomo cuando se requiera. Si puede hacerlo sin riesgo, cierre la fuga Ventile el área de la fuga o lleve a un área bien ventilada el contenedor que presenta fuga. Antes de permitir el reingreso del personal, pruebe el área, especialmente las áreas cerradas para cerciorarse de que hay suficiente oxígeno.	
	MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS: Consulte los ordenamientos que indica a la Ley General de Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente, Reglamentos y Normas Técnicas aplicables en vigencia. Mantenga retirado al personal. Deseche el producto residuos y recipientes desechables de una manera ambientalmente aceptable.	

Información para protección especial	PROTECCIÓN REPIRATORIA: Consulte el reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Instructivo No.17 Fracc. V. De la STPS Utilizar equipo de respiración de aire autónomo de presión positiva en atmósferas deficientes de oxígeno (menores al 19.5% de oxígeno) o en concentraciones de contaminantes, tales, que sean de inmediato peligro para la vida o la salud.	
	VENTILACIÓN:	Extracción local: De preferencia Mecánica general: Aceptable Especial: No Aplica Otra: No aplica
	GUANTES DE PROTECCIÓN: Consulte el reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo. Instructivo No. 17 Fracc. IV de la STPS Utilice guantes de piel o carmaza para el manejo de cilindros.	
	PROTECCIÓN OCULAR: Consulte el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo Instructivo No. 17 Fracc. IV de la STPS Utilice lentes de seguridad con protección lateral, goggles para proteger lentes correctores de la vista o pantallas faciales completas. No deberán utilizarse lentes de tipo de contacto o pupilentes.	
	OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN: Consulte el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Instructivo No.17 Fracc. IV de la STPS Utilice calzado tipo bota con protección metatarsal y puntera de acero para el manejo de cilindros. Los pantalones deberán portarse por fuera del calzado y sin valenciana.	
Precauciones especiales	PRECAUCIÓN: Gas a alta presión. Use tubería y equipo diseñados adecuadamente para resistir posibles presiones. Puede causar sofocación rápida, por la deficiencia de oxígeno. Siempre almacéne y úsese con una ventilación adecuada. Cierre la válvula cuando no lo utilice o cuando se termine el gas.	
	MEZCLAS: Cuando dos o más gases licuados se mezclan, sus propiedades peligrosas pueden combinarse para crear peligros adicionales e inesperados. Obtenga y evalúe la información de seguridad para cada componente, antes de realizar la mezcla. Consulte a un Higienista Industrial, o a otra persona capacitada, cuando haga la evaluación de seguridad de su producto final. Recuerde que los gases y los líquidos tienen propiedades que pueden causar daños muy serios e incluso la muerte. Asegúrese de leer y comprender bien todas las etiquetas e instructivos que se proporcionan en todos los contenedores de este producto. NOTA: La compatibilidad con plásticos debe ser confirmada antes de usarse.	
	OTRAS CONDICIONES DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Nunca trabaje en sistemas presurizados. Si hay alguna fuga. Cierre la válvula del cilindro y ventile el sistema, cuidando que dicha ventilación desfogue a un lugar seguro. Después repare la fuga.	

NOTA IMPORTANTE: Por ningún motivo las condiciones normales del recipiente. No retire la válvula, no golpee el cilindro, no lo use como rodillo, no haga arco eléctrico con él, no lo recargue con otros gases, evite que la válvula o el cuerpo del recipiente se contaminen con grasa o aceite. No desprenda las etiquetas, tomar estas precauciones puede evitarse peligros adicionales.

	Empresa Fundidora de Aluminio	Datos de Seguridad del Producto
Nombre: Argón		
Identificación del producto	Producto:	Argón
	Nombre Químico	Argón
	Formula	Ar
	Sinónimos	Gas de Recubrimiento, Argón-40
	Familia Química	Gas Noble (Gas Raro)
	Peso Molecular	39.948
	Nombre(s) Comercial(es)	Argón (Este producto se utiliza generalmente en soldadura eléctrica).
Riesgos de los componentes	Material (CAS No.) (Chemical Abstracts System No.)	Argón (7440-37-1)
	% Peso	100
	TLV-TWA (ACGIH 1989-1990) Limite de Exposición máxima durante 8hrs/día y 40hrs/Semana	Simple asfixiante
Propiedades Físicas	Punto de ebullición (760 mm Hg)	-185.9°C (-302.6°F)
	Punto de Congelamiento	-189.2°C (-308.6°F)
	Gravedad Especifica (agua01)	Gas
	Presión de vapor a 21°C	Gas
	Densidad del vapor (aire=1)	1.378 @ 21.2°C (70°F)
	Solubilidad en agua % en peso	Insignificante
	Porcentaje de materia volátil en volumen	100
	Coefficiente de Evaporación (Acetato de butilo=1)	No aplica
	Apariencia y Olor	Gas incoloro e inodoro a temperatura y presión normales
Información necesaria para la protección de la salud	Ingestión:	Este producto es un gas a temperatura y presión normales.
	Absorción por la piel:	No hay evidencia de efectos adversos en la información disponible.
	Inhalación:	Asfixiante. Concentraciones moderadas pueden causar jaqueca, somnolencia, mareo, excitación, salivación excesiva, vómito e inconsciencia
	Contacto con la piel:	Ningún efecto dañino producido por el vapor

