



**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DE UNA PLANTA
RECICLADORA DE ALUMINIO A NIVEL INDUSTRIAL”**



PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTADO POR:

JOSÉ ROBERTO MARTÍNEZ PERLA

JOSÉ JAKSON MINEROS ALVARADO

SEPTIEMBRE, 1999

SOYAPANGO, SAN SALVADOR

EL SALVADOR, C. A.

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

RECTOR:

ING. FEDERICO MUIGEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL:

PADRE PEDRO GARCÍA

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA:

ING. CARLOS GUILLERMO BRAN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN:

ING. RENÉ MAURICIO HERNANDEZ ORTIZ

JURADO EXAMINADOR:

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEON TORRES

ING. FIDEL ANGEL BLANCO UMAÑA

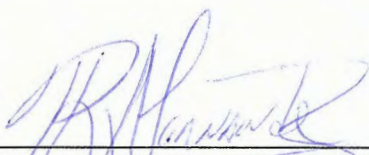
UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

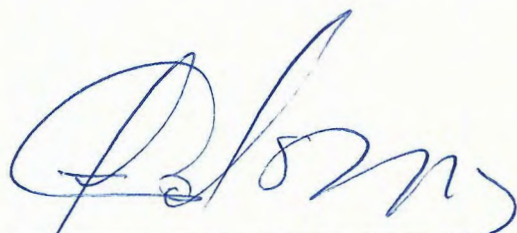
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION.

**“ ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TECNICA DE UNA PLANTA RECICLADORA
DE ALUMINIO A NIVEL INDUSTRIAL”.**



**ING. RENE MAURICIO HERNANDEZ
ASESOR**



**ING. FRANCISCO ALFREDO DELEON.
JURADO.**



**ING. FIDEL ANGEL BLANCO
JURADO.**

AGRADECIMIENTOS:

- A Dios Todo Poderoso, a San Juan Bosco y María Auxiliadora por haberme guiado hasta el final de este triunfo.
- A mis padres, Roberto y Cristabel, quienes siempre me brindaron apoyo y me educaron de manera responsable para que lograra mis objetivos y metas.
- A mis hermanos Mercy, Selvyn y María, quienes me han acompañado y ayudado a lo largo de mi carrera.
- A Verónica, por estar siempre a mi lado a lo largo de todos estos años apoyándome, dándome comprensión y apoyo incondicional.
- A mis compañeros de Trabajo y a mis amigos, por el apoyo y la confianza que me brindaron desde el inicio.

José Roberto.

AGRADECIMIENTOS:

- A Dios Todo Poderoso y a la Santísima Virgen por haberme iluminado para concluir mi carrera.
- A mi madre, por su infinito apoyo y comprensión, que me motivaron a seguir adelante.
- A mi hermana, por todos sus sacrificios.
- A mis familiares, por sus consejos y ánimos.

José Jakson.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. DEFINICIÓN DEL TEMA	3
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3 ALCANCES.....	5
1.4 LIMITACIONES.....	6
1.5 ANTECEDENTES.....	7
1.6 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	8
1.7 PROYECCIÓN SOCIAL.....	9
II. EL MERCADO DEL RECICLAJE DE ALUMINIO EN EL AMSS	13
2.1 EL SECTOR INFORMAL.....	14
2.2 EL SECTOR FORMAL.....	15
2.3 EL MERCADO DEL ALUMINIO.....	16
2.4 ESPECIFICACIONES PARA LATAS DE ALUMINIO.....	18
2.5 VOLÚMENES, PRECIOS Y GANANCIAS.....	23
III. MARCO TEÓRICO	26
3.1 OBTENCIÓN DEL ALUMINIO.....	27
3.2 CUALIDADES DEL ALUMINIO.....	28
3.3 FUNDICIÓN DEL ALUMINIO.....	31
3.4 SITUACIÓN ACTUAL.....	33
3.5 TÉCNICAS DE MOLDEO.....	35
3.5.1 MOLDEO EN ARENA.....	37
3.5.2 OTRAS TÉCNICAS DE MOLDEO.....	43
3.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ALUMINIO FUNDIDO.....	44
IV. DISEÑO DE Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	46
4.1 CONCEPTO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	47
4.2 VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	48
4.3 LOS TIPOS CLÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN.....	49
4.4 EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN A ADOPTAR.....	51
4.5 LA INVERSIÓN SEGÚN EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN.....	53
4.6 FACTORES QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN.....	54
4.6.1 MATERIAL.....	55
4.6.2 FACTOR MAQUINARIA Y EQUIPO.....	55
4.6.3 FACTOR HOMBRE.....	62
4.7 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO Y DE PLANTA.....	63
4.8 OPERACIÓN DE LA PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO.....	64

4.9 EL PERSONAL OPERATIVO.....	64
4.10 SALARIOS.....	65
4.11 SERVICIOS.....	67
4.12 EQUIPO DE OFICINA Y UTENSILIOS.....	67
4.13 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECICLADO DE ALUMINIO.....	67
4.13.1 FINALIDAD DE LOS DIAGRAMAS.....	67
4.13.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS.....	68
4.13.3 SÍMBOLOS.....	68
4.14 NORMAS DE CALIDAD.....	72
4.14.1 ESTRUCTURA DE ISO.....	72
4.14.2 LA FAMILIA DE NORMAS ISO 9000.....	75
4.15 LA NORMA INTERNACIONAL ISO 9000-1: 1994.....	76
4.16 SELECCIÓN DE LA NORMA PARA UNA EMPRESA.....	76
4.17 EL SISTEMA DE CALIDAD.....	79
4.18 NORMAS DE LA SERIE ISO 14000.....	81
4.18.1 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL SAA.....	82
4.18.2 MOVIMIENTO HACIA LOS SAA.....	83
4.18.3 NORMAS DE ORGANIZACIÓN O PROCESO.....	84
4.18.4 NORMAS ORIENTADAS A PRODUCTO.....	85
4.19 ISO 14040: ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL – EVOLUCIÓN DEL CICLO DE VIDA, PRINCIPIOS Y LINEAMIENTOS.....	86
V. <i>ELECCIÓN Y DISEÑO DEL HORNO</i>	87
5.1 GENERALIDADES.....	88
5.2 TIPOS DE HORNOS ELÉCTRICOS.....	89
5.2.1 HORNOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	89
5.2.2 HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO.....	91
5.2.3 HORNOS DE INDUCCIÓN.....	93
5.3 REFRACTARIOS.....	98
5.4 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.....	100
5.4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL HORNO.....	100
5.4.2 TRANSFERENCIA DE CALOR DEL HORNO.....	102
5.4.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN.....	103
5.4.3.1 CONDUCCIÓN EN ESTADO ESTABLE.....	104
5.4.3.2 CONDUCCIÓN EN PAREDES COMPUESTAS.....	104
5.4.3.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN.....	106
5.4.4 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN.....	108
5.4.4.1 CONVECCIÓN NATURAL.....	109
5.4.4.2 CÁLCULO DE h_c	109

5.4.4.3	CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR POR CONVECCIÓN.....	109
5.4.5	TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.....	110
5.4.5.1	PLANOS PARALELOS INFINITOS.....	112
5.4.5.2	CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR RADIACIÓN.....	113
5.4.6	REQUERIMIENTOS DE CALOR DEL ALUMINIO A FUNDIR.....	114
5.5	ELECCIÓN DEL HORNO DE FUNDICIÓN.....	116
VI.	SOLUCIÓN A LAS ETAPAS DE CONTAMINACIÓN.....	117
6.1	MARCO LEGAL.....	118
6.2	EMISIONES DE CONTAMINANTES AL AIRE.....	119
6.3	CONTROL DE EMISIONES AL AIRE.....	123
6.3.1	NORMA CALIDAD AIRE.....	123
6.3.2	NORMA DE COMBUSTIBLE.....	124
6.4	SOLUCIÓN A LAS ETAPAS DE CONTAMINACIÓN.....	125
6.5	DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN.....	126
6.5.1	CAMPANAS.....	127
6.5.1.1	CAPTACIÓN DEL CONTAMINANTE.....	127
6.5.1.2	PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS CAMPANAS.....	128
6.5.2	VENTILADORES.....	131
6.5.3	ELECCIÓN DEL VENTILADOR.....	131
6.6	APARATOS DE CAPTURA POR PARED.....	132
6.6.1	SEDIMENTADORES POR GRAVEDAD.....	132
6.6.2	SEDIMENTADORES POR INERCIA.....	134
6.6.3	CICLONES.....	135
6.6.4	DIMENSIONAMIENTO DE CICLÓN.....	138
VII.	ESTUDIO ECÓNOMICO.....	141
7.1	COSTO DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO.....	142
7.1.1	COSTEO DE OBRA MECÁNICA.....	142
7.1.2	OBRA CIVIL.....	148
7.2	EL ACTIVO TANGIBLE.....	153
7.3	DEPRECIACIÓN LINEAL.....	154
7.4	DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	155
7.5	EL PUNTO DE EQUILIBRIO.....	157
7.6	VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	161
7.7	TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR).....	163
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
	BIBLIOGRAFÍA.....	168
	GLOSARIO.....	171
	ANEXOS.....	175

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se plantean soluciones a la contaminación, producto del reciclaje y fundición del aluminio, según los procesos y métodos empleados en El Salvador.

Dado los altos niveles de contaminación que existen en el país, es necesario desarrollar tecnologías y procesos industriales, que permitan la conservación del medio ambiente a partir del reciclaje de materiales desechados, provenientes de un proceso de producción y uso.

La industria salvadoreña debe dar un paso hacia adelante, en el sentido de absorber los productos reciclados en sus procesos productivos, así como encontrar salida al mercado internacional de reciclaje, para lograr de esta forma su fortalecimiento mediante la utilización de materia prima de bajos costos. Dicho paso debe estar acompañado del diseño de tecnologías y procesos limpios, necesarios para absorber los materiales reciclados con el objeto de evitar la contaminación que se produce al reincorporar dichos materiales a la producción.

Las nuevas tecnologías deben asegurar que la industria del reciclaje ofrezca similar o mejor calidad y precio que las materias primas vírgenes para poder hacer su uso viable.

Tomando en cuenta lo anterior, la universidad Don Bosco está orientando a su población estudiantil a realizar estudios relacionados con la protección y cuidado del medio ambiente; en este sentido, se realiza el presente estudio, con el fin de presentar una opción más limpia para el proceso del reciclado del aluminio en El Salvador, y plantear así una solución viable al problema de la contaminación existente en los procesos actualmente utilizados en la fundición del aluminio proveniente de los desechos sólidos.

Se plantea además el estudio para el diseño y operación de una planta de fundición para producir lingotes de aluminio de uso industrial a partir de la recuperación de envases de bebidas y otros elementos que se encuentran en botaderos a cielo abierto y en ventas de chatarra.

La actividad del reciclado del aluminio mediante procesos de fundición, presenta en sí una solución al problema de disposición final de desechos sólidos provenientes de la basura; sin embargo, en ciertas etapas del proceso se presentan otros tipos de contaminación propios del método de fundición empleado.

Con el objeto de diseñar un proceso de reciclado de aluminio que produzca un mínimo de contaminación se plantea en los capítulos siguientes del proyecto, las tecnologías adecuadas y aplicables al contexto de la industria de El Salvador dado el marco legal existente.

Se presenta además un estudio económico de la parte técnica del reciclado del aluminio y se describen brevemente las técnicas de moldeo existentes en El Salvador para así orientar hacia ellos el estudio; se definen los canales adecuados para la recolección del insumo, se presenta el diseño del horno de fundición acorde a la propuesta de procesos y tecnologías no contaminantes y por último se presentan las conclusiones pertinentes.

CAPITULO 1
DEFINICIÓN DEL TEMA.

I. DEFINICIÓN DEL TEMA.

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Realizar el estudio de factibilidad técnica y económica de una planta recicladora de aluminio a nivel industrial, que emplee procesos y tecnologías amigables al medio ambiente.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir la obtención del aluminio como materia prima virgen y las técnicas de moldeo comunes empleadas en El Salvador;
- Investigar y definir el mercado del reciclaje del aluminio, tomando como base el área metropolitana de San Salvador;
- Definir las etapas del reciclado de latas de aluminio y otras piezas que producen contaminación durante su reciclado, con el fin de plantear la solución a dicho problema;
- Diseñar la planta y calcular la capacidad del horno de fundición para el aluminio a reciclar, bajo el concepto de aplicación de tecnología limpia y acorde a las normas de calidad;
- Realizar el análisis del costo para comprobar la rentabilidad técnica y económica de la planta de reciclaje.

1.3 ALCANCES

- Se comprobará la factibilidad de una planta recicladora de aluminio a nivel industrial, mediante el análisis técnico y económico;
- Se presentará un diseño de distribución de la planta recicladora de aluminio, tomando en cuenta aspectos como materiales, maquinaria o equipo, factor hombre y movimiento;
- Se realizará el cálculo y elección del horno para el reciclaje de aluminio, para lo cual se realizará el análisis de transferencia de calor correspondiente y dicha elección tomará en cuenta aspectos como baja contaminación y medio ambiente;
- Se describirá el proceso a realizar para el reciclado del aluminio, se detallarán planos para la mejor comprensión del proceso, el cual además está acorde con la ley del medio ambiente y con las normas de calidad ISO 9000;
- Se contribuirá a la cultura del reciclaje de las comunidades del AMSS; todo estudio realizado en pro de un mejor aprovechamiento de los materiales de reutilización en el que se analizan ventajas económicas y técnicas, es una contribución bibliográfica que estará al alcance de investigadores de temas similares;
- Se realizará un análisis de costos para determinar la factibilidad económica de la planta;
- Se diseñará un proceso de reciclado de aluminio cuyo producto final será lingotes de seis kilogramos a partir del reciclaje de latas de bebidas, cables eléctricos, piezas de vehículos, chatarra, marcos de ventanas, rieles de cielo falso, etcétera; dada la diversidad de aplicaciones del aluminio, se deja abierta la posibilidad de las diferentes industrias para la utilización del lingote en sus diferentes procesos de producción.

1.4 LIMITACIONES

- Disponibilidad de información. Después de realizar el estudio inicial, se ha encontrado que ni la municipalidad, ni las empresas privadas o las gubernamentales, poseen información acerca del porcentaje exacto de aluminio que se recoge en la basura del AMSS, ya que la municipalidad nunca ha clasificado la basura metálica que recoge. Simplemente, el estudio realizado por la municipalidad especifica que un 2% de la basura cae en la categoría de metal. Se limitará este estudio por el momento a considerar que de ese 2% la mayoría es aluminio de piezas como latas de bebidas, rieles de cielo falso, marcos de ventanas, hoyas viejas, etcétera;
- Resistencia de las personas entrevistadas. Las personas que se van entrevistar guardan cierto grado de recelo al explicar sus procesos de fundición, ya que consideran el factor competencia y suelen por tanto tratar de dar lo menos posible de detalles técnicos de sus empresas;
- El estudio se realizara en el AMSS. El estudio se realizará tomando como muestra representativa el AMSS, sin embargo hay otras ciudades como Santa Ana y San Miguel que podrían ser consideradas en otros estudios, por ser urbes en El Salvador;
- Accesibilidad a talleres, fundidoras o empresas dedicadas al reciclaje. Los dueños de las empresas privadas por temor a la competencia, guardan recelo de mostrar sus procesos de producción y de fundición de aluminio, lo cual obstruye en gran manera la investigación.

1.5 ANTECEDENTES

Actualmente, El Salvador no cuenta con una cultura a nivel comunal de reciclado de aluminio. Sin embargo, existe una recolección informal, llevada a cabo por personas como recogedores ambulantes, pepenadores, empleados del tren de aseo, intermediarios locales, etcétera

Así mismo, son reducidos los estudios realizados acerca del reciclaje de aluminio y de procesos industriales amigables al ambiente. Actualmente los estudios elaborados se han llevado a cabo por organizaciones no gubernamentales (ONG'S) como PRISMA (Programa salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente), con su estudio "El ciclo de los desechos sólidos" y Salvanatura con "El mercado de reciclaje en el San Salvador"

Actualmente en El Salvador, existen talleres artesanales y fundidoras que se han dedicado por años al reciclado de aluminio, argumentando que han realizado dicha actividad por la imposibilidad de comprar aluminio a países productores como los Estados Unidos.

Los talleres que ahora se dedican al reciclaje de aluminio, lo hacen para fabricar piezas como: letras fundidas, poleas, piñones, tornillos sin fin, repuestos para vehículos y en fin casi cualquier tipo de pieza por encargo, demostrando con ello la habilidad artesanal del obrero salvadoreño. Partiendo de lo anterior, es concebible el hecho que al existir una planta de reciclaje de aluminio a nivel industrial, se contará con mano de obra calificada y con la experiencia de talleres y personas que se han dedicado desde hace algún tiempo a procesos de fundición y reciclaje del aluminio. Los hornos que utilizan en dichos talleres y fundiciones pueden ser de diferente tipo, según el volumen de su producción; así los puede haber de crisol (en muchos casos fabricados por los mismos talleres), de cubilote, de arco eléctrico o de inducción. En el caso de hornos de crisol, se utiliza comúnmente búnker o diesel como combustibles por lo económico de dichos aceites.

1.6 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

El reciclaje de productos metálicos como el aluminio y otros, debe volverse una practica para la industria Metal Mecánica de El Salvador. Debido a que esta industria trabaja principalmente con materia prima importada, son por tanto industrias muy vulnerables a las variaciones de precios de estas materias primas en el mercado internacional; las posibles fluctuaciones del valor del dólar repercuten definitivamente sobre los precios de materias primas como el aluminio, cobre, hierro y otros, con una tendencia al alza.

Según el Instituto Salvadoreño de Comercio Exterior, dependiendo del tipo de productos tales como aluminio, cobre, hieiros y otros; el valor de la materia prima es de un 30% a un 50% del costo total de la producción¹; lo que significa que un alza de estas materias primas tiene una fuerte repercusión sobre el precio del producto y su competitividad en el mercado y la exportación.

El reciclaje de aluminio, puede significar una solución para bajar los costos de producción de la industria Metal - Mecánica de El Salvador que se dedica a elaborar productos cuya materia prima es el aluminio, dándole a la empresa salvadoreña una ventaja al competir. Sin embargo y debido a que El Salvador se cataloga como uno de los más contaminados a nivel latinoamericano; debe considerarse como prioridad el incluir en la industria dispositivos o mecanismos que eviten o por lo menos disminuyan la contaminación del medio ambiente, las llamadas tecnologías limpias o amigables al ambiente, y para ello se deberá lograr que dichos dispositivos sean compatibles con los conceptos de eficiencia y bajo costo, asegurando con ello la competitividad de la industria del aluminio en el mercado.

¹ Instituto Salvadoreño de Comercio Exterior (1998), Centro de Comercio Internacional, "Estudio Selectivo de la oferta Exportable de El Salvador"; p 30

Según estudios realizados; solo en el AMSS se dejan de recoger 400 toneladas de basura² (ver detalle de basura recolectada en anexo 1) y según los datos proporcionados por el depósito de desechos sólidos del AMSS el 2% de dichos desechos son en su mayoría aluminio. Desde el punto de vista económico, este hecho se convierte en un desperdicio lamentable.

1.7 PROYECCIÓN SOCIAL

La pobreza que caracteriza a los pueblos en vías de desarrollo, repercute en el surgimiento del sector llamado informal; el cual se caracteriza por estar presente en todos los niveles de la actividad económica urbana. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, el sector informal suministra empleo entre el 30 y 70% de la población económicamente activa, en áreas urbanas². El sector informal ha demostrado tremendas habilidades empresariales para satisfacer sus propias necesidades, fuera del marco gubernamental o formal; desarrollando multitud de tareas entre las que cabe mencionar: ventas ambulantes, cargadores de bultos, lava carros, limpia casas y para el interés particular del presente estudio, recolección de insumos reciclables para su empleo en producción industrial. Según la encuesta de UNICEF realizada en 1990 y dirigida a la población en general, dice cuales son los problemas ambientales más severos que se presentan en El Salvador; la contaminación por la basura es el mayor de todos³; ver figuras 1.1 y 1.2. El tema de la basura además de ser un grave problema, puede ser una solución vital al problema económico de gran cantidad de personas del sector informal, por el valor económico que representa el volumen de insumos reciclables que, como el aluminio, contiene.

² Salvanatura, Fundación Ecológica de El Salvador (1988), "El Mercado de Reciclaje en San Salvador"; p.5

³ Monge L.- Calderón A.-Cabrera O. (1994), "Impacto Ecológico por el Desarrollo de la Industria en El Salvador, Análisis y Recomendaciones", Cap. II; p.43

PROBLEMAS AMBIENTALES MÁS SEVEROS QUE SE PRESENTAN EN EL SALVADOR SEGÚN ENCUESTA DE LA UNICEF, 1990.

	PORCENTAJE
BASURA	55.00%
CAZA DE ANIMALES	12.00%
CONTAMINACIÓN DE AGUA	10.00%
CONTAMINACIÓN DE AIRE	7.00%
ESCAZES DE AGUA	2.00%
TALA DE ARBOLES	13.00%
NS/NR	1.00%
TOTAL	100.00%

PROBLEMAS AMBIENTALES MÁS SEVEROS QUE SE PRESENTAN EN EL SALVADOR SEGÚN ENCUESTA DE LA UNICEF, 1990.

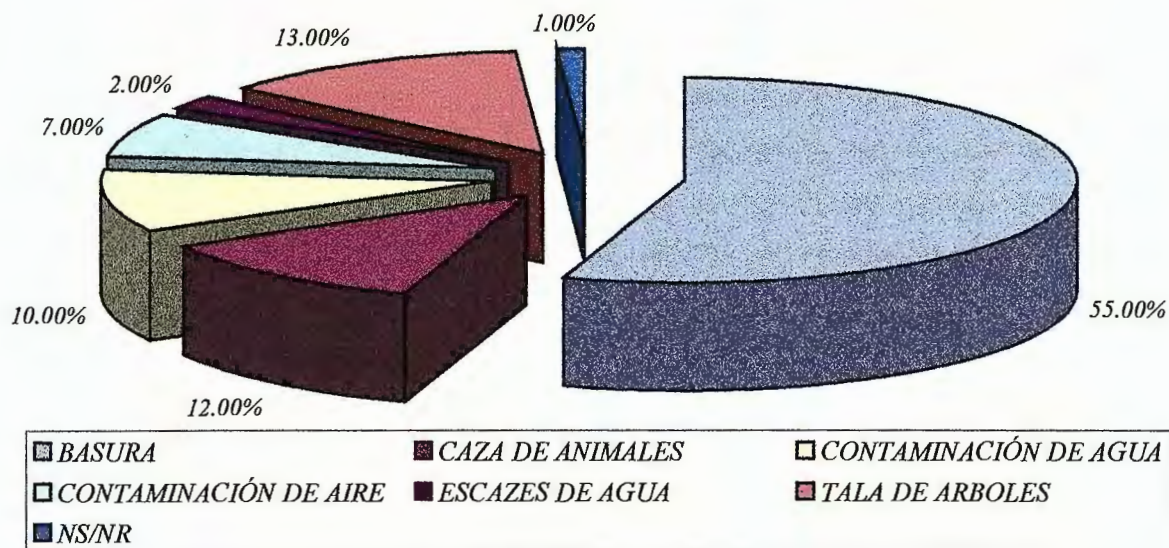


Figura 1.1 Problemas Ambientales en El Salvador.

COMPOSICION EN % DE LOS RESIDUOS SOLIDOS PRODUCIDOS EN SAN SALVADOR

	PROMEDIO	ESTRATO ALTO	ESTRATO MEDIO	ESTRATO BAJO
INERTES	2.63	3.14	2.65	2.1
MATERIA ORGANICA	60.34	59.8	66.42	54.8
METALES	2.22	3.23	1.34	2.1
PAPEL Y CARTON	14.19	16.95	9.02	16.6
PLASTICOS	13.13	10.69	16.3	12.4
TELAS Y CUEROS	1.56	1.1	0.69	2.9
VIDRIOS	5.71	4.9	3.54	8.7
TOTAL	99.78	99.81	99.96	99.6

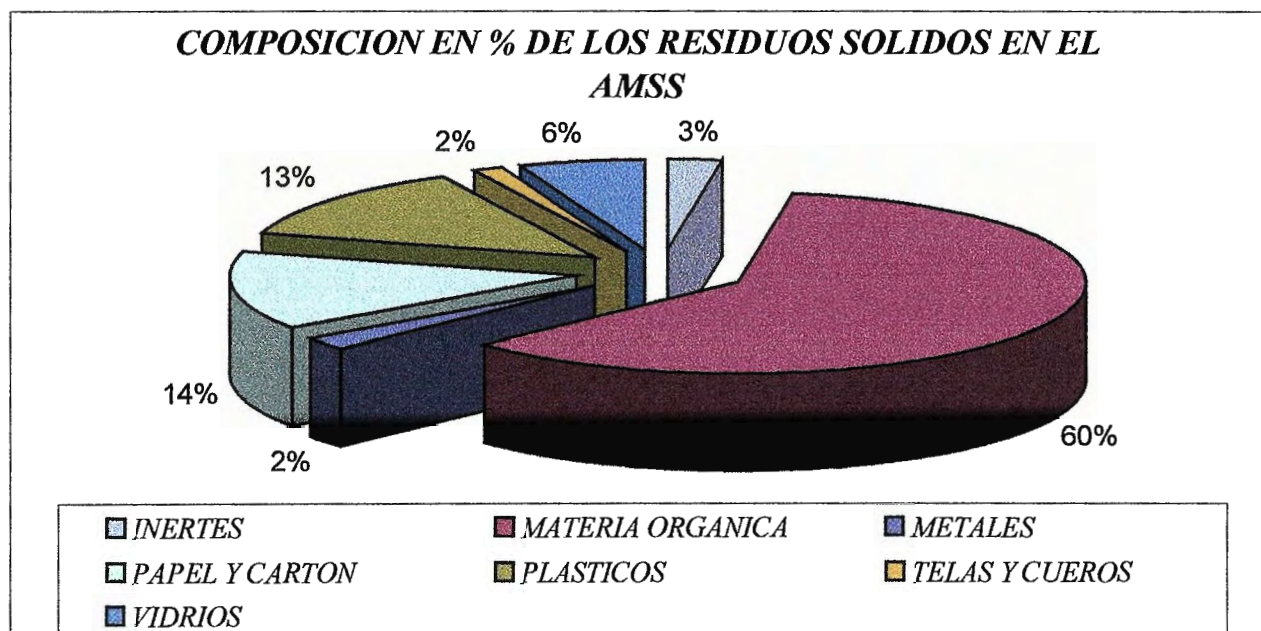


Figura 1.2 Composición de la Basura en el AMSS.

Según lo anterior, el desarrollo de una planta de reciclaje de aluminio no solo favorecerá al sector informal, proporcionándole una fuente de ingresos segura, sino que evitaría el flujo de dicho material a otros países que sí poseen plantas de reciclaje de aluminio, lo cual favorece el encarecimiento de dicho material cuando regresa a las fronteras del país, donde el empresario salvadoreño, cuya industria utiliza aluminio como materia prima, debe comprarlo caro.

Con la realización de una planta recicladora de aluminio en el país, no solo se preservan los recursos naturales, si no que se disminuyen los focos de contaminación; el país ahorra divisas; las industrias ahorran energía y reducen sus costos de producción; las municipalidades abaratan sus costos de recolección, transporte y disposición final de la basura; se alarga la vida útil de los rellenos sanitarios; se desarrolla una verdadera cultura de reciclaje, y en fin todos los salvadoreños se ven de alguna manera favorecidos.

Según la economía moderna, se afirma que las industrias en un futuro no podrán sobrevivir si no incorporan el concepto de reciclado en sus procesos de producción⁴. Debido al aumento de consumismo por parte de la sociedad y por consiguiente el aumento de la explotación de los recursos naturales como la bauxita (hidrato de alúmina natural), que son recursos limitados, traerá como consecuencia, a medida que dichos recursos se agoten, un incremento en sus precios.

Por lo tanto, la cultura de reciclaje deberá convertirse tarde o temprano en una practica de una industria sana y consciente de su papel ante la sociedad.

⁴ Herman E. Daly (1980), "Economics, Ecology, Ethics", Cap. V, Limits to Explotation of Nonrenewable Resources; p.95

CAPITULO 2

EL MERCADO DEL RECICLAJE DE

ALUMINIO EN EL AMSS.

II. EL MERCADO DEL RECICLAJE DE ALUMINIO EN EL AMSS.

2.1 EL SECTOR INFORMAL

En los países en vías de desarrollo, todas las ciudades experimentan un alza alarmante en los niveles de pobreza urbana; San Salvador no es la excepción. El sector informal se caracteriza por estar presente en todos los niveles de la actividad económica urbana; algunos estudios realizados indican que el 50% de la población urbana de países en vías de desarrollo obtienen tierra, servicios y vivienda a través de mercados informales. El sector informal suministra empleo a entre el 30% y el 70% de la población económicamente activa en las áreas urbanas.

En la mayoría de ciudades de países en vías de desarrollo, los servicios municipales de recolección de basura únicamente alcanzan una cobertura del 50% al 70%, la cobertura del servicio de recolección de basura al municipio de San Salvador es del 80%; sin embargo, en el resto de los municipios del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), la recolección es del orden del 60%. Se tiene un estimado de 400 toneladas de basura producida en toda el AMSS, que no alcanzan a ser recolectadas.

El sector informal de reciclaje de basura opera en la mayoría de los hogares y colonias de ingresos medio alto, medio y bajo. Los que conforman este gran mercado son recogedores ambulantes, compradores domiciliarios, empleados del tren de aseo municipal, pepenadores en los botaderos municipales y una amplia gama de intermediarios ubicados fuera del botadero municipal o externos, intermediarios locales, ubicados dentro del botadero y mayoristas ubicados en la zona comercial central de la ciudad de San Salvador.

2.2 EL SECTOR FORMAL

Las empresas compradoras de reciclables que pertenecen al sector formal, son aquellas empresas o industrias que compran insumos reciclables para exportarlos o incorporarlos como materia prima a sus procesos de producción industrial.

Para el caso de la recolección de latas de aluminio, La Constancia, empresa fundada en 1906, es la empresa líder en el reciclaje de latas de aluminio. Inició su tarea de recolección en el mes de febrero de 1992, estableciendo un precio de compra de 5 centavos por unidad y 182 colones por quintal para los intermediarios mayoristas, quienes le suministran la mayor parte de la lata de aluminio que compran. Los depósitos de La Constancia constituyen los principales centros de acopio del aluminio reciclable del país. Esta empresa actúa como un intermediario del reciclaje, recolectando, compactando y embalando la lata para exportarla al exterior. La actividad de la recolección de latas de aluminio con fines reciclables tiene cobertura nacional, con aproximadamente sesenta centros de recolección en todo el territorio nacional.

2.3 EL MERCADO DEL ALUMINIO.

El mercado del reciclaje del aluminio está conformado por los siguientes elementos, según se describen a continuación:

- **Los Recogedores Ambulantes:** quienes ocupan el estrato más bajo de los elementos de este mercado; su actividad está basada en escudriñar los basureros, extraer el material, acumularlo y comercializarlo en los depósitos o directamente con los Intermediarios Mayoristas, localizados en el centro de la ciudad de San Salvador (entre la 9ª y 11ª avenida sur, y entre la 4ª y 6ª calle poniente), quienes acopian el material y, al tener un volumen considerable, lo transportan y lo venden a La Constancia.
- **Los Empleados del Tren de Aseo:** la operación que efectúan los empleados del tren de aseo es similar a la de los recogedores ambulantes. Estos separan el aluminio de la basura que recogen en los hogares y los basureros en general; extraen el producto, lo acumulan en un depósito específico y al finalizar la ruta, lo comercializan con los compradores mayoristas externos, ubicados en las afueras de los botaderos municipales y otros puntos de la ciudad. Algunos empleados del tren de aseo venden el aluminio recolectado directamente a los depósitos de La Constancia y así obtienen mejores ganancias.
- **Los Intermediarios Externos:** estos se localizan en las afueras del botadero municipal y son proveedores directos de La Constancia. Estos reciben producto de casi la totalidad de los camiones de la basura proveniente del municipio de San Salvador y Ciudad Delgado.
- **Los Pepenadores del Botadero Municipal:** en el interior del botadero se desarrolla otra fase de rescate del aluminio por un grupo de personas que se debaten directamente con la basura, en el momento en que los camiones vuelcan su contenido. Se les conoce en el medio como

pepenadores. La operación que ellos realizan consiste en extraer la mayor cantidad posible de latas y piezas para venderlas a un comprador intermediario local, ubicado en el interior del botadero municipal.

- **Los Intermediarios Locales:** el comprador intermediario local paga transporte para trasladar el producto que compra a los pepenadores; a su vez, lo vende a un intermediario mayorista quien lo entrega a La Constancia.
- **Los Intermediarios Mayoristas:** estos empresarios son abastecidos por los recogedores ambulantes y por los compradores intermediarios locales del botadero municipal. Los intermediarios mayoristas y los depósitos son los únicos proveedores directos de La Constancia.
- **La Empresa Compradora de Latas de Aluminio:** La Constancia y sus depósitos constituyen centros de acopio del material reciclable aluminio, al igual que los compradores mayoristas y son abastecidos principalmente por los recogedores ambulantes, algunos trabajadores del tren de aseo y otras personas particulares. Estos piden que las latas sean previamente aplastadas con el fin de disminuir su volumen y facilitar su transporte.

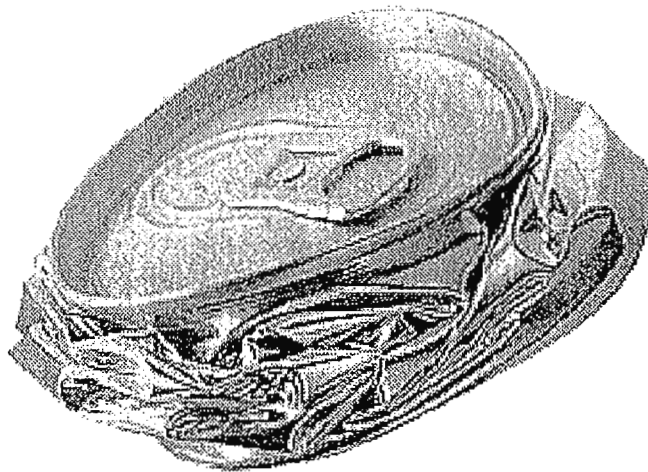


Figura 2.1 Lata de aluminio aplastada y lista para reciclar.

2.4 ESPECIFICACIONES PARA LATAS DE ALUMINIO.

Las latas de bebidas fabricadas de aluminio que se utilizaran para el proceso de reciclaje deberán cumplir con las siguientes especificaciones⁵ de mercado antes de ingresar a la planta recicladora; es decir, las condiciones mínimas y aceptables para poder ser aceptadas para su debido transporte y almacenaje, y posteriormente para servir de material de carga en el horno de fundición.

Las especificaciones adecuadas para el reciclaje de las latas de bebidas son las siguientes:

- **Latas sueltas y aplastadas:** las latas de aluminio deben ser aplastadas utilizando planchas comerciales y no debe ser comprimido mediante otros sistemas. Las planchas deben estar equipadas con separadores magnéticos.
- **Embalaje de latas:** el embalaje deberá cumplir con los siguientes parámetros de medida;
 - De 192 a 272 kg./m³ para latas no planchadas
 - De 192 a 320 kg./m³ para latas planchadas

La bala debe ser lo suficientemente densa como para permitir su traslado mediante montacargas o carretilla elevadora y deben ser de tamaño uniforme.

Tamaño de la bala:

Mínimo : 850 dm³, con dimensiones mínimas de 60 cm en una dirección y 180 cm en la otra.

Tamaño preferible de la bala: 90 x 120 x 150 cm.

Unir dos o más balas para cumplir con las especificaciones de tamaño de las balas no es aceptable.

⁵ Fuente: *Aluminium Recycling Market*. Directorio de 1990.

Ataduras:

1.1 kg. deducible por bala.

De cuatro a seis bandas de acero o aluminio de 1.5 x 0.05 cm.

De seis a quince alambres de aluminio o de acero de calibre #13.

No aceptables: bandas o alambres de otros materiales y el uso de laminas de apoyo de cualquier otro material.

➤ **Especificaciones para latas sueltas, aplastadas o embaladas:**

Humedad: no puede exceder del 1%.

Material almacenado en interiores.

Cualquier material que no sea latas de aluminio quedara sujeto a deducción

Se aceptarán las entregas que cumplan el nivel de humedad permitido y que no estén contaminadas de otra forma.

La instalación receptora puede aceptar o rechazar un cargamento.

El peso final será establecido por la instalación receptora.

Las cuestiones no cubiertas por estas especificaciones quedan sujetas a acuerdos especiales entre comprador y vendedor.

➤ **Briquetas:**

Densidad: de 560.6 a 720.8 kg./m³

Tamaño:

27 x 27 x 18

33 x 50 x 17

34 x 34 x 31

35 x 27 x 17

Ataduras:

Se deducirán en cada fardo 3.1 kg. por ataduras.

Huecos en las ataduras en ambos sentidos para facilitar la manipulación del fardo.

Bandas de 1.5 x 0.05 cm como mínimo.

Una banda por fila.

Un mínimo de dos bandas horizontales por fardo.

Especificaciones para fardos:

Todas las briquetas en un fardo deben ser de tamaño uniforme.

Tamaño de los fardos: de 102 a 110 x 127 a 135 x 135 a 140 cm (longitud x anchura x altura).



Figura 2.2 Cargamento de latas de aluminio dispuestas según las especificaciones de mercado.