Contacto con los ojos:	Ningún efecto dañino producido por el vapor
Efectos de la sobreexposición repetida (crónica):	El Argón es asfixiante. La falta de oxígeno puede causar la muerte.
Condiciones medicas agravadas por la sobreexposición:	El conocimiento de la información toxicológica disponible y de las propiedades físicas y químicas del material, sugiere que es improbable que la sobreexposición a este producto agravar condiciones médicas preexistentes
Datos de laboratorio significativos, con posible relevancia en la evaluación de la salud humana	Ninguno conocido a la fecha
Procedimientos de emergencias y primeros auxilios:	
Ingestión:	Este producto es un gas a temperaturas y presión normales
Contacto con la piel	Enjuague con agua en abundancia.
Inhalación:	Lleve al paciente al aire fresco. Aplique respiración artificial si no respira. Administre oxígeno si la respiración se dificulta. Llame al médico
Contacto con los ojos:	En caso de salpicadura, inmediatamente enjuague los ojos con agua en abundancia.
Notas para el medico:	Este producto es inerte. No hay antídoto específico. El tratamiento debe dirigirse al control de síntomas y a la condición clínica
Trabajar con soldaduras y cortadoras puede crear peligros adicionales para la salud los humos y gases:	Pueden ser peligrosos para la salud, y causar enfermedades serias de los pulmones. Mantenga la cabeza lejos de humo. No respire los humos y los gases que se producen durante el proceso. Use suficiente ventilación, extractores o ambos para alejar los humos y gases de su área de respiración y del área general. El tipo y cantidad de los gases depende del equipo y las herramientas utilizadas. Puede haber materiales potencialmente peligrosos en los fundentes, recubrimientos, gases, metales, etc. Un tiempo corto de sobreexposición puede causar malestares tales como mareo o náusea, e irritación o sequedad de nariz,

		garganta u ojos.
Peligrosos de Fuego y explosión	Punto de ignición	No aplica
	Temperatura de autoignición	No aplica
		Inferior: No aplica
		Superior: No aplica
	Limites de inflamabilidad en el aire % en volumen	
Métodos de extinción	El Argón se incendia. Utilice los métodos apropiados para fuegos en el entorno	
Procedimientos especiales en caso de incendio:	Evacúe a todo el personal del área de peligro inmediatamente humedézcalos contenedores con agua por aspersión desde una distancia máxima hasta que se enfríen, entonces, si puede hacerlo sin riesgo. Retire los contenedores lejos del área del incendio. Los arcos eléctricos y las chispas pueden incendiar combustibles. Por ello, durante los procedimientos de soldadura y aleación, refiérase a la Norma Z49.1 de American National Standard.	
Peligros inusuales de fuego y explosión:	El Argón no se incendia. El contenedor puede romperse debido al calor del fuego. Ninguna parte del contenedor debe estar sujeta a temperaturas superiores a los 52°C (aprox. 125°F) La mayoría de los contenedores están provistos con un dispositivo de alivio de presión diseñado para ventilar cuando son expuestos a temperaturas elevadas.	
Datos de reactividad	Estabilidad	Ínestable: × Estable: ✓
	Condiciones a evitar:	
	Incompatibilidad (Materiales a evitar)	No se conoce ninguno a la fecha. El Argón es químicamente inerte.
	Productos de descomposición peligrosos:	A partir de la radiación del arco, pueden formarse óxidos de nitrógeno y ozono. Ver: información necesaria para la protección de la salud. Otros productos de descomposición durante el uso normal, se originan por la volatilización, reacción u oxidación del material que se trabaja.
	Riesgos de Polimerización	Podría ocurrir × No ocurre: ✓
Condiciones a evitar:	Ninguna conocida hasta ahora	

<p>Procedimiento en caso de derrame o fuga</p>	<p>SI EL PRODUCTO SE DERRAMA O FUGA. SIGA LOS SIGUIENTES PASOS: El Argón es asfixiante. Evacúe a todo el personal del área de peligro. Ventile el área de la fuga o lleve a un área bien ventilada el contenedor que presenta fuga. Antes de permitir el reingreso del personal, pruebe el área, especialmente las áreas cerradas para cerciorarse de que hay suficiente oxígeno.</p> <p>MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS: Consulte los ordenamientos que indica a la Ley General de Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente, Reglamentos y Normas Técnicas aplicables en vigencia. Mantenga retirado al personal. Deseche el producto residuos y recipientes desechables de una manera ambientalmente aceptable.</p>			
<p>Información para protección especial</p> <p>*****</p>	<p>PROTECCION REPIRATORIA: Consulte el reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Instructivo No.17 Fracc. V. De la STPS Utilizar equipo de respiración de aire autónomo de presión positiva en atmósferas deficientes de oxígeno (menores al 19.5% de oxígeno) o en concentraciones de contaminantes, tales, que sean de inmediato peligro para la vida o la salud.</p> <table border="1" data-bbox="283 748 986 862"> <tr> <td data-bbox="283 748 593 862"> <p>VENTILACIÓN:</p> </td> <td data-bbox="593 748 986 862"> <p>Extracción local: De preferencia Mecánica general: Aceptable Especial: No Aplica Otra: No aplica</p> </td> </tr> </table> <p>GUANTES DE PROTECCIÓN: Consulte el reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo. Instructivo No. 17 Fracc. IV de la STPS Utilice guantes de piel o camaza para el manejo de cilindros.</p> <p>PROTECCIÓN OCULAR: Consulte el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo Instructivo No. 17 Fracc. IV de la STPS Utilice lentes de seguridad con protección lateral, goggles para proteger lentes correctores de la vista o pantallas faciales completas. No deberán utilizarse lentes de tipo de contacto o pupilentes.</p> <p>OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN: Consulte el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Instructivo No.17 Fracc. IV de la STPS Utilice calzado tipo bota con protección metatarsal y puntera de acero para el manejo de cilindros. Los pantalones deberán portarse por fuera del calzado y sin valenciana.</p>		<p>VENTILACIÓN:</p>	<p>Extracción local: De preferencia Mecánica general: Aceptable Especial: No Aplica Otra: No aplica</p>
<p>VENTILACIÓN:</p>	<p>Extracción local: De preferencia Mecánica general: Aceptable Especial: No Aplica Otra: No aplica</p>			

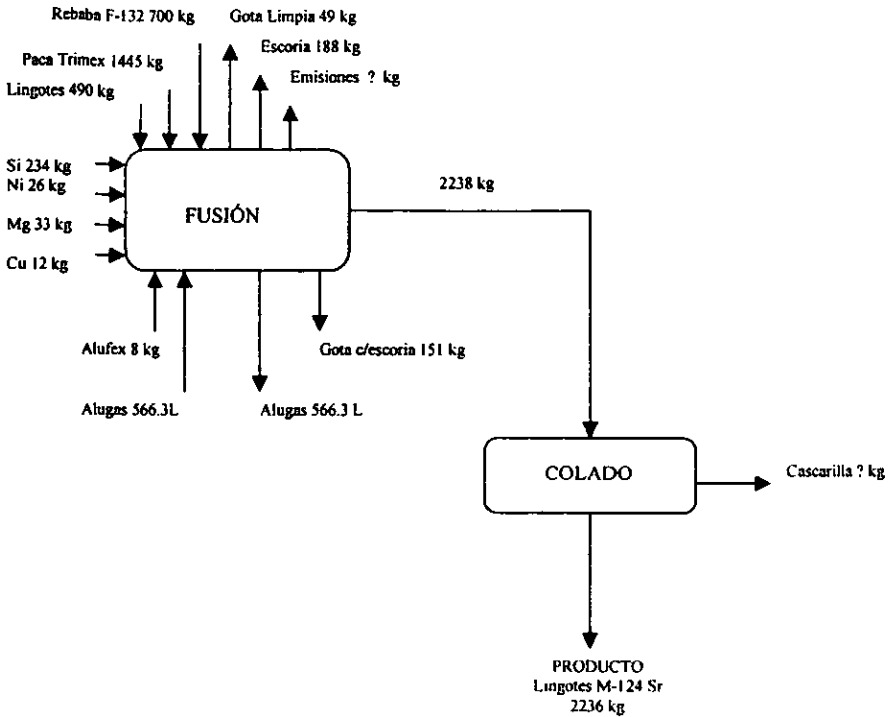
<p>Precauciones especiales</p>	<p>PRECAUCION: Los humos y gases no pueden ser clasificados con facilidad. La composición y la cantidad de ambos, dependen del metal que se esté trabajando del proceso, de los procedimientos y de los electrodos utilizados. Otros elementos con influencia en la cantidad de humos y gases en que los trabajadores se ven expuestos, incluyen: recubrimientos en el metal trabajado (tales como pintura, plateado o galvanizado), el número de trabajadores y el volumen del área de trabajo, la calidad y cantidad de la ventilación, la posición de la cabeza del trabajador a la emisión de humo, así como la presencia de contaminantes en la atmósfera (tales como vapores de hidrocarburos clorinados que se desprenden de actividades de limpieza y desengrasado)</p> <p>Lea y comprenda bien las instrucciones del fabricante y las etiquetas de precauciones en el producto Ver la Norma Z49.1 de American National Standard. "Seguridad en cortado y soldadura", publicada por la Sociedad Americana de soldadura, véase también la publicación OSHA 2206 (29CFR1910)</p> <p>OTRAS CONDICIONES DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO: Prevenga los incendios. Recuerde que los arcos y las chispas que se producen durante el uso, pueden ser una fuente de ignición para materiales combustibles.</p> <p>En una mezcla de gases a alta presión. Use tubería y equipo diseñado adecuadamente para soportar presiones inesperadas. El gas puede provocar una sofocación rápida, debido a la deficiencia de oxígeno. Almacene y úselo con ventilación adecuada. Cierre la válvula cuando no lo use y cuando se termine el contenido. No utilice el arco en el cilindro. Una quemadura provocada por el calor del arco puede provocar la ruptura del cilindro. No ancle el cilindro. Nunca trabaje en un sistema presurizado.</p> <p>NOTA IMPORTANTE: Por ningún motivo las condiciones normales del recipiente. No retire la válvula, no golpee el cilindro, no lo use como rodillo, no haga arco eléctrico con el, no lo recargue con otros gases, evite que la válvula o el cuerpo del recipiente se contaminen con grasa o aceite. No desprenda las etiquetas, tomar estas precauciones puede evitarse peligros adicionales.</p>
---------------------------------------	--