“EL MERCADO DEL RECICLAJE DEL ALUMINIO”

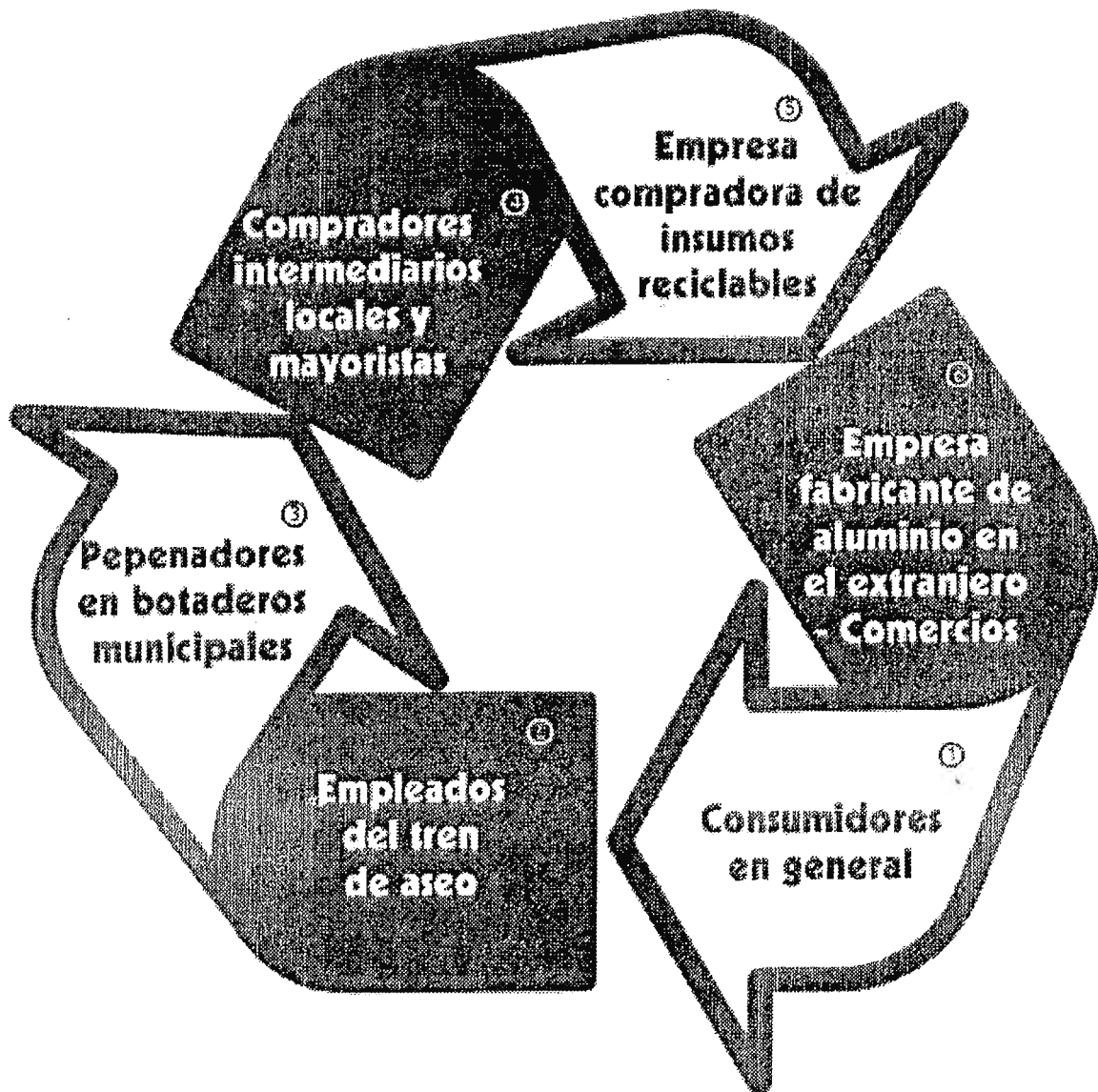


Figura 2.3 El ciclo del mercado del aluminio en El Salvador.

El diagrama siguiente ilustra el flujo del aluminio. En éste se presentan, de forma resumida y esquemática, las relaciones entre los diferentes elementos: proveedores, intermediarios y compradores finales de las latas de aluminio (En el anexo 2 se presenta un diagrama similar, más generalizado).

“EL FLUJO DEL ALUMINIO”

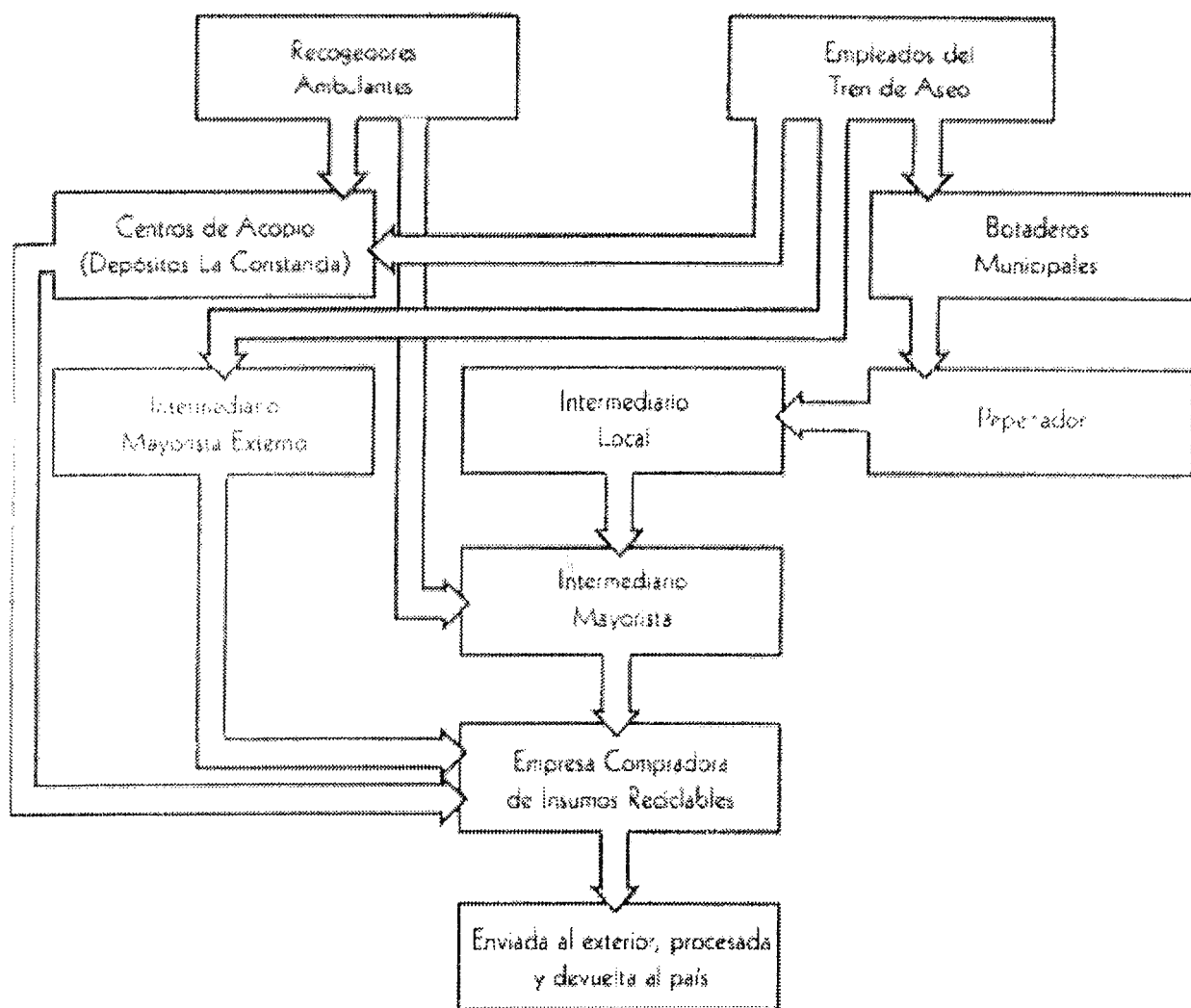


Figura 2.4 El flujo del aluminio.

2.5 VOLÚMENES, PRECIOS Y GANANCIAS.

Las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 describen los egresos de los compradores de lata de aluminio del sector informal; sus ingresos y ganancias. En estas tablas se reflejan los volúmenes, precios y ganancias de un comprador o vendedor típico del mercado. Los valores presentados son representativos del total de individuos o elementos entrevistados.⁶

La tabla 2.1 indica que un intermediario mayorista típico del sector informal paga a sus proveedores alrededor de 900 colones mensuales, por la compra de unas 24 mil latas de aluminio; el recogedor ambulante, el pepenador y el empleado del tren de aseo no tienen costos de adquisición del producto.

La tabla 2.2 presenta los montos que paga la principal empresa compradora de latas, La Constancia, los cuales ascienden a más de 80 mil colones mensuales a sus proveedores, por la compra de alrededor de 44 mil libras de lata de aluminio, equivalentes a más de un millón de latas.

Cada libra de latas contiene veintisiete unidades y la máquina compactadora las aglutina en bloques de dieciocho libras, equivalentes a 486 latas. La Constancia tienen como proveedores en el AMSS a nueve intermediarios mayoristas, además de todos los depósitos del país.

La tabla 2.3 por ejemplo, indica que los empleados del tren de aseo venden un volumen mensual de 3 mil latas de aluminio a intermediarios externos, por lo que reciben un ingreso total de 150 colones, que dividen entre los cinco miembros del equipo del camión.

El intermediario o mayorista externo acumula mensualmente un total de 90 mil latas, que venden a los intermediarios mayoristas y otros compradores a 7 centavos por unidad, en promedio,

⁶ Salvanatura, Fundación Ecológica de El Salvador (1988), "El Mercado de Reciclaje en San Salvador".

recibiendo un ingreso total de 6 mil colones mensuales. La empresa compradora paga la libra de lata aplastada a 1.82 colones. Una libra de lata equivale a 27 latas.

La tabla 2.4 muestra las ganancias típicas de estos elementos; por ejemplo, un intermediario local acopia alrededor de 15 mil latas mensualmente, con una inversión de 375 colones. Su venta sin embargo, le reporta 720 colones, obteniendo una ganancia neta de 345 colones mensuales.

El volumen de compra de un intermediario mayorista externo es de alrededor de 90 mil latas; esto genera un gasto de 4 mil quinientos colones mensuales. Sin embargo, la venta de latas le reporta una ganancia total de un mil quinientos treinta colones mensuales.

TABLA 2.1

EGRESOS DE LOS COMPRADORES DE ALUMINIO EN EL SECTOR INFORMAL.

ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO (¢/Lata)	VOLUMEN MENSUAL (Latas)	MONTO MENSUAL (¢)
INTERMEDIARIO LOCAL	0.03	15,000	375.00
INTERMEDIARIO MAYORISTA	0.04	23,998	888.00
MAYORISTA EXTERNO	0.05	90,000	4,500.00

TABLA 2.2

VOLÚMENES Y MONTOS PAGADOS POR LA COMPRA DE ALUMINIO EN EL SECTOR FORMAL.

ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO (¢/Libra)	VOLUMEN MENSUAL (Latas)	MONTO MENSUAL (¢)
LA CONSTANCIA	1.82	44,000	80,080.00

TABLA 2.3

INGRESOS PROMEDIO PARA LOS VENDEDORES DE ALUMINIO EN EL SECTOR INFORMAL.

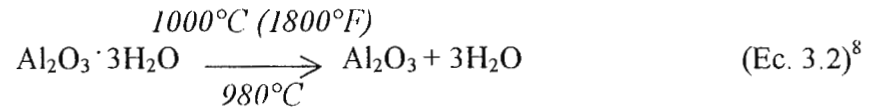
ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO (¢/Lata)	VOLUMEN MENSUAL (Latas)	MONTO MENSUAL (¢)
RECOGEDOR AMBULANTE	0.05	2,250	113.00
EMPLEADO DEL TREN DE ASEO	0.05	3,000	150.00
PEPENADOR	0.03	6,000	150.00
INTERMEDIARIO LOCAL	0.05	15,000	720.00
INTERMEDIARIO MAYORISTA	0.07	23,998	1,608.00
MAYORISTA EXTERNO	0.07	90,000	6,030.00

TABLA 2.4

GANANCIAS DE LOS ELEMENTOS DEL MERCADO DEL ALUMINIO EN EL SECTOR INFORMAL.

ELEMENTOS	VOLUMEN MENSUAL (Latas)	COMPRA MENSUAL (¢)	VENTA MENSUAL (¢)	MONTO MENSUAL (¢)
RECOGEDOR AMBULANTE	2,250	0.00	113.00	113.00
EMPLEADO DEL TREN DE ASEO	3,000	0.00	150.00	150.00
PEPENADOR (Botadero Municipal)	6,000	0.00	150.00	150.00
INTERMEDIARIO LOCAL (Botadero Municipal)	15,000	375.00	720.00	345.00
INTERMEDIARIO MAYORISTA	23,998	888.00	1,608.00	720.00
MAYORISTA EXTERNO	90,000	4,500.00	6,030.00	1,530.00

CAPITULO 3
MARCO TEÓRICO



El óxido de aluminio es demasiado estable para reducirse por el monóxido de carbono en un alto horno, y se reduce en una celda electrolítica. La alúmina purificada se disuelve en creolita fundida, Na_3AlF_6 , en la cual se han agregado pequeñas cantidades (menos del 10%) de fluoruro de aluminio y fluoruro de calcio. El voltaje entre la celda atrae Al_3^+ cargado positivamente a un cátodo resistivo de carbono cargado negativamente. El aluminio fundido con un punto de fusión de 650°C (1200°F) se colecta en el fondo de la celda, del cual se sangra periódicamente. El O_2^- cargado negativamente, es atraído a los ánodos de carbón donde reaccionan para formar CO. De tiempo en tiempo se repone la alúmina. Los ánodos de carbono se consumen a razón de 650 kg./toneladas métricas (1300 lb/ton) de aluminio producido.

3.2 CUALIDADES DEL ALUMINIO:

El aluminio es el más versátil de todos los metales comunes. El aluminio y sus aleaciones pueden ser trabajados con gran facilidad en frío o en caliente, mediante los procesos de estirado, laminado, rolado, estructurado, embutido, doblado o forjado, para darle una gran variedad de formas aplicables a multitud de usos.

Asimismo, el aluminio y sus aleaciones se cuecen fácilmente en piezas mediante procesos de fundición como el de arena, cascara, cera perdida, molde permanente, por gravedad, etcétera.

El maquinado del aluminio se hace fácilmente mediante herramientas adecuadas, partiendo de barras, piezas moldeadas o forjadas, para producir piezas de gran precisión y forma determinada.

⁸ Referencia citada en 7

Son las características particulares del aluminio las que hacen su uso conveniente respecto a otros metales; entre las que se puede citar: su baja densidad, bajo punto de fusión, conductividad eléctrica y térmica, etcétera. A continuación se listan en la tabla 3.1 algunas de sus características.

TABLA 3.1

CARACTERÍSTICAS DEL ALUMINIO.

CARACTERÍSTICA	VALOR
DENSIDAD	2.703 Kg/ cm ³
PUNTO DE FUSIÓN	660°C
CALOR ESPECÍFICO A 100°C	0.2226 Cal/gr°C
CALOR LATENTE DE FUSIÓN	94.6 Cal/gr.
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20°C	204 W/mK
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	61.94 % del cobre
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA A 20°C	2.635 μΩ
RESISTENCIA A LA TENSIÓN	4.83 Kg/mm ²

Son las propiedades físicas, químicas y mecánicas las que proporcionan al aluminio amplias posibilidades de aplicación en las diversas industrias tales como transporte, eléctrica, fabricación de utensilios, de maquinaria, construcción de edificios, química, de alimentos y bebidas, entre otras.

CONSUMO DE ALUMINIO POR SECTORES:

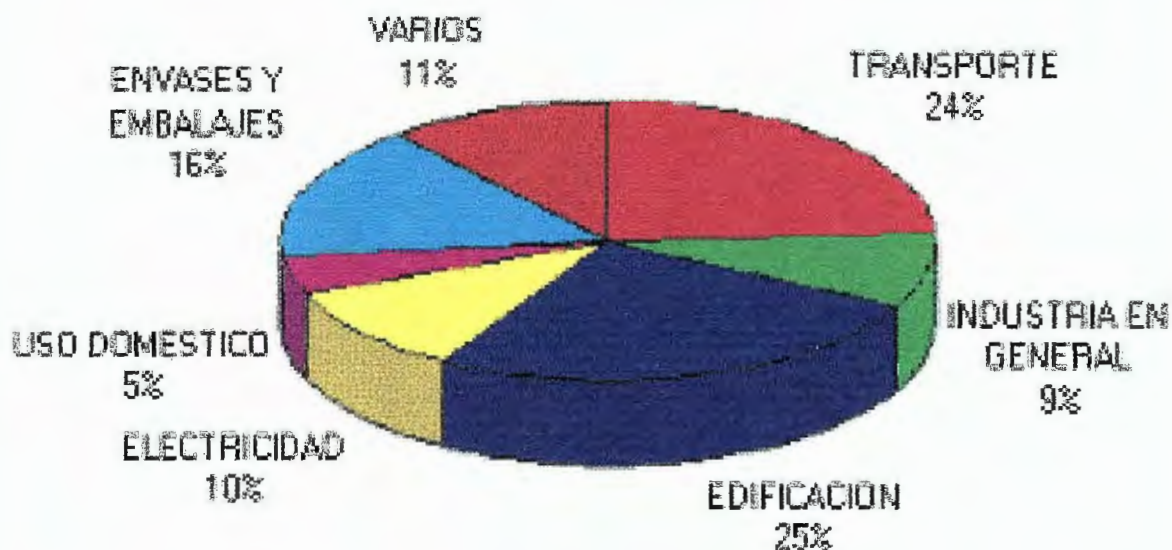


Figura 3.1 Porcentajes de la utilización del aluminio.⁹

⁹ Fuente: <http://www.aluminio.org/texto/arpal.html>; ARPAL, Asociación para el Reciclado de Productos de Aluminio

3.3 FUNDICIÓN DEL ALUMINIO:

La mayoría de los hornos de fundición actualmente empleados, pueden ser utilizados para fundición de metales no ferrosos. Cada vez más se hace en hornos de inducción por razones de conveniencia, facilidad de operación y menos problemas ambientales, pero los hornos de crisol que queman aceite y gas tienen ventajas. Aunque el costo de combustible es casi el mismo para ambos tipos de hornos, un horno eléctrico puede costar de 10 a 15 veces inicialmente que uno que quema gas o aceite. Los hornos eléctricos modernos tienen controles complicados y su servicio es costoso, en tanto un horno de combustible fósil necesita recubrimiento interno de cuando en cuando. Por otra parte, los hornos que queman aceite y gas crean problemas de calor, humos y ruido. Se necesita una chimenea, puede requerirse de una caja de humo dependiendo de las reglamentaciones ambientales locales. Es difícil encontrar personal que trabaje en ambiente de humos calientes, en particular en tiempos calurosos.

Los hornos de crisol son de dos tipos, estacionarios y de volteo. El horno de tipo estacionario de crisol requiere que el crisol se baje y suba durante el colado. Cuando un horno estacionario se instala en el piso o entre piso de una fundición se conoce como horno del tipo de foso.

Un horno de crisol del tipo de volteo que se muestra en la figura 3.2, requiere un crisol con una boquilla apropiada para verter el metal cuando se inclina el horno.

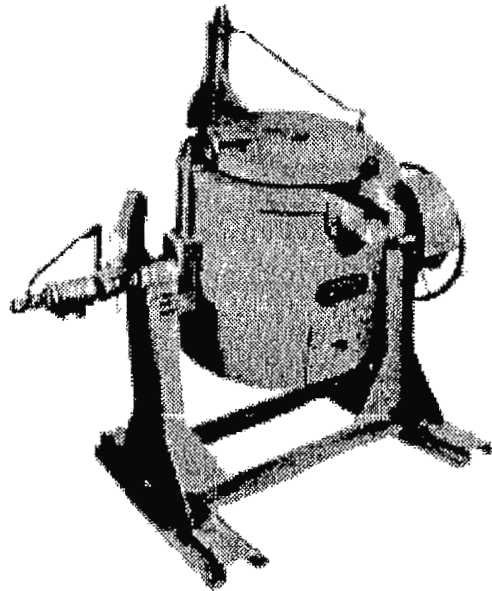


Figura 3.2 Horno de crisol del tipo inclinable. Un horno de este tipo con una capacidad de crisol de 120 lb de aluminio.

La mayoría de metales no ferrosos y sus aleaciones se oxidan, absorben gases y otras sustancias y forman escoria con facilidad cuando se calientan. Se siguen diversas practicas para cada clase de metal a fin de preservar la pureza y obtener buenos colados.

El aluminio y sus aleaciones tienen una tendencia marcada para absorber hidrogeno cuando se calientan. Este gas se libera en el enfriamiento y provoca pinchaduras dañinas y porosidad en los colados. Debe evitarse la exposición a un medio que forma hidrogeno, como vapor de agua. Son importantes los materiales limpios y secos; es deseable un ligero exceso de aire en la atmósfera del horno.

El aluminio fundido reacciona con facilidad con el oxigeno para formar una película en la superficie. Afortunadamente la escoria sirve como un buen blindaje entre el hidrogeno y la oxidación subsecuente si no se rompe la capa. La escoria excesiva puede entramparse en el metal, en

especial si se agita y aparece como defectos en el colado final. Tanto la cantidad de oxidación y la tendencia a absorber hidrogeno aumenta con la temperatura y el tiempo. La temperatura excesiva también provoca granos gruesos en los colados. Estas consideraciones dictan el procedimiento de fundición para los mejores resultados. El aluminio no debe calentarse mas de 50°C (100°F) arriba de la temperatura necesaria para el vertido. La temperatura se verifica con un pirometro de inmersión. El tiempo de fusión debe ser corto con la menor agitación posible.

El aluminio de ordinario no requiere de mucho fúndente para protección como otros metales debido a su película de oxido. Sin embargo, a veces debe reducirse el gas u oxido en el metal. Puede burbujearse cloro o nitrógeno a través del metal fundido. Puede añadirse fúndentes sólidos que contengan cloruros de aluminio o zinc. Son de uso común diversos fúndentes de patente que se utilizan para secar la escoria de superficie y facilitar su desnatado del metal.

3.4 SITUACIÓN ACTUAL

En El salvador hay una serie de empresas que se han dedicado por años al reciclaje de aluminio, realizando dicha actividad desde tiempo atrás, por la limitación económica de poder comprar materia virgen a países productores. Dichas empresas compran aluminio al sector informal conformado por pepenadores, recogedores ambulantes, intermediarios locales y otros quienes recolectan piezas de aluminio que muchas veces son catalogadas erróneamente como basura o chatarra.

Dichas piezas consisten, en la mayoría de los casos, de tubería para cableado eléctrico llamada comúnmente conduit, cable, piezas de vehículos provenientes de botaderos de chatarra, poleas desgastadas o rotas, piñones, ruedas dentadas y actualmente ha cobrado auge la recolección

de latas de bebidas. Dicha practica nace a raíz de la cantidad de latas que circulan en el mercado y la facilidad de su transporte y embalaje una vez que dichas latas hayan sido aplastadas.

El reciclado de latas de aluminio ofrece una serie de beneficios ya que según la organización “Recycle America” solo en los Estados Unidos en 1988 debido el reciclaje de latas de aluminio, hubo un ahorro energético de 11,000 millones de kilovatios/hora; energía suficiente para iluminar los hogares de todo Nueva York por medio año. Al mismo tiempo la actividad de reciclaje de latas reduce la contaminación atmosférica en 95% en comparación con el proceso de producción de aluminio a partir de bauxita¹⁰.

En el proceso de reciclaje de aluminio es posible emplear una serie de procesos de producción o procesos de moldeo. Cada una de los cuales presentan una serie de características particulares con sus propias ventajas y desventajas.

En El Salvador el reciclado y fundición de latas de aluminio así como de otras piezas también de aluminio, según los procesos empleados producen contaminación. Por ejemplo en la mayoría de los talleres que se dedican a esta practica lo hacen empleando combustibles fósiles o hidrocarburos para accionar sus hornos de fundición, entre dichos combustibles es común emplear diesel, o búnker por lo económico de dichos combustibles; pero su uso produce monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y componentes de plomo no dañinos por si mismos, pero que se vuelven tóxicos por la acción fotoquímica de la luz solar. Así mismo la delgada capa de pintura de las latas de bebida al quemarse durante la fundición produce contaminación, ya que uno de los componentes comunes de la pintura es el plomo, el cual es venenoso; es importante hacer notar como en un proceso de colado normal los obreros expuestos a dichos gases deben emplear el de equipo de protección necesario como lo son las mascarillas, y los otros elementos comunes del

¹⁰ Fuente: <http://tinn.net/home/oriesweb/web-ecologica/7.htm>

equipo de seguridad personal, tales como, los delantales, cascos, careta y guantes de cuero como se observa en la figura 3.3



Figura 3.3 Se observa el equipo de seguridad requerido en un Proceso de fundición y colado.

3.5 TÉCNICAS DE MOLDEO

En el moldeo, se funde un sólido para el caso particular la pieza que se desea reciclar, se calienta hasta una temperatura conveniente y se trata para conferirle una determinada composición química. Dicha composición dependerá de las características finales que se desea posea el aluminio¹¹.

La materia fundida, metálica generalmente, se vacía en una cavidad, o molde, cuya forma adquiere durante la solidificación. Así, en una operación única, es posible obtener formas sencillas o

¹¹ En el anexo 3.1 se presenta una lista de sustancias de aleación comunes en el proceso de fundición de aluminio.

complicadas de cualquier metal que sea fundible, pudiendo tener el producto resultante prácticamente cualquier configuración predeterminada por el diseñador al objeto de dotarlo de la mejor resistencia a las tensiones de servicio, con unas propiedades direccionales mínimas y, habitualmente, un aspecto agradable.

El tamaño de las piezas moldeadas varía de entre unos milímetros y unos cuantos gramos, como en el caso de los dientes de las cremalleras para ropa y 10 o más metros, con un peso de muchas toneladas, como es el caso de las hélices y marcos de hélice gigantescos de los transatlánticos. Actualmente, es posible diseñar casi cualquier pieza mediante alguna de las técnicas de moldeo existentes. Pero cada técnica posee sus ventajas según parámetros económicos y de diseño.

Entre las técnicas de fundición mayormente difundidas se encuentran las siguientes:

- Moldeo en arena
- Moldeo en vacío
- Moldeo en yeso
- Moldeo en cascara
- Moldeo en cera perdida

Se estudia el moldeo en arena por ser el de más bajos costos de producción debido al bajo precio de la arena, y por ser el más difundido en El Salvador haciendo comparaciones con las otras técnicas empleadas.

3.5.1 MOLDEO EN ARENA

En el proceso de fundición de arena, intervienen una serie de factores fundamentales:

- Se construye un molde que ha de ser de naturaleza tal que no le afecte el calor del aluminio fundido que ha de contener.
- El molde debe ser provisto de las sobre medidas que impone la contracción del aluminio al solidificarse¹².
- El molde puede fabricarse de manera tal que sirva para una sola colada o bien construirse de un material que soporte el uso repetido.
- El aluminio debe introducirse en el molde de manera tal que escape todo el aire y los gases contenidos en el molde, antes y después de vertido el aluminio, para evitar sopladuras y cavidades dentro de la pieza fundida.
- El remover la pieza fundida del molde, no debe ser un problema; en el caso de la fundición en arena estos se rompen con relativa facilidad y se construyen para cada nueva colada.
- El tamaño del grano de arena debe ser lo suficientemente fino para que permita una superficie lo más homogénea posible para así disminuir el tiempo de maquinado de la pieza en cuestión a fin de disminuir los costos de producción.

Una de las razones de la difusión del proceso de moldeo en arena en El Salvador es debido a la simplicidad del mismo. El proceso en cuestión consiste en mezclar arena con pequeñas cantidades de otros materiales como bentonita, coque o grafito con el objeto de darle moldeabilidad y maleabilidad a la mezcla.

¹² Aproximadamente 1.0 a 1.3%. Doyle E. L. Materiales y Procesos de Manufactura Para Ingenieros. Tercera Edición. Ed. Prentice Hall. México; p.157. Tabla 8-2

Dicho proceso deberá realizarse en una mezcladora para lograr una mayor homogeneidad de la mezcla (ver figura 3.4).



Figura 3.4 Utilización de la mezcladora en un proceso común de Moldeo.

Luego la arena es apisonada en torno al modelo el cual puede estar hecho de madera o puede ser metálico y es una copia de la pieza que se desea fundir. Cada pieza diferente y nueva requerirá de un nuevo modelo que es construido con sobre medida de acuerdo a la contracción del aluminio cuando se enfría y solidifica.

Una vez el modelo haya dejado su impresión en el molde, debe retirarse; por ello el molde es construido al menos en dos partes (ver figura 3.5).



Figura 3.5 Preparación de la caja de moldeo. Puede observarse la parte inferior de la caja de moldeo y en fondo las cajas completas.

En la parte superior se coloca el bebedero por medio del cual se alimentará la cavidad dejada por el modelo (ver figura 3.6).



Figura 3.6 Preparación del bebedero y parte superior de la caja de moldeo.

En el proceso de fundición, las piezas a fundir se arrojan al horno el cual podrá ser de inducción, de resistencias, alimentado por hidrocarburos, etcétera.

Dependiendo del aluminio que haya sido recolectado puede realizarse una primera fundición llamada profundición. Esto es para eliminar del metal fundido la escoria o suciedad que flota sobre la superficie del aluminio después de la primera fundición, el cual es producto de resinas, barnices, carbón y otros que hayan estado en las piezas recolectadas. Lo anterior se realiza para garantizar la homogeneidad de la pieza que se desea obtener. En la figura 3.7 puede observarse la eliminación o limpieza de escoria antes del colado.



Figura 3.7 Limpieza de escoria.

Una serie de cavidades en una sola caja estarán unidas por conductos o alimentadores por donde correrá el aluminio para llenar dichas cavidades. Para el colado se aprovecha la gravedad (ver figura 3.8).



Figura 3.8 Se observa el proceso de vaciado del aluminio en moldes en un proceso típico.

Posterior al proceso de colado hay un periodo de enfriado de la caja como puede observarse en la figura 3.9



Figura 3.9 Caja de moldeo enfriándose.

Una vez las piezas han sido enfriadas se retiran del molde y en la mayoría de los casos es necesario realizar el maquinado de las piezas.

En el moldeo en arena pueden distinguirse el moldeo en Arena Verde y el moldeo en arena seca los cuales se describirán a continuación.

TABLA 3.2

CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MOLDEOS EN ARENA.

MOLDEO EN ARENA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TÉCNICA DE MOLDEO EN ARENA EN VERDE	Consiste de una mezcla de arena aglutinada con arcilla o bentonita con agua. Se utiliza con la mayoría de metales.	Es el más económico de todos los procesos de moldeo. La arena o mezcla puede ser de re uso con lo que se bajan los costos.	No se puede emplear para colar proyecciones delgadas de menos de 1/4". La humedad de la arena produce vapor al contacto con el metal caliente lo que produce agujeros de soplo. La exactitud dimensional es limitada.
TÉCNICA DE MOLDEO EN ARENA SECA	La arena en verde se seca en hornos o superficialmente con soplete, lamparas infrarrojas o al aire libre.	Se elimina la formación de vapor de agua y por tanto los defectos de fundición.	El tiempo necesario para el secado y el calor empleado hacen caro el proceso en comparación con el de arena en verde. La arena seca debe ser empleada lo antes posible pues pasado un tiempo recobrará humedad.

3.5.2 OTRAS TÉCNICAS DE MOLDEO

A continuación se resumen otras técnicas de moldeo utilizadas en El Salvador, pero que no son tan difundidas ni utilizadas comúnmente como la técnica de moldeo en arena.

TABLA 3.3

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE MOLDEO.

TÉCNICA DE MOLDEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MOLDEO EN CONCHA	Mejor acabado superficial. Bajo costo de mano de obra. Precisión en las superficies. Desmoldeabilidad excelente. La solidificación es rápida debido al delgado espesor de la pared	El precio de los modelos metálicos es alto
MOLDEO EN VACÍO	Las piezas no presentan defectos debido a la humedad. No se usa aglutinante, por lo que desaparece dicho costo. No se generan vapores de la combustión del aglutinante. Desmoldeabilidad excelente.	Proceso relativamente lento.
EN MOLDE PERDIDO	Capacidad para producir fundiciones complicadas con estrechas tolerancias Debido a que se escoge el material de inversión es posible fundir piezas de alto punto de fusión	Se limita a pequeñas fundiciones Costos altos Para cada nueva fundición es necesario elaborar un modelo
EN MOLDE DE YESO	Excelente acabado superficial. Buena exactitud dimensional. Menor contracción del aluminio. Mayor oportunidad para escape de gases.	Proceso lento El molde debe destruirse para liberar la pieza fundida

3.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ALUMINIO FUNDIDO.

Todos los principios y practicas de fundición son aplicables al aluminio y sus aleaciones; sin embargo, el fundidor debe conocer y estar familiarizado con las principales características físicas y químicas, y como son afectadas estas por los elementos de aleación en la fundición de aluminio.

Las principales características físicas y químicas observadas en un proceso de fundición de aluminio son:

- La facilidad con la cual el aluminio fundido se combina con el oxígeno, la humedad, y con otros materiales oxidantes para formar óxidos.
- La rapidez y facilidad con la cual el aluminio fundido absorbe hidrógeno naciente, el cual toma de la humedad, y la evolución del hidrógeno durante la solidificación el cual forma porosidad.
- La contracción volumétrica que es de 5 a 7%¹³ la cual resulta cuando el metal solidifica y se debe tener en consideración al diseñar la alimentación de las piezas.
- La película de óxido que se forma sobre la superficie del metal fundido sirve de protección para evitar la formación de más óxidos y la absorción de hidrógeno y no debe romperse. En otras palabras se debe evitar la turbulencia y agitación del material fundido.
- La tendencia a agrietarse durante la solidificación (grietas en caliente), es característica de algunas aleaciones de aluminio.

De lo anterior expuesto resulta evidente el control que debe tenerse en las cargas, temperaturas y manejo en sí del aluminio durante todo el proceso de fusión y vaciado para que los

¹³ González Ariel, Ruiz Vinicio. La exportación de productos de la industria metal-mecánica a los Estados Unidos. FUSADES-PRIDEX. 1991

cambios metalúrgicos que se observan en el proceso sean los esperados, y la calidad del aluminio fundido sea la requerida.

La utilización de productos auxiliares, permite el mejor control del proceso de fundición y se empleo se relaciona con las propiedades finales que se esperan en el producto. Así el uso o no de dichos auxiliares depende del empleo final que tendrá el lingote de aluminio.

A continuación se presenta en la tabla 3.4 algunos de los elementos auxiliares empleados en fundición de aluminio.

TABLA 3.4

CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS AUXILIARES EN PROCESOS DE FUNDICIÓN.

ELEMENTO AUXILIAR	CARACTERÍSTICAS
FÚNDENTE	Diseñados para retirar del baño metálico elementos contaminantes que puedan ocasionar picaduras; sopladuras, porosidad, inclusiones o cualquier otro defecto que modifique propiedades de la pieza terminada, adicionalmente cumple con la función inherente a su nombre de agilizar el proceso de fusión. Se caracterizan por reaccionar en forma exotérmica convirtiendo los elementos contaminantes en complejos metálicos estables que flotan en el baño formando una cobertura estable
DESGASIFICANTES	Remueven mediante un mecanismo molecular y de arrastre mecánico los gases disueltos en el baño metálico. La estabilidad de sus ingredientes garantiza una acción exclusiva y eficaz sobre los gases disueltos sin afectar el proceso de la fusión, desarrollando su función con alta limpieza y en condiciones de seguridad.
REFINADORES DE GRANO	Poseen en su composición agentes altamente eficaces a la afinación de grano creando centros de nucleación que concentran moléculas en pequeñas colonias dando lugar a una estructura cristalina con un tamaño de grano fino y homogéneo.
REMOVEDORES	Diseñados para una reacción de eliminación con alta eficiencia sobre el magnesio presente en aleaciones comerciales donde sea indispensable. Así mismo remueve las impurezas orgánicas tales como grasas, aceites, basura, etc., que le brindaran un apoyo en el acondicionamiento de la carga.

CAPITULO 4

DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA

PLANTA.

IV. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

4.1 CONCEPTO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

En toda nueva empresa en la que se estudia su factibilidad, es indispensable el considerar la distribución física de la misma, ya que una buena distribución de planta, contribuye indudablemente al éxito de la empresa.

En este punto se hace necesario antes de describir la distribución de la planta recicladora de aluminio, el definir el concepto de distribución de planta y destacar sus ventajas más importantes antes de pasar al diseño de distribución.

“La distribución de planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades y servicios; como el equipo de trabajo y el personal de taller.”¹⁴

El objetivo de hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, es que la producción sea lo más económica, y al mismo tiempo la más segura y satisfactoria para los empleados. Es decir, es necesario ordenar, para fabricar el producto a un costo suficientemente reducido para poder venderlo con un buen margen de beneficio en un mercado de competencia.

Más específicamente, la ventaja de una buena distribución de planta se traduce en reducción del costo de fabricación, como resultado de una serie de condiciones que se describen a continuación:

¹⁴ Richard Muther. Distribución en Planta. Cuarta Edición. Editorial Hispano Europa S. A. Barcelona. 1981

4.2. VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

- Reducción del riesgo para la salud y aumento para la seguridad.