	Empresa Fundidora de Aluminio	Datos de Seguridad del Producto
Nombre: FUND-AL2 Nombre del Fabricante: Horus Internacional, S.A. de C.V.		
Identificación del producto	Producto:	Fund-AL2
	Componentes:	Na ₂ SiF ₆ NaF ₃ AlF ₃ Na ₂ SO ₄ KCl Cloruros
	Apariencia-Olor	Polvo blanco sin olor, 20 afinos
	Punto de Fusión	620 °C
	Solubilidad en agua	85%
Riesgos de Incendio y Explosión	No aplicable	
Datos sobre riesgos a la salud	Guía de salud TWA recomendable:	Tiempo máximo de exposición por concentración de pesos promedio en 8 horas de trabajo.
	Es un material que emana pocos humos no tóxicos, no obstante se recomienda usarlo en lugares ventilados.	
	Efectos sobre exposición:	No se han dado casos de intoxicación durante la manufactura ni enfermedades gastrointestinales o por problemas respiratorios o irritación.
Procedimientos de emergencia y primeros auxilios	Contacto con los ojos:	Lavar con agua abundante
	Inhalación:	Trasladarse a otro sitio, respirar aire fresco.
	Contacto con la piel:	Lavar con agua y jabón
	Ingestión:	Tomar 1/2 L de leche y guardar reposo durante una hora. En caso de que persistan las molestias, se deberá recibir atención médica.
Datos de reactividad	No aplicable	
Procedimiento en caso de derrame o fuga	Si el producto se derrama del empaque original se deberá de reenvasar y sellar de nuevo.	

Método para desechar o destruir el material	Aplicando flama directa a más de 600 °C	
Información para protección especial	VENTILACIÓN:	Sistema de extracción de aire por gravedad.
	Protección respiratoria:	Sólo si está en un lugar muy cerrado sin ventilación, usar mascarilla para vapores y humos.
	Guantes protectores y protección a los ojos:	Guantes de camaza y careta o goggles.
Almacenamiento	Tiempo de vida:	36 meses
	Almacenaje:	Bajo lugar techado y libre de humedad.
	Precauciones especiales:	Evitar contacto con ácidos y soluciones alcalinas.
Generales	Destino del material	Area de fusión en fundición.

ANEXO V: MEMÓRIA DE CÁLCULO

BALANCE DE MATERIA



Balance

Producto = entradas – salidas

Producto = (Rebaba F-132 + Paca Trimex + Lingotes + Si + Ni + Mg + Cu + Alufex) – (Gota Limpia + Escoria + Gota c/escoria + Emisiones)

NOTA: El Alugas no lo tomamos en cuenta en el balance ya que se consideró que lo mismo que entra es lo que sale

La incógnita son las Emisiones

$2238 \text{ kg} = (700 \text{ kg} + 1445 \text{ kg} + 490 \text{ kg} + 234 \text{ kg} + 26 \text{ kg} + 33 \text{ kg} + 12 \text{ kg} + 8 \text{ kg}) - (49 \text{ kg} + 188 \text{ kg} + 151 \text{ kg} + \text{Emisiones})$

2238 kg = 2948 kg – 388 kg – Emisiones
Emisiones = 2560 kg – 2238 kg
Emisiones = 322 kg

Si el producto fue de 2226 kg y se obtuvo de la fundición 2238 kg, se obtiene que:
2238 kg – 2226 kg = 12 kg
Cascarilla es de 12 kg

Balance de Materia de emisiones

En el lote seguido hubo un consumo de combustible, a partir de datos que ha generado la empresa, en este caso se consideró que se requiere 1 L de gas por cada 3.03 kg de producto, lo que implica que:

1 L de gas ——— 3.03 kg de producto
? L de gas ——— 2226 kg de producto

= 734.65 L de gas consumido en este lote

La composición del gas es de 40% propano y 60% butano dándonos:
Propano = 293.86 L = 10.38 ft³
Butano = 440.79 L = 15.57 ft³

Teóricamente se tienen 322 kg de emisiones
*Considerando Combustión Completa**

Propano : 10.38 ft³ ✖ 3 ft³ de CO₂/ ft³ combustible = 31.14 ft³ de CO₂/ combustible
✖ 4 ft³ de H₂O/ ft³ combustible = 41.52 ft³ de H₂O/ combustible
✖ 18.82 ft³ de N₂/ ft³ combustible = 195.35 ft³ de N₂/ combustible

Butano : 15.57 ft³ ✖ 4 ft³ de CO₂/ ft³ combustible = 62.28 ft³ de CO₂/ combustible
✖ 5 ft³ de H₂O/ ft³ combustible = 77.85 ft³ de H₂O/ combustible
✖ 24.47 ft³ de N₂/ ft³ combustible = 381 ft³ de N₂/ combustible

Sumando del propano y butano los gases nos da:

CO₂ = 93.42 ft³ = 2645.36 L
H₂O = 119.37 ft³ = 3380.18 L
N₂ = 576.35 ft³ = 16320.41 L
Suma = 789.14 ft³ = 22345.95 L

La producción anual considerada en las estimaciones fue de 6,000 ton/año calculada con datos indicados en la Licencia Ambiental Única tramitada en 1999

* PERRY, Manual del Ingeniero Químico. 1995, Mc-Graw Hill, Sexta Edición, Tomo III, tabla 9-30

Realizando un ejemplo:

2226 kg/lote de aleación ----- 6,000,000 kg/año de aleación
93.42 ft³/lote de CO₂ ----- ? ft³/año de CO₂

CO₂ = 251,805.93 ft³/año = 7,130,350.40 L/año
H₂O = 321,752.02 ft³/año = 9,110,997.30 L/año
N₂ = 1,553,504.04 ft³/año = 43,990,323.45 L/año

Para obtener la masa de los gases:

Total de gases de combustión en el lote seguido es de 22,345.95 L
El peso molecular se calcula así:

PM = CO₂ = (93.42 ft³ de CO₂ / 789.14 ft³ totales) * (44 g/gmol) = 5.21
H₂O = (119.37 ft³ de H₂O / 789.14 ft³ totales) * (18g/gmol) = 2.72
N₂ = (576.35 ft³ de N₂ / 789.14 ft³ totales) * (28g/gmol) = 20.45
Sumando = 28.38g/gmol

PM = 28,38 g/gmol

Con la ayuda de los gases ideales y teniendo las siguientes condiciones:

P = 1 atm
T = 0°C = 273.15°K
R = 0.082 m³*atm/kgmol °K
V = 789.2 ft³ = 22.35 m³

$$P * V = n * R * T \text{ donde } n = m/PM$$

Despejando la masa m

$$m = \frac{P * V * PM}{R * T}$$

$$m = \frac{(1 \text{ atm}) (22.35 \text{ m}^3) (28.38 \text{ kg/kgmol})}{(0.082 \text{ m}^3 * \text{atm/kgmol } ^\circ\text{K}) (273.15 ^\circ\text{K})} = 28.32 \text{ kg/lote}$$

La masa de 28.32 kg/lote es solamente de los gases de combustión del gas L.P. por lo tanto de las 322 kg de emisiones (322 kg – 28.32 kg = 293.68kg), estos 293.68 kg son de gases de combustión de solventes y refrigerantes que lleva la materia prima.

BALANCE DE ENERGÍA

Calculando el Calor ▼

$$C_p = 8.42 \text{ cal/mol } ^\circ\text{C} \times (1\text{gmol} / 27\text{g}) = 0.3119 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} = 0.3119 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_f = 96 \text{ cal/g} = 96 \text{ kcal/kg}$$

m = la masa de material a fundir

m = Salida antes de moldear + Gota limpia + Escoria + Gota c/ escoria

$$m = 2238\text{kg} + 49\text{kg} + 188\text{kg} + 151\text{kg} = 2626 \text{ kg}$$

ΔT = temperatura del aluminio fundido menos temperatura ambiente

$$\Delta T = 850 \text{ } ^\circ\text{C} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De aquí que:

$$Q_1 = (m \times C_p \times \Delta T) + (\lambda_f \times m)$$

$$Q_1 = ((2626\text{kg}) (0.3119 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}) (850 - 20^\circ\text{C})) + (96\text{kcal/kg}) (2626\text{kg})$$

$$Q_1 = 931,907\text{kcal}$$

Para el gas L.P. el consumo de energía ya se calculo y es de: 734.65 L de gas L.P. en este lote de producción.

Tenemos que el poder calorífico del gas L.P (Perry, 1995)

Propano = 91,500 BTU/gal

Butano = 90,288.81 BTU/gal

Propano 40% = 36,600 BTU/gal

Butano 60% = 54,173.29 BTU/gal

Sumándolos = 90,773.29 BTU/gal

$$\frac{90,773.29 \text{ BTU}}{1 \text{ gal}} \times \frac{0.252 \text{ kcal}}{1 \text{ BTU}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} = 6043.56 \text{ kcal/L}$$

El calor proporcionado por el gas es de:

$$734.65 \text{ L} \times 6043.56 \text{ kcal/L} = 4,439,901 \text{ kcal}$$

Lo llamaremos $Q_2 = 4,439,901 \text{ kcal}$

- Lo cual significa que hubo una pérdida de energía de $Q_1 - Q_2 = 3,507,994 \text{ kcal}$
- El consumo de gas L.P. es de $Q_2 / Q_1 = 4.76$ veces mayor al requerido

▼ VALIENTE B., ANTONIO y PRIMO S., RUBI. Problemas de Balances de Energía. 1986. Editorial Alhambra Mexicana. México. D.F.