Cualquier distribución que conduzca a que el obrero deje las herramientas o equipo personal de trabajo en pasillos, que requiera su paso junto a hornos sin protección, o que los productos combustibles sean almacenados cerca de instalaciones eléctricas, debe ser definitivamente examinada.

- Elevación de la moral y la satisfacción del obrero.

Al personal le gusta trabajar en una planta que este bien distribuida. Unos talleres de fundición nuevos y agradables, pueden parecer perfectos, pero hay que considerar aspectos tales como iluminación. Ventanas mal distribuidas con la luz pegando en el rostro de los trabajadores en las áreas de moldeo pueden convertirse en un factor desmotivante para el empleado.

- Incremento de la producción.

Generalmente, en una distribución, cuanto más perfecta, mayor producción a un costo igual o menor; menos horas hombre, y una reducción de las horas de maquinaria.

- Disminución de los retrasos en la producción.

El equilibrio de los tiempos de operación y las cargas de cada departamento, es parte de la distribución en planta. No sería conveniente el que en una planta de reciclado de aluminio el horno produzca por carga una cantidad de material superior al número de cajas que el departamento de moldeo sea capaz de producir antes de cada colada.

- Ahorro del área ocupada.

Los pasillos inútiles, el material en espera las distancia excesiva entre máquinas, la inadecuada disposición de los toma corriente, consume gran cantidad de espacio adicional del suelo.

➤ Reducción del manejo de materiales.

No es conveniente el que los obreros deban dedicar mucho tiempo al transporte de materiales o materias primas. Por ejemplo debe examinarse aspectos tales como el que la bodega de materia prima, para el caso particular de la recicladora de aluminio, las latas de bebidas se almacenen en un extremo de la planta y que las prensas que se utilizaran para apachar las latas se encuentren en el otro extremo de la misma.

➤ Acortamiento del tiempo de fabricación.

Acortando las distancias, reduciendo las esperas y almacenamientos innecesarios, se acortará el tiempo que necesita el material para desplazarse a través de la planta.

➤ Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.

El trabajo de programación y su papeleo debe ser simplificado de manera que la producción tenga movimiento continuo o fluidez.

➤ Logro de supervisión.

La distribución puede influir en gran manera en la facilidad y calidad de la supervisión. La oficina de la supervisión de producción debe estar situada cerca de la línea de producción.

4.3 LOS TIPOS CLASICOS DE DISTRIBUCIÓN

Los tipos clásicos de distribución han sido definidos según la naturaleza de la producción; es decir, el hombre cambia la forma o características del material, o le añade otros materiales; por lo que al material pueden sucederle tres cosas en la obtención del producto final: puede ser cambiado de forma, tratado o montado.

- 1- El cambio de forma se llama elaboración (o fabricación)
- 2- El cambio de características se llama tratamiento.

3- La adición de otros materiales a una primera pieza o material, se llama montaje.

Es importante tomar en cuenta en cuanto al tipo de distribución a adoptar que la producción que se busca establecer en la recicladora es industrial; es decir que se producirán grandes cantidades de lingote de aluminio, por lo que será necesario separar operaciones y dividir el trabajo. Esto permite que cada trabajador se especialice en una fracción del trabajo total y emplee sus habilidades en grado mas elevado. Siendo para el caso necesario el considerar el movimiento del material.

Existen 3 tipos clásicos de distribución de planta los cuales son.

➤ Distribución por posición fija.

Se trata de una distribución en la que el material permanece en un lugar fijo; todas las herramientas, maquinas, hombres, y otras piezas de material concurren a ella. Todo el trabajo se hace o el producto se ejecuta en el mismo lugar.

➤ Distribución por proceso, o distribución por función.

En ella todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso están agrupadas. Toda operación específica del proceso de producción esta en un área específica.

➤ Distribución por cadena.

En esta, un producto o tipo de producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija, el material esta en movimiento. Esta distribución dispone cada operación inmediatamente al lado de la siguiente; es decir, que cualquier equipo usado para conseguir el producto, sea cual sea el proceso que lleve a cabo, esta ordenado de acuerdo con la secuencia de las operaciones.

En los procesos de elaboración o tratamiento, la maquinaria usualmente juega un papel importante. La maquina pesada como hornos de fundición no se mueven de lugar con facilidad, por

lo que se tiene que llevar el material junto a las maquinas. Solamente en los casos donde existen pocas piezas a fabricar y donde la maquinaria sea fácil de movilizar es conveniente adoptar un sistema de posición fija.

Los anteriores tipos de distribución demuestran como ciertos factores tienen influencia en la distribución; sin embargo en la industria no se encuentran a menudo estas distribuciones en su forma pura. Usualmente están unas veces, combinados con algún tipo de distribución; y en otras, la línea de demarcación entre un tipo y otro no es suficientemente clara. La mayor parte de las buenas distribuciones son una combinación. Una distribución es buena, si en cada caso particular satisface los objetivos establecidos.

4.4 EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN A ADOPTAR

Las operaciones industriales más simples, empiezan por una distribución por posición fija. Tan pronto como un fabricante empieza a producir grandes cantidades de un producto dado, debe separar operaciones y dividir el trabajo. También significa que el trabajador ya no tendrá que mover la maquinaria de un puesto al siguiente. No obstante, ahora debe desplazarse el material. Por lo tanto agrupa toda la maquinaria de un mismo tipo. La pieza puede ser asignada a cualquier maquina del tipo apropiado que esté libre y los trabajadores pueden ser destinados a cualquier máquina del grupo. Esto es distribución por proceso. Igualmente, allí donde existan amplias variaciones en los tiempos de operación, como ocurre en la elaboración y tratamiento por lote, es conveniente el agrupar el equipo de manejo por lotes, por función o tipo de operación.

En el montaje existen relativamente pocas maquinas costosas. Por lo tanto, el fabricante puede permitirse la existencia de maquinas paradas y adoptar una posición fija del material, dirigiendo a los diferentes trabajadores hacia el material. De este modo se ahorra el movimiento del

mismo y al mismo tiempo, se consigue una especialización en el trabajo permitiendo a cada obrero llevar a cabo una operación específica.

Cuando las cantidades llegan a ser grandes y el producto esta mas estandarizado, el fabricante tendrá tendencia a la producción en cadena tanto para la elaboración y tratamiento como para el montaje.

Aqui es donde existe la especialización del trabajo en un grado aun mayor. En la elaboración y tratamiento, el material se mueve directamente de una maquina a la siguiente y lo mismo sucede en las operaciones de montaje con el componente mayor, al cual van siendo montadas las diversas partes.

Por lo descrito anteriormente y por el tipo de producción la cual ha de ser por elaboración o fabricación ya que se cambiará de forma las latas de aluminio para producir lingotes, se ha considerado emplear la distribución por proceso como el tipo de distribución base con algún grado de combinación con los otros tipos de distribución. Esto debido a que por la naturaleza de la planta no es posible el movimiento de equipos como hornos y moldes de arena por lo que se desecha la distribución por posición fija; tampoco es posible la distribución en cadena ya que la inversion inicial para este tipo de distribución es sumamente alta y se utiliza cuando la demanda de un producto haya probado ser equilibrada y haya gran cantidad de piezas diferentes y productos a fabricar.

Ventajas de la distribución por proceso:

- Con ella se logra una mejor utilización de la maquinaria, lo que permitirá reducir las inversiones en este sentido.

- Se adapta a gran variedad de productos, así como a frecuentes cambios en la secuencia de operaciones
- Se adapta fácilmente a una demanda intermitente
- Con su empleo es más fácil mantener la continuidad de la producción en los casos de:
 - A- Avería de maquinaria o equipo
 - B- Escasez de material
 - C- Ausencia de trabajadores

4.5 LA INVERSIÓN SEGÚN EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN

Es necesario observar los aspectos del costo que acarrea cada tipo de distribución. Para las operaciones de elaboración como en el caso de la recicladora de aluminio en la que se fabricarán lingotes, se comparará la distribución por proceso con la producción en cadena. La producción en cadena implica una mayor inversión en maquinaria debido a que, aunque se intente equilibrar las operaciones individuales, nunca se obtendrá un equilibrio perfecto. Se debe practicar, en caso de eventos inesperados como: falta de material, averías de equipos, etcétera, un entretenimiento preventivo más intenso para garantizar la continuidad, y se debe soportar un mayor costo de instalación. Todo esto significara costos fijos más altos. Por otro lado, el trabajo se moverá mas directamente, existirá menos manejo de materiales y la mano de obra requerirá menor calificación. Ello reducirá el costo de operación.

Si se conjugan estos costos en un gráfico como el de la figura 4.1, es notable como la distribución por proceso resulta más económica para bajos volúmenes de producción. Si la cantidad de producción aumenta se llegará a un punto donde la producción en cadena se vuelve rentable y los

costos de instalación son pagados por el aumento de la cantidad de producción a partir de que transcurra el tiempo.

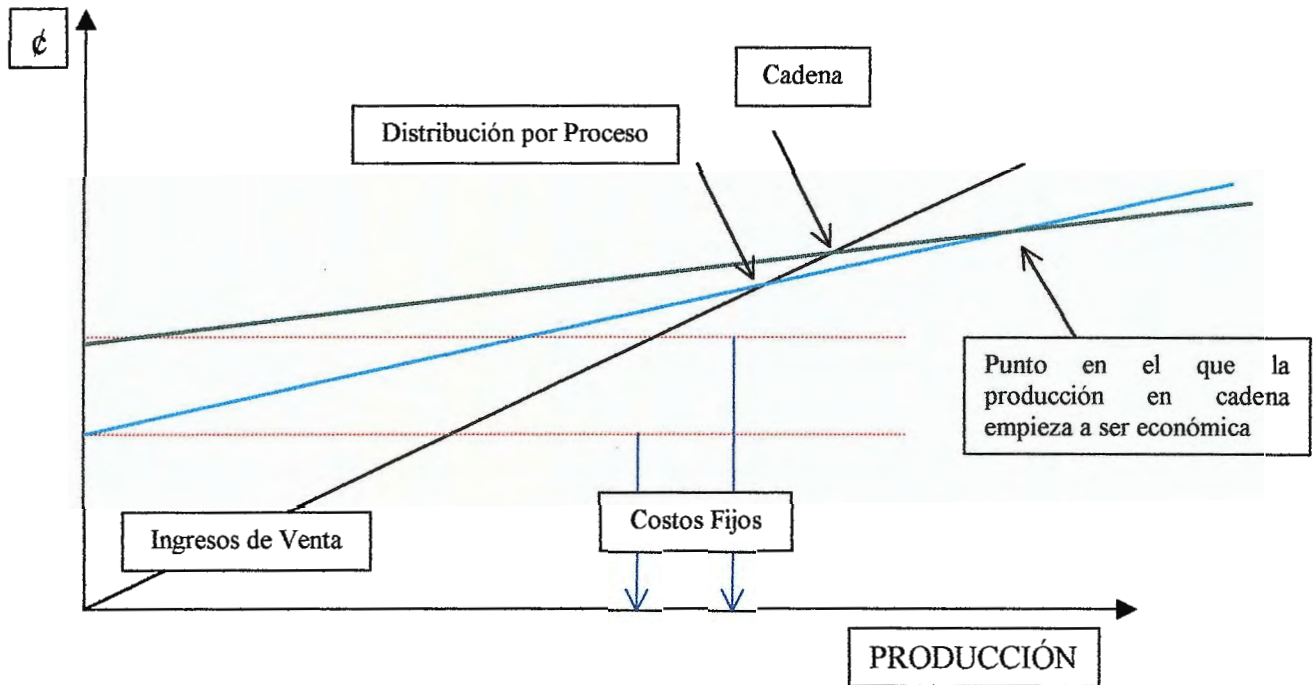


Figura 4.1 Comparación de los costos de la distribución por proceso y por cadena de producción. Solamente si se cuenta con suficiente cantidad para pagar los costos fijos más elevados, llega a ser económica la producción en cadena.

4.6 FACTORES QUE AFECTAN A LA DISTRIBUCIÓN

Habiendo determinado el tipo de distribución a adoptar para la planta, es necesario considerar una serie de factores que ayudarán a diseñar la distribución de la planta recicladora de aluminio. Los factores principales que tienen influencia sobre cualquier distribución son los siguientes:

- Material
- Maquinaria y equipo
- Hombre

4.6.1 MATERIAL

Cada producto, pieza o material, tiene ciertas características que pueden afectar a la distribución en planta. Las consideraciones de este factor son: tamaño, forma y volumen, peso y características especiales.

El Tamaño. Las latas de aluminio en la planta recicladora consumen mucho espacio por lo que será necesario aplastarlas para disminuir su volumen y también facilitar su desplazamiento o movilización. Además independientemente del factor espacio, es necesario el aplastar las latas antes de echarlas al horno; esto debido al poco espesor de las paredes de la lata la cual se quemaría sin fundirse al ser introducida en el horno. Por lo tanto será necesario considerar una área de prensas en la distribución de la planta.

El Peso. La materia fundida afectará el tipo de equipos y medios de transporte a utilizar. Dicha materia debe ser transportada con rapidez una vez salga del horno para ser introducida en moldes de arena. Para ello se han considerado el utilizar crisoles y puentes grúas para su desplazamiento.

4.6.2 FACTOR MAQUINARIA Y EQUIPO

El trabajo de distribución en planta es la ordenación de ciertas cantidades específicas de espacio, en relación una con otras, para conseguir una combinación óptima. La forma de las máquinas (largas, estrechas, cortas, compactas, circulares o rectas, etcétera.) afecta la ordenación de las mismas y su relación con otra maquinaria, así como otras características y consideraciones.

Dentro de los equipos considerados en la planta recicladora de aluminio se incluye un puente grúa colocado sobre el área de moldeo; el cual es necesario a fin de desplazar cajas de arena, crisoles con materia fundida, movilización del horno tipo basculante que se incluirá en las instalaciones de la planta. Dicho puente grúa se define a continuación y la estructura que incluye sus placas de anclaje, columnas y viga carrilera se presentan en el plano 002; el costo de dicha estructura se presentará en el capítulo de análisis económico de la planta de reciclaje de aluminio.

Características Principales del Puente Grúa.

Las características principales del puente grúa necesario, según los requerimientos de la planta recicladora de aluminio se presentan en la tabla 4.1:

TABLA 4.1

CARACTERÍSTICAS DEL PUENTE GRUA.

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	VALOR
Carga útil de elevación	5,000 Kg.
Ancho de vía del puente grúa	12 m.
Longitud de carriles de traslación	12 m.
Altura de elevación máxima	6 m.
Velocidad de elevación	5.0 m/min.
Velocidad de traslación	10. m/min.
Tensión Eléctrica Local	3 fases, 440V, 60 Hz

Según las características definidas en la tabla anterior se describe el puente grúa escogido según parámetros de calidad y rendimiento:

- Motor de elevación del malacate: Autofrenante, de alto par de arranque de regulación automática, sin recambio de guarnición hasta 1,000,000 de maniobras, factor de trabajo del 40% o sea 240 arranques por hora.



Figura 4.2 Motoreductor de puente grúa para desplazamiento del carro transversal y del malacate.

- Caja Reductora: Sellada en baño de grasa semi fluida, con engranajes de acero AISI 4340, tratados térmicamente con temple en aceite, de funcionamiento silencioso, con ejes de rodadura sobre rodamientos de tipo rodillos.
- Sistema de Freno: Independiente del sistema de motor freno, se provee un sistema de freno mecánico de seguridad. Los sistemas de frenos son independientes con compensación automática de desgaste.

- Pasteca: de construcción cerrada, las poleas giran sobre rodamientos de lubricación permanente. El gancho de carga, en acero forjado, posee traba de seguridad.



Figura 4.3 Pasteca con su motor y gancho

- Conector Inalámbrico: Aumenta la productividad al no tener que desplazarse a fin de alcanzar una botonera de los sistemas convencionales. Reducido tamaño y gran desempeño. Evitan accidentes al no poseer los cables eléctricos de las botoneras normales. Permiten un mayor aprovechamiento del espacio al no ser necesario dejar pasillos y espacios para circular con el comando tradicional de botonera con cable eléctrico.



Figura 4.4 Conector inalámbrico.

- El Puente Grúa: constará de 2 vigas carrileras bajo norma; dichos perfiles se definen en la partida de obras mecánicas del capítulo de costeo de la nave industrial. El puente grúa se fabricara para una luz de 12 metros y un desplazamiento de 12 metros. Según la figura 4.5 que es típica de un puente grúa.

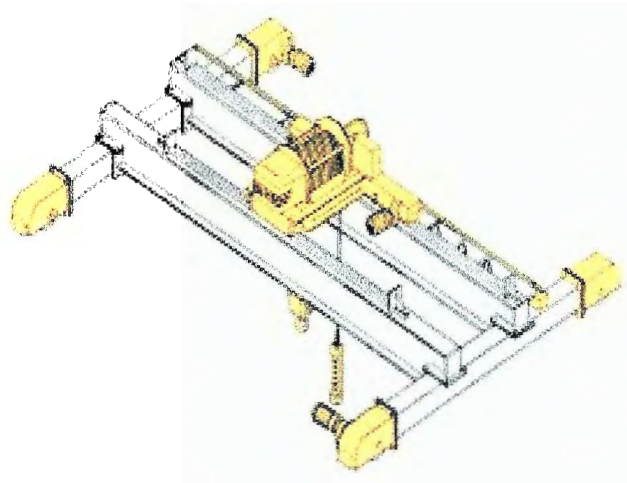


Figura 4.5 Dibujo típico de puente grúa.

Entre los equipos que se ha considerado incluir en la planta de reciclaje de aluminio esta un montacargas que servirá para desplazar materia prima desde la bodega y a lo largo de todo el proceso de producción.



Figura 4.6 Montacargas.

PROYECTO NAVE RECICLADORA DE ALUMINIO
--

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION

HOJA DE CODIFICACION DE EQUIPO

CODIGO: MT4K-003

EL CODIGO PROPORCIONARA LA SIGUIENTE INFORMACION DEL EQUIPO

TIPO DE EQUIPO	MONTACARGA	
MODELO	42-2FG25	
NUMERO DE SERIE	40-2FG25-627	
FABRICANTE	TOYOTA	TELEFAS: 002-437-987
DISTRIBUIDOR	EQUIPOS DIDEA	TELEFAS: 232-4467
EMPLEO	EN SERVICIO DEL DEP. DE PRODUCCION	USOS MULTIPLES
SEGURIDAD		
ESTANDARES		
UBICACIÓN	BODEGA DE RECICLAJE	AREA DE PRODUCCION
VOLTAJE		
AMPERAJE		
FECHA DE COMPRA	Sep-99	
COSTO	43,567	
RPM		
POTENCIA		
COMBUSTIBLE	GASOLINA	90 OCTANOS

Figura 4.7 Hoja de codificación del montacargas.

4.6.3 FACTOR HOMBRE

En cualquier distribución debe considerarse la seguridad de los trabajadores y empleados.

Las condiciones específicas de seguridad que se deben tener en cuenta son:

- Que el suelo este libre de obstrucciones y que no sea resbaloso.
- No situar operaciones demasiado cerca de partes móviles o de radiaciones de equipos que no cuenten con el resguardo debido.
- Elementos de primeros auxilios y extintores de fuego cerca.
- Que no existan en las áreas de trabajo ni en los pasillos, elementos de material o equipos puntiagudos o cortantes, en movimiento o peligrosos.

La distribución de la planta debe ser confortable para los trabajadores; es decir, deben haber condiciones de bienestar en las que influyen la ventilación, el calor, el ruido, y la vibración.

Tomando en consideración todos los factores anteriores se diseñara una distribución que ha de incluir una área de oficinas administrativas, área de bodega, de prensas, zona de hornos de fundición, área de moldeo con puente grúa, área de desvestideros y servicio sanitarios para los trabajadores, y zona de carga. Se elige construir una nave industrial de 60 metros de largo con 38 metros de fachada para la planta recicladora de aluminio. Dicha distribución se muestra en el plano 005.

4.7 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO Y DE PLANTA

Se considerará comenzar con el personal administrativo y de planta mínimo necesario, Así se describe a continuación dicho personal con sus salarios mensuales de acuerdo al cargo desempeñado y a estimaciones económicas actuales:

TABLA 4.2

PERSONAL ADMINISTRATIVO.

CARGO	Nº DE PERSONAS	SUELDO	TOTAL
Gerente General	1	¢12,000	¢12,000
Gerente Financiero	1	¢10,000	¢10,000
Gerente de Producción	1	¢10,000	¢10,000
Jefe de Mantenimiento	1	¢8,000	¢8,000
Supervisor	1	¢3,500	¢3,500
Encargado de compras y ventas	1	¢2,000	¢2,000
Técnico mecánico	1	¢3,500	¢3,500
Técnico eléctrico	1	¢3,500	¢3,500
Secretaria	1	¢1,850	¢1,850
Recepcionista	1	¢1,850	¢1,850
Ordenanza	1	¢1,400	¢1,400
Vigilante	4	¢1,650	¢6,600
		TOTAL =	¢64,200

4.8 OPERACIÓN DE LA PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO

Dimensión de la capacidad productiva de la planta.

Según datos obtenidos del estudio “El Mercado de Reciclaje en el AMSS”, llevado a cabo por Salvanatura (fundación ecológica de El Salvador); La Constancia principal comprador mayorista de latas de aluminio (compró alrededor de 22 toneladas por mes de dicho producto para el año 1994) y según datos proporcionados por La Dirección General de Estadística y Censo (DIGESTYC), solo para el año 1998 El Salvador importó un total de 3,953 toneladas de producto de aluminio sin alear¹⁵, ver anexo 4.1 con un costo CIF (costo del producto mas el costo del flete por poner el producto en el puerto nacional) de ¢16.49 por kilogramo; lo que demuestra que existe en el territorio nacional mercado para las latas de aluminio y material suficiente de aluminio para reciclar.

Si se considera que la planta de reciclado de aluminio tendrá inicialmente una capacidad de producción del 4% del material sin alear presentado por DIGESTYC (20 toneladas por mes) y que la planta pueda absorber el 80% de la oferta de latas de aluminio del AMSS (17.6 toneladas)¹⁶ del dato presentado por Salvanatura, se dimensionará la planta para el reciclaje de 33.6 toneladas de aluminio por mes, aproximadamente.

4.9 EL PERSONAL OPERATIVO

El personal operativo destinado al área de producción será el siguiente, necesario para cumplir con la producción de la planta. Para una producción de 2.08 toneladas por día se tiene:

¹⁵ Obtenido de DIGESTYC en su SAC 7601100000 (sistema arancelario centroamericano) para el año 1998

¹⁶ Solamente se incluye el AMSS y no todo el territorio nacional

A continuación se determinará el total de pagos de la empresa al ISSS y AFP'S:

➤ ISSS Y AFP = 7.5% x SALARIO TOTAL ANUAL

$$\text{ISSS Y AFP} = 0.075 \times 1,089,600.00 = \text{¢}81,720 \text{ (Pago anual)}$$

➤ Aguinaldos:

$$\text{Aguinaldo} = 10 \text{ días de trabajo} = 10 \times \text{Salario Total Mensual} / 30$$

$$\text{Aguinaldo} = 10 \times \text{¢}90,800 / 30 = \text{¢}30,266.67$$

➤ Vacaciones:

$$\text{Vacaciones} = 15 \text{ días de trabajo} \times \text{¢}3,026.67 + 30\% \times \text{¢}90,800.00 = \text{¢}72,640.00$$

Habiendo determinado los salarios anuales, cotizaciones al seguro y AFP'S, vacaciones y aguinaldo; es posible determinar la planilla de la planta recicladora de aluminio:

➤ Planilla = Salario total anual + ISSS y AFP'S + Aguinaldo + Vacaciones

$$= \text{¢}1,089,600.00 + \text{¢}81,720.00 + \text{¢}30,266.67 + \text{¢}72,640.00$$

$$= \text{¢}1,274,226.67$$

4.11 SERVICIOS

Entre los servicios comunes que toda empresa debe poseer como mínimo, se encuentran los siguientes: agua (¢9,000.00 mensuales), energía eléctrica (¢90,000.00 mensuales) teléfono (¢2,000.00 mensuales), generando un gasto total mensual de ¢101,000.00

4.12 EQUIPO DE OFICINA Y UTENSILIOS

Dicho rubro comprende equipo como computadoras, impresores, fotocopiadoras, maquinas de escribir, ventiladores, fuentes de agua, etcétera. Utensilios como papelería, lápices, bolígrafos, mesas, sillas y utensilios de limpieza. Todo esto puede comprarse de primera mano y se establece un costos de ¢120,000.00

4.13 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECICLADO DE ALUMINIO

4.13.1 FINALIDAD DE LOS DIAGRAMAS

Los diagramas son la representación gráfica de un trabajo que ha sido dividido en componentes o unidades básicas. Son uno de los instrumentos más importantes de la ingeniería de métodos; son útiles para registrar, examinar y establecer etapas. Los diagramas son también auxiliares descriptivos y de comunicación para entender el proceso y las actividades.

4.13.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

Un diagrama de flujo de proceso es una representación gráfica, simbólica, del trabajo realizado o que se va a realizar en un producto a medida que pasa por algunas o todas las etapas de un proceso. Típicamente la información que se consigna en el diagrama es la cantidad, la distancia recorrida, el tipo de trabajo realizado (mediante un símbolo con su explicación) y el equipo utilizado. Los tiempos de trabajo también pueden incluirse.

El diagrama de flujo de proceso es una de las técnicas usadas para registrar el orden de sucesión de un proceso; es decir, una serie de acontecimientos o actividades en el orden en el cual se producen.

Hay tres tipos de diagramas, que dependen de la índole del flujo que se registra:

1. **Para el producto (o material).** El proceso o los sucesos relacionados con un producto material.
2. **Para personal.** El proceso relacionado con una persona.
3. **Para el equipo.** El proceso o los acontecimientos asociados con el equipo.

4.13.3 SÍMBOLOS

Los acontecimientos y las acciones se clasifican en los cinco grupos siguientes:

- **Operación.** Una operación tiene lugar cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto; se monta o desmonta a partir de otro objeto, o se dispone o

prepara para otra operación, transportación, inspección o almacenamiento. El símbolo a utilizar es:



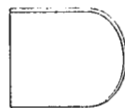
- **Transportación.** La transportación tiene lugar cuando se traslada un objeto o cuando una persona va de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de la operación o cuando es causado por el operador en la estación de trabajo. El símbolo a utilizar es:



- **Inspección.** La inspección tiene lugar cuando se examina un objeto para identificarlo o cuando se verifica la calidad o la cantidad de cualquiera de sus características. Se empleará el siguiente símbolo:



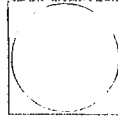
- **Demora.** Se produce una demora cuando un objeto o persona espera la acción planeada siguiente. El símbolo a utilizar es:



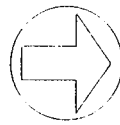
- **Almacenamiento.** El almacenamiento tiene lugar cuando un objeto se guarda y se protege contra el retiro no autorizado. Se utilizará el símbolo siguiente:



- **Combinación.** Se han combinado los símbolos para indicar actividades que se realizan simultáneamente:



La inspección se lleva a cabo en el transcurso de la operación



Se lleva a cabo una operación mientras el producto está en movimiento.

En base a los apartados anteriores, se presenta a continuación el diagrama de flujo para la planta de reciclado de aluminio, en el cual se definen las diferentes etapas que en el proceso se realizan, tomando como objeto de estudio al producto o material a procesar.

Diagrama de Flujo del Proceso		Del tipo: Trabajador / Material / Equipo			Del tipo de material		
Cuadro N° 1	Hoja N° de: 1	Resumen					
Sujeto registrado:	Actividad	Actual	Prpuesta	Ahorro			
Latas y piezas de aluminio.	Operación						
Actividad:	Transporte						
Fundición de Aluminio.	Demora						
Método: Actual / Propuesto	Inspección						
Ubicación: Planta Recicladora de Aluminio	Almacenamiento						
Operadores:	Distancia (metros):						
	Tiempo (horas - hombre):						
	Costo:						
Registrado por:	Mano de obra						
Autorizado por:	Materiales						
Fecha:	TOTAL						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	TIEMPO (hrs)	SIMBOLO			OBSERVACIONES
Entrada de materia prima				○	→		Montacargas
Se pesa el material							Báscula
Se almacena el material: se redacta un informe de inspección e ingreso							Montacargas
Se saca del almacén el material							
Se traslada el material a zona de prensas							Montacargas
Se presa el material							
Se traslada el material a zona de fundición							Manualmente
Se funde el material en el horno							
Se cuele material en el crisol							Puente Grúa
Se cuele material en moldes							Puente Grúa
Se enfrían los moldes							
Se realiza desmolde de lingotes							
Se limpian los lingotes							
Se trasladan al almacén de producto terminado							Montacargas
Se inspeccionan y pesan los lingotes: se redacta un informe de inspección e ingreso							
Se almacenan los lingotes en espera de salida							Montacargas
TOTAL							

Figura 4.8 Diagrama de flujo del proceso de reciclaje de aluminio

4.14 NORMAS DE CALIDAD

La adopción o no de normas de calidad por parte de las empresas o industrias es una opción. es decir no existe un requerimiento legal que obligue a los países y a las empresas a adoptarlas. Sin embargo, los países e industrias a menudo adoptan las normas de calidad como requisito para llevar a cabo sus negocios, por lo que son virtualmente mandatorias en dichos casos.

Antes de proseguir con los requerimientos que debe cumplir toda empresa que desee la certificación de normas de calidad, es importante conocer los antecedentes y el concepto de normas de calidad vinculados a la serie ISO, por ser la mayormente difundida ya que abarca la mayoría del espectro de las industrias y empresas existentes:

4.14.1 ESTRUCTURA DE ISO

ISO es una federación mundial de cuerpos miembro, establecida en 1946 para promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación; pertenecen a ellas mas de 110 países. En México el cuerpo miembro es DGN¹⁷; en Estados Unidos es ANSI¹⁸.

Antes de llegar a una norma, ISO recibe información de los gobiernos, industria y otras partes interesadas. Todas las normas desarrolladas por ISO son voluntarias; es decir no se fuerza a ningún país o industria a adoptarla.

ISO desarrolla normas en todas las ramas industriales con excepción de aquellas relacionadas con la ingeniería eléctrica y electrónica. En estas ramas las normas son desarrolladas por la Comisión Electrotécnica Internacional con sus siglas IEC con sede en Ginebra, Suiza, que tiene más

¹⁷ Dirección General de Normas

¹⁸ Instituto Nacional de Estándares Americanos

de 40 países miembros. El trabajo de preparación de las normas internacionales se lleva a cabo a través de comités técnicos (CT) como el ISO/TC 176, que desarrolla normas internacionales de administración y aseguramiento de calidad. Este trabajo de las normas internacionales a su vez se delega a los subcomités SC1, SC2, que a su vez lo integran los grupos de trabajo, los GT (WG en inglés). El esquema para el desarrollo de una nueva norma se muestra en la figura 4.8

Cada cuerpo miembro interesado en un tema o asunto, para el que un comité técnico haya sido establecido, tiene el derecho a ser representado en ese comité. Los borradores de las normas internacionales ISO/DIS¹⁹ se adopta por los subcomités técnicos, y se circulan a los cuerpos miembros para que voten. La publicación de una norma internacional requiere la aprobación de, al menos, 75% de los cuerpos miembros en voto confirmado.

¹⁹ Siglas de Draft Internacional Standard

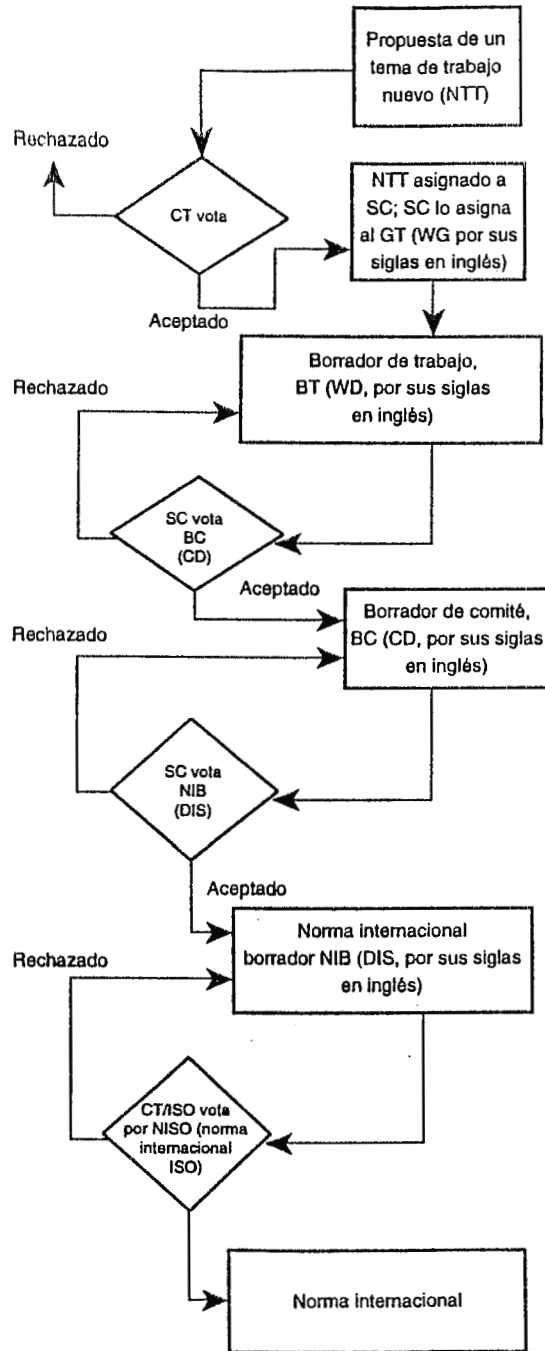


Figura 4.9 Proceso de desarrollo de las normas ISO

4.14.2 LA FAMILIA DE NORMAS ISO 9000

ISO 9000 es una serie de cinco normas internacionales sobre aseguramiento de calidad emitidas en 1987 por ISO y actualizadas en 1994, cuyo cumplimiento demuestra que una empresa aplica los principios de las normas como base de administración de su sistema de calidad. La serie es revisada por un comité cada 5 años para mantenerla actualizada de acuerdo al desarrollo y evolución de los sistemas de calidad mundiales.

La serie surgió de la necesidad mundial de desarrollar una norma única para la operación y administración de los sistemas de aseguramiento de calidad. En 1979 ISO integra un Comité Técnico conocido como TC 176 con el fin de realizar el documento, para 1987 ISO publica la serie ISO 9000 basada en la Norma Británica BS- 5750 y en 1992 la Comunidad Europea la adopta con el nombre de EN 2900.

El nombre ISO 9000 es por primera vez expresado en la sección de Introducción de la Norma Internacional ISO 9000-1: 1994 Normas de Administración de Calidad y Aseguramiento de Calidad, Lineamientos para Selección y Uso. Organización Internacional para la Normalización Ginebra, Suiza, 1994.

La serie ISO 9000 esta formada por cinco normas, las cuales son:

- ISO 9000: Guías para la selección y uso de la serie
- ISO 9001: Modelo para empresas involucradas en diseño, producción e instalación
- ISO 9002: Modelo de empresas que cuentan con producción e instalación
- ISO 9003: Modelo para empresas relacionadas con inspección y pruebas finales
- ISO 9004: Guías para la administración de la calidad, elementos del sistema de calidad y empresas prestadoras de servicios.

Estos cinco estándares forman el corazón de las normas. Existen estándares ISO 9000-2 e ISO 9000-3 que versan sobre la guía y mejoría de la administración o guía para la auditoria de calidad, son un suplemento. Existen unos estándares de apoyo a la auditoria que son ISO 10011-1, ISO 10011-2 e ISO 10011-3. Estos cinco estándares se orientan a aumentar la confianza del comprador en los sistemas de calidad del proveedor.

4.15 LA NORMA INTERNACIONAL ISO 9000-1: 1994

Comenta lo relacionado con la transformación de serie ISO 9000 a la familia ISO 9000, conceptos de globalización y competitividad en amplitud industrial y de sectores económicos. Se nota la mano japonesa en el comité técnico ISO TC/176 por la incorporación de diferentes conceptos (diferenciación entre manufacturabilidad del diseño y diseño de salida). Asimismo la familia ISO 9000 describe cuales elementos del sistema de calidad deben ir de acuerdo, pero no trata la manera de implantarlos en una organización.

Aclara los conceptos principales de la calidad con sus distintas interrelaciones y también suministra una guía para el uso de la familia ISO 9000.

Toma como base la norma ISO 8402:1994, Administración de la calidad y aseguramiento de la calidad.

4.16 SELECCIÓN DE LA NORMA PARA UNA EMPRESA.

La selección y uso de normas internacionales sobre calidad es el núcleo de la norma ISO 9000-1. En general se reconsidera el uso de la familia ISO 9000 en dos tipos: lineamientos o guías y contractuales. Se recalca la satisfacción del cliente con una responsabilidad e importancia acordada.

La selección y uso recomienda la consulta de la norma ISO 9000-1: 1994 para toda compañía, institución o empresa que quiera implementar un sistema de calidad.

Acerca de los lineamientos de aplicación se menciona que debe seleccionarse la norma ISO 9000-2:1993 en cuanto a la implantación y aplicación de las normas ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003 o normas contractuales.

Si una compañía o empresa desarrolla y produce software (programación) y quiere certificarlo, deberá consultar También la norma ISO 9000-3 como complemento a la norma ISO 9001, ya que es específicamente útil en software de computación.

La dependibilidad en los productos y servicios es fundamental. Esta norma (ISO 9000-4: 1994) se aplica a un programa administrativo que contenga condiciones de confiabilidad o fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

Si su empresa quiere certificarse y cubre toda la gama del espectro operativo, debe usar la norma internacional de tipo contractual. Aseguramiento de calidad: diseño. Desarrollo, producción, instalación y servicio; ISO 9001: 1994, también llamada norma principal o norma madre, y que contiene todos los requerimientos más amplios de toda la serie o familia. En la revisión de 1994 se agrega el termino preventivo a la cláusula acción correctiva, que ahora es acción correctiva y preventiva. Además se agrega el termino preservación a la cláusula de manejo, almacenaje, empaclado y entrega. Ambos aspectos no se habían tomado en cuenta en el pasado. Las compañías que desean certificarse y deben establecer el sistema de Aseguramiento de calidad: producción, instalación y servicio deben usar la norma ISO 9002: 1994, que es la que tiene mas certificaciones en el mundo. Esto se debe a que en estas compañías no hacen diseño y desarrollo, aun cuando también en esta norma se agregó la cláusula de servicio, el termino preventiva a la cláusula acción correctiva y los términos preservación a la cláusula de manejo, almacenaje, empaclado y entrega.

Cuando una empresa debe implementar un sistema de Aseguramiento de calidad: Inspección final debe seleccionar la norma ISO 9003: 1994, que se puede considerar como un molde ideal para la certificación de laboratorios de pruebas, ya que en ellos no se hace diseño y no se produce; solo se dedican a la inspección final y prueba. Los laboratorios de prueba emiten resultados después de seguir un procedimiento establecido, generalmente por una norma ya sea privada, local, regional, nacional o internacional.

Las normas de Administración de la calidad deben consultarse y en especial la ISO 9004-1: 1994, la cual hace referencia y complementa la norma ISO 9001, para aquella empresa dedicada a la producción de bienes o productos terminales o finales. Se estipulan los elementos del sistema de calidad correspondiente.

Una de las normas guía más esperada fue la de servicios, conocida como la ISO 9004-2: 1994, ya que hasta entonces se habrían enfocado las normas a productos. Fue la primera de la serie ISO 9000 que habló de la mejora continua y de la importancia fundamental del factor humano para la implementación de un sistema de calidad. Se aplica, en especial a la rama de servicios; también se recomienda en las áreas de servicio de las grandes compañías.

Para empresas que pretendan o no certificarse, el mejoramiento de la calidad es fundamental. Por lo tanto, la norma ISO 9004-4 se recomienda porque incluye las siete herramientas básicas de la calidad y dos más, que son el diagrama de afinidad y el diagrama de flujo con ejemplos y aplicaciones.

4.17 EL SISTEMA DE CALIDAD

Los requerimientos del sistema de calidad son el punto de inicio clave. La mayoría de los especialistas de calidad concuerdan en que el responsable de la calidad en cualquier organización es la alta administración, en especial, la persona con más alta jerarquía.

La responsabilidad de la directiva también es de suma importancia. En general cualquier organismo certificador no inicia ningún trámite si el responsable directivo no es definido formalmente y por escrito, para asegurar las intenciones de certificación.

Es importante establecer una política de calidad. Esta debe ser enunciada, documentada, proclamada, entendida, mantenida y mejorada con el paso del tiempo. Al mismo tiempo deberá ser definida la estructura organizativa dentro de la empresa con su fecha y su correspondiente aval.

Debe definirse la responsabilidad y la autoridad en especial de aquellas personas que se interrelacionen con la calidad y cuyos nombres hayan quedado definidos en el organigrama de la empresa.

El sistema de calidad en general se debe establecer, documentar y mantener. Se deberá preparar un manual de calidad con políticas, procedimientos e instrucciones de trabajo, que cubra los requerimientos de la norma ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003.

La planeación de la calidad es parte fundamental para implementar el sistema de calidad. Este debe contener las políticas, procedimientos e instrucciones de trabajo así como los registros del plan, que cubra los requerimientos de la norma ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003.

El control de la documentación es la columna vertebral del sistema de calidad, por lo que la aprobación y emisión de documentos y datos debe contener información, instrucciones o ambos, que puedan registrarse, transmitirse o recibirse a través de diferentes medios. Con procedimientos

internos por escrito se describirá el control de la documentación, responsable del control, lo que se controla, cuando y donde.

Las modificaciones y cambios de los documentos también deben someterse a registro, manejo, emisión y/o cambio. El proveedor debe establecer un procedimiento para controlar los cambios por diferentes medios, siguiendo los proceso de documentación, asegurando la actualización exacta de los documentos, con documentos autorizados, para evitar confusión. Se debe planear la circulación de un cambio propuesto para el personal autorizado lo apruebe y lo emita.

Principales pasos a seguir para obtener registro en la serie de estándares de calidad ISO 9000:

- La gerencia debe estar comprometida en todo el trayecto.
- Debe haber un coordinador interno de todo el proceso de registro - acreditación.
- Pueden hacerse auditorias internas, ante todo en busca de la mejoría
- Debe elaborarse el manual de calidad (cada empresa debe hacer el propio)
- Diseñar documentos y procedimientos
- Coordinar la visita inicial del auditor certificado o “Registrar”
- Pueden hacerse evaluaciones previas.
- Al tener el certificado, seguir la evaluación en el ámbito interno de la empresa.

Según el apartado selección de la norma para una empresa y el tipo de industria que será la planta de reciclado de aluminio; se establece que dicha empresa se identifica con la norma ISO 9002: Sistemas de calidad – Modelo para aseguramiento de calidad en producción e instalación; ya que en la planta la actividad de producción no requiere del diseño, es decir, el producto final será un lingote de aluminio de 6 kg; por lo tanto la actividad productiva de la planta es fabricación e

inicialmente instalación de la misma. Sin embargo se podría requerir de la certificación de otras normas relacionadas mas íntimamente con el área servicios como ISO 9004-2. En el anexo 4.2 se presenta una serie de direcciones de empresas internacionales que prestan asesoramiento a las empresas que lo soliciten según su actividad productiva para así ser asociada con la norma correspondiente.

4.18 NORMAS DE LA SERIE ISO 14000.

ISO 14000 involucra a una serie de normas genéricas que están siendo desarrolladas por la Organización Internacional para la Normalización (ISO), que suministra administración de negocios con la estructura para administrar el impacto ambiental. Las normas incluyen el sistema de administración básica, auditoria, evaluación de desempeño, etiquetado o marcado, y evaluación del ciclo de vida.

ISO ha asignado la responsabilidad para el desarrollo de las normas al Comité Técnico (TC) 207, que ha formado los subcomites (SC) y sus grupos de trabajo (GT); cada uno asignado a una serie de las normas relacionadas.

Las normas son básicamente de dos tipos: lineamientos y especificaciones. Todas las normas excepto ISO 14001 son normas de lineamientos. Esto significa que son descriptivas, no prescriptivas. Las compañías no se registran a ISO 14000 como una serie; ellas se registran en ISO 14001, la norma de especificación que es un modelo del Sistema de Administración Ambiental (SAA).

Las normas pueden ser clasificadas de acuerdo con su enfoque y se dividen en dos categorías:

- Normas de organización o proceso de Sistemas de Administración Ambientales, SAA, Auditoría Ambiental y evaluación del Desempeño Ambiental

- Normas orientadas a producto. Evaluación del Ciclo de Vida, Marcado o Etiquetado Ambiental.

El SAA y las normas de auditoría fueron elevadas a estatus de Norma Internacional en Borrador en junio de 1995 y son consideradas normas internacionales desde fines de 1996. Las otras normas están en varias etapas de desarrollo.

4.18.1 SISTEMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL SAA

Un sistema de administración ambiental (SAA) es ese aspecto de la organización de toda la estructura administrativa que direcciona el impacto inmediato y de largo plazo de sus productos, servicios y procesos sobre el ambiente. Suministra orden y consistencia en metodológicas organizaciones a través de la asignación y localizaciones de recursos, asignación de responsabilidades, y evaluación continua de prácticas, procedimientos y procesos.

Un SAA es esencial para la habilidad de una organización a fin de anticipar y cumplir con las expectativas crecientes de desempeño ambiental y asegurar cumplimiento continuo con los requerimientos nacionales e internacionales.

Los SAA han tenido éxito cuando las corporaciones hacen de la administración ambiental una de sus más altas prioridades. En general, los sistemas de administración ambiental deberán lograr los siguientes principios:

- Establecer una política ambiental apropiada, incluyendo un compromiso para prevenir la contaminación.
- Determinar los requerimientos legislativos y aspectos ambientales asociados con las actividades, productos, y servicios de la organización
- Desarrollar un compromiso de los administradores y empleados para la protección del ambiente, con clara asignación de control y responsabilidad
- Animar la planeación ambiental a través del rango total de las actividades de la organización, desde la adquisición de materia prima hasta la distribución del producto.

4.18.2 MOVIMIENTO HACIA LOS SAA

El constante deterioro del medio ambiente, las presiones públicas y de grupos ambientalistas han logrado influir en organizaciones gubernamentales como parlamentos, cámara de diputados y ministerios con el fin de crear un marco legal que regule o controle las actividades productivas que crean daño al medio ambiente. Tal es el caso que en El Salvador existe un marco legal, por lo que la adopción de un SAA se vuelve una necesidad.

A continuación se presenta una lista de razones por las que muchas campañas adoptan un SAA es la siguiente.

- Se mejora el cumplimiento de los requerimientos legislativos
- Reducción del riesgo de responsabilidad civil
- Se previene la contaminación
- Bienestar de la comunidad

La serie ISO 14000 comprende varias normas únicas. Juntos estos documentos suministran los lineamientos necesarios para implementar un sistema administrativo ambiental. Las normas orientadas al producto incluyen el marcado y evaluación del ciclo de vida, y normas de producto en los aspectos ambientales; las normas de organización y proceso incluyen sistemas administrativos ambientales, auditorías ambientales, y evaluación de desempeño.

4.18.3 NORMAS DE ORGANIZACIÓN O PROCESO

- ISO 14001: Sistemas de Administración Ambiental – Especificaciones con Lineamientos para Uso.
- ISO 14004: Sistemas de Administración Ambiental – Lineamientos Generales sobre Principios, Sistemas y Técnicas de Apoyo o Soporte.
- ISO 14010: Lineamientos para Auditorías Ambientales – Principios de Auditorías Ambientales.
- ISO 14011/1: Lineamientos para Auditoría Ambiental –Procedimientos de Auditoría, Auditoría de Sistemas de Administración Ambiental

- ISO 14012: Lineamientos de Auditoria Ambiental -- Criterios de calificación para Auditores Ambientales.
- ISO 14013: Administración de Programas de Auditoria Ambiental (trabajo nuevo, tema propuesto)
- ISO 14014: Revisiones Iniciales (trabajo nuevo, tema propuesto)
- ISO 14015: Evaluaciones Ambientales del Sitio (trabajo nuevo, tema propuesto)
- ISO 14031: Evaluaciones de Desempeño Ambiental.

4.18.4 NORMAS ORIENTADAS A PRODUCTO

- ISO 14020 Marcado (Etiquetado) Ambiental – Principios Generales.
- ISO 14021: Términos y Definiciones para Autodeclaración de Reclamaciones Ambientales.
- ISO 14022: Marcado (Etiquetado) Ambiental – Símbolos
- ISO 14023: Marcado (Etiquetado) Ambiental – Metodológicas de Prueba y Verificación.
- ISO 14024: Principios Guía, Practicas y Criterios Múltiples Basados en Programas Prácticos (Tipo I)- Guía para Procedimientos de Certificación.
- ISO 14040: Administración Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida Principios y Lineamientos.
- ISO 14041: Administración Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida, Objetivo y Definiciones/Enfoque y Análisis de Inventario.
- ISO 14042: Administración Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida, Evaluación del Impacto del ciclo de Vida.
- ISO 14043: Administración Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida, Interpretación.
- ISO 14060: Normas Guía para la Inclusión de Aspectos Ambientales en Productos.

Según la actividad productiva de la planta de reciclaje de aluminio, se vuelve de interés el analizar de forma mas detenida las normas orientadas al producto y principalmente la norma ISO 14040 que versa en la evaluación del ciclo de vida.

4.19 ISO 14040: ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL – EVOLUCIÓN DEL CICLO DE VIDA, PRINCIPIOS Y LINEAMIENTOS.

Es una norma que anima e impulsa a los hacedores de políticas publicas, organizaciones privadas, y al público a temas de perspectiva ambiental de manera sistemática y que toma en cuenta el impacto ambiental de un amplio rango de actividades. Esta norma intenta que se integre a las operaciones de una organización y no esta limitada a la aplicación por practicantes de tercera parte.

La evaluación del ciclo de vida es una compilación y evaluación, de acuerdo con una serie de procedimientos sistemáticos, de la entrada y salida de materiales y energía y el impacto ambiental asociado directamente a la función de un producto a través de su ciclo de vida.

CAPITULO 5

ELECCIÓN Y DISEÑO DEL HORNO.

V. ELECCIÓN Y DISEÑO DEL HORNO.

5.1 GENERALIDADES

Los hornos eléctricos basan su funcionamiento en el Efecto Joule, en el cual ocurre una transformación de energía eléctrica en energía térmica (calor) en una resistencia recorrida por una corriente. Siendo R el valor de la resistencia, V la tensión aplicada a ella, e I la corriente que circula, la potencia desarrollada por efecto Joule en dicha resistencia, se puede calcular por las expresiones:

$$P = I \times V \quad (\text{Ec. 5.1a})$$

o bien:

$$P = R \times I^2 \quad (\text{Ec. 5.1b})$$

donde: P = potencia, en watts

R = resistencia eléctrica, en ohmios

I = corriente eléctrica que atraviesa el conductor, en amperios.

El calentamiento de la resistencia se produce ya sea debido a una diferencia de voltaje en los extremos de los mismos (hornos de resistencia), o por una corriente inducida por un campo magnético en un cuerpo conductor (hornos de inducción).

Ventajas de los hornos eléctricos:

- Se logra la uniformidad en la distribución del calor.

- El control de la temperatura ya sea en forma manual o automática es mas preciso que sí se usara combustible fósil.
- No se producen gases nocivos producto de la combustión.
- Eficiencia y limpieza.
- Los hornos eléctricos son fáciles de operar y producen menos problemas ambientales.
- Se elimina el problema de buscar mano de obra para trabajar en ambientes de humo caliente especialmente en época de verano.

Limitaciones:

- Costo elevado comparado con los hornos que emplean combustibles fósiles;
- Los mantenimientos del sistema eléctrico principal son costosos
- La electricidad es una de las formas de energía más caras que hay

5.2 TIPOS DE HORNOS ELÉCTRICOS

Entre los tipos de hornos eléctricos se pueden mencionar los hornos de inducción, los de resistencia eléctrica y los de arco. Cada uno de los cuales tiene sus ventajas y características particulares que los hacen convenientes según aplicaciones a las que se va a destinar el horno.

5.2.1 HORNOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

La construcción de este tipo de horno es relativamente simple. Las resistencias se fabrican dependiendo de la temperatura de diseño del horno y por lo general son a base de grafito o de aleaciones especiales, comúnmente níquel y cromo.

Al hablar de los hornos de resistencia es necesario definir las partes elementales de dichos hornos las cuales son: la cámara de calentamiento y las resistencias.

La cámara de calentamiento es un recinto cerrado con revestimiento refractario, una capa circundante de aislamiento térmico y una envolvente exterior de lamina de acero o para el caso lamina ASTM-A36. Generalmente se emplea ladrillo refractario o semirefractario para el revestimiento interior en la cámara de calentamiento o fundición.

La temperatura de trabajo de calentamiento o fundición determina el carácter del material requerido para el aislamiento.

Atmósferas:

Una mezcla de aire y los gases desprendidos de la carga constituyen una atmósfera natural en la cámara de un horno. La composición de tal atmósfera es variable durante un ciclo de calentamiento en un horno intermitente. Las atmósferas naturales se emplean cuando es conveniente la propagación sobre la carga durante el ciclo de calentamiento. Si esto no es posible, se usara una atmósfera artificial la cual, es constituida eliminando el oxígeno de la cámara de calentamiento.

Resistencias:

La resistencia de un horno esta constituida por un devanado sinuoso (que tiene ondulación o recodos) montado sobre la superficie interior de la cámara de calentamiento. En la practica las resistencias son aplicables sobre la base de 20 a 30 Kg./cm² de superficie de pared. La base para situar la resistencia es la radiación a todas las superficies de la carga. Las resistencias de la mayoría de los hornos estándares se hacen de una aleación compuesta de 80% Ni y 20% de Cr, dicha aleación es autoprottegida contra la oxidación, pero la protección tendera a disminuir con la elevación de la temperatura. La temperatura de trabajo de una resistencia no debe ser mas alta que la

necesaria y debe quedar con un margen de seguridad para evitar el daño prematuro de las resistencias.

5.2.2 HORNOS DE ARCO ELÉCTRICO.

Son hornos en los cuales el calentamiento se obtiene por la acción del arco voltaico. Se han empleado en la fusión de metales ferrosos bajo dos normas:

- a) Hornos de acción directa, en los que el arco salta de uno a otro electrodo pasando a través del baño.
- b) Hornos de acción indirecta, en los que el arco salta entre dos electrodos situados encima del baño y sin atravesar el metal.

Constituye el método de producción de acero con mayor control de calidad debido a las condiciones especiales en que ejecuta. No utiliza combustible (no hay contaminación de la carga) y la energía térmica necesaria se provee por el arco eléctrico que se establece, el calor que se genera es intenso obteniéndose temperaturas altas.

Se encuentran en uso común dos tipos de hornos de arco:

- 1) el horno trifásico, y
- 2) el horno monofásico.

El campo general de aplicación del primero es la fusión y refinamiento de aceros al carbono y aleados; el segundo se utiliza en la fusión de aleaciones no ferrosas; siendo el primero el de más uso.

Hornos Trifásicos de Arco.

En la figura 5.1, se ilustra el diseño general del horno trifásico. En su funcionamiento, cada hornada se inicia girando hacia un lado la cubierta del horno y cargando luego al cuerpo del mismo que esta revestido interiormente de refractario, con chatarra que se deja caer desde un cucharón de quijadas manipulado con grúa. Luego se hace que salten arcos entre los extremos inferiores de los electrodos de grafito y la chatarra; prosigue la fusión bajo control automático hasta que el hogar contenga metal fundido. Esta etapa fluidificadora se efectúa con un rendimiento térmico de alrededor del 85%. Se necesitan de ordinario varias cargas para formar el baño de dicho metal, particularmente cuando se producen lingotes. Para la colada o vaciado se inclina el horno hacia delante; la inclinación hacia atrás sirve para quitar la escoria y permitir que se mantenga el hogar del horno en un estado adecuado.

En los hornos trifásicos, que se construyen con capacidades hasta de 150 toneladas de acero los electrodos se encuentran en los vértices de un triángulo equilátero. En los puntos que atraviesan la bóveda hay dispuestos collares refrigerados con agua, que además de enfriar el electrodo en este punto, cierran las aberturas y evitan un efecto de chimenea excesivo.

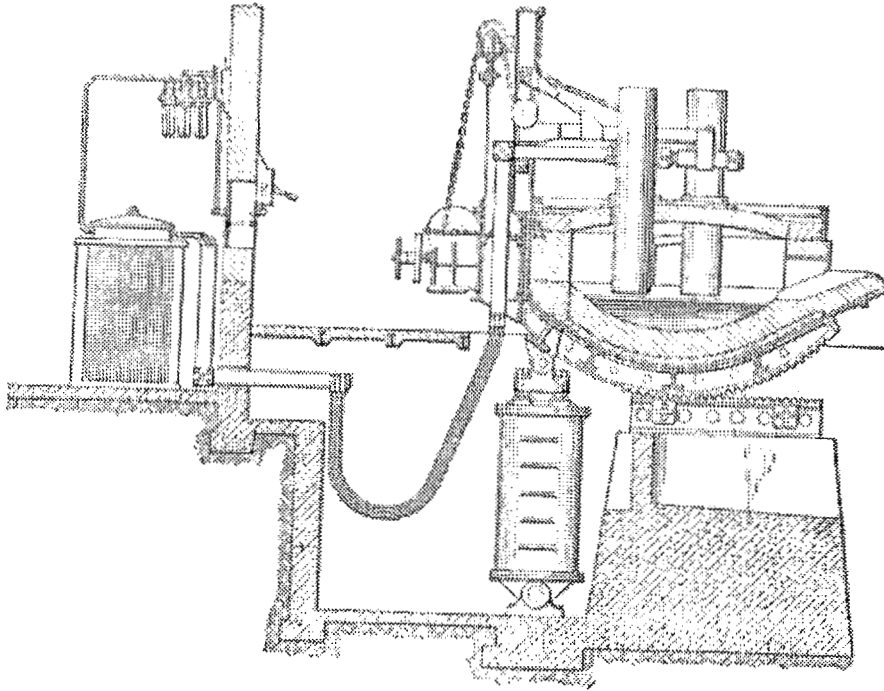


Figura 5.1 Horno Trifásico de Arco

5.2.3 HORNOS DE INDUCCIÓN

Los hornos eléctricos de inducción utilizados en gran escala en la metalúrgica, son en realidad verdaderos transformadores. El circuito de alto voltaje se acopla con el de bajo voltaje, sin conectar directamente ambos circuitos. El elemento responsable de este efecto de acoplamiento es el campo magnético, que permite que el calor sea transferido sin contacto directo. Mediante la correcta disposición del arrollamiento de alto voltaje, que en el caso del horno de inducción sería una bobina de inducción o un inductor, el campo magnético se dirige al metal que va a ser calentado o fundido para que absorba energía.

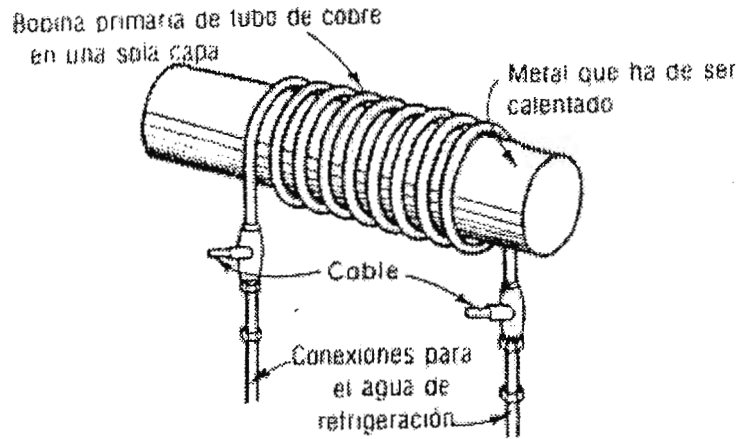


Figura 5.2 Esquema de un dispositivo de calentamiento por inducción.

Este sistema de calentamiento, se asemeja a un transformador formado por la bobina de trabajo o primario constituido por varias vueltas de tubería de cobre, enfriadas por agua; y el secundario constituido por la pieza de trabajo.

En este sistema existe una corriente alterna de alta frecuencia que pasa a través de la bobina de trabajo o primario, formando un campo magnético de alta frecuencia, el cual induce corrientes parásitas de alta frecuencia. El circuito electrónico típico para hornos y calentadores por inducción se muestra en la siguiente figura.

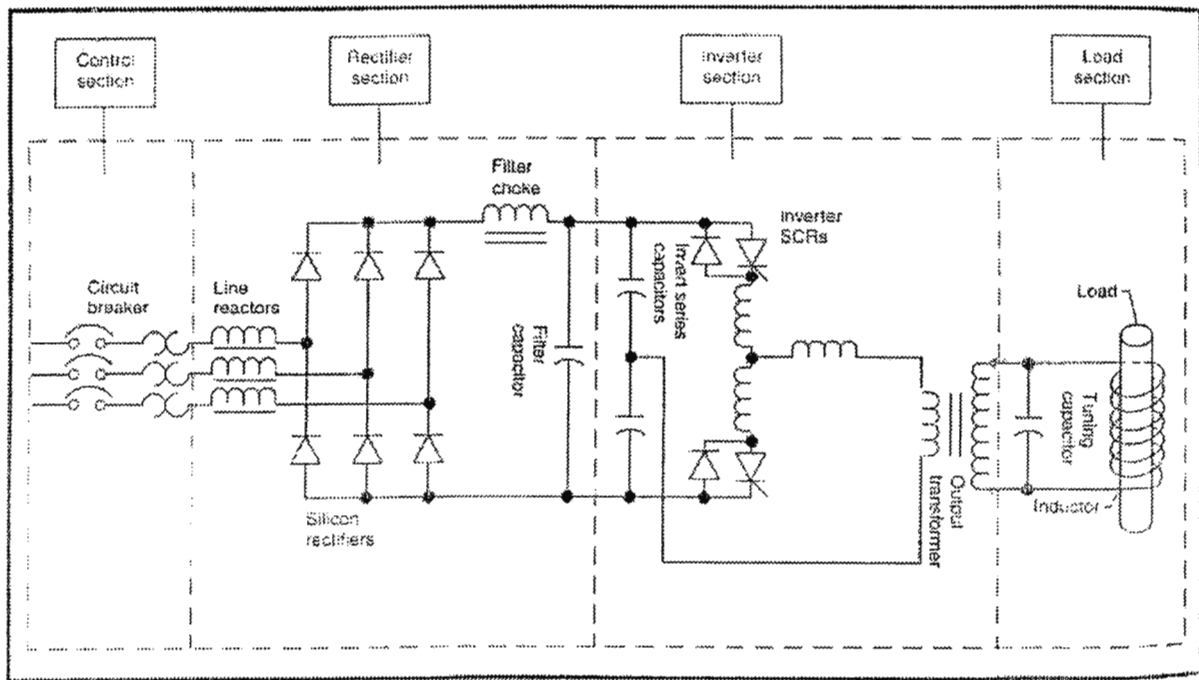


Figura 5.3 Diagrama electrónico simplificado de un horno de inducción (Tocco Division, Park Ohio Industries).

Hornos de inducción sin núcleo.

Es este tipo de horno el que se ha escogido como base del horno que se diseñara para la planta recicladora de aluminio; debido a su simplicidad y rapidez para fundir metales.

El principio de funcionamiento de este horno es el siguiente: la superficie lateral de la carga es expuesta a un flujo magnético alterno. Las corrientes así inducidas en la carga circulan completamente dentro de la masa. El calentamiento por inducción también es llamado por corrientes parásitas. Este tipo de horno consiste en un crisol, una bobina de cobre y un bastidor apoyado sobre soportes, dispuestos de manera que permitan la inclinación del crisol para la colada. La bobina de inducción, de diseño especial, actúa como primario del transformador. En el conformado del crisol se sigue la practica corriente con los materiales refractarios. Se emplea un crisol apisonado para hornos de más de 50 kw y crisoles previamente formados para los hornos más pequeños.

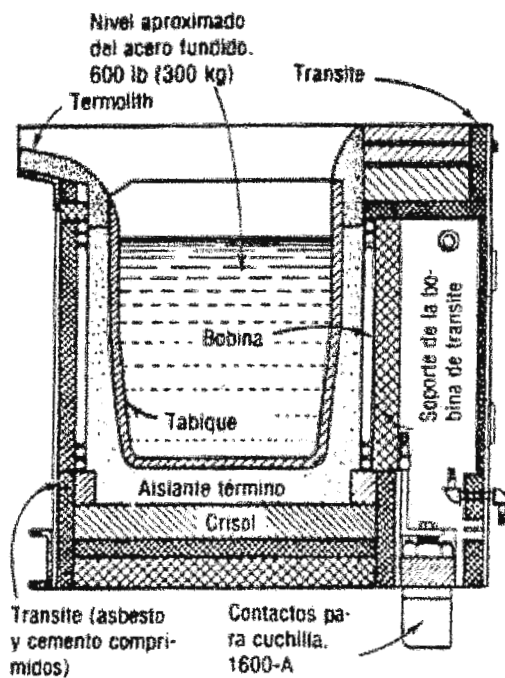


Figura 5.4 Esquema de un horno de inducción sin núcleo.

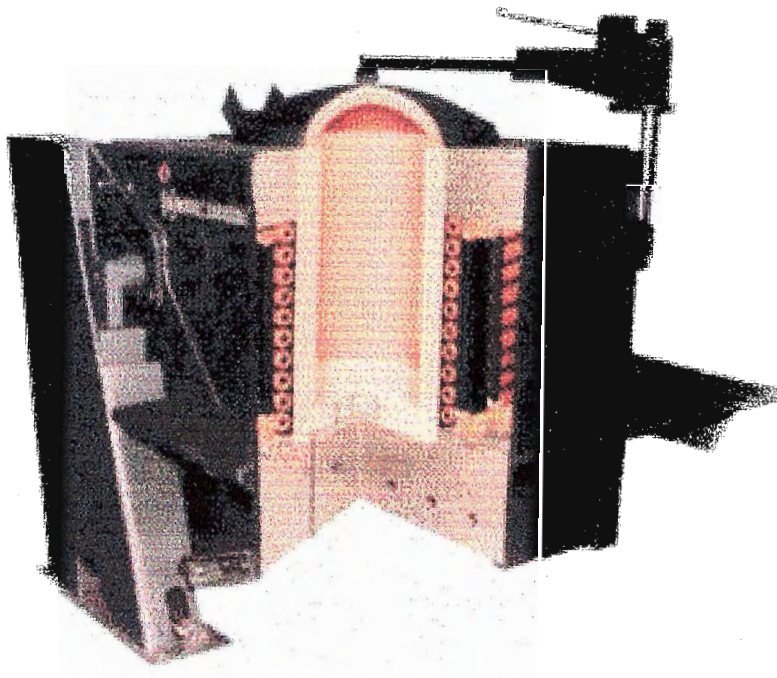


Figura 5.5 Sección de Horno de Inducción sin núcleo.

Hornos de inducción con núcleo.

En este tipo de horno de inducción, el transformador se excita para conformar el diseño típico de un transformador con núcleo de hierro y capas de alambre que actúan como un circuito primario. El canal de metal fundido actúa como anillo de corto circuito alrededor del transformador en la cámara de fusión.

De acuerdo con la capacidad de fusión deseada, uno, dos o tres inductores o transformadores pueden incluirse en el envolvente del horno. En todo tiempo el canal debe contener suficiente metal, para mantener el cortocircuito alrededor del núcleo del transformador. Se utiliza aire de enfriamiento en la medida en que sea necesario, para evitar un calentamiento indebido en las bobinas del inductor y en los núcleos magnéticos.

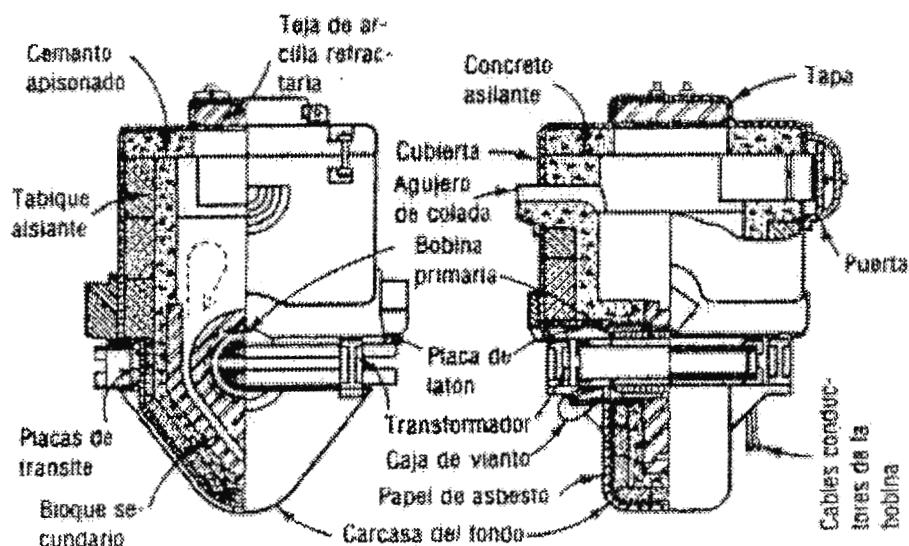


Figura 5.6 Esquema de un horno de inducción con núcleo.

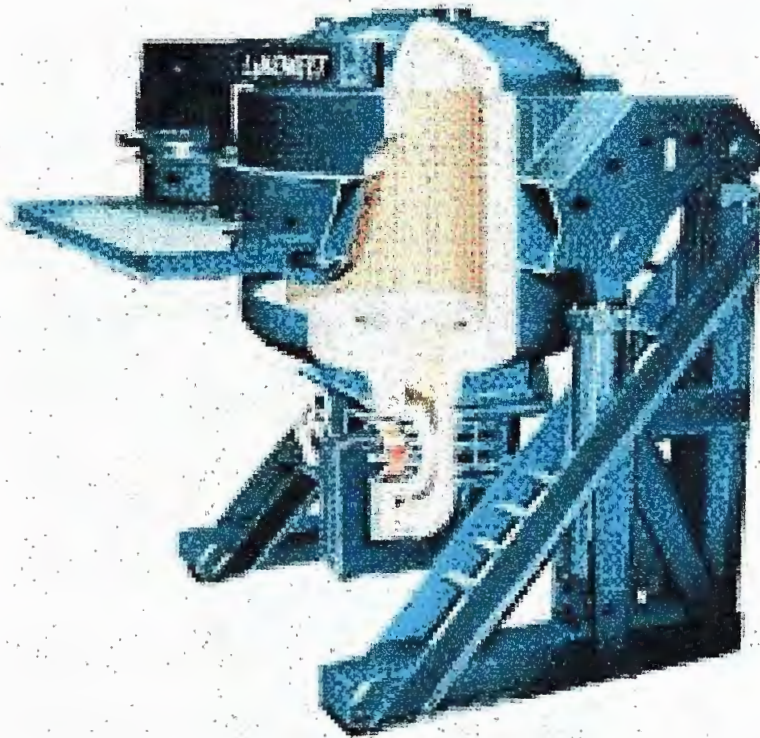


Figura 5.7 Sección de Horno de Inducción con núcleo.

5.3 REFRACTARIOS

Los refractarios pueden encontrarse en 3 formas principales:

➤ Polvo

Existen dos usos principales para el polvo refractario

➤ Para fabricar crisoles y repararlos

➤ Para aislamiento térmico

➤ Formas terminadas

Además de los ladrillos refractarios de varios tipos, existen otras formas terminadas como tubos, rodillos, placas y crisoles

Los ladrillos refractarios se dividen en dos tipos:

- Denso. Se usa principalmente a gran escala en hornos industriales y se puede adquirir en una variedad amplia de composiciones
- Ligero. Posee una gran facilidad de corte en la forma deseada con herramientas simples, posee buenas propiedades de aislamiento, están formados de arcilla quemada o carbón, su temperatura de trabajo esta limitada a 1600°C
- Cementos refractarios

Son aquellos como la alúmina, la magnesia, carburo de silicio y mulita, con adición de agentes ligantes, tales como: el vidrio soluble o la arcilla, permiten al cemento endurecer al secarse al aire o al permanecer a temperaturas moderadas.

La elección del material refractario:

Para la elección del material refractario será necesario considerar aspectos tales como la existencia de escoria o la abrasión en las condiciones de trabajo del horno²⁰; en dicho caso será necesario considerar un ladrillo de estructura densa.

El refractario elegido también obedecerá a condiciones de economía y existencia en el mercado nacional.

²⁰ Para el caso de fundición de aluminio es común la formación de escoria durante el proceso de fundición

5.4 ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

5.4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL HORNO

Como se definió en el capítulo anterior, la capacidad de producción de la planta recicladora de aluminio se estimó en el equivalente a 2.08 toneladas diarias, tomando la densidad de aluminio igual a $2,703 \text{ kg/m}^3$ (Tabla 3.1), se obtiene la cantidad de aluminio a fundir:

$$2.08 \text{ toneladas} \equiv 2,080 \text{ kg (4,576 lbs)}$$

Para calcular el volumen de aluminio, se parte de:

$$\rho = m / V; m = 2,080 \text{ kg}; \rho = 2,703 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Resolviendo para "V":

$$V = m / \rho = 2,080 / 2,703 = 0.77 \text{ m}^3; \text{ basándose en esta cantidad, se dimensionará el crisol.}$$

Para el cálculo de las dimensiones del crisol, el cual tendrá la forma de cilindro recto, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \pi r^2 h \quad (\text{Ec. 5.2})$$

Donde: r = radio del cilindro y h = altura del cilindro = 1.0 m

$$V = 0.77 \text{ m}^3 = \pi \times r^2 \times (1.0 \text{ m}); \text{ resolviendo para "r":}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.77}{\pi}} = 0.495 \text{ m}; \text{ por lo que se tendrá un crisol cilíndrico de diámetro 0.99 m y altura de}$$

1.0 m.

Ya que el hornos de inducción, el crisol se construye en el mismo horno, para efectos de cálculo de transferencia de calor, se considerara una altura de pared de horno igual a 1.2 m, lo cual indica además que se tendrá un volumen libre en la parte superior del crisol.