- La cantidad de gas L.P. gastado en exceso es de 734.65 L – (734.75 L / 4.76 veces) = 580.31 L
- El costo de combustible extra es: * El gas L.P. vale \$ 1.84 el litro* Si el exceso es de 580.31 L el costo es de \$1067.77
- Si el costo es de \$1067.77 y se produjo 2226 kg de aleación se tiene \$1067.77 / 2226 kg = \$0.5 / kg de aleación producido

La capacidad energética de diseño del horno es de $2.6 \cdot 10^6$ BTU/h y la capacidad real medida es de $1.5 \cdot 10^6$ BTU/h esto nos indica que:

$1.5 \cdot 10^6$ BTU/h ——— 100%
 $2.6 \cdot 10^6$ BTU/h ——— ? %

R= 173.33%

El horno está sobredimensionada en un 73.33%

4. COSTOS ASOCIADOS AL LOTE DE PRODUCCIÓN

Al saber que se produjo 2226 kg
 Y el costo total de lote es de \$30,375.00

Se sabe que $\$30,375.00 / 2226 \text{ kg} = \$13.6 / \text{kg}$ de aleación producida

OPORTUNIDADES

Oportunidad 3

Se produjeron 2238 kg de producto y se sabe que cada lingotera contiene 12 kg, entonces si dividimos resulta que son 37 lingoterías las que fueron llenadas en ésta carga

Si se sabe que se provoca pérdidas de material en el vaciado estimadas en 0.2 kg/lingotera, entonces 37 lingoterías $\times 0.2 \text{ kg/lingotera} = 7.4 \text{ kg}$

Para obtener el dato anual
 $2226 \text{ kg/lote} \text{ ----- } 6,000,000 \text{ kg/año}$
 $7.4 \text{ kg/lote} \text{ ----- } ? \text{ kg/año}$

= 19946 kg/año

El consumo de gas fue de 734.65 L de gas y su precio es de \$1.84 por litro, dándonos un precio de \$1,351.85 de gas L.P. ; la producción es de 2236 kg de aleación.

$\$1,351.85/2236 \text{ kg} = \$0.61 \text{ kg de aleación producida}$

entonces:

$19946 \text{ kg/año} \times \$0.61 \text{ kg de aleación producida} = \$12,167.06 \text{ /año}$

Oportunidad 6

La inversión para tapas de acero con material refractario es de $\$29,500.00$

Costo de energía extra $\$1067.77$

$2226 \text{ kg/lote} \text{ --- } 6,000,000 \text{ kg/año}$

$\$1067.77/\text{lote} \text{ --- } ? \text{ \$/año}$

$= \$2,878,087 \text{ / año lo que ahorraría}$

Recuperación de la inversión = $\frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Ahorros anuales}} = \frac{\$29,500.00}{\$2,878,087/\text{año}} = 1.025 \cdot 10^{-2} \text{ años}$

Recuperación de la inversión $\approx 0.12 \text{ meses} \approx 4 \text{ días}$

Oportunidad 7

Ahorro del 15%

$734.65 \text{ L de gas L.P.} \text{ --- } 100\%$

$? \text{ L de gas L.P.} \text{ --- } 15\%$

$= 110.20 \text{ L es el ahorro}$

Si el litro vale $\$1.84$, tenemos un ahorro de $\$202.76$

$2226 \text{ kg /lote} \text{ --- } 6,000,000 \text{ kg/año}$

$\$202.76/\text{lote} \text{ --- } ? \text{ \$/año}$

$= \$546,523/\text{año}$ es lo que se ahorraría anualmente al sustituir los quemadores

Inversión $\$158,490.59$ cada horno de reverbero

$\$111,595.84$ cada horno de crisol

Son 5 hornos de reverbero y 6 hornos de crisol por lo que se tiene una inversión total de $= \$1,462,028$

Periodo de recuperación = $\frac{\text{inversión de capital}}{\text{Ahorro anual}} = \frac{\$1,462,028}{\$546,523/\text{año}} \approx 2.67 \text{ años} \approx 2 \text{ años } 8 \text{ meses}$

Si existe un ahorro del 15% por cambio de quemadores, la cantidad en masa de gases de combustión del gas L.P. disminuida de la $m = 28.32 \text{ kg}$ el 15% sería de 4.25 kg , lo cual implica que la cantidad de gases de combustión serían con una combustión completa de 24.07 kg