La construcción de la pared del horno se constituye como sigue:

- Crisol fabricado de lamina de acero de ¼" de espesor
- Capa de cemento refractario de 10.0 mm de espesor
- Ladrillo refractario de dimensiones 228.6 mm x 114.3 mm x 63.5 mm
- Capa de cemento refractario de 10.0 mm

De lo anterior, se definen los siguientes radios del horno de fundición de aluminio:

$$r_1 = 0.495 \text{ m}$$

$$r_2 = r_1 + 0.00635 = 0.50135 \text{ m}$$

$$r_3 = r_2 + 0.01 = 0.51135 \text{ m}$$

$$r_4 = r_3 + 0.1143 = 0.62565 \text{ m}$$

$$r_5 = r_4 + 0.01 = 0.63565 \text{ m.}$$

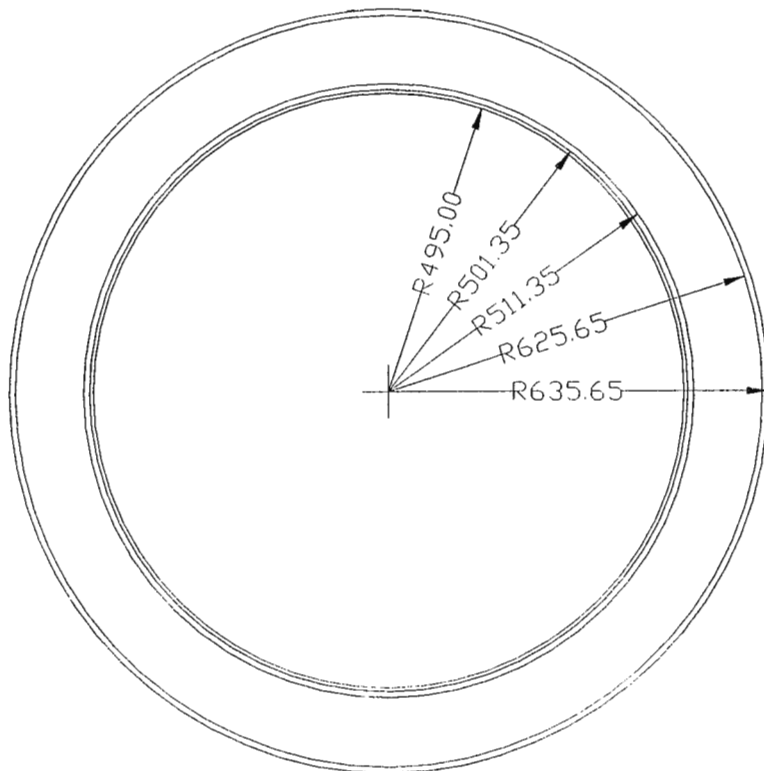


Figura 5.8 Esquema del horno, cotas en mm.

5.4.2 TRANSFERENCIA DE CALOR DEL HORNO²¹

En el proceso de fundición de aluminio, como en todo proceso de calentamiento, surge una transferencia de calor; la transferencia de calor es aquella ciencia que busca predecir la transferencia de energía que puede ocurrir entre cuerpos materiales, como una diferencia de temperatura. La termodinámica enseña que esta transferencia de energía se define como calor.

La ciencia de la transferencia de calor no solo trata de explicar como puede ser transferida la energía calorífica, sino también trata de predecir la rapidez a la que se realizara este intercambio bajo ciertas condiciones especificadas.

En el horno de fundición de aluminio se tiene transferencia de calor, parte de la energía es almacenada en las paredes del horno y otra parte escapa al medio circundante a través de las paredes por radiación y convección

La conducción de calor se lleva a cabo debido a que existen moléculas que se mueven más rápido en la parte más caliente de un cuerpo y comunican mediante impactos una parte de su energía a las moléculas cercanas. La temperatura es entonces una medida de la actividad molecular, por lo que el calor fluye de la parte más caliente a la parte más fría de un cuerpo, con lo que las moléculas más activas pierden un poco de su energía, entregándola a las moléculas menos activas.

La convección de calor se lleva a cabo por el hecho que un fluido en movimiento recoge energía de un cuerpo caliente y la traslada a un cuerpo frío. La convección implica la transferencia de calor por la mezcla o contacto de un fluido con otro.

²¹ Los cálculos y ecuaciones utilizadas para el análisis de transferencia de calor han sido tomados de "Transferencia de Calor" de Holman; referencia bibliográfica # 8.

El movimiento de un fluido puede deberse en su totalidad a la diferencia de densidades presentes como resultado de una diferencia de temperaturas, tal como sucede cuando se tiene una convección natural, o puede producirse artificialmente como sucede en la convección forzada.

El calor que se transmite por radiación proviene de ondas electromagnéticas de la misma naturaleza que las de la luz y las ondas de la televisión, las cuales tienen longitudes de onda entre 10^{-6} y 10^{-9} metros. Todos los cuerpos irradian calor, de manera que la transferencia de calor por radiación ocurre porque un cuerpo caliente emite más calor que el que lo recibe o que un cuerpo frío recibe más calor del que emite.

5.4.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN.

La transferencia de calor por conducción sucede de dos formas:

- Por la interacción molecular, en la cual, el aumento del movimiento de las partículas a niveles de energía (temperatura) más alto, imparte energía a las moléculas cercanas que se encuentran en niveles de energía bajos.
- A través de los electrones libres, especialmente en sólidos puramente metálicos. Esta concentración de electrones libres, varía de manera considerable en las aleaciones y disminuye en los sólidos no metálicos.

La ecuación básica que describe este proceso, fue establecida por Fourier, en 1882, de la siguiente forma:

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dt}{dx} \quad (\text{Ec. 5.3})$$

Donde:

q = rapidez de la transferencia de calor en la dirección “ x ” (en Watts o BTU/h)

A = área normal a la dirección de flujo de calor (en m^2 o pie^2)

$\frac{dt}{dx}$ = gradiente de temperatura en la dirección “ x ”

k = conductividad térmica (en $W/m^{\circ}K$ o en $BTU/h.pie.^{\circ}R$)

La razón $\frac{q}{A}$ se denomina *flujo de calor en la dirección de “ x ”* y sus unidades son W/m^2 o $BTU/h.pie^2$. El signo negativo indica que el flujo de calor ocurre en la dirección de un gradiente negativo de temperatura.

5.4.3.1 CONDUCCIÓN EN ESTADO ESTABLE

La conducción en estado estable implica que las condiciones de temperatura, densidad y otras, sean independientes del tiempo en todos los puntos de la región de conducción. La geometría y forma de la región de conducción hace que se simplifiquen los cálculos debido a la distribución de uniforme de las temperaturas, surgiendo así, casos unidimensionales, como en el caso de las paredes del horno, el cual es de forma cilíndrica.

5.4.3.2 CONDUCCIÓN EN PAREDES COMPUESTAS

Para el caso del horno de fundición de aluminio, se tiene un diseño de pared compuesta por diferentes materiales, lo cual es común en diferentes diseños de hornos. Las razones de tener paredes

compuestas en los hornos se debe a que es necesario que las paredes le brinden rigidez estructural, buen aislamiento térmico y hasta buena apariencia exterior.

Un caso de pared compuesta se muestra en la siguiente figura, de la cual se obtiene el siguiente análisis térmico

$$q = -k_A A \frac{T_2 - T_1}{\Delta X_A} = -k_B A \frac{T_3 - T_2}{\Delta X_B} = -k_C A \frac{T_4 - T_3}{\Delta X_C}$$

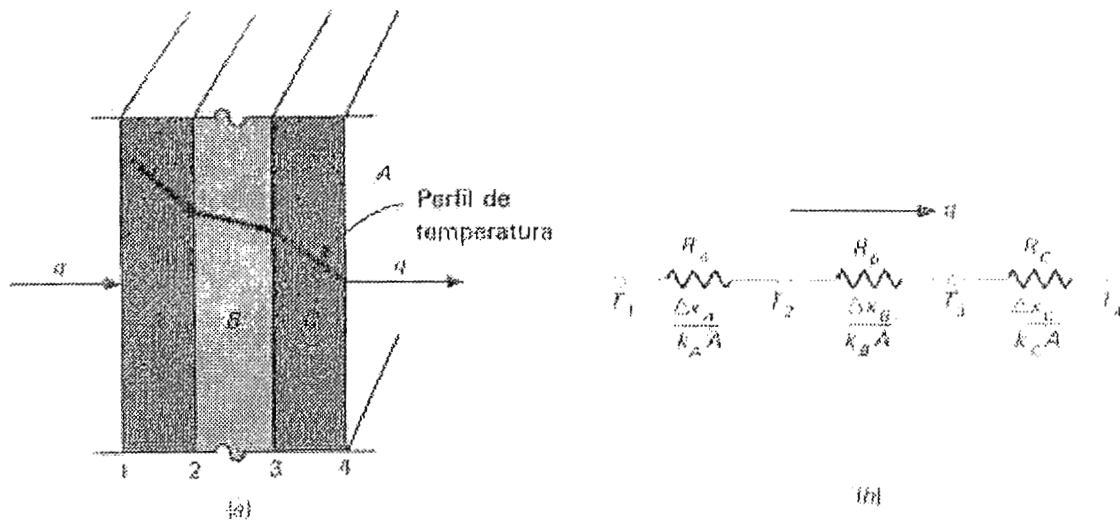


Figura 5.9 Transferencia de calor unidimensional a través de una pared compuesta y su análogo eléctrico.

Ya que el flujo de calor debe ser el mismo a través de todas las secciones, se escribe el flujo de calor de la siguiente manera:

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta X_A}{k_A A} + \frac{\Delta X_B}{k_B A} + \frac{\Delta X_C}{k_C A}} \quad (\text{Ec. 5.4})$$

Lo cual expresa que:

$$\text{Flujo de calor} = \frac{\text{diferencia de potencial térmico}}{\text{resistencia térmica}}$$

Para el caso de cilindros formados de diferentes paredes concéntricas, según se muestra en la figura, el análisis para “ q ” es el siguiente:

$$q = \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{k_A} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{k_B} + \frac{\ln \frac{r_4}{r_3}}{k_C}} \quad (\text{Ec. 5.5})$$

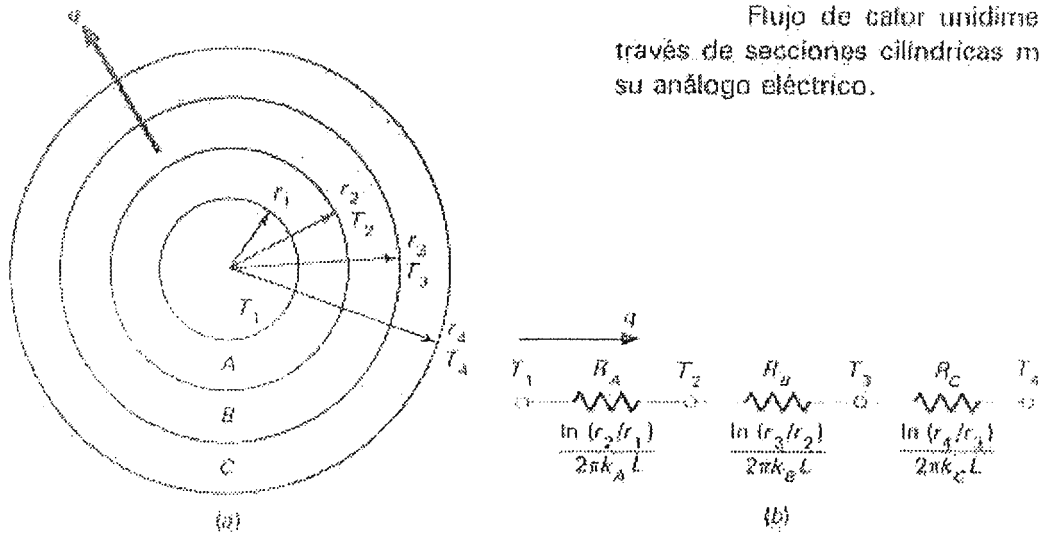


Figura 5.10 Flujo de calor unidimensional a través de secciones cilíndricas múltiples y su análogo eléctrico.

5.4.3.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN

Para el horno de fundición de aluminio con configuración básica de cilindro recto de pared compuesta, según lo muestra la figura 5.8; se tienen las temperaturas de trabajo siguientes:

$$T_{\text{caliente}} = 820^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{fria}} = 27^{\circ}\text{C};$$

Para las conductividades térmicas (de anexo 5.1):

Lamina de acero: $k_1 = 0.029 \text{ kw/m}^{\circ}\text{C}$

Cemento refractario: $k_2 = 0.00107 \text{ kw/m}^{\circ}\text{C}$

Ladrillo refractario : $k_3 = 0.00107 \text{ kw/m}^{\circ}\text{C}$

Cemento refractario : $k_4 = 0.00107 \text{ kw/m}^\circ\text{C}$

Para la superficie lateral:

Usando la ecuación 5.5 y sustituyendo cada uno de los radios en la misma, se tiene:

$$q = \frac{2\pi(1.2)(820 - 60)}{\frac{\ln \frac{0.50135}{0.495}}{0.029} + \frac{\ln \frac{0.51135}{0.50135}}{0.00107} + \frac{\ln \frac{0.62565}{0.51135}}{0.00107} + \frac{\ln \frac{0.63565}{0.62565}}{0.00107}} = 25.78 \text{ kw}$$

Para la Tapadera:

La tapadera estará formada por pared compuesta, desde el exterior, lamina de acero de $\frac{1}{4}$ ", luego cemento refractario de 10 mm de espesor, seguido por ladrillo refractario de 63.5 mm de espesor y finalmente una capa interior de cemento refractario de 10 mm de espesor; en la tapadera se tiene un área circular de:

$$A = \pi r_1^2 = \pi(0.495)^2 = 0.77 \text{ m}^2$$

Utilizando la ecuación 5.4 se obtiene:

$$q = \frac{(0.77)(820 - 27)}{\frac{0.00635}{0.029} + \frac{0.01}{0.00107} + \frac{0.0635}{0.00107} + \frac{0.01}{0.00107}} = 7.80 \text{ kw}$$

Para la base:

La parte del fondo del horno estará constituida de manera similar a la tapadera del mismo, excepto que las capas de cemento refractario serán de 25.4 mm de espesor y el ladrillo refractario se utilizará con un espesor de 114.3 mm, se utilizará siempre lamina de acero de $\frac{1}{4}$ ". El área circular es la misma que para el caso anterior, 0.77 m^2 , por lo que al sustituir los nuevos valores en la ecuación 5.4 se obtiene:

$$q = \frac{(0.77)(820 - 27)}{\frac{0.00635}{0.029} + \frac{0.0254}{0.00107} + \frac{0.1143}{0.00107} + \frac{0.0254}{0.00107}} = 3.95 \text{ kw}$$

Con estos resultados, se tiene que:

$$q_{\text{conducción}} = 37.53 \text{ kW.}$$

5.4.4 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

La transferencia de calor por convección es una combinación de los fenómenos de conducción térmica, movimiento de un fluido y la mezcla de este último. Se puede tener dos tipos de convección: una se conoce como convección libre y la otra como convección forzada. En la primera los cambios de densidad del fluido originan el movimiento de masas; en la segunda, el movimiento se genera debido a un agente externo, mediante la aplicación de trabajo mecánico.

La expresión que corresponde al flujo de calor por convección, no tiene el carácter de ser ley física, sino más bien, es una ecuación empírica. El flujo térmico convectivo q_c , es el producto de tres elementos:

- El área de la superficie de contacto entre sólido y fluido, A ;
- La diferencia entre la temperatura de la superficie sólida, T_s (para este caso, 60°C), y la temperatura del fluido a cierta distancia de dicha superficie, T_α (para el caso 27°C);
- El coeficiente de convección térmica (promedio), h_c .

La expresión empírica es:

$$q_c = h_c \cdot A \cdot (T_s - T_\alpha) \tag{Ec. 5.6}$$

5.4.4.1 CONVECCIÓN NATURAL

La transferencia de calor por convección natural se rige por el área, la forma y la posición de la superficie, así como por la diferencia de temperaturas entre la superficie y el aire. Una forma mas general de la ecuación 5.6 es la siguiente expresión:

$$q_c = h_c \cdot A \cdot \Delta T \quad (\text{Ec. 5.7})$$

5.4.4.2 CÁLCULO DE h_c

El coeficiente de convección térmica h_c , puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$h_c = c \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{Ec. 5.8})$$

Para planos y cilindros verticales se tiene que c es igual a 1.420, por lo que la ecuación 5.8 se transforma a:

$$h_c = 1.420 \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{\frac{1}{4}}; \text{ para un } \Delta T = (60^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) \text{ y una } L = 1.2 \text{ m, entonces:}$$

$$h_c = 1.420 \left(\frac{(60 - 27)}{1.2} \right)^{\frac{1}{4}} = 3.25 \text{ w/m}^2\text{C} \equiv 3.25 \times 10^{-3} \text{ kw/m}^2\text{C}$$

5.4.4.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR POR CONVECCIÓN

Las pérdidas de calor por convección en el horno de fundición de aluminio son debidas a las paredes exteriores del mismo, las cuales están constituidas por la tapadera y el área lateral.

Para la superficie lateral:

Para un área de superficie cilíndrica exterior del horno, se tiene que:

$$A = 2\pi r_s L = 2\pi(0.63565)(1.2) = 4.79 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, utilizando la ecuación 5.7 se obtiene:

$$q_c = (3.25 \times 10^{-3})(4.79)(60-27) = \mathbf{0.51 \text{ kw}}$$

Para la tapadera:

Para un área circular de la tapadera superior del horno se obtiene:

$$A = \pi r_s^2 = \pi(0.63565)^2 = 1.27 \text{ m}^2$$

Para un disco circular, con $L = 0.9 D$, la ecuación 5.8 se define así:

$$h_c = 1.320 \left(\frac{\Delta T}{D} \right)^{\frac{1}{4}}; \text{ para un } \Delta T = (60^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) \text{ y un } D = 2r_s = 1.2713 \text{ m, entonces:}$$

$$h_c = 1.320 \left(\frac{(60 - 27)}{1.2713} \right)^{\frac{1}{4}} = 2.98 \text{ w/m}^2\text{C} \equiv 2.98 \times 10^{-3} \text{ kw/m}^2\text{C};$$

utilizando nuevamente la ecuación 5.7 y sustituyendo A y h_c , se obtiene:

$$q = (2.98 \times 10^{-3})(1.27)(60-27) = \mathbf{0.12 \text{ kw}}$$

Con estos resultados, se tiene que:

$$q_{\text{convección}} = \mathbf{0.63 \text{ kW.}}$$

5.4.5 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas, se conoce como radiación.

Todos los cuerpos sobre el valor de temperatura de cero absoluto, radian energía.

La radiación que incide sobre un cuerpo puede ser absorbida, reflejada y transmitida. Un cuerpo caliente transmite la energía por radiación y también puede ser transmitida de esta manera a otro cuerpo separado del primero a través de un medio transparente (como el aire).

La radiación involucrada en la transferencia de calor, cubre un espectro que es una extensión mas alla del extremo rojo del espectro visible o radiación invisible de calor. Sus unidades están en Angstrom, lo que equivale a 10^{-10} m.

La radiación térmica ocurre dentro del rango de los 7,500 a 53,000 Å. A muy altas temperaturas, la radiación juega un papel predominante en la transferencia de calor, no así a bajas temperaturas, donde la conducción y la convección tienen la mayor contribución a la transferencia de calor total.

La capacidad de un cuerpo para absorber calor es de un significado particular; si un cuerpo absorbe toda la energía que baña su superficie, entonces se le conoce como cuerpo negro o radiador ideal. La absorpsibilidad (α) de un cuerpo negro toma como valor máximo posible la unidad. También ese cuerpo es un radiador perfecto, un emisor de energía radiante y se establece que tiene una emisividad (ϵ) igual a la unidad, por lo tanto: $\epsilon = \alpha$.

La absorpsibilidad de un cuerpo cualquiera se define como la razón de la potencia emisiva del cuerpo a la de un cuerpo negro, así:

$$\alpha = \frac{E}{Eb} \quad (\text{Ec. 5.9})$$

Esta razón también se define como la emisividad del cuerpo. Stefan, encontró experimentalmente que la energía total radiante emitida por un cuerpo negro, variaba según la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo.

Boltzmann desarrollo la base teórica y el resultado es lo que se conoce como la ley Stefan – Boltzmann, que se define como:

$$Eb = \sigma T^4$$

Donde: Eb = energía radiada por unidad de tiempo y área

$$\sigma = \text{constante de Stefan - Boltzmann} = 5.669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{°C}$$

Aplicando la ley a un cuerpo negro a temperatura absoluta T_1 , en los alrededores del cuerpo negro, a temperatura absoluta T_2 , la transferencia de calor está dada por la ecuación:

$$q = \sigma A(T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{Ec. 5.10})$$

Donde: q = transferencia de calor, en watts

T_1 = temperatura del cuerpo, en °K

T_2 = temperatura de los alrededores del cuerpo, en °K

A = área del cuerpo, en m^2

5.4.5.1 PLANOS PARALELOS INFINITOS

Quando se consideran dos planos paralelos infinitos, ambas áreas son iguales entre sí para y al factor de forma para radiación es unitario, puesto que toda la radiación que sale de un plano llega al otro plano. La red que representa dicho caso es:

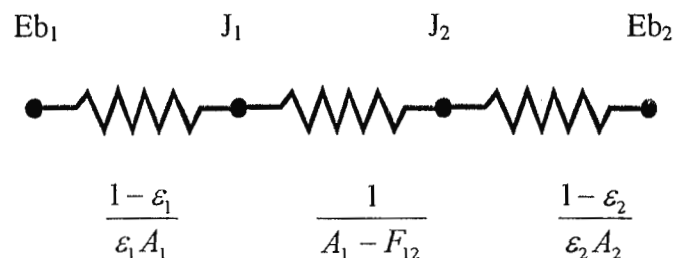


Figura 5.11 Representación de la red.

Donde:

$$\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_1}, \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2} = \text{resistencia de superficie}$$

$$\frac{1}{A_1 - F_{12}} = \text{resistencia del espacio}$$

El flujo de calor por unidad de área se obtienen haciendo $A_1 = A_2$ y $F_{12} = 1$, así:

$$q = \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_n}{\Sigma r} = \frac{Eb_1 - Eb_2}{\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2}}, \quad (\text{Ec. 5.11a})$$

$$q = \frac{\sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + 1 + \frac{1}{F_{12}} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \quad (\text{Ec. 5.11b})$$

Cuando los cilindros concéntricos intercambian calor, se puede aplicar la segunda expresión representada en la ecuación 5.11b, haciendo A_1/A_2 tender a cero, considerando que $A_2 \gg A_1$, por lo que resulta la siguiente relación:

$$q = \sigma A_1 \varepsilon_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{Ec. 5.12})$$

Esta expresión se utiliza para calcular la energía perdida por radiación de un cuerpo caliente a un cuarto grande o al medio ambiente.

5.4.5.2 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR RADIACIÓN

Las pérdidas de calor por radiación en el horno de fundición de aluminio son debidas a las paredes exteriores del mismo, las cuales están constituidas por la tapadera y el área lateral.

Aplicando la ecuación 5.12 y aplicando las condiciones de temperatura para el medio ambiente circundante, 27°C , y para la parte externa del horno, 60°C , se tiene:

Para la superficie lateral:

Para un área de superficie cilíndrica exterior del horno, se tiene que:

$$A = 2\pi r_s L = 2\pi(0.63565)(1.2) = 4.79 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = 0.82, \text{ para el acero, de anexo 5.2}$$

$$T_1 = 60^\circ\text{C} \equiv 333^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 27^\circ\text{C} \equiv 300^\circ\text{K}$$

$$\sigma = 5.669 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{°K}$$

Por lo tanto, utilizando la ecuación 5.12 se obtiene:

$$q = (5.669 \times 10^{-8})(4.79)(0.82)(333^4 - 330^4) = 97.34 \text{ w} = \mathbf{0.01 \text{ kw}}$$

Para la tapadera:

Para un área circular de la tapadera superior del horno se obtiene:

$$A = \pi r_s^2 = \pi(0.63565)^2 = 1.27 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, utilizando la ecuación 5.12 se obtiene:

$$q = (5.669 \times 10^{-8})(1.27)(0.82)(333^4 - 330^4) = 25.80 \text{ w} = \mathbf{0.03 \text{ kw}}$$

Con estos resultados, se tiene que:

$$q_{\text{radiación}} = \mathbf{0.04 \text{ kW.}}$$

5.4.6 REQUERIMIENTOS DE CALOR DEL ALUMINIO A FUNDIR

Los requerimientos de calor de la carga o cantidad de aluminio a fundir en el horno se calculan utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Calor para fundir aluminio} = \text{calor sensible} + \text{calor latente de fusión}$$

(Ec. 5.13)

Calor sensible :

$$Q = m.c_p.\Delta T \quad (\text{Ec. 5.14})$$

Donde:

Q = requerimiento de calor sensible, en watts

m = masa del material a fundir, en kilogramos

c_p = capacidad calorífica del material en kJ/kg

ΔT = diferencia de temperaturas, en °C

Para el caso del aluminio, se tienen los siguientes valores:

$$m = 2080 \text{ kg}$$

$$c_p = 0.2226 \text{ cal/gr}^\circ\text{C} \equiv 2.59 \times 10^{-4} \text{ kwh/kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 820^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}$$

sustituyendo los valores en la ecuación 5.13, se obtiene:

$$Q = (2080)(2.59 \times 10^{-4})(820 - 27) = \mathbf{427.21 \text{ kwh}}$$

Calor latente:

$$Q = m.C \quad (\text{Ec. 5.15})$$

Donde:

m = masa del material

C = calor latente de fusión

Para el aluminio, C tiene un valor de $94.6 \text{ cal/gr} \equiv 0.11 \text{ kwh/kg}$

Sustituyendo los valores en la ecuación 5.14, se obtiene.

$$Q = (2080)(0.11) = \mathbf{228.80 \text{ kwh}}$$

Sustituyendo estos resultados en la ecuación 5.13 se tiene que:

$$Q_{\text{aluminio}} = 656.01 \text{ KWh}$$

Por lo que el calor total es igual a las pérdidas de calor más el requerimiento de calor de la carga de aluminio a fundir (el proceso de fundición de aluminio se estima, según propiedades de funcionamiento los hornos de inducción, duraría 2 horas) de lo cual se obtiene:

$$Q_{\text{total}} = 37.53 + 0.63 + 0.04 + 656.01 = 694.21 \approx 700.0 \text{ KW}$$

5.5 ELECCIÓN DEL HORNO DE FUNDICIÓN

En base a los cálculos y diseño anterior se elige el siguiente horno de fundición (anexo5.3):

TABLA 5.1

CARACTERÍSTICAS DEL HORNO DE INDUCCIÓN:

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	VALOR
POTENCIA DEL HORNO	350.0 Kw
TIPO DE HORNO	SIN NÚCLEO
MARCA Y MODELO	INDUCTOTHERM, VIP POWER-TRACK
CAPACIDAD DE VOLUMEN DEL CRISOL	0.90 m ³
TENSIÓN ELÉCTRICA DE FUNCIONAMIENTO	3 fases, 480V, 60 Hz
CONSUMO DE CORRIENTE	795 A, 200 ~ 500 Hz
CAPACIDAD DE FUNDICIÓN DE METAL	2,164.8 kg de aluminio/hr
PRECIO DEL HORNO	\$40,000.00
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Agua - Aire

CAPITULO 6

SOLUCIÓN A LAS ETAPAS DE

CONTAMINACIÓN.

VI. SOLUCIÓN A LAS ETAPAS DE CONTAMINACIÓN.

6.1 MARCO LEGAL.

Ecología y desarrollo industrial deben unirse con el fin de resolver el cuestionamiento mismo ante las nuevas responsabilidades por la conservación del equilibrio ambiental. La preocupación ecológica en ningún momento amenaza el desarrollo y progreso de El salvador, al contrario, lo que se persigue es un punto de equilibrio entre desarrollo y medio ambiente; no es posible disociar la cuestión ambiental de la cuestión social.

La solución está en definir las tecnologías adecuadas al desarrollo, dichas tecnologías deben ser aplicadas y utilizadas con el fin de eliminar riesgos innecesarios a la ecología y medio ambiente. Sin embargo, resalta a la vista el hecho que la actividad industrial siempre ha de generar alguna contaminación; lo fundamental es que se consiga avanzar en el control de la contaminación y disminuirla lo máximo posible. De lo anterior se concluye que el desarrollo industrial es alcanzable sin la consecuencia del desequilibrio ambiental y ese debe ser el reto de la sociedad salvadoreña.

El estudio, diseño y proceso de la planta recicladora de aluminio ha sido realizados en base al cumplimiento de las disposiciones de la constitución política del país en sus artículos 69 y 117; también tiene como base los artículos 21 literal j, artículo 42 y 47 de la ley del medio ambiente (ver anexos 6.1 y 6.2).

6.2 EMISIONES DE CONTAMINANTES AL AIRE.

La contaminación del aire es el resultado de emisiones naturales o antropogénicas de contaminantes. Las naturales están generalmente fuera del control humano. Dado que los procesos industriales son tan diversos, también los contaminantes atmosféricos que generan. Aunque la industria en su conjunto produce contaminantes diversos, para el caso de fundición, las emisiones primarias o secundarias son²²:

➤ **Monóxido de carbono (CO) y Dióxido de carbono (CO₂)²³**: más de la mitad del monóxido de carbono que entra al aire como consecuencia de actividades humanas viene de vehículos con motores de combustión interna. Las concentraciones más altas de monóxido de carbono en el ambiente se miden en los centros de las ciudades importantes, en donde casi todo este gas sale de los vehículos de motor. El control más eficaz de monóxido de carbono es reducir las emisiones de diversas clases de vehículos de motor. El monóxido de carbono también se produce en cantidades mucho menores en casi cualquier proceso de combustión, incluidos los procesos industriales de fundición por hornos de combustibles fósiles. Para estas fuentes las medidas de control son en su mayor parte requisitos de que en la combustión se utilice un amplio exceso de aire y una buena mezcla aire combustible. El monóxido de carbono al reaccionar con el oxígeno produce dióxido de carbono.

➤ **Plomo (Pb)**: el plomo es un elemento relativamente abundante que se encuentra en el aire, agua, suelo, plantas y animales. Las fuentes naturales son el desgaste de los depósitos de los minerales

²² Control de Emisiones de Gases, Ed. PRO ECO, Programa de Ecología Urbana, mayo 1997.

²³ Dichos contaminantes son comunes en hornos que empleen hidrocarburos como fuente de energía

de plomo y las emanaciones volcánicas. Las fuentes antropogénicas pueden ser estacionarias y móviles, siendo las primeras, mineras, refinación y fundición; y las últimas, los vehículos. El plomo atmosférico tiende a asentarse en las plantas, el agua superficial y en el suelo, pudiendo ser inhalado o ingerido por las personas.

- **Partículas:** Se originan por deficiencia de oxígeno en la combustión, entre otras fuentes; en la región centroamericana, las partículas totales suspendidas (PTS) representan el principal problema de contaminación del aire al sobrepasar los límites permisibles. Si una corriente de aire contaminado es visible, las partículas que contiene lo provoca. Si la masa de aire sobre una ciudad es brumosa, las partículas que están en el aire causan la bruma. Los contaminantes en partículas no son químicamente uniformes, sino más bien entran en una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. El polvo, que está conformado por partículas que no permanecen suspendidas se encuentra estrechamente vinculado a las partículas. Por lo general, las partículas de polvo tienen una dimensión de 1 micrón o más. Al superar los 10 micrones, las partículas tienen patrones de asentamiento bien definidos. Los vahos contienen partículas con dimensiones de 0,1-10 micrones. Las partículas que se encuentran en los vapores generalmente son más pequeñas que 0,5 micrones. Los vahos y vapores también reciben el nombre de aerosoles. Las partículas cuyo tamaño es inferior a 0,1 micrones generalmente no se consideran partículas. La composición y distribución de las dimensiones de las partículas dependerá de la fuente.

- **Oxidos de nitrógeno (NO_x):** los óxidos de nitrógeno térmicos se crean cuando el nitrógeno y el oxígeno de los gases de la combustión se calientan lo suficiente para oxidarse (combinarse) y formar óxido de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno producidos por los combustibles, que suelen ser la fuente más importante, se combinan en la atmósfera formando ácido nítrico. La cantidad generada depende de la proporción de nitrógeno que contenga el combustible. Estos contaminantes contribuyen con la formación de lluvia ácida. En la fórmula NO_x , la x en el subíndice indica el número de átomos de oxígeno que se unen al nitrógeno para formar la sustancia, así: NO_2 , dióxido de nitrógeno; NO_3 , trióxido de nitrógeno.

- **Dióxido de azufre (SO_2):** el azufre, importante en la contaminación atmosférica, está presente en casi todos los contaminantes generados por el hombre. Reacciona (se oxida) con el oxígeno atmosférico para formar óxido de azufre, un gas incoloro e irritante. Los combustibles fósiles que contienen azufre, son las principales fuentes de contaminación atmosférica de este compuesto. Cuando esos combustibles se queman, el azufre se libera y se combina con el oxígeno en la cámara de combustión para formar dióxido de azufre, que luego sale al exterior por la chimenea y al mezclarse con el vapor de agua en la atmósfera, contribuye a los ácidos que producen la lluvia ácida.

TABLA 6.1**EFFECTOS SOBRE LA SALUD DEBIDO A LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES**

CONTAMINANTE	ORIGEN	EFFECTOS SOBRE LA SALUD
CO (monóxido de carbono)	Producido por combustión incompleta	Disminuye la absorción del oxígeno por parte de las células rojas, afecta la percepción y la capacidad de pensar, disminuye los reflejos y puede causar inconsciencia. Afecta el crecimiento fetal en mujeres embarazadas. Junto con otros contaminantes, fomenta enfermedades de personas con problemas respiratorios y circulatorios.
Pb (plomo)	Pinturas de envases	Afecta los sistemas circulatorio, reproductivo, los riñones y nervios del cuerpo. Reduce la habilidad del aprendizaje de los niños y puede provocar hiperactividad. Puede causar daños neurológicos.
Partículas suspendidas en el aire	Producidas por deficiencia de oxígeno en la combustión	Pueden iniciar enfermedades respiratorias (afectando mas a niños y ancianos) y provocar cáncer en los pulmones.
NO _x (óxidos de nitrógeno)	Producido por altas temperaturas	Irrita los ojos, nariz, garganta y causa dolores de cabeza.
SO ₂ (dióxido de azufre)	Por el contenido de azufre en combustibles	Irrita las membranas del sistema respiratorio y causa inflamación en la garganta.

Existe evidencia que el efecto en conjunto de los diferentes gases, es mucho más serio que su impacto individual. Además, muchos gases reaccionan con la luz solar produciendo otros reactivos como por ejemplo el ozono, con otros efectos adicionales sobre el bienestar y la salud.

TABLA 6.2**EFFECTO DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES SOBRE LA ECOLOGÍA.**

CONTAMINANTE	EFFECTOS SOBRE LA ECOLOGÍA
NO _x (óxidos de nitrógeno), SO ₂ (dióxido de azufre)	Provoca lluvia ácida con daño a los bosques, sistemas acuáticos, corrosión de metales, daños a edificios y monumentos. También contamina las aguas subterráneas.
CO ₂ (dióxido de carbono)	Efecto invernadero. CH ₄ (metano), CO y NO _x son otros gases con un impacto directo e indirecto sobre el efecto invernadero.

Por emisiones industriales, vehiculares y agrícolas (por quemas), se aumenta la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera por lo cual la temperatura de la tierra tiende a aumentar más y no quedarse estable.

Hasta el año 2050 la temperatura media del globo terrestre aumentara aproximadamente 2.5°C y hasta el año 2100 5.7°C, si no se reduce el crecimiento de las emisiones de dióxido de carbono en el mundo.

6.3 CONTROL DE EMISIONES AL AIRE

En los últimos años El Salvador ha tenido un crecimiento industrial muy importante y de mucho beneficio para su desarrollo social. Sin embargo, los costos de dicho progreso industrial han cobrado su efecto en la actualidad y siendo el medio ambiente su principal víctima. La falta de planificación de un desarrollo industrial equilibrado y sostenible ha puesto en peligro la supervivencia misma de la población en general. Es evidente como los factores ambientales aire, suelo y agua se han ido deteriorando como consecuencia de las emisiones de gases hacia la atmósfera.

6.3.1 NORMA CALIDAD AIRE

En la siguiente tabla se presentan los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) los cuales son una guía para establecer las normativas nacionales. Se han agregado en la ultima columna algunos datos que indican los niveles de algunos contaminantes en San Salvador.

TABLA 6.3

LÍMITES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS. CALIDAD AIRE AMBIENTE.

CONTAMINANTE	LÍMITE	UNIDAD	PERIODO DE MEDICIÓN	REFERENCIA	SITUACIÓN SAN SALVADOR*
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	200	mg/m ³	1 hora	OMS, 1997	50~250 (24 horas); 72 (1 año)
Monóxido de Carbono (CO)	26	mg/m ³	1 hora	OMS, 1997	-
Ozono (O ₃)	120	mg/m ³	8 horas	OMS, 1997	20~90; 43 (1 año)
Dióxido de azufre (SO ₂)	125	mg/m ³	24 horas	OMS, 1997	-
Partículas Totales Suspendidas (PTS)	260	mg/m ³	24 horas	EPA-USA, 1996	130~500; 280 (1 año)
Partículas inhalables (PM ₁₀)	150	mg/m ³	24 horas	EPA-USA, 1996	30~130; 280 (1 año)
Plomo (Pb)	0.5	mg/m ³	1 año	OMS, 1997	0.05; 0.01~0.1 (1/4 año)
Diclorometano (CCl ₂ H ₂)	3000	mg/m ³	24 horas	OMS, 1997	-
Tolueno (C ₇ H ₈)	260	mg/m ³	7 días	OMS, 1997	-
Estireno (C ₈ H ₈)	70	mg/m ³	7 días	OMS, 1997	-
Tetracloroetileno (C ₂ Cl ₄)	250	mg/m ³	24 horas	OMS, 1997	-

*Entre paréntesis se indica el periodo de medición si es diferente al de la columna que así lo indica.

6.3.2 NORMA DE COMBUSTIBLE.

Todos los combustibles tienen, aunque sea en pequeñas cantidades, metales altamente contaminantes que se liberan durante el proceso de producción. Es importante la toma de muestras y análisis de laboratorio para determinar si el combustible cumple con las normas ambientales y si es adecuado para el óptimo funcionamiento de los equipos.

Para prevenir la contaminación atmosférica la composición química de los combustibles, diesel o búnker, debe cumplir los niveles establecidos. Los análisis deben dar como resultado:

TABLA 6.4

NORMA DE COMBUSTIBLE.

CONSTITUYENTE	PORCENTAJE
Carbono (C)	84 ~ 87 %
Oxígeno (O ₂)	0.6 ~ 3.5 %
Hidrógeno (H ₂)	11 ~ 14 %
Azufre (S)	0.5 ~ 1.0 %
Nitrógeno (N ₂)	0.01 ~ 1.1 %
Sedimentos	0.01 ~ 0.1 %
Agua	0.01 ~ 0.5 %

6.4 SOLUCIÓN A LAS ETAPAS DE CONTAMINACIÓN

El diseño de la planta recicladora de aluminio, específicamente, el diseño y elección del tipo de horno es el que define en este punto la limpieza del proceso de fundición del aluminio. La ventaja de la utilización de un horno eléctrico, desde el punto de vista ecológico, es que no existe el problema de contaminación del medio ambiente proveniente de los gases de la combustión, dando como resultado una calidad de limpieza no alcanzable con los hornos que utilizan combustibles fósiles.

Sin embargo, aun se tiene el problema de emisiones de gases en el proceso de fundición de la pintura que tienen las latas de bebidas y los posibles contaminantes que puedan tener las diferentes piezas de aluminio a fundir. La pintura de latas de bebidas contiene plomo, y al quemarse forma partículas suspendidas las cuales abandonan el horno saliendo junto con los gases producto de la fundición del metal

En base a lo expuesto anteriormente y considerando que los problemas de emisiones del horno y fundición de aluminio se deben únicamente a partículas, ya sea provenientes de la quema de pintura de latas u otros contaminantes y que dichas partículas permanecen suspendidas en los gases; la solución más adecuada, confiable y utilizada es un separador de densidad de tipo ciclón o simplemente ciclón.

6.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN

El método de extracción de aire puede ser general o local. El primero consiste en dar salida al aire del edificio por circulación natural o forzada, sin que haya una relación directa con el proceso de trabajo. Por el contrario, la ventilación local debe estar lo más cerca posible de la tarea; a menudo abarca un trabajo específico. Ejemplos de ventilación local son las campanas de extracción.

El sistema de extracción local se emplea para quitar un contaminante del aire, captándolo cerca de la fuente en que se produce. Su ventaja sobre la extracción general es que se logra un ambiente de trabajo más limpio y en condiciones más sanas, además que mueve un volumen de aire relativamente menor, con menor pérdida de calor para el operario.

Un sistema de extracción local consta básicamente de cuatro partes:

1. Campanas, mediante las cuales se capta el contaminante del aire
2. Conductos, para llevar al contaminante a un punto central

3. Filtros, o dispositivos para purificar el aire y purificarlo antes de expulsarlo al exterior
4. Ventilador y su motor, para producir la corriente de aire requerida a través del sistema

6.5.1 CAMPANAS

La campana de extracción local es el punto de entrada del aire al sistema. El término “campana” se utiliza en un sentido amplio, comprendiendo a todas las aberturas por las que se produce succión, sin considerar sus formas o tipo de montaje.

Ningún sistema de extracción local puede considerarse efectivo, a menos que el contaminante sea arrastrado a la campana. Evidentemente, el valor de la instalación será nulo si el contaminante no es captado y arrastrado dentro de la campana, no importa cuán bien contruidos estén los conductos o cuán grande sea el ventilador. La campana es, entonces, un componente importante.

6.5.1.1 CAPTACIÓN DEL CONTAMINANTE

Cuando se conecta un conducto a la entrada de un extractor, se produce una succión o zona de baja presión en el otro extremo del conducto. El aire del recinto se dirigirá desde todas las direcciones hacia la zona de baja presión.

Lo que se necesita para controlar el polvo o partículas es una velocidad del aire V , en el punto en que ese polvo se forma y a una distancia “ x ” de la abertura del conducto, lo suficientemente grande como para arrastrar las partículas hacia la campana y el conducto.

Si la cantidad de aire que entra en el tubo es Q , la velocidad en la superficie curva que pasa por el punto en el que el contaminante se produce, está dada por la ecuación:

$$V = Q.A \quad (\text{Ec. 6.1})$$

Donde:

A = área de abertura de la campana, en m²

Q = flujo de aire en el conducto, en m³/min.

La finalidad de la mayoría de las campanas extractoras es establecer un desplazamiento del aire en el punto o lugar donde se produce el contaminante, de manera que un porcentaje suficientemente grande del mismo pueda ser arrastrado y captado.

Para determinar esta velocidad de desplazamiento se utilizarán datos tomados del anexo 6.3

6.5.1.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS CAMPANAS

La principal característica de las campanas es su eficacia, la cual puede definirse como la capacidad para captar efectivamente el contaminante generado.

El movimiento de los contaminantes se determina por las corrientes de aire existentes en el local. Por lo tanto, el objetivo primordial al diseñar una campana será conseguir una velocidad de aire adecuada en ciertos puntos del espacio.

Las características más importantes de un buen diseño de campana extractora son las siguientes:

- Encerrar la operación con el fin de disminuir la velocidad de las corrientes de aire necesarias para controlar el contaminante y evitar que las corrientes cruzadas lo desvíen de la zona de influencia de la campana.
- Ubicar y diseñar la campana de manera que la velocidad inicial del contaminante lo lleve a la abertura de la misma.

- Colocar la campana lo más cerca posible del contaminante.
- Diseñar la campana de modo tal que no moleste al operario.

Para un correcto diseño, una campana se realiza en las siguientes fases:

- a) Diseño Geométrico. Hay que partir del principio que una campana debe encerrar al máximo el foco del contaminante, por lo que una forma de realizar el diseño es encerrar lo más posible al foco contaminante, de esta manera, el caudal a extraer será mucho menor.
- b) Cálculo del caudal. Cuando una campana determinada aspira un cierto caudal, provoca en cada punto del espacio una velocidad de aire que será característica en cada punto del espacio de la geometría de la campana. Es necesario conocer esta distribución de velocidades para poder calcular el caudal de aire necesario de extracción.
- c) Pérdidas de Carga. Al ejercer la succión, el aire entra en el conducto, por lo que se produce una caída de presión debido a las turbulencias a la entrada del conducto.

Las pérdidas de carga se calculan mediante la expresión:

$$P_t = n.P_d \quad (\text{Ec. 6.2})$$

$$P_d = (v/4,033)^2 \quad (\text{Ec. 6.3})$$

Donde:

P_d = pérdidas de carga, en mm. c.d.a

P_t = pérdidas totales, en mm. c.d.a.

n = factor de corrección por cambios graduales de sección.

Basándose en las velocidades recomendadas en el anexo 6.3, se obtienen las siguientes velocidades:

$$V \text{ capitación} = 0.5 \text{ m/s}$$

$$V \text{ conducto} = 10.0 \text{ m/s};$$

El área de la boca de la campana es igual a la de un rectángulo de 1.5 m x 2.5 m, por lo que el caudal en la boca de la misma será, utilizando la ecuación 6.1 y resolviendo para Q:

$$Q = V.A; V = 0.5 \text{ m/s y } A = 1.5 \times 2.5 = 3.75 \text{ m}^2$$

$$Q = (0.5)(3.75) = 1.875 \text{ m}^3/\text{s (que equivalen a 3,969.85 cfm)}$$

Con la velocidad recomendada en el conducto y considerando un diámetro de 0.38 m (15"), se estiman las pérdidas por fricción mediante el gráfico del anexo 6.4:

Las pérdidas de carga en el sistema de campana y conductos serán por lo tanto:

$$P_t = P \text{ campana} + P \text{ conducto} + P \text{ codo} \quad (\text{Ec. 6.4})$$

Utilizando las ecuaciones 6.2 y 6.3:

$$P_d = (10/4,033)^2 = 6.15 \text{ mm. c.d.a}$$

$$P \text{ campana} = n.P_d; n = 0.14, \text{ de figura en anexo 6.5 con un ángulo igual a } 30^\circ;$$

$$P \text{ campana} = (0.14)(6.15) = \mathbf{0.86 \text{ mm. c.d.a.}}$$

Con el uso de la gráfica de anexo 6.4, usando $v = 10 \text{ m/s}$ (1968 pie/min.) y diámetro de tubería de 0.38 m (15"), se obtienen los siguientes resultados:

$$P \text{ conducto} = n.P_d; n = 0.35/\text{pie} = 1.15/\text{m}$$

$$P \text{ conducto} = (1.15)(6.15) = 7.07 \text{ mm c.d.a./m}$$

$$P \text{ conductos} = (7.07)(0.75) = \mathbf{5.30 \text{ mm. c.d.a.}}$$

Para el codo de cuatro piezas, con relación $R/D = 10$, se obtiene del anexo 6.5, una longitud equivalente de 3.81 m, por lo que:

$$P \text{ codo} = n.P_d; n = 0.35/\text{pie} = 1.15/\text{m}$$

$$P \text{ codo} = (1.15)(6.15) = 7.07 \text{ mm. c.d.a./m}$$

$$P \text{ codo} = (7.07)(3.81) = \mathbf{26.94 \text{ mm. c.d.a.}}$$

Por lo tanto, sustituyendo los valores en la ecuación 6.4 se obtiene:

$$P \text{ totales} = 33.10 \text{ mm. c.d.a}$$

6.5.2 VENTILADORES

Un ventilador es una máquina estática que comunica energía a un gas, aumentando su presión o modificando su estado de movimiento. En un sistema de extracción, el ventilador es el elemento encargado de comunicar al aire o gases la energía necesaria para arrastrarlo hasta el punto de captación (campana) y hacerlo circular por el conducto hacia el separador.

El sistema de extracción del horno de fundición de aluminio, cuenta con un ventilador centrífugo, en el que las condiciones de entrada y salida forman un ángulo de 90°. Para la elección del ventilador, se tomará en cuenta que vencerá las pérdidas de los conductos, codos y campana.

6.5.3 ELECCIÓN DEL VENTILADOR

Los factores que intervienen en la elección del ventilador son:

- El caudal de aire
- La presión estática
- La densidad del aire cuando es diferente de la normal
- El nivel de ruido aceptado en el local
- El espacio disponible
- La naturaleza de la carga

De lo anterior, se conoce que: el caudal de gases a desalojar es igual a $1.875 \text{ m}^3/\text{s}$ (que equivalen a $3,969.85 \text{ cfm}$); la presión estática a vencer es de 30.10 mm. c.d.a. ; por lo que se elige un ventilador del (anexo 6.6) con rodete de $12 \frac{1}{2}''$, con una potencia de 3 HP.

6.6 APARATOS DE CAPTURA POR PARED.

Con el fin de conocer más a cerca de los aparatos utilizados para la limpieza de gases contaminados, se describirán a continuación los diferentes diseños de equipos para separar las partículas de los gases, estos aparatos son conocidos como aparatos de captura por pared y entre ellos se encuentra el diseño del ciclón, el cual ha sido adoptado para la limpieza de gases de la planta recicladora de aluminio.

Los aparatos de captura por pared funcionan al impulsar las partículas hacia una pared sólida, en donde se adhieren entre sí para formar aglomerados que pueden extraer del aparato colector y disponer de ellos.

6.6.1 SEDIMENTADORES POR GRAVEDAD.

Un sedimentador por gravedad es sencillamente una cámara larga por la cual pasa lentamente la corriente de gas contaminado, permitiendo que transcurra el tiempo suficiente para que las partículas se sedimenten por gravedad hasta el fondo. Para tener una mejor efectividad y se pueda prevenir el levantamiento de partículas sedimentadas, la velocidad del gas debe ser uniforme y relativamente baja. Es un aparato antiguo y nada complicado que se debe limpiar en forma manual a intervalos regulares; se construye con sencillez, requiere poco mantenimiento y tiene cierta aplicación en las industrias en las que se tratan gases muy secos; tales como en fundidoras y

procesos metalúrgicos. En las siguientes figuras se muestran esquemas de sedimentadores por gravedad.

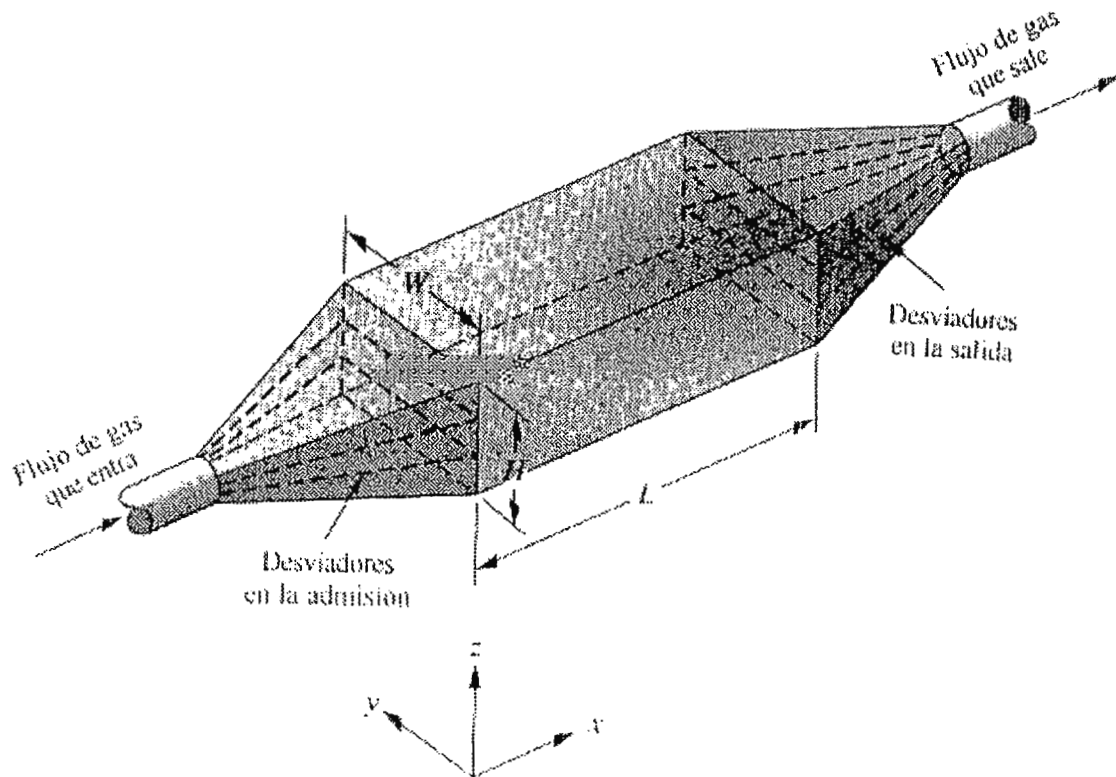
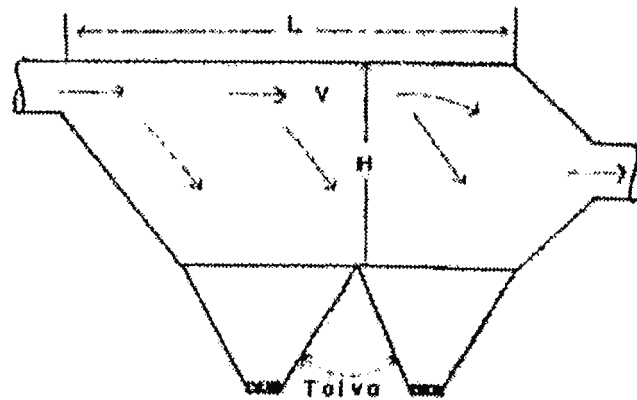


Figura 6.1 Esquema típico de un sedimentador por gravedad.



L = Distancia Horizontal de la Partícula.

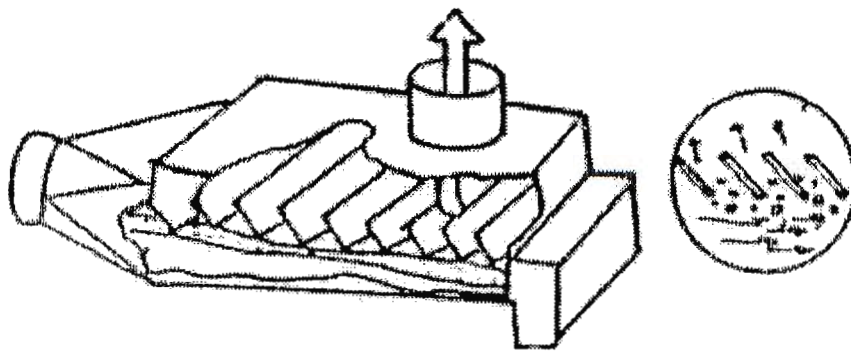
H = Distancia de Caída de la Partícula.

V = Velocidad del Gas.

Figura 6.2 Esquema típico de un sedimentador por gravedad, con tolvas de recolección.

6.6.2 SEDIMENTADORES POR INERCIA.

En los sedimentadores por inercia, se somete la dirección de la corriente gaseosa a un cambio brusco de dirección, lo que determina la separación de partículas por inercia, aunque también intervienen otros fenómenos complementarios. Para corregir éste efecto, los sedimentadores poseen en su interior obstáculos contra los que chocan las partículas, perdiendo así su velocidad y depositándose en una tolva en el fondo, donde luego es retirado el polvo. Estos sedimentadores son conocidos también como cámaras de persianas.



**Corriente Concentrada
de Polvo**

Figura 6.2 Esquema de un sedimentador por inercia.

6.6.3 CICLONES.

Con frecuencia, los ciclones son usados para separar las partículas sólidas de los gases. Una instalación común se localiza en la salida de los gases provenientes de procesos industriales, tales como combustión o fundición de metales, con el fin de eliminar las partículas finas. Son recipientes cilíndricos verticales que terminan en punta hacia la parte inferior. El gas entra tangencialmente en la parte superior y gira hacia abajo. Las partículas se lanzan contra las paredes y bajan hacia un sistema colector de polvo. El gas sale, a través de un anillo interno axial, por la parte superior. En algunos casos, el gas pasa por una segunda disposición de ciclones.

Al aumentar el área de entrada hacia el ciclón, se reducirá la eficiencia de recolección y aumentará la pérdida de energía. La velocidad del gas de entrada deberá ser mayor que la velocidad de saltación de modo que las partículas no se asienten en las tuberías de entrada. Por otro lado, no deberá ser tan grande que las partículas no puedan asentarse en el ciclón o, si lo hacen, posiblemente

vuelvan a ser arrastradas. La velocidad de saltación (sedimentación) es una función de la densidad del particulado, no del tamaño.

Al aumentar la longitud del ciclón, se aumentará la eficiencia de recolección pero no cambiará la pérdida de energía. Al aumentar el diámetro del cilindro, disminuirá la eficiencia de recolección a la vez que aumentará la capacidad. Las pruebas han demostrado que la longitud del ciclón deberá ser por lo menos 1,6-2 veces el diámetro del cilindro. De lo contrario, el vórtice de gas hará que las partículas vuelvan a ser arrastradas. La distancia mínima aparentemente no depende de la velocidad del gas. Si las partículas tienden a ser "pegajosas", habrá adhesión, y un posible bloqueo del ciclón debajo de este punto. Se recomienda que el fabricante realice el diseño final de ciclones al momento de instalarlo.

Varios estudios han demostrado que el arrastre de partículas hasta aproximadamente 4500 gr./m³ ocasionará una reducción significativa de la caída de presión a la mitad de la que se experimenta en el caso de gas únicamente.

Las capacidades típicas de gas varían de 365 a 1100 m³/m² del área de entrada. Cuanto más pequeña sea la partícula, menor será la eficiencia: 5-20 micrones, 80-95% removidos; menos de 5 micrones, 50-90%.

Los ciclones son simples y relativamente confiables e implican costos de energía reducidos por poco capital. La principal desventaja radica en la incapacidad de recolectar, en forma efectiva, partículas con un tamaño de 5 micrones y menos. Las velocidades de flujo elevadas requieren múltiples unidades.

Entre los problemas que se encuentran están los porcentajes de flujo reducidos, el taponeado de los materiales húmedos, la erosión que origina patrones de flujo irregulares y la distribución no uniforme del flujo de gas en arreglos con múltiples unidades.

Existen ciclones que combinan los efectos de un lavador agregando agua y vapor (lo cual proporciona una fuerza de impulsión de alta velocidad). Esta tecnología eliminará 99+% de partículas uniformes menores de un micrón. El costo de capital es bastante reducido pero hay un alto consumo de vapor.

Los multiciclones están constituidos por un bloque de ciclones de tamaño reducido colocados en serie, los de la entrada y salida son comunes. Los ciclones de alta eficiencia son efectivos para partículas del tamaño por debajo de 5 micrones. A continuación se presentan esquemas de ciclones y multiciclones en las figuras 6.3 y 6.4 respectivamente.

Por lo general, las dimensiones para diseños convencionales se basan en el diámetro total D_0 .

Tomados como relaciones a esa dimensión:

$$W_i = 0.25 D_0 \quad (\text{Ec. 6.5})$$

$$H = 0.5 D_0 \quad (\text{Ec. 6.6})$$

$$H_1 = 2 D_0 \quad (\text{Ec. 6.7})$$

$$H_2 = 2 D_0 \quad (\text{Ec. 6.8})$$

$$D_e = 0.5 D_0 \quad (\text{Ec. 6.9})$$

$$S = 0.625 D_0 \quad (\text{Ec. 6.10})$$

$$D_d = 0.25 D_0 \quad (\text{Ec. 6.11})$$

Si se requieren ciclones de mayor eficiencia, la medida de W_i debe reducirse y para ciclones de alto rendimiento se hacen con valores más grandes de W_i y de D_e .

6.6.4 DIMENSIONAMIENTO DEL CICLÓN

Datos del ciclón :

- Caudal de entrada, $Q_c = 1.875 \text{ m}^3/\text{s}$ (3,969.85 cfm)
- Velocidad de diseño²⁴, $V_c = 12.20 \text{ m/seg.}$ (2,400 pie/min.)

Por lo tanto se tiene que, basado en las dimensiones de la figura 6.3 y utilizando la ecuación 6.1:

$$Ac = Q_c/V_c;$$

$$Ac = W_i.H = 0.125D_0 = \frac{1.875}{12.20}; \text{ por lo que:}$$

$$D_0 = 1.23 \text{ m}$$

En base al resultado anterior y sustituyendo el valor de D_0 en las ecuaciones 6.5 a 6.11, se tiene que:

$$W_i = 0.25D_0 = 0.3075 \text{ m}$$

$$H = 0.5 D_0 = 0.615 \text{ m}$$

$$H_1 = 2 D_0 = 2.46 \text{ m}$$

$$H_2 = 2 D_0 = 2.46 \text{ m}$$

$$D_e = 0.5 D_0 = 0.615 \text{ m}$$

$$S = 0.625 D_0 = 0.76875 \text{ m}$$

$$D_d = 0.25 D_0 = 0.3075 \text{ m}$$

²⁴ Tomado y adaptado de C. B. Parnell, Jr., Texas A&M Cyclone Design (TCD) process.

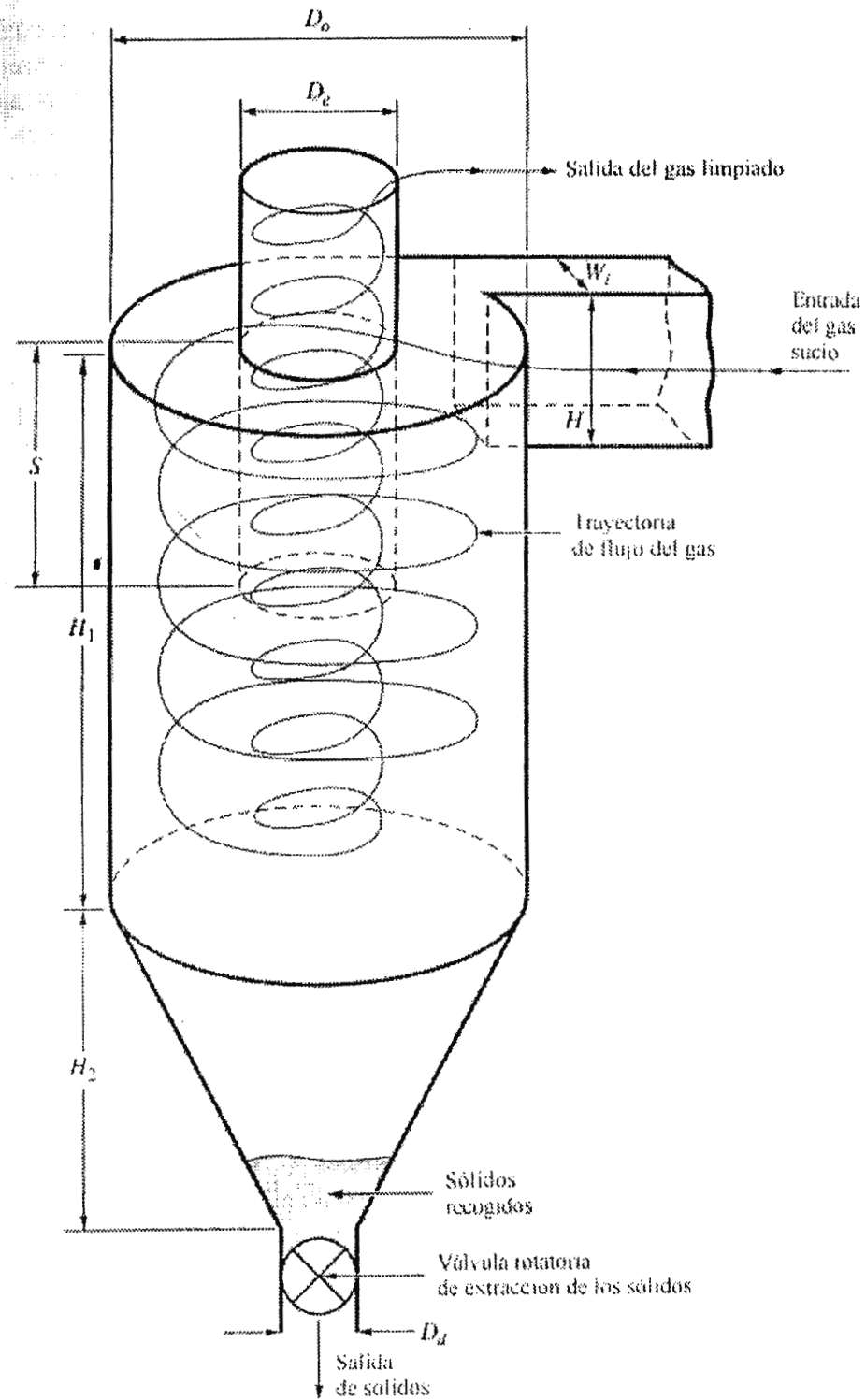


Figura 6.3 Esquema de un ciclón.

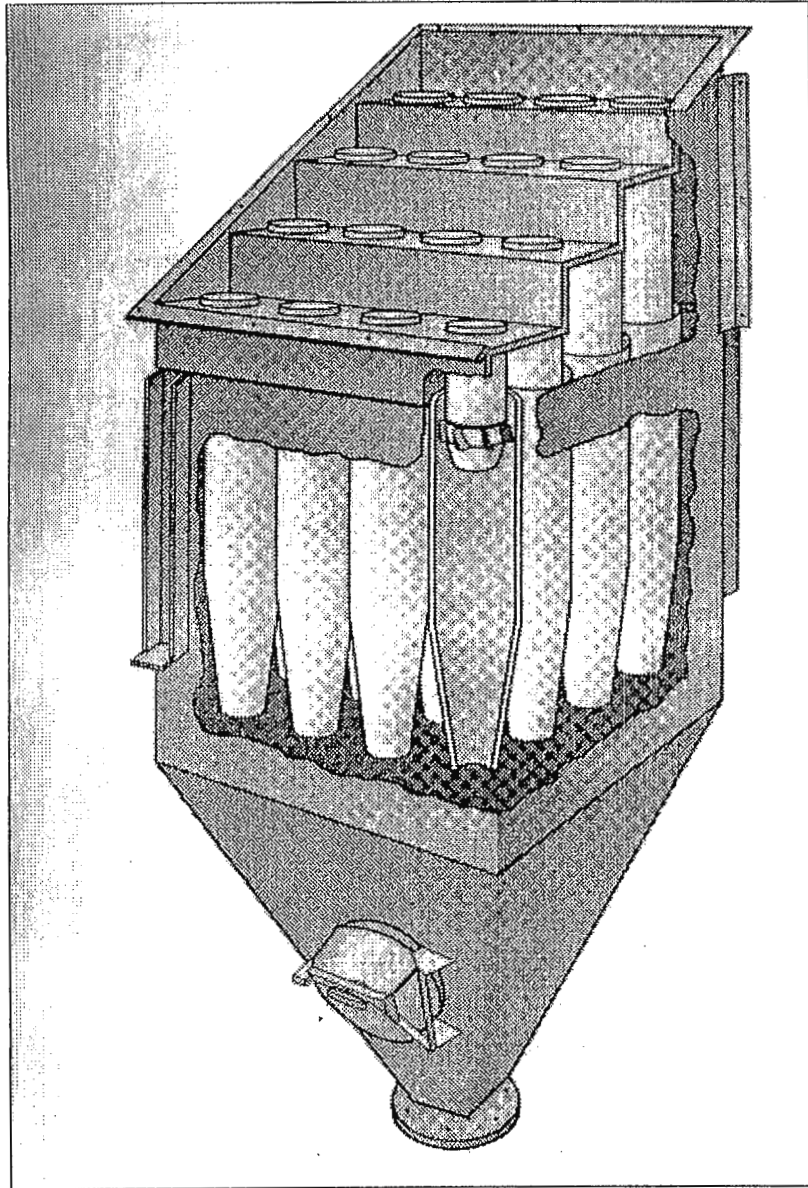


Figura 6.4 Detalle de un multiciclón.

CAPITULO 7
ESTUDIO ECÓNOMICO.

VII. ESTUDIO ECONÓMICO.

7.1 COSTO DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO

Habiendo en realizado consideraciones de distribución de planta capítulos anteriores, se considera la construcción de una nave industrial de 60 metros de largo por 38 metros de fachada. Dicha nave abarca una área de 2,280 m² e incluirá oficinas, baños y desvestideros para los empleados, bodega para materia prima, área de prensas, áreas de supervisión, zona de moldeo, zona de hornos, área de carga, etcétera. La distribución de planta de la nave industrial se presenta en el plano 005 del anexo. También se presentan una serie de planos de numeración 001~004 en el que se describe la estructura de la nave, el alcance de las obras civiles y eléctricas. Dichos planos son indispensables para el costeo de la nave industrial que dará cabida a la planta recicladora de aluminio. El análisis de costo de una nave industrial abarca una serie de rubros como son mecánicos, eléctricos y de obra civil; cada uno de dichos rubros incluye sus propios costos. Es necesario a fin de realizar el análisis de la obra global, analizar cada área por aparte identificando las partidas de que se componen.

A continuación se presenta un ejercicio de costo en el que se involucra los diferentes rubros de la fabricación de la planta de reciclaje de aluminio.

7.1.1 COSTEO DE OBRA MECÁNICA

El costeo de la obra mecánica comprende la estructura de la nave, las placas de fundación, pernos de anclaje y la estructura de techos y paredes laterales.

Se realizara para él costeo de la estructura utilizando análisis de costo por libra; ya que dicho análisis es el más empleado por las empresas contratistas debido a que es rápido en cuanto a obtener resultados numéricos, es verificable por otros análisis que emplean más tiempo y la mayoría de las empresas que licitan este tipo de proyectos piden a las empresas licitantes, entreguen sus presupuestos bajo la modalidad de costo por libra, para así poder realizar comparaciones rápidas de las ofertas más atractivas.

Antes de pasar al costeo por libra o por kilogramo de la estructura, es necesario identificar los materiales de la misma:

TABLA 7.1

LISTADO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE RECICLADO DE ALUMINIO

ESTRUCTURA	MATERIAL	PESO ²⁵
MARCOS DE ALMA ABIERTA	ANGULO ASTM-A36 DE 3X3X1/4"	4.9 Lb/pie
	ANGULO ASTM-A36 DE 2X2X3/16"	2.44 Lb/pie
	VARILLA ASTM-36 N° 5	1.04 Lb/pie
VIGA DE RIGIDEZ	ANGULO ASTM-A36 DE 1 1/2"X1 1/2"X 3/16"	1.8 Lb/pie
	VARILLA ASTM-A36 N° 4	0.668 Lb/pie
PLACAS DE FUNDACION Y PERNOS DE ANCLAJE	LAMINA ASTM-A36 DE 5/8"	124.49 Kg/m ²
	EJE DE ACERO AISI 1020 DE 5/8"	1.04 Lb/pie
	LAMINA ASTM-A36 DE 3/16"	37.35 Kg/m ²
PLACAS DE CUMBRERA	LAMINA ASTM-A36 DE 3/16"	37.35 Kg/m ²

²⁵ Los pesos son tomados de anexos 7.1 a 7.3

Costeo por Libra.

En el costeo por libra se escoge una pieza de la estructura de la nave y se realiza el análisis de fabricar dicha pieza por ser representativa de toda la estructura. Dicho análisis incluye el considerar el costo de la pieza, la mano de obra directa, los gastos indirectos de fabricación, pintura, electrodo, costos de montaje y al final un porcentaje de ganancia de la empresa contratista.

Del plano 001 se escoge una pieza de ángulo ASTM-36 de 2x2x3/16" de 1.32 m de largo, y se realiza el siguiente análisis:

Pieza de 1.32 metros de largo y peso = 10.56 lbs²⁶

Dicho ángulo se encuentra en el mercado nacional a un costo al mayoreo de ¢86.72 la pieza de 6 metros; por tanto una pieza de 1.32 metros tiene un costo de ¢19.07. Luego se agrega a dicho costo la mano de obra directa (MOD), los gastos indirectos (GIF)²⁷, pintura y electrodo (costos del mercado nacional). En cuanto a la pintura lo que se hace es sacar el área del ángulo de 1.32 m de 2x2x3/16" y se calcula la pintura para un rendimiento aproximado de 25 m² por galón de pintura, y el electrodo se calcula para un rendimiento de 3" por varilla.

²⁶ Tomado del anexo 7.1

²⁷ El MOD y el GIF, son factores particulares de cada empresa. Para efecto de ejercicio se ha considerado una mano de obra holgada.

Costo x pieza (FABRICACIÓN):

¢19.07 MATERIAL

¢3.30 MANO DE OBRA DIRECTA (MOD)

¢4.19 GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN (GIF)

¢6.92 ELECTRODO AWS 7018

¢15.12 PINTURA

¢48.61/10.56 LBS. = ¢4.60 (costo por libra de fabricar la pieza)

MONTAJE:

¢4.60 FABRICACIÓN

¢0.15 TRANSPORTE DE MATERIALES

¢0.23 GRUA

¢0.5 MANO DE OBRA DIRECTA DE MONTAJE

¢0.63 GASTOS INDIRECTOS DE MONTAJE

¢6.11 COSTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE POR LIBRA

A este costo se agrega un 8% por imprevistos y cálculos estructurales y se le agrega además la ganancia de la empresa contratista que por lo general anda por el orden del 20%. Así el costo por libra de obra es de ¢7.92 o ¢17.42 que es el costo por kilogramo.

Una vez que ha sido calculado el peso de la estructura y teniendo el costo por kilogramo es posible determinar el costo de la estructura de la planta recicladora de aluminio. La partida de obras mecánicas incluye el análisis de costo por kilogramo de la estructura, la partida Techos y Paredes laterales en la que se utiliza el costo por metro cuadrado de lamina prepintada que es el tipo común del que se fabrica techos y paredes de naves industriales. Se incluye en esta partida la obra eléctrica

que comprende la iluminación de la nave con lamparas fluorescente; suministro e instalación. Se considera también el costo de otros elementos necesarios como son: botaguas, canales para aguas lluvias, y extractores de aire para ventilación del tipo estático.

La obra mecánica abarca el costo de la estructura que sostendrá el puente grúa para movilizar los crisoles hasta el área de moldeo desde la zona de hornos. El detalle de dicha estructura se presenta en el plano 002 y la lista de materiales en la tabla siguiente:

TABLA 7.2

LISTADO DE MATERIALES PARA LA FABRICACION DE ESTRUCTURA DE PUENTE GRUA

ESTRUCTURA	MATERIAL	PESO
COLUMNA	ANGULO DE 3X3X1/4"	4.9 Lb/pie
	ANGULO DE 2X2X3/16	2.44 Lb/pie
VIGA DE ENCARRILAMIENTO	PERFIL "I" WF 14"X 6 3/4"	30 Lb/pie
VIGA DE RIGIDEZ	ANGULO DE 1 1/2" X 1 1/2" X 3/16"	1.8 Lb/pie
	VARILLA N° 4	0.668 Lb/pie
ARRIOSTRE	ANGULO DE 2X2X3/16"	2.44 Lb/pie

7.1.2 OBRA CIVIL

La obra civil comprende todas las actividades necesarias a realizar para preparar el terreno que será destinado a la nave que albergara la planta recicladora de aluminio. Algunos de los rubros que serán cotizados en la partida de obra civil son: descapote, restitución suelo cemento y excavación; pero antes de definir los costos de dichos rubros es necesario aclarar los siguientes términos:

- **Descapote:** corte de la capa superficial del terreno, para eliminar capa vegetal, raíces enterradas, material superficial y dicho corte anda por los 20 a 30 centímetros.
- **Excavaciones:** comprende el sacar el material de suelo necesario para dejar el nivel de la cimentación o fundación de las zapatas y pedestales.
- **Restitución:** muchas veces es necesario cuando el terreno no es consistente el profundizar la excavación debajo de la zapata y restituir con cemento.