Tenemos que: $P \times V = n \times R \times T$ pero $n = m/PM$

$$\text{Despejando } V = \frac{m \times R \times T}{P \times PM}$$

$$V = \frac{(24.07 \text{ kg}) (0.082 \text{ m}^3 \cdot \text{atm} / \text{kgmol} \cdot \text{°K}) (273.15 \text{°K})}{(1 \text{ atm}) (28.38 \text{ g/gmol})} = 19 \text{ m}^3 = 670.98 \text{ ft}^3$$

De aquí que si:

$$\begin{aligned} 789.14 \text{ ft}^3 \text{ totales} & \text{-----} 93.42 \text{ ft}^3 \text{ de CO}_2 \\ 670.98 \text{ ft}^3 \text{ totales} & \text{-----} ? \text{ ft}^3 \text{ de CO}_2 \quad \text{CO}_2 = 79.43 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 789.14 \text{ ft}^3 \text{ totales} & \text{-----} 119.37 \text{ ft}^3 \text{ de H}_2\text{O} \\ 670.98 \text{ ft}^3 \text{ totales} & \text{-----} ? \text{ ft}^3 \text{ de H}_2\text{O} \quad \text{H}_2\text{O} = 101.50 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 789.14 \text{ ft}^3 \text{ totales} & \text{-----} 576.35 \text{ ft}^3 \text{ de N}_2 \\ 670.98 \text{ ft}^3 \text{ totales} & \text{-----} ? \text{ ft}^3 \text{ de N}_2 \quad \text{N}_2 = 490.05 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

La cantidad disminuida es de:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 93.42 - 79.43 = 13.99 \text{ ft}^3/\text{lote} \\ \text{H}_2\text{O} &= 119.37 - 101.50 = 17.87 \text{ ft}^3/\text{lote} \\ \text{N}_2 &= 576.34 - 490.05 = 86.30 \text{ ft}^3/\text{lote} \end{aligned}$$

Para sacar la cantidad disminuida anualmente se tiene que:

$$\begin{aligned} 2226 \text{ kg/lote} & \text{-----} 6,000,000 \text{ kg/año} \\ 13.99 \text{ ft}^3/\text{lote de CO}_2 & \text{-----} ? \text{ ft}^3/\text{año de CO}_2 \end{aligned}$$

Se obtiene de:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 37,708.89 \text{ ft}^3/\text{año} = 1,067.80 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{H}_2\text{O} &= 48,167.11 \text{ ft}^3/\text{año} = 1,363.94 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{N}_2 &= 232,614.55 \text{ ft}^3/\text{año} = 6,586.91 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Total de emisiones disminuidas = 318,490.55 ft³/año = 9,018.65 m³/año gases de combustión

Dicho de otra manera, se disminuirán en:

$$m = \frac{P \times V \times PM}{R \times T}$$

$$m = \frac{(1 \text{ atm}) (9,018.65 \text{ m}^3/\text{año}) (28.38 \text{ kg/kgmol})}{(0.082 \text{ m}^3 \text{ atm/kgmol} \cdot \text{°K}) (273.15 \text{°K})}$$

$$m = 11,427.17 \text{ kg/año}$$

Oportunidad 9.

El no consumo de gas sería de:

2226 kg/lote ----- 6,000,000 kg/año

\$1351.8/lote ----- ? \$/año

= \$3,643,665.77/año

Para la recuperación de la inversión

1 horno = $\frac{\$2,000,000}{\$3,643,665.77} = 0.55 \text{ años} \approx 6 \text{ meses}$

2 hornos = $\frac{\$3,400,000}{\$3,643,665.77} = 0.93 \text{ años} \approx 11 \text{ meses}$

Mitad producción $\frac{\$1,700,000}{(\$3,643,665.77 / 2)} = 0.93 \text{ años} \approx 11 \text{ meses}$

La cantidad de emisiones de gases por combustión del gas L.P. disminuiría en su totalidad
2,127,061.99 ft³/año = 60,231.69 m³/año

$$m = \frac{P \times V \times PM}{R \times T}$$

$$m = \frac{(1 \text{ atm}) (60,231.69 \text{ m}^3/\text{año}) (28.38 \text{ kg/kgmol})}{(0.082 \text{ m}^3 \text{ atm/kgmol } ^\circ\text{K}) (273.15 \text{ } ^\circ\text{K})}$$

$$m = 76,317.19 \text{ kg/año}$$

y 1 horno para la mitad de la producción total disminuiría a
(76,323 kg/año) / 2 = 38,158.59 kg/año

Oportunidad 10

Para sacar los HP del motor se tomó:

Corriente = 7.5 Amper

Voltaje = 185 Volts

$$P = V \times C$$

$$P = 185 \text{ Volts} \times 7.5 \text{ Amper} = 1,387.5 \text{ Watts}$$

$$P = 1,387.5 \text{ Watts} = 1.86 \text{ HP} = 2 \text{ HP debe ser el motor}$$

El motor está sobrediseñado ya que este es de 5HP y debe ser de 2HP

El ahorro generado es de \$1,031/año

Oportunidad 11

8 kg ----- 100%
? kg ----- 2.5%

= 0.2 kg es el 2.5%

0.2 kg si el costo es de \$4.7/kg de aleación producida
\$0.94/lote

Para obtener el dato anual

2226 kg/lote ----- 6,000,000 kg/año
\$0.94/lote ----- ? \$/año

= \$2533.7/año

ANEXO VI: MEMORIA FOTOGRÁFICA

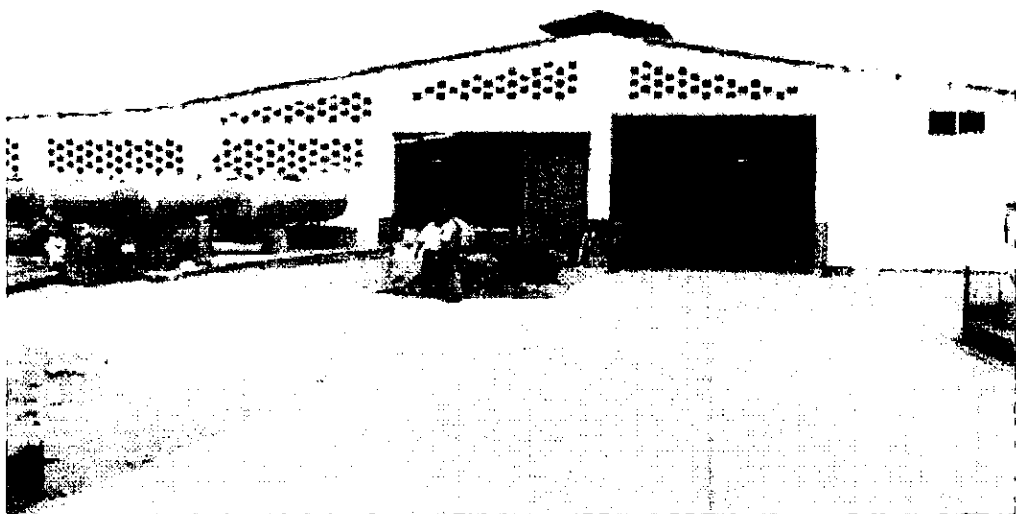


Fig. 1 Area de tanques de gas L.P. y entrada a la empresa



Fig. 2 Montacargas y área de rebabas



Fig. 3 Area de chatarra y lingoteras



Fig. 4 Lingoteras listas para llenado



Fig. 5 Llenado de lingoteras con el metal fundido

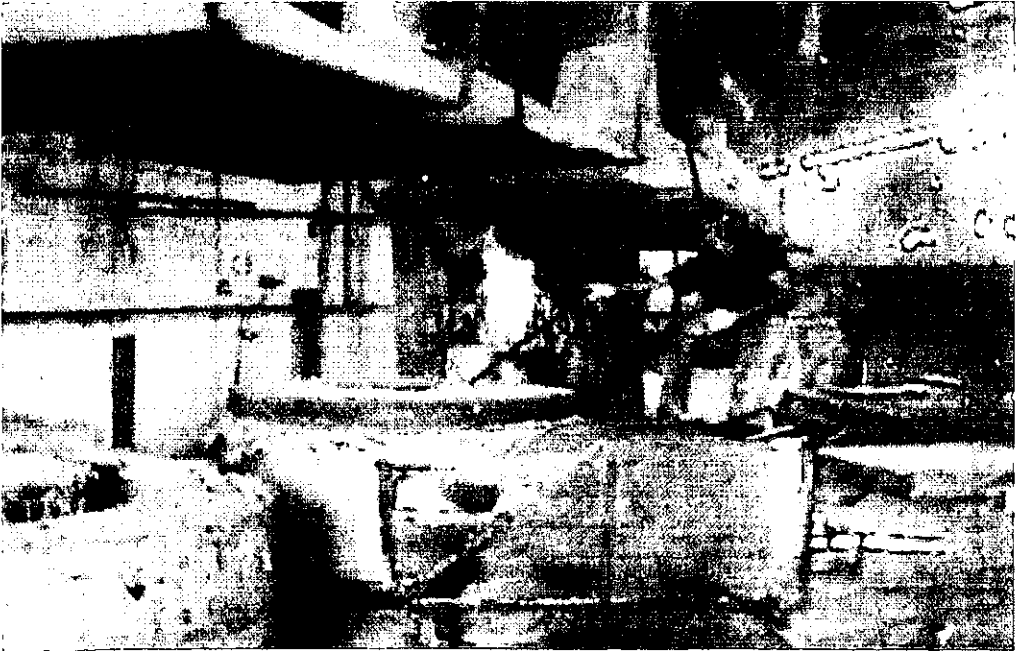


Fig. 6 Area de Crisoles



Fig. 7 Horno de reverbero en operación



Fig. 8 Carga de rebaba en un horno de reverbero



Fig. 9 Escoria sacada del horno de reverbero



Fig. 10 Emisión de humos dentro de la nave en el horno de reverbero



Fig. 11 Area de producto terminado



Fig. 12 Lingotes listos para entrega a clientes



Fig. 13 Lingotes con destino a clientes



Fig. 14 Medición de emisiones para complementar balances de materia