El piso de la nave se construirá de manera que abarque la mayor parte de la área de la nave; ya que el área de moldeo, que es de 150 m², no llevara suelo de cemento y por tanto se descontara del área de piso de concreto. Se incluye en la partida Obras Civiles un área de baños, servicios sanitarios y desvestideros para los empleados.

7.2 EL ACTIVO TANGIBLE

Llamado también activo fijo, el activo tangible son los bienes de la empresa, como terrenos, edificios, maquinarias, equipo, mobiliario, vehículos herramientas y otros. Se le llama fijo porque la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que con ello ocasione problemas a sus actividades productivas.

En este apartado se considerara las partidas que componen la obra mecánica de la sección 7.1.1 y que se definen como: Estructura de la Nave, Techos y paredes laterales y estructura del puente grúa. También se incluye en el activo fijo las partidas que componen la obra civil de la edificación de la nave industrial, de la sección 7.1.2 y que corresponden a Obras preliminares y Diseño y construcción de cimentación.

Se considera también el costo del puente grúa el cual es de $\text{¢}260,520.00$ costo de suministro y montaje según precio obtenido de un proveedor local, el montacargas con $\text{¢}45,567$, el horno de inducción con un costo de $\text{¢}351,600.00$, el ciclón el cual tiene un costo de $\text{¢}7,800$, y el ventilador con $\text{¢}5,244$.

También se incluirá en el activo fijo herramienta varia y el costo del terreno que será destinado para la recicladora de aluminio y que consta de un área de $2,280 \text{ m}^2$, según lo definido en el capítulo Distribución de Planta y descrito en el plano 005, cuyo costo por metro cuadrado varia de acuerdo a su localización; el cual se considerara a $\text{¢}200.00$ el metro cuadrado para un costo total de $\text{¢}456,000.00$.

Se considerará también el mobiliario el cual fue definido en el apartado 4.12 con $\text{¢}120,000.00$.

ACTIVO FIJO

Maquinaria y equipo	¢670,731.00
Herramienta	¢20,000.00
Terreno	¢456,000.00
Obra civil	¢584,578.95
Obra mecánica	¢1,284,860.88
Mobiliario	<u>¢120,000.00</u>
TOTAL ACTIVO FIJO	¢3,136,170.83

7.3 DEPRECIACIÓN LINEAL

Se aplica al activo fijo, ya que con el uso, estos bienes valen menos; es decir, se deprecian.

La depreciación es un mecanismo con el que el gobierno pretende que toda inversión privada sea recuperable por la vía fiscal, independientemente de las ganancias que dicha empresa obtenga por concepto de ventas.

Para realizar dicho cálculo es indispensable el conocer el valor de rescate o salvamento que se calcula restando al valor de adquisición la depreciación acumulada hasta el periodo del análisis.

Así:

$$D = \frac{I - VS}{P} \quad (\text{Ec. 7.1})$$

Donde:

D es la depreciación

I es la inversión tangible

VS es el valor de salvamento con la tasa aplicada

P es la vida útil o el horizonte de estudio

Para el caso particular de la planta recicladora, se tiene un periodo de análisis de 20 años el cual es el común cuando se deprecian inmuebles, con un 10% de tasa de salvamento.

$$D = \frac{\text{¢}31,136,170.83 - 10\%(\text{¢}31,136,170.83)}{20}$$

$$D = \text{¢}141,127.90 \text{ anual}$$

7.4 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de producción llamados también inversión intangible están formados por los siguientes elementos:

1. **Materias primas.** Son los materiales que de hecho entran y forman parte del producto terminado. Para el caso de la planta recicladora de aluminio por la sección 4.8 se tiene un total de 650 toneladas de aluminio anuales de material recolectado de basureros y ventas de chatarra a un costo de ¢1.82 por libra²⁸; se determina un total de 1,300,000 libras al año a un costo de ¢2,366,000.00 anual de materia prima.
2. **Mano de obra directa.** Es la que se utiliza para transformar la materia prima en producto terminado. Se puede identificar en virtud de que su monto varía casi proporcionalmente con el número de unidades producidas. Según la tabla 4.3 y siguiendo el proceso de la sección 4.10 se tiene una planilla anual de ¢373,286.67

²⁸ Costo con el que la empresa La Constancia, principal recolector de latas de aluminio del AMSS, paga la libra de lata aluminio al intermediario mayorista.

3. **Mano de obra indirecta.** Es la necesaria en el departamento de producción, pero que no interviene directamente en la transformación de las materias primas. En este rubro se incluyen: personal de supervisión, jefes de turno, todo el personal de control de calidad y personal administrativo que entre sus funciones tiene la parte financiera y la toma de decisiones de la empresa. También se encuentra entre el personal administrativo secretarias, ordenanzas y en general todo el personal definido en la tabla 4.2. La planilla calculada según la sección 4.10 es de ¢900,940.00

4. **Costos de los insumos.** Todo proceso requiere una serie de insumos para su funcionamiento. Aquí se puede mencionar agua, energía eléctrica, teléfono, y otros servicios. En este rubro se ha considerado por sección 4.11 un costo de ¢1,212,000.00 anual.

5. **Costo de mantenimiento.** Se puede dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo de la planta y será llevado a cabo por el personal técnico definido en la tabla 4.2. Para fines de evaluación se puede considerar un porcentaje del costo de los equipos y este lo proporciona generalmente el fabricante; para el caso de los equipos de la planta recicladora se considerará un 5%. Entre los equipos que serán incluidos en el mantenimiento se encuentran el puente grúa definido en la sección 4.6.2, un montacargas, el ventilador marca Dayton para el ciclón y por ultimo el horno de inducción cuyos costos fueron definidos en la sección 7.2

COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL

Materia Prima	¢2,366,000.00
Mano de Obra Directa	¢373,286.67
Mano de Obra Indirecta	¢900,940.00
Mantenimiento de Equipos	¢31,646.55
Depreciación	¢141,127.63
Servicios	<u>¢1,212,000.00</u>
Total	¢5,025,000.90

7.5 EL PUNTO DE EQUILIBRIO

Es un análisis útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios. El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que son exactamente igual los beneficios por ventas a la suma de los costos fijos y los variables. Su utilidad general es que puede calcular con mucha facilidad el punto mínimo de producción al que debe operarse para no incurrir en pérdidas, sin que esto signifique que aunque haya ganancias estas sean suficientes para hacer rentable el proyecto.

Hay que aclarar que esta no es una técnica para evaluar la rentabilidad de una inversión, sino que solo es una importante referencia que debe tenerse en cuenta, además que presenta las siguientes desventajas:

- Para su cálculo no se considera la inversión inicial que da origen a los beneficios calculados, por lo que no es una herramienta de evaluación económica.
- Es difícil determinar con exactitud si ciertos costos se clasifican como fijos o como variables, y esto es muy importante, pues mientras los costos fijos sean menores se alcanzara más rápido el

punto de equilibrio. Por lo general se entiende que los costos fijos son aquellos independientes del volumen de producción; es decir pago de servicios como energía eléctrica, teléfono, agua y personal administrativo que independientemente de la producción son necesarios para llevar a cabo tareas de planeación, mantenimiento, promoción, etcétera y son por tanto desembolsos que la empresa deberá hacer.

El punto de equilibrio puede ser calculado analíticamente mediante el siguiente desarrollo:

En el punto de equilibrio, los ingresos son iguales a los costos totales

$$IT = CT \quad (\text{Ec.7.2})$$

Donde:

IT son los ingresos totales obtenidos de operar el precio por el volumen vendido (*PQ*)

CT son los costos totales e incluyen el costo fijo (*CF*) y los costos variables o de producción (*CvQ*).

Reescribiendo la igualdad y resolviendo para *Q* tenemos:

$$PQ = CF + CvQ \quad (\text{Ec. 7.3})$$

$$Q = \frac{CF}{P - Cv} \quad (\text{Ec. 7.4})$$

Según la tabla de la Dirección General de Estadística y Censo, el costo del aluminio que entro como material sin alear a El Salvador para 1998 lo hizo con un costo de ¢16.49/kg. Por tanto es necesario para poder introducir el lingote de aluminio al mercado, el venderlo a un precio mas bajo; así que para efecto de análisis se considerara un precio de venta del 9½% menos del proporcionado por DIGESTYC. Así:

$$¢16.49 \times 9\frac{1}{2} \% = ¢14.92/\text{kg}$$

Según lo definido en la sección 4.8.1 se comprarán 650 toneladas de materia prima a un costo de ¢1.82 por libra. Sin embargo se debe recordar que en los procesos de fundición siempre habrá un porcentaje de aluminio que no se aprovechara y que se convertirá en escoria²⁹ o se quemara. Según datos proporcionados por empresas fundidoras de aluminio el porcentaje de escoria y de materia que se quema en el proceso de fundición es de aproximadamente del 30%. Por lo tanto se tiene:

$$IT = \text{¢}6.80/\text{LB} \times 650 \text{ TON} \times 2000 \text{ LB/TON} \times 70\% = \text{¢}6,188,000.00 \text{ anual}$$

El costo fijo como ya se subrayo, es independiente del volumen de la producción de la planta y por tanto se incluirá en dicho costo la planilla administrativa de la planta y que haciende a una cantidad de ¢900,940.00 anual y los servicios se consideraran del 10% de la cantidad estipulada en la sección 4.10 lo cual haciende a ¢121,200.00 anual. Así:

$$CF = \text{¢}900,940.00 + 121,200.00 = \text{¢}1,022,140.00 \text{ anual}$$

En el costo variable se incluirá los costos de producción que asciende como ya se definió en la sección 7.4 a ¢5,025,000.00. entre el numero de toneladas producidas por año Por tanto si se emplea la ecuación 7.4 se obtiene:

$$Q = CF / (P - Cv) = \frac{\text{¢}1,022,140.00}{13,600 - 11,044} = 400 \text{ TONELADAS POR AÑO}$$

Lo que indica que los valores estimados para producción en el capítulo 4 están acordes al punto ya que las 455 toneladas producidas por año dejan un margen de utilidad de 55 toneladas a partir del punto en el que los costos son iguales a los ingresos. El gráfico 7.1 aparece el punto de equilibrio.

²⁹ Debido a impurezas o suciedad de la materia prima

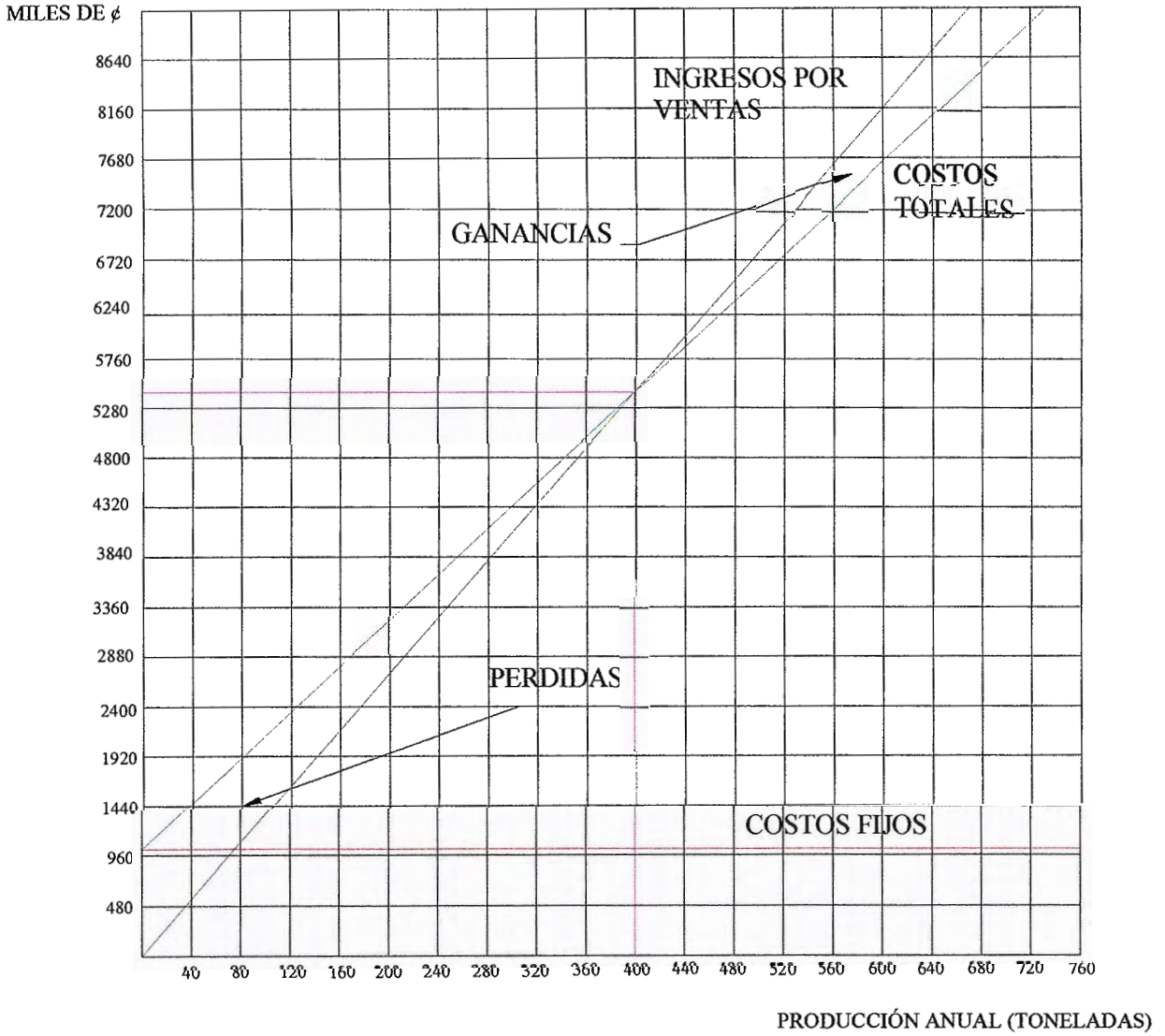


Figura 7.1 Gráfico del Punto de Equilibrio de la planta Recicladora de Aluminio.

7.6 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Con el objeto de realizar la evaluación económica del proyecto se optó por determinar el Valor Actual Neto de la planta recicladora de aluminio. Dicho elemento de evaluación consiste en traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo del VAN, se dice que se utiliza una tasa de descuento. Dicha tasa se denomina Tasa Mínima de Rendimiento Aceptable (TMAR) y debe ser tal que permita que la ganancia, compense los efectos inflacionarios, y en segundo término, debe ser un premio o sobretasa por arriesgar el capital de inversión. La TMAR se define comúnmente como:

$$TMAR = i + f + i \times f \quad (\text{Ec. 7.5})$$

Donde:

i es el premio al riesgo

f es el índice inflacionario

Según datos obtenidos del Banco Central de Reserva de El Salvador³⁰ el índice inflacionario pronosticado para 1999 se mantendrá entre el 2.5 y el 4.5%; y la tasa de premio al riesgo según diferentes autores³¹ estará en el rango de 10 al 15% según el tipo de inversión. Si se considera el 12% de tasa de premio al riesgo tenemos:

$$TMAR = 0.12 + 0.045 + 0.12 \times 0.045 = 0.17$$

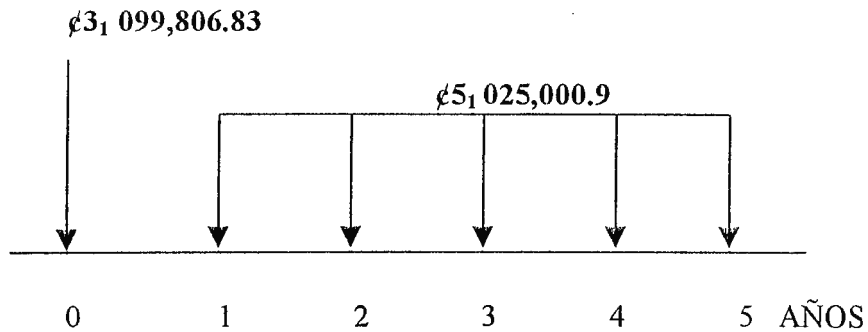
$$TMAR = 17\%$$

³⁰ www.bcr.gob.sv/infor01.htm

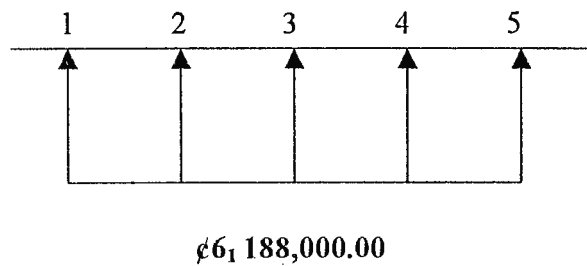
³¹ Baca Urbina, Gabriel. Evaluación de Proyectos. Tercera Edición. McGraw-Hill

Para el caso de la planta recicladora de aluminio, según datos determinados en la sección 7.2 y 7.3 se describen los siguientes flujos de efectivo para un periodo de análisis de 5 años.

EGRESOS



INGRESOS



$$VAN = -P + FNE_1/(1+i)^1 + FNE_2/(1+i)^2 + \dots + FNE_n/(1+i)^n \quad (\text{Ec. 7.6})$$

Donde:

VAN es el Valor Actual Neto

P es la inversión inicial

FNE_n son los flujos de efectivo en el tiempo n de análisis

i tasa de referencia que corresponde a la TMAR

Al sumar los anteriores diagramas de flujo tenemos:

$$VAN = -3,136,170.83 + 1,162,999.1/(1+.17) + 1,162,999.1/(1+.17)^2 + 1,162,999.1/(1+.17)^3 \\ + 1,162,999.1/(1+.17)^4 + 1,162,999.1/(1+.17)^5 \\ VAN = \text{¢}584,665.9$$

Si el VAN hubiera sido negativo, significaría que las ganancias no son suficientes para recuperar el dinero invertido y el proyecto debe ser rechazado; si el VAN fuera igual a cero, significaría que solo es posible recuperar la TMAR y el proyecto debe aceptarse; por otro lado el VAN resultante es mayor que cero y por tanto se puede esperar que la inversión se recupere y los 584,665.9 significa una ganancia extra

7.7 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero. Si el VAN es igual a cero solo se está ganando la tasa de descuento aplicada, o sea la TMAR, y el proyecto deberá aceptarse bajo ese criterio, ya que se está ganando lo mínimo fijado como rendimiento.

El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR es el siguiente:

- Si $TIR > TMAR$ el proyecto se acepta
- Si $TIR < TMAR$ recházese la inversión

Tomando como referencia la definición en el párrafo anterior es posible escribir la siguiente ecuación:

$$VPN = 0 = -P + FNE1/(1+i)^1 + FNE2/(1+i)^2 + \dots + FNE_n/(1+i)^n \quad (\text{Ec. 7.7})$$

En la anterior ecuación se conoce la P y todas los FNE , por lo que la única incógnita es la “ i ” o tasa interna de rendimiento, que se calcula usualmente por tanteos o con una calculadora programable para realizar tal operación. Para efectos de descripción se determinara “ i ” por tanteo y por interpolación lineal. Así para una tasa estimada del 30% se tiene:

$$31\,099,806.83 = 1,162,999.1/(1+.3)^5 + 1,162,999.1/(1+.3)^4 + 1,162,999.1/(1+.3)^3 + 1,162,999.1/(1+.3)^2 + 1,162,999.1/(1+.3)$$

Al resolver la ecuación se obtiene:

$$30\% \text{ ----- } 2,832,565.00$$

Se prueba con otra tasa estimada de 10% y se encuentra que:

$$10\% \text{ ----- } 4,408,681.38$$

Se interpola linealmente con ambas tasas y se determina que la Tasa Interna de Rendimiento es del 26.6%. Por tanto:

$$TIR = 26.6\% > TMAR = 17\%$$

Por lo tanto, un Valor Actual Neto mayor que cero y la anterior relación entre la Tasa interna de Retorno y la Tasa Mínima de Rendimiento Aceptable, el proyecto se acepta, lo que significa que la inversión es factible y recuperable.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

Del presente estudio se concluye lo siguiente:

- Debido al aumento en la producción de desechos en el AMSS, así como por la deficiencia en el servicio de recolección de basura, el reciclaje se vuelve una necesidad para la comunidad capitalina con el objeto de disminuir focos de contaminación al ambiente, problemas de salud a los habitantes y para disminuir los costos de manutención de los rellenos sanitarios.
- El reciclaje de aluminio, no es una actividad nueva en San Salvador; pues existen talleres y fundidoras que han realizado dicha practica por años, debido a la imposibilidad de poder comprar materia prima a países productores e incluso, muchas de estas empresas han diseñado sus equipos de producción. Así mismo, existe en el AMSS un mercado de reciclaje que se ha llevado a cabo en su mayor parte por el sector informal.
- En base a los resultados obtenidos en el estudio económico del proyecto, para una TMAR definida del 17%, se encuentra un VAN de ¢584,00.00 para un periodo de análisis de 5 años; es decir, el proyecto se acepta al recuperarse la tasa inflacionaria más un valor al riesgo y una ganancia extra de ¢584,00.00 y teniendo en cuenta la experiencia técnica de personas y talleres dedicados a la fundición del aluminio, el proyecto de la planta recicladora de aluminio es factible para su desarrollo técnico y económico en El Salvador y generaría las ganancias necesarias a los posibles inversionistas como para poder llevarse a la realidad.

Recomendaciones del caso:

- Debido a las nuevas disposiciones legales que se establecen, en cuanto a contaminación y medio ambiente, es necesario que toda nueva industria, así como la ya existente, verifique que sus procesos de producción sean amigables al ambiente en la medida de lo posible.

- Las políticas y leyes ambientales van enfocadas a la aplicación de tecnologías mas limpias con el objetivo de disminuir el impacto ambiental lo más posible. El reciclaje de aluminio, plantea procesos que son contaminantes y debe entonces buscarse la tecnología adecuada que cumpla con las nuevas disposiciones legales existentes. Las soluciones a la contaminación planteadas en el presente estudio no son las únicas para cumplir dicho objetivo, sobre todo si se cuentan con fondos para una mayor inversión en equipos de limpieza y otros recursos necesarios no mencionados en este estudio, ya que existen otras técnicas que resultarían aplicables al proceso de limpieza de gases provenientes de la fundición del aluminio.
- La distribución adecuada de maquinaria, equipos y personal en una planta son factores determinantes para un proceso de producción económico y eficiente; deben considerarse además aspectos de protección y seguridad industrial. En el caso de los hornos de fundición por inducción así como para procesos de fundición de aluminio, se deben tomar las medidas de precaución correspondientes y seguir los lineamientos de operación del equipo, para evitar daños en el personal operativo y equipo. La seguridad industrial debe ser un aspecto primordial en toda planta.
- Para una producción mayor de aluminio a reciclar o fundir, es decir, si se requiere operación continua de la planta para lograr la producción y se utiliza un horno de inducción, la elección correcta sería uno con núcleo, debido a que por su diseño, la carga de trabajo en ellos es continua, lo cual hace que aumente la eficiencia del horno, comparado con un horno de inducción sin núcleo.
- Basándose en el estudio de campo realizado, en procesos de fundición de aluminio debe considerarse el hecho de que un 70% del metal introducido al horno se aprovecha, el 30% restante se quema y desecha en forma de escoria.

1. Baumeister, Theodore (1982). Marks Manual del Ingeniero Mecánico. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México D.F.
2. Bonilla, Gidalberto (1995). Cómo hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas. UCA Editores. San Salvador.
3. Cabrera Orellana, Otto Asdrubal- Calderón Avalos, Patricia Guadalupe- Monge Landaverde- Mirna Antonia. (1994). Impacto ecológico por el desarrollo de la industria en El Salvador, análisis y recomendaciones. Universidad Tecnológica. San Salvador.
4. DeGarmo, E.P., Black, J.T., Khser, R.A. (1998). Materiales y procesos de fabricación. Segunda edición. Editorial Reverte, S.A. Barcelona
5. Doyle, E. L.- Keyser, A. C.- Leach, J. L.- Schrader, G. F.- Singer, M. B.(1985) Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros. Tercera edición. Editorial Prentice Hall. México.
6. González Aries, Ruiz Vindico. (1991). La exportación exitosa de productos de la Industria metal -mecánica a los Estados Unidos. FUSADES-PRIDEX. San Salvador.
7. González, Carlos (1998). ISO 9000, QS 9000, ISO 14000 Normas Internacionales de Administración de Calidad, Sistemas de Calidad y Sistemas Ambientales. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill. México.
8. Holman, J. P. (1986). Transferencia de Calor. Primera Edición. Editorial CECSA. México.
9. Lund, Herbert F. (1996). Manual McGraw-Hill de Reciclaje. Editorial McGraw-Hill. México. Volumen 1.
10. Moore, Harry D. (1987). Materiales y procesos de fabricación. Primera edición en Español, Editorial Limusa, S.A. México.
11. Muther, Richard (1981). Distribución en Planta. Cuarta Edición. Editorial Hispano Europea S.A. Barcelona.

12. Nevers, Noel de (1998). Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill. México.
13. PRISMA, Proyecto de Prevención y Mitigación de la contaminación industrial y municipal en el área del gran San Salvador 1996. San Salvador (El Salvador): PRISMA 1998, P.5.
14. Salvanatura, El Mercado de Reciclaje de San Salvador 1994. San Salvador (El Salvador): Salvanatura 1998, p.5.
15. Salvendy, Gavriel (1991). Manual de Ingeniería Industrial. Primera Edición. Editorial Limusa S. A. México. Volumen 1.
16. TDP – Total Productivity Development AB. Total Maintenance Management 981, Suecia, 1998.
17. Wagner, Travis (1987). Contaminación causas y efectos. Primera Edición. Editorial Gernika. México.

Alúmina. Nombre genérico que se le da al óxido de aluminio.

Bauxita. Roca rojiza, compuesta principalmente de hidrato de alúmina, cuya fórmula es $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, pero con impurezas de óxidos de hierro, con silicio y titanio. La mayoría del mineral contiene en torno al 50% de óxido de aluminio (alúmina) y es suficientemente barato para que la mayor parte de su costo proceda del transporte.

Bentonita. Arcilla que agregada a la arena, le permite ganar cohesión, moldeabilidad y resistencia mecánica.

Búnker. Aceite Combustible pesado N° 6 con alto contenido de carbono (87% aproximado) y contenido de hidrógeno (11% aprox.). Su potencia calorífica es de 10,000 kcal/kg.

Ceniza volante: Partículas finamente divididas de ceniza, contenida en el gas de chimenea. Puede contener combustible no quemado

Contaminación. La presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general, conforme lo establece la ley.

Contaminante. Toda materia, elemento compuesto, sustancia, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquiera otro elemento del ambiente, altera o modifica su composición natural y degrada su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación o conservación del ambiente.

Coque. Carbón poroso, residuo de la calcinación de la hulla en la fabricación del gas; utilizado comúnmente como fundente en los procesos de fundición.

Crisol. Vaso de barro refractario, porcelana, hierro o platino, que se utiliza para fundir o calcinar algunas sustancias.

Desecho. Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades que no tienen uso directo y es descartado permanentemente.

Diesel. Aceite combustible ligero

Electrolítico. Conductor iónico. A menudo se refiere además a un líquido o solución, que conducirá una corriente eléctrica.

Escoria. Producto no metálico resultante de la disolución mutua de fúndente e impurezas no metálicas en las operaciones de fundición y refinación.

Fundición. Es el proceso que hace que el material líquido llene una cavidad y se solidifique en una forma útil; lo cual es un método básico de producir formas.

Grafito. Es un material conocido de hace mucho tiempo, cuyas formas más refinadas poseen una importancia industrial considerable. Presenta la singular característica de que su resistencia mecánica aumenta a las altas temperaturas. Así, los grafitos policristalinos recristalizados tienen una resistencia mecánica, medida por el módulo de rotura, de más de 70MPa ambiente y que se duplica a los 2,500 °C. En la fabricación de electrodos para hornos de arco se consume grandes cantidades de grafito, pero cada vez aparecen nuevas aplicaciones. La adición de grafito de nitruros y siliciuros en pequeñas cantidades rebaja su rapidez de oxidación a altas temperaturas y, además mejora su resistencia mecánica, la cual lo convierte como material sumamente apto par piezas de inserción con toberas de cohete y modelos fijos para la fundición de productos diversos.

Hollín. Aglomeración de partículas de carbón

Intermediarios. Son aquellos microempresarios del sector informal que compran a los empleados del tren de aseo y recogedores ambulante y acumulan grandes cantidades de todo tipo de reciclables con fines de comercializarlos a otras empresas consumidoras finales o transformadoras de estos materiales.

Lingote. Pedazo de metal en bruto.

Maleabilidad. Característica de los metales que permite una deformación plástica en compresión sin ruptura.

Materia prima virgen. Material obtenido en un proceso primario de obtención y producción, sin ningún tipo de alteración. Para el caso, materia prima no proveniente de algún proceso de reciclaje.

Modelo. Reproducción de la pieza a fundir aunque modificada de acuerdo con los requerimientos básicos del proceso de fundición y de la técnica de modelo a seguir.

Moldeabilidad. Característica que posee un material de poder dársele una forma particular deseada.

Moldeo. Técnica utilizada en la preparación de piezas a través de la preparación de moldes para fundición de metales.

Ozono. Forma del oxígeno en que la molécula está formada por tres átomos

Partículas. Masa discreta de materia sólida o líquida.

Pepenadores. Son los principales separadores de los productos reciclables ubicados en los botaderos municipales. Estos venden a los intermediarios locales, ubicados en el mismo botadero municipal.

Recogedores ambulantes. Son los particulares que recogen desechos (sin costo) y venden diariamente el producto a las empresas e intermediarios principalmente el papel y la lata de aluminio, en volúmenes y cantidades necesarias para su subsistencia diaria.

Tecnología amigable al ambiente. Término que define procesos industriales o tecnológicos, que no dañan al medio ambiente o que no producen contaminación más allá de los niveles aceptables.

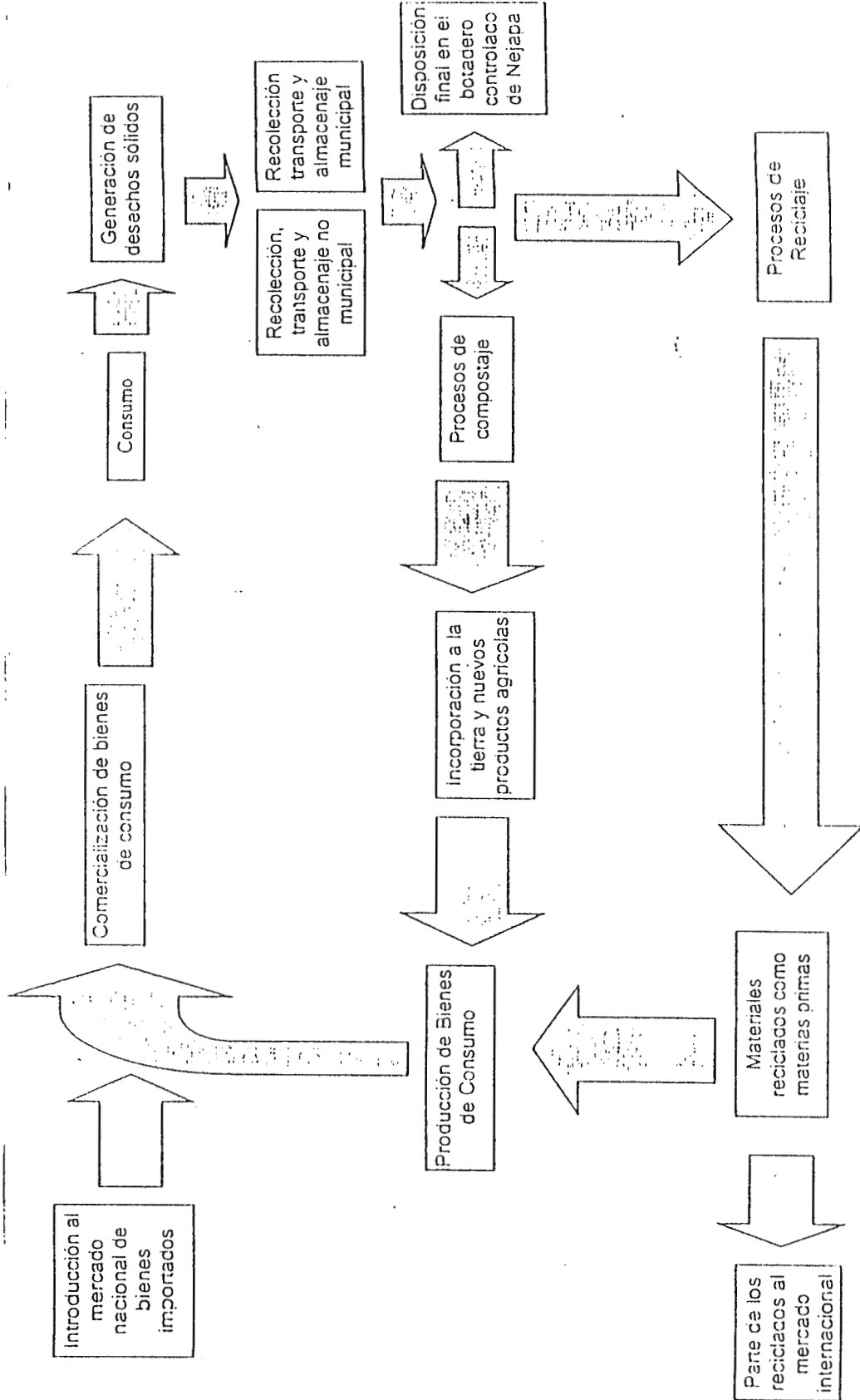
ANEXO 1

PROCEDECIA	TONELADAS RECIBIDAS EN BOTADERO DE APOPA DURANTE 1998												Total Anual	Relación Porcentual	Promedio Diario
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
San Salvador	11,476.5	11,505.0	11,228.8	12,413.4	9,957.6	13,361.7	14,498.4	13,279.8	12,441.3	13,795.8	11,002.6	13,145.0	148,105.9	40.56%	405.8
Soyapango	2,562.1	2,350.0	2,363.3	2,752.9	2,391.1	2,960.2	3,485.8	3,467.7	3,192.0	3,208.7	2,792.8	3,637.4	35,164.0	9.63%	96.3
Santa Tecla	2,144.2	2,034.9	1,984.0	2,251.4	1,947.0	2,323.4	2,605.2	2,487.0	2,292.9	2,240.9	1,794.6	2,179.8	26,285.3	7.20%	72.0
Mejicanos	1,746.6	1,590.6	1,599.5	1,318.2	1,586.5	1,984.1	2,248.0	2,135.0	1,969.4	1,961.9	1,554.8	2,047.8	21,743.4	5.96%	59.6
Apopa	1,242.0	1,092.1	1,150.2	1,305.5	1,194.7	1,368.5	1,558.8	1,483.7	1,352.9	1,299.8	1,077.8	1,352.2	15,478.2	4.24%	42.4
Bopeño	1,061.5	1,025.3	853.9	1,142.6	957.0	1,104.3	1,260.3	1,217.3	1,251.9	1,241.6	1,062.3	1,055.5	13,353.5	3.66%	36.6
Antiguo Cuscatlan	1,052.5	985.0	1,006.1	1,162.7	893.6	1,085.2	1,301.1	1,246.2	1,089.7	1,159.2	944.7	1,100.7	13,036.7	3.57%	35.7
San Marcos	883.2	797.7	690.2	789.3	774.8	905.3	1,166.7	1,151.8	1,115.3	1,004.8	853.9	1,085.8	11,218.8	3.07%	30.7
Ciudad Delgado	745.6	643.8	679.2	775.6	666.0	798.8	888.2	866.3	788.1	824.3	710.8	838.2	9,222.7	2.53%	25.3
Cuscatancingo	643.3	556.7	609.2	737.4	572.1	688.6	769.9	756.5	702.0	678.6	559.9	741.8	8,016.0	2.20%	22.0
Quezaltepeque	412.9	337.2	353.1	410.8	365.6	433.8	502.2	474.4	417.2	425.7	334.3	399.9	4,867.1	1.33%	13.3
Ayutundepeque	276.7	237.7	243.7	303.8	260.8	285.4	296.4	307.7	259.9	271.4	220.0	302.2	3,265.7	0.89%	8.9
Cocon	348.9	202.0	213.6	258.2	211.9	283.3	350.0	325.9	278.2	306.3	185.5	278.2	3,242.0	0.89%	8.9
Santo Tomas	156.6	147.4	187.5	150.6	125.3	165.8	187.5	172.5	165.0	145.0	123.6	169.2	1,896.0	0.52%	5.2
Nejape	109.2	82.6	85.1	100.0	121.0	118.0	132.4	118.5	107.3	107.7	88.0	104.3	1,274.1	0.35%	3.5
San Juan Opico	100.7	90.3	93.1	101.2	87.0	101.1	130.6	116.0	104.3	103.9	89.2	112.7	1,230.1	0.34%	3.4
Guizapa	83.2	68.9	64.1	76.0	72.0	83.4	94.4	88.5	55.6	89.7	64.9	83.5	924.2	0.25%	2.5
Santiago Texacanguos	70.4	61.9	24.2	67.0	73.0	69.0	78.0	84.4	68.6	90.5	65.1	85.6	837.7	0.23%	2.3
Sacacoyo	47.0	49.6	52.2	59.4	48.2	58.3	81.0	60.3	58.0	60.9	42.8	55.9	651.6	0.18%	1.8
Tepecoyo	37.2	26.6	35.0	41.4	29.7	34.8	42.5	49.4	32.7	37.4	28.9	30.2	423.8	0.12%	1.2
Panchimalco	4.9	9.6	7.3	17.7	19.3	27.5	30.3	27.9	21.1	25.1	26.6	0	217.3	0.06%	0.6
El Pasmal	3.2	5.8	7.8	5.9	4.5	2.9	7.9	6.5	6.8	6.7	3.2	5.5	68.5	0.02%	0.2
Santiago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.2	6.2	0.00%	0.0
Gobierno y empresa privada	2,981.3	3,716.7	4,017.8	4,440.2	3,675.4	4,386.5	4,314.7	3,754.5	3,747.5	3,717.4	2,722.4	3,121.6	44,596.0	12.21%	122.2
TOTAL MENSUAL	28,189.7	27,617.4	27,648.9	30,682.2	26,032.1	32,637.7	36,010.3	33,677.8	31,517.5	32,803.3	26,368.7	31,939.2	385,122.8	100.00%	1,000.3

Fuente: Gerencia de Saneamiento Ambiental, Alcaldía Municipal de San Salvador

ANEXO 2

Ciclo de la Gestión de los Desechos Sólidos.



Propiedades mecánicas típicas y composiciones de aleaciones de colada de aluminio *

Designación de la aleación				Composición química, porcentajes † (resto Al)					Tratamiento	Resistencia a la fluencia, † Kg/cm ²	Resistencia a tracción, † Kg/cm ²	Alargamiento, por ciento † en 5 cm (2")	Límite de endurencia, Kg/cm ²	Ceduidad elástica, por ciento IA
ASTM	Aluminum Co.	Reynolds	Am. Smelting and Refining Co.	Cu	Si	Mg	Fe	Otros						
ALEACIONES PARA FUNDICIÓN EN ARENA														
S2	43	43	050	. . . . .	5.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	SC	632	1 335	6.0	457	37
S9	45	45	. . . . .	. . . . .	10.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	SC	703	1 476	4.5	422	31
CS4	47	. . . . .	. . . . .	. . . . .	12.5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	SC	773	1 828	8.0	422	40
	108	108	430	4.0	3.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	SC	984	1 476	2.0	597	31
	112	112	. . . . .	7.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	1.7 Zn	SC	984	1 617	1.5	632	30
CG1	122	122	1000.3	10.0	. . . . .	0.2	1.2	. . . . .	SC	1 476	1 828	0.5	668	34
CN21	142	142	401.5 Ni	4.0	. . . . .	1.5	. . . . .	2.0 Ni	SC	1 687	1 968	1.0	562	36
CN21	142	142	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T2	1 265	1 898	1.0	457	44
CN21	142	142	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T61	2 249	2 601	0.5	562	37
CN21	142	142	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T571	1 968	2 249	0.5	562	37
CI	195	195	. . . . .	4.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T4	1 125	2 179	8.5	422	35
CI	195	195	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T6	1 546	2 531	5.0	457	37
CI	195	195	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T62	2 179	2 812	2.0	492	37
	212	212	. . . . .	8.0	1.2	. . . . .	1.0	. . . . .	SC	984	1 546	2.0	562	30
GI	214	214	. . . . .	. . . . .	. . . . .	3.8	. . . . .	. . . . .	SC	843	1 757	9.0	386	35
GS1	B214	B214	024	. . . . .	1.8	3.8	. . . . .	. . . . .	SC	914	1 406	2.0	562	38
G3	220	220	. . . . .	. . . . .	10.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T4	1 757	3 163	14.0	492	21
SC5	A334	A334	. . . . .	3.0	4.0	0.3	. . . . .	. . . . .	SC	1 125	1 757	2.0	597	31
SC21	355	355	. . . . .	1.3	5.0	0.5	. . . . .	. . . . .	T6	1 757	2 460	3.5	597	36
SC21	355	355	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T51	1 617	1 968	1.5	492	43
SG1	356	356	. . . . .	. . . . .	7.0	0.3	. . . . .	. . . . .	T4	1 125	1 968	6.0	562	39
SG1	356	356	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T6	1 546	2 249	4.0	562	39
SG1	356	356	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	1.2	11.0 Zn	T51	1 406	1 757	2.0	527	43
	645	645	. . . . .	2.5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .		1 406	2 038	4.0	527	33
ALEACIONES PARA FUNDICIÓN EN MOLDES PERMANENTES														
S2	43	43	050	. . . . .	5.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	CC	632	1 687	6.0	. . . . .	41
SC1	A108	A108	. . . . .	4.5	5.5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	CC	1 125	1 968	2.0	. . . . .	37
	B113	B113	. . . . .	7.0	1.7	. . . . .	1.2	. . . . .	CC	1 335	1 968	2.0	. . . . .	29
CS22	C113	C113	. . . . .	7.0	3.5	. . . . .	1.2	2.0 Zn	CC	1 687	2 109	1.0	. . . . .	27
CG1	122	122	. . . . .	10.0	. . . . .	0.2	1.2	. . . . .	CC	1 828	2 179	1.0	. . . . .	34
SN41	A312	A312	. . . . .	0.8	12.0	1.0	. . . . .	2.5 Ni	T551	1 968	2 531	0.5	. . . . .	29
CN21	142	142	401.5 Ni	4.0	. . . . .	1.5	. . . . .	2.0 Ni	CC	1 687	2 390	1.0	. . . . .	34
CN21	142	142	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T61	2 952	3 304	0.5	668	34
CN21	142	142	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T571	2 390	2 812	0.0	738	34
CS4	B195	B195	. . . . .	4.5	2.5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T4	1 546	2 812	10.0	668	35
CS4	B195	B195	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T6	2 320	3 163	5.0	703	50
GZ1	A214	A214	004 Zn	. . . . .	. . . . .	3.8	. . . . .	1.8 Zn	CC	1 125	1 898	5.0	. . . . .	39
SC21	355	355	. . . . .	1.3	5.0	0.5	. . . . .	. . . . .	T6	1 828	3 023	4.0	632	39
SC21	355	355	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T51	1 687	2 109	2	. . . . .	39
SG1	356	356	. . . . .	. . . . .	7.0	0.3	. . . . .	. . . . .	T4	1 265	2 249	9	. . . . .	39
SG1	356	356	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	T6	1 687	2 812	5	. . . . .	41
ALEACIONES PARA FUNDICIÓN A PRESIÓN														
S9	13	13	0120	. . . . .	12.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	DC	1 265	2 320	1.8	1 054	36
S2	43	43	. . . . .	. . . . .	5.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	DC	914	2 038	3.5	. . . . .	41
	81	. . . . .	. . . . .	7.0	3.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	DC	1 687	2 249	1.3	1 125	28
	83	. . . . .	. . . . .	2.0	3.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	DC	984	2 109	3.5	1 019	30
SC1	85	85	450	4.0	5.0	. . . . .	. . . . .	. . . . .	DC	1 335	2 460	2.7	1 195	28
	218	218	. . . . .	. . . . .	. . . . .	8.0	. . . . .	. . . . .	DC	1 617	2 671	5.0	1 265	25

* Estos valores están tomados en su mayor parte de datos publicados por la Aluminum Co. of America. Son valores típicos y no deben usarse para fines de especificación. Las aleaciones de colada o para fundición hechas a base de aluminio están cubiertas por la especificación ASTM, B179-55. Las fundiciones en arena están cubiertas por la B26-55T. Los tratamientos SC, CC y DC se refieren a la aleación en los estados: de fundida en arena (sand-cast), fundida en coquilla (chill-cast), o fundida a presión (die-cast), respectivamente. T2 es un tratamiento y recocido para suprimir los esfuerzos en las piezas fundidas. T4 es un tratamiento térmico de solución seguido de enfriamiento rápido y de un proceso de envejecimiento a la temperatura ambiente. T6, T61 y T62 son tratamientos térmicos de solución seguidos de un proceso de precipitación. Los tratamientos T51, T51 y T571 son tratamientos de precipitación solamente.
 † Las propiedades a la tracción están tomadas con probetas de 1/2 pulgada (12.7 mm) de diámetro fundidas en arena, o de 1/2 pulgada de diámetro, fundidas

en coquilla o a presión, probadas sin superficies labradas. La resistencia a la fluencia corresponde a un desplazamiento o separación de 0.2 por ciento. El límite de endurencia está basado en 500 000 000 de ciclos y sobre ensayos efectuados en máquina del tipo R.R. Moore con probetas labradas.
 ‡ Todas estas aleaciones pueden contener, como impurezas, hierro en cantidades que no exceden de un porcentaje de 0.4 a 1.0, silicio 0.2 a 1.2 por ciento y manganeso hasta aproximadamente 0.3 por ciento, según la aleación. Con frecuencia se hace una adición intencional de titanio hasta de 0.2 por ciento.
 Los usos comunes para algunas de las aleaciones de colada, o para fundición (designaciones de la Aluminum Co.), son los que siguen: 43, A214, utensilio de cocina y accesorios para tubería; 122, 142, émbolos y culatas de cilindros 108, piezas de formas intrincadas herméticas a presión; 212, piezas de formas intrincadas; 13, partes grandes de formas intrincadas; A334, piezas herméticas a presión; 218, accesorios para navíos; 214, equipo para leche y alimentos.

**CANTIDAD Y VALOR DE LA EXPORTACION E IMPORTACION SEGUN SECCION, CAPITULO,
SUBCAPITULO Y PARTIDA DEL SISTEMA ARANCELARIO CENTROAMERICANO (SAC): 1998**

CODIGO (SAC)	DESCRIPCION	EXPORTACION		IMPORTACION		SALDO (FOB-CIF)
		CANTIDAD (KGS)	VALOR (FOB) *	CANTIDAD (KGS)	VALOR (CIF) *	
7505120000	DE ALEACIONES DE NIQUEL.	0	0	231	22,184	-22,184
	ESTADOS UNIDOS	0	0	231	22,184	-22,184
75052	ALAMBRE:	0	0	4	3,976	-3,976
7505210000	DE NIQUEL SIN ALEAR.	0	0	1	113	-113
	FRANCIA	0	0	1	113	-113
7505220000	DE ALEACIONES DE NIQUEL.	0	0	3	3,863	-3,863
	ESTADOS UNIDOS	0	0	3	3,863	-3,863
7506	CHAPAS, TIRAS Y HOJAS, DE NIQUEL	920	7,691	0	0	7,691
7506100000	DE NIQUEL SIN ALEAR.	920	7,691	0	0	7,691
	GUATEMALA	920	7,691	0	0	7,691
7508	LAS DEMAS MANUFACTURAS DE NIQUEL.	3,468	105,809	4,563	195,931	-90,122
7508100000	TELAS METÁLICAS, REDES Y REJAS, DE ALAMBRE DE					
	NIQUEL	2,922	50,437	0	0	50,437
	COSTA RICA	592	12,051	0	0	12,051
	GUATEMALA	76	5,363	0	0	5,363
	HONDURAS	1,254	7,081	0	0	7,081
	NICARAGUA	1,000	25,942	0	0	25,942
7508900000	LAS PENAS	546	55,372	4,563	195,931	-140,559
	ALEMANIA	0	0	163	33,258	-33,258
	GUATEMALA	546	55,372	3,155	51,701	3,671
	ESTADOS UNIDOS	0	0	1,245	110,972	-110,972
76	ALUMINIO Y SUS MANUFACTURAS	8,447,364	297,319,820	11,353,108	314,106,208	-16,786,388
7601	ALUMINIO EN BRUTO.	1,395	51,553	3,956,438	65,336,430	-65,284,877
7601100000	ALUMINIO SIN ALEAR.	1,385	51,422	3,953,429	65,025,639	-65,014,217
	BRASIL	0	0	455,141	7,085,061	-7,085,061
	MEXICO	0	0	357,263	5,710,658	-5,710,658

ANEXO 4.1

Organizaciones a quienes consultar

A continuación se presentan las direcciones, números de teléfono y faxes de tres de las organizaciones más importantes en lo relativo a normas ISO 9000 o afines.

ISO

International Organization for Standardization
Case Postale 56.CH.112
Genève 20. Switzerland
Tel.: 4122-733-3430
Fax: 4122-749-0111

ANSI

American National Standards Institute
11 West 42nd Street, 13th. Floor
New York, N.Y. 10036
Tel.: (212) 642-4900
Fax: (212) 302-1286

ASQC

American Society for Quality
611 East Wisconsin Ave.
Milwaukee, WI. 53202
Tels.: (414) 2728575
(1-800-248-1976 para EU y Canadá)
(95-800-248-1946 desde México)
Fax: (414) 272-1734.

En México, la organización más importante es:

DGN

Dirección General de Normas
Av. Puente de Tecamachalco No. 6
Sección Fuentes, Lomas de Tecamachalco
Naucalpan de Juárez, Estado de México, México
Tels.: 520-9715 540-2763 540-2620 540-2612
Fax: 540-5153 589-9830

Ford

Steve Walsh
Box 1517-C, FAO Quality
17101 Rotunda
Dearborn, MI 48121
Tel.: 313-845-8442

General Motors

R. Dan Reid
6060 W. Bristol Road
Flint, MI 48554-2721
Tel.: 810-635-1187

AIAG

(Automotive Industry Action Group)
Suite 200
26200 Lahser Road
Southfield, MI 48034
Tel.: (810) 358-3570
Fax: (189) 358-3253

Para copias de QS-9000
Tel.: (810) 358-3003

Las direcciones y teléfonos en relación con QS-9000 son los siguientes:

Chrysler

Russ Jacobs
CIMS: 484-08-02
800 Chrysler Drive East
Aubur Hills. MI 48236-2757
Tel.: 810-576-2892

ANEXO 5.1

Conductividad Térmica par Metales y no Metales.*

MATERIAL	TEMPERATURA	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (w/m°C)
ALUMINIO	AMBIENTE	2386.40
COBRE	AMBIENTE	380.99
ACERO INOXIDABLE	AMBIENTE	22.48
ACERO AL CARBÓN C ≈ 0.5%	0°C	55.0
	600°C	35.00
	800°C	31.00
ACERO AL CARBÓN C ≈ 1.0%	0°C	43.00
	600°C	33.00
	800°C	29.00
HIERRO PURO	AMBIENTE	334.93
	600°C	40.00
	800°C	36.00
LADRILLO REFRACTARIO	500°C	1.04
	800°C	1.07
LANA DE VIDRIO	23°C	0.038
ASBESTO	100°C	0.161
CEMENTO PORTLAND	AMBIENTE	0.29
MORTERO	23°C	1.16

ANEXO 5.2

Emisividad Normal Total de las Superficies Sólidas*

MATERIAL	TEMPERATURA	EMISIVIDAD
ALUMINIO LAMINA COMERCIAL	1,000°C	0.09
	OXIDADA A 599°C	199 ~ 599 °C
LADRILLO DE ALUMINA 80 ~ 58 % Al ₂ O ₃ , 16 ~ 38 % SiO ₂ , 0.4 % FeO ₂	1,010.0 ~ 1,565.6 °C	0.61 ~ 0.43
HIERRO PULIMENTADO	OXIDADO A 599°C	426.7 ~ 1,026.7 °C
	LINGOTE ASPERO	198.9 ~ 599 °C
	LINGOTE ASPERO	926.70 ~ 1,115.56 °C
COBRE PULIMENTADO	100°C	0.052
	PLACA CALENTADA A 599°C	198.9 ~ 599.0 °C
ACERO LAMINADO	24°C	0.82
	CAPA DE OXIDO BRILLANTE CALENTADA A 599°C	198.9 ~ 599 °C
	PLACA ÁSPERA	37.7 ~ 371.1 °C
	SUPERFICIE OXIDADA LIGERAMENTE FUNDIDA	1,560 ~ 1,710 °C
ACERO INOXIDABLE PULIMENTADO	100°C	0.074
	18.8 DESPUES DE 42 HORAS A 526.7°C	215.6 ~ 526.7 °C

*Referencia: Brandt, Allen (1945) A Summary of Design Data for Exhaust Systems, Heating and Ventilating. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill. México

ANEXO 5.3



VIP POWER-TRAK TYPICAL MELTING RATES (kg/hr)*

		Unit Size	Steel @ 1650°C	Bronze @ 1175°C	Iron @ 1480°C
3000 Hz		75 kW	100	180	110
		125 kW	185	350	205
		175 kW	270	515	300
		225 kW	375	680	405
		325 kW	570	1045	635
		150 kW	225	430	245
		200 kW	315	610	345
		250 kW	430	815	475
		300 kW	530	1000	590
		350 kW	625	1180	680
1000 Hz		400 kW	725	1380	815
		450 kW	815	1540	900
		500 kW	900	1725	1000
		600 kW	1090	2060	1200
		*750 kW	1430	2720	1575
		*1000 kW	1900	3625	2100
		*1250 kW	2380	4535	2625
		*1500 kW	2860	5440	3150
		Unit Size	Steel @ 1650°C	Bronze @ 1175°C	Iron @ 1480°C
	200 Hz		350 kW	625	1180	680
		500 kW	900	1725	1000
		600 kW	1090	2060	1200
		*750 kW	1430	2720	1575
		*1000 kW	1900	3625	2100
		*1250 kW	2380	4535	2625
		*1500 kW	2860	5440	3150
		*1750 kW	3340	6345	3675
		*2000 kW	3820	7250	4200
		*2500 kW	4770	9070	5250
500 Hz		*3000 kW	5725	10880	6300
		*3500 kW	6680	12695	7350
		*4000 kW	7635	14510	8400
		*5000 kW	9545	18130	10500
		*6000 kW	11460	21950	12600
		*7000 kW	13360	25390	14700
		*8000 kW	15270	29020	16800
		*10000 kW	19090	36260	21000
		*12000 kW		43500	25200
		*15000 kW		54390	31500
200 Hz		*20000 kW			42000
		*25000 kW			52500

* VIP (Pi) Units Largest Built 42MW

*Based on a nominal furnace size for a second heat when lining is hot, charge is dense and bus runs proper. No molten heel required under any circumstances. For other metals, multiply the melt rate for steel by the following numbers:

Aluminum - 1.0; Copper - 1.6; Gold - 5.0; Silver - 2.85.

Vacuum melting rates normally will be 5-10% longer.



www.inductotherm.com

ANEXO 6.1

Tomado de: Constitución Política de la República de El Salvador 1982

Artículo 69.- El Estado proveerá los recursos necesarios e indispensables para el control permanente de la calidad de los productos químicos, farmacéuticos y veterinarios, por medio de organismos de vigilancia.

Asimismo el Estado controlará la calidad de los productos alimenticios y las condiciones ambientales que puedan afectar la salud y el bienestar .

Artículo 117.- Se declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. Es Estado creará los incentivos económicos y proporcionará la asistencia técnica necesaria para el desarrollo de programas adecuados. La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales y del medio serán objeto de leyes especiales.

ANEXO 6.2

Tomado de Ley del Medio Ambiente; DIARIO OFICIAL; República de El Salvador, América Central TOMO No. 339, NUMERO 79, San Salvador Lunes 4 de Mayo de 1998.

Art. 21.- Toda persona natural o jurídica deberá presentar el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental para ejecutar las siguientes actividades, obras o proyectos:

j) Plantas o complejos pesqueros, industriales, agroindustriales, turísticos o parques recreativos;

Art. 42.- Toda persona natural o jurídica, el Estado y sus entes descentralizados están obligados, a evitar las acciones deteriorantes del medio ambiente, a prevenir, controlar, vigilar y denunciar ante las autoridades competentes la contaminación que pueda perjudicar la salud, la calidad de vida de la población y los ecosistemas, especialmente las actividades que provoquen contaminación de la atmósfera, el agua, el suelo y el medio costero marino.

Art.- 47.- La protección de la atmósfera se regirá por los siguientes criterios básicos:

a) Asegurar que la atmósfera no sobrepase los niveles de concentración permisibles de contaminantes, establecidos en las normas técnicas de calidad del aire, relacionadas con sustancias o combinación de estas, partículas, ruidos, olores, vibraciones, radiaciones y alteraciones lumínicas, y provenientes de fuentes artificiales, fijas o móviles;

b) Prevenir, disminuir o eliminar gradualmente las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente; y

c) El Ministerio, con apoyo del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, elaborara y coordinara la ejecución, de Planes Nacionales para el Cambio Climático y la Protección de la Capa de Ozono, que faciliten el cumplimiento de los compromisos internacionales ratificados por El Salvador.

ANEXO 6.3

Velocidades Mínimas de Control de Aire recomendadas para la captura de polvos, gases y vapores producidos por distintos tipos de operaciones.*

CONDICIONES DE DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE	VELOCIDAD MINIMA (m/s)	EJEMPLOS DE PROCESOS U OPERACIONES
LIBERADO A UNA VELOCIDAD NO SIGNIFICANTE EN EL AIRE	0.5	EVAPORACIÓN DE GASES EN RECIPIENTES ABIERTOS, DESENGRASADO
LIBERADO A BAJA VELOCIDAD INICIAL EN EL AIRE CON MOVIMIENTO MODERADO	0.5 ~ 1.0	SOLDADURA, BAÑOS ELECTROLÍTICOS, DECAPADO
LIBERADO CON VELOCIDAD CONSIDERABLE EN UNA ZONA CON RÁPIDO MOVIMIENTO DE AIRE	1.0 ~ 2.5	PINTURA POR PULVERIZACIÓN A ALTA PRESIÓN, LLENADO DE RECIPIENTES
LIBERADO CON ALTA VELOCIDAD EN ZONAS DE MOVIMIENTO MUY RÁPIDO DE AIRE	2.5 ~ 10.0	ESMERILADO, OPERACIONES DE ABRASIÓN EN GENERAL, PULIMENTO DE ROCAS

Velocidades mínimas recomendadas en los conductos.*

NATURALEZA DEL CONTAMINANTE	VELOCIDAD MINIMA (m/s)	EJEMPLOS DE PROCESOS U OPERACIONES
VAPORES, GASES, HUMOS CARBONOSOS METÁLICOS Y POLVOS MUY LIVIANOS	10	VAPORES, GASES Y HUMOS DE LOS ÓXIDOS DE ZINC Y ALUMINIO, POLVO DE MADERA
POLVOS SECOS DE DENSIDAD MEDIANA	15	ALGODÓN, HILACHAS DE YUTE, POLVOS DE MADERA, CAUCHO Y BAQUELITA
POLVOS INDUSTRIALES CORRIENTES	15	LANA, CHORRO DE ARENA, ESMERILADO, POLVO DE FUNDICIÓN, VIRUTA DE MADERA
POLVOS PESADOS	20	POLVO DE PLOMO Y FUNDICIÓN PESADA
PARTÍCULAS GRANDES DE MATERIALES CON MUCHA HUMEDAD	25 Y MÁS	POLVOS DE PLOMO HUMEDO Y OTROS POLVOS PESADOS

*Referencia: Braudt, Allen (1945) A Summary of Design Data for Exhaust Systems, Heating and Ventilating. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill. México

ANEXO 6.4

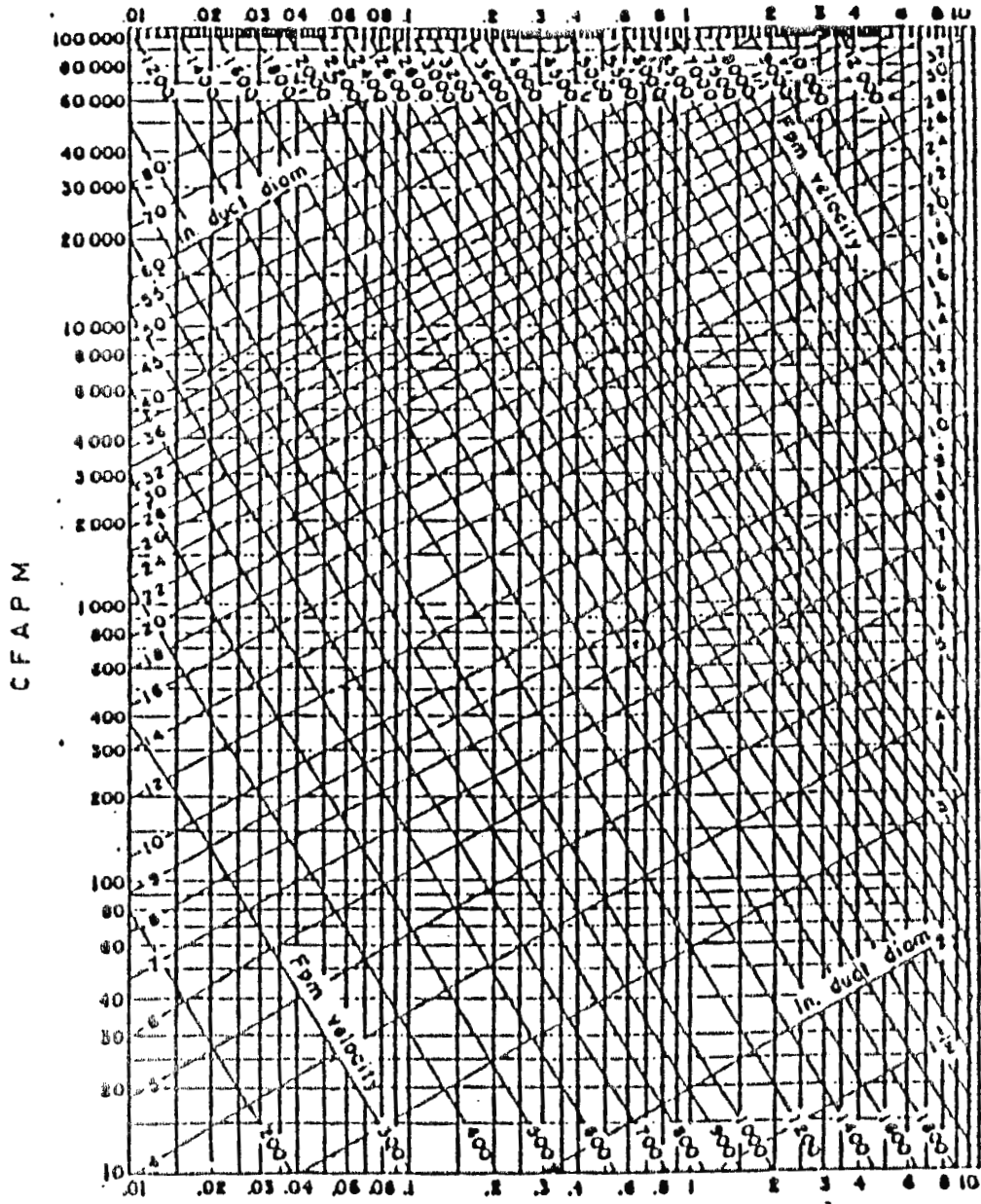


Gráfico de Pérdidas por fricción en conductos.

ANEXO 6.5

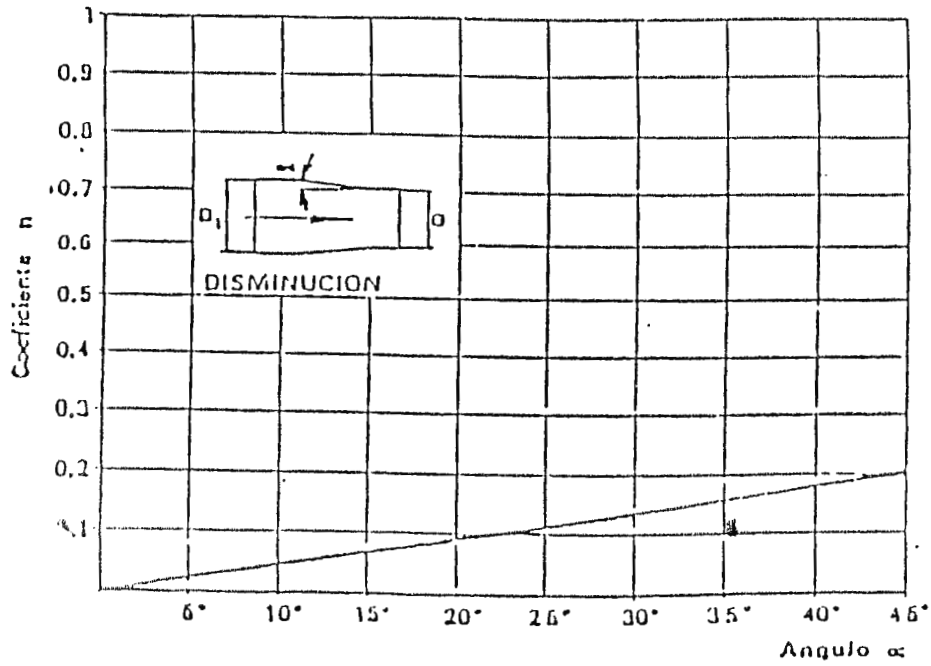


Figura a. Perdidas de carga producida en cambios graduales de sección

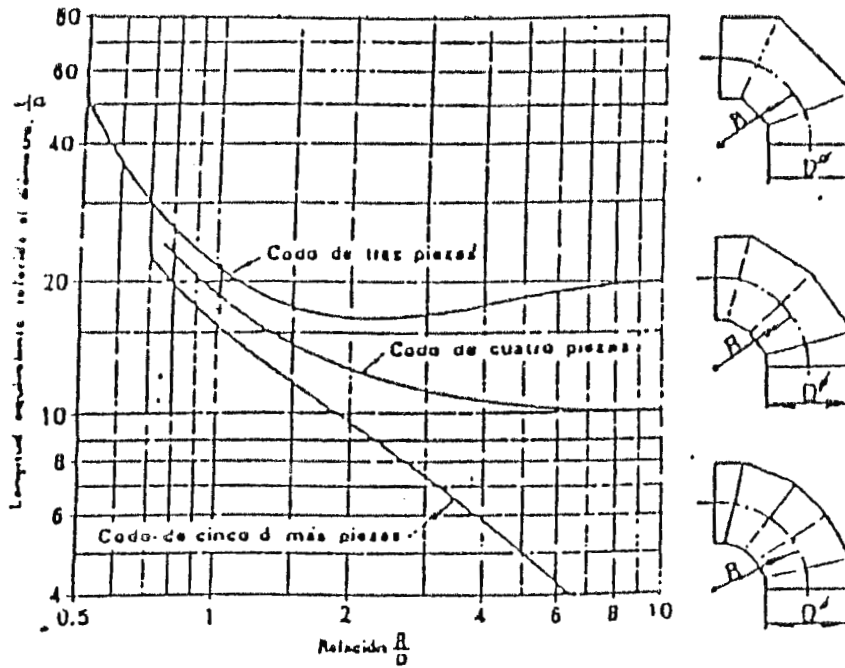


Figura b. Longitud equivalente de codos de sección rectangular.

ANEXO 6.6

BLOWERS

FULL-WIDTH INDUSTRIAL BLOWERS AND SHAFTS AND BEARINGS

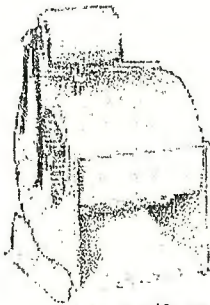
Used in heating, ventilating, exhausting, and cooling systems in commercial and industrial applications

Forward curved, double-inlet blowers Die-stamped steel housing with mounting supports suitable for four discharge positions

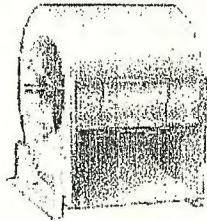
Blowers have precision ground shaft with keyway, prelubricated ball bearings with rubber isolators and dynamically balanced wheel

All blowers include a motor mounting bracket built for 1/2 HP maximum. 1/4 to 1 1/2 HP motor and drives for bottom horizontal discharge packed separately when ordered complete. Longer or shorter belt may be required for other discharge positions 2 to 5 HP motors are floor mount only. Cast iron motor mounting rails included when ordered with motor and drives. Drive package compatible with any discharge position

Max. blower operating temperature: 250°F. Max. motor operating temperature: 104°F



1/4 to 1 1/2 HP



2 to 5 HP



Replacement Parts Available
1-800-323-0620

FULL-WIDTH BLOWERS LESS MOTOR AND DRIVE

Wheel Diameter (In.)	Width	BLOWER DIMENSIONS (In.) LESS MOTOR & DRIVE						LESS MOTOR & DRIVE			
		Shaft Dia.	H	Outlet W	H	Overall W	D	Stock No.	List	Each	Shpg. Wt.
1 1/2	10 3/16	3/4	11 1/4	13 1/2	19	18	17	4C770*	\$102.08	\$100.05	25.0
1 1/2	12 3/16	1	13 3/4	16 1/2	22	20	20	3C507*	208.49	124.85	41.0
1 1/2	15 1/4	1	16 1/4	19 1/2	26	25	23	3C508*	292.26	175.00	60.0
1 1/2	18 1/2	1	18 1/2	21 1/2	31	31	27	3C509*	366.54	339.25	93.0

FULL-WIDTH* BLOWERS PERFORMANCE AND MOTOR DATA

Wheel Diameter (In.)	CFM Air Delivery at RPM Shown						Blower RPM	Motor HP	Single-Phase 115/230V, 60 Hz			Three-Phase 280/480V, 60 Hz			
	0.125" SP	0.250" SP	0.375" SP	0.500" SP	0.625" SP	0.750" SP			Stock No.	List	Each	Stock No.	List	Each	
1 1/2	1930	1350	...	...	...	...	500	1/4	7H491	\$290.58	\$209.25	7H510	\$355.33	\$255.75
	2075	1574	...	...	...	...	577	1/3	7H492	358.16	257.50	7H511	364.48	262.25
	2525	2229	...	...	...	...	617	1/2	7H493	423.03	304.50	7H512	386.91	278.00
	2875	2525	2275	1700	...	...	690	3/4	7H494	395.00	284.50	7H513	403.23	290.00
	3300	3100	2875	2525	2060	2400	782	1	7H495	450.85	324.00	7H514	413.60	297.00	
	3750	3575	3375	3150	2825	2400	874	1 1/2	7H496	498.05	359.00	7H515	412.88	286.75	
	4	4	4	3540	3250	2925	2525	936	1 1/2	7H497	471.89	339.50	7H516	384.21	276.50
	4	4	4	3925	3730	3475	3175	1012	2	7H498	706.04	508.00	7H517	489.72	362.25
4	4	4	4275	4125	3925	3700	1084	3	---	---	---	7H518	504.00	362.50	
1 1/2	2050	2625	1300	...	...	...	500	1/2	7H499	437.08	314.75	7H519	400.41	288.00
	3326	3100	2650	...	...	...	580	3/4	7H500	408.67	294.78	7H520	417.10	300.00
	3750	3560	3250	2700	...	...	617	1	7H501	501.00	361.00	7H521	464.31	334.00
	4100	3825	3600	3175	2250	...	696	1 1/2	7H502	523.96	377.00	7H522	437.45	314.50	
	4475	4329	4150	3900	3500	2750	728	1 1/2	7H503	521.37	374.78	7H523	434.05	312.75	
	4	4	4	4250	3950	3530	2400	771	1 1/2	7H504	547.83	394.00	7H524	461.31	332.00
	4	4	4	4625	4400	4050	3600	819	2	7H505	702.15	546.00	7H525	545.00	392.00
	4	4	4	5150	5000	4800	4475	893	3	---	---	---	7H526	581.63	418.25
1 5/8	4225	3800	2450	...	...	...	410	3/4	7H506	520.03	374.00	7H527	527.66	379.25
	4830	4450	3800	...	...	...	468	1	7H507	584.17	420.00	7H528	545.38	392.25
	5475	5200	4850	4125	...	...	528	1 1/2	7H508	630.31	467.50	7H529	563.90	405.50
	5850	5525	5360	4825	3950	...	583	2	7H509	865.40	622.50	7H530	648.30	466.00	
	6	6	6	5400	4750	3625	...	585	2	7H510	708.99	574.50	7H531	581.89	418.25
	6	6	6	6200	5850	5200	4300	654	3	---	---	---	7H532	876.54	488.50
	6	6	6	6550	6250	5750	5050	692	3	---	---	---	7H533	938.74	502.50
	6	6	6	6550	6250	5750	5050	692	3	---	---	---	---	---	
2	7100	6125	4675	...	...	...	384	1 1/2	7H561	814.88	586.00	7H569	728.00	523.50
	7950	6700	5450	...	...	...	394	1 1/2	7H562	818.39	588.50	7H570	731.88	526.50
	8450	725	6300	5450	...	...	422	2	7H563	1022.81	735.00	7H571	805.72	579.00
	9750	8150	8025	7575	4360	4200	---	---	---	---	---	7H572	800.67	619.00	
	11450	10350	10400	9750	9025	8400	7025	5300	---	---	---	7H573	911.15	655.50	
	---	---	---	---	10050	9975	9175	8200	---	---	---	7H574	912.81	656.50	

(*) Motor overload. Not recommended for operation at this static pressure with this HP.
(*) Limited availability, contact your local branch.

3/4 AND 1" SHAFT AND BEARINGS

Shaft—Ground and polished cold rolled steel shafting for belt drive blowers. For use on Dayton blowers Nos. 4C669 thru 2C979 or similar models without keyways.

Bearings—Self-aligning factory lubricated sleeve type bearings. With thrust washer, locking collar, and rubber isolator. Original equipment for most belt-drive furnace blowers. Two per package.



No. 40907

No. 2A757

SHAFTS

BEARINGS

Dia.	length	Max. HP	Max. Wheel RPM	Stock No.	List	Each	Shpg. Wt.	Dia.	Insulator	Temp. Range	Max. HP	Max. RPM	Stock No.	List	Each	Shpg. Wt.
3/4"	20"	3/4	1000	40907	\$14.13	\$9.47	2.1	3/4"	1 1/2" OD	40°-135°F	3/4	1000	2A757	\$15.96	\$12.14	0.8
1"	26"	1	1000	40908	21.82	14.87	5.1	1"	2 1/2" OD	40°-135°F	1	1000	2A758	18.11	15.60	1.6

3644 GRAINGER

Exhaust it, filter it, exchange it — we have the ventilators to get it done.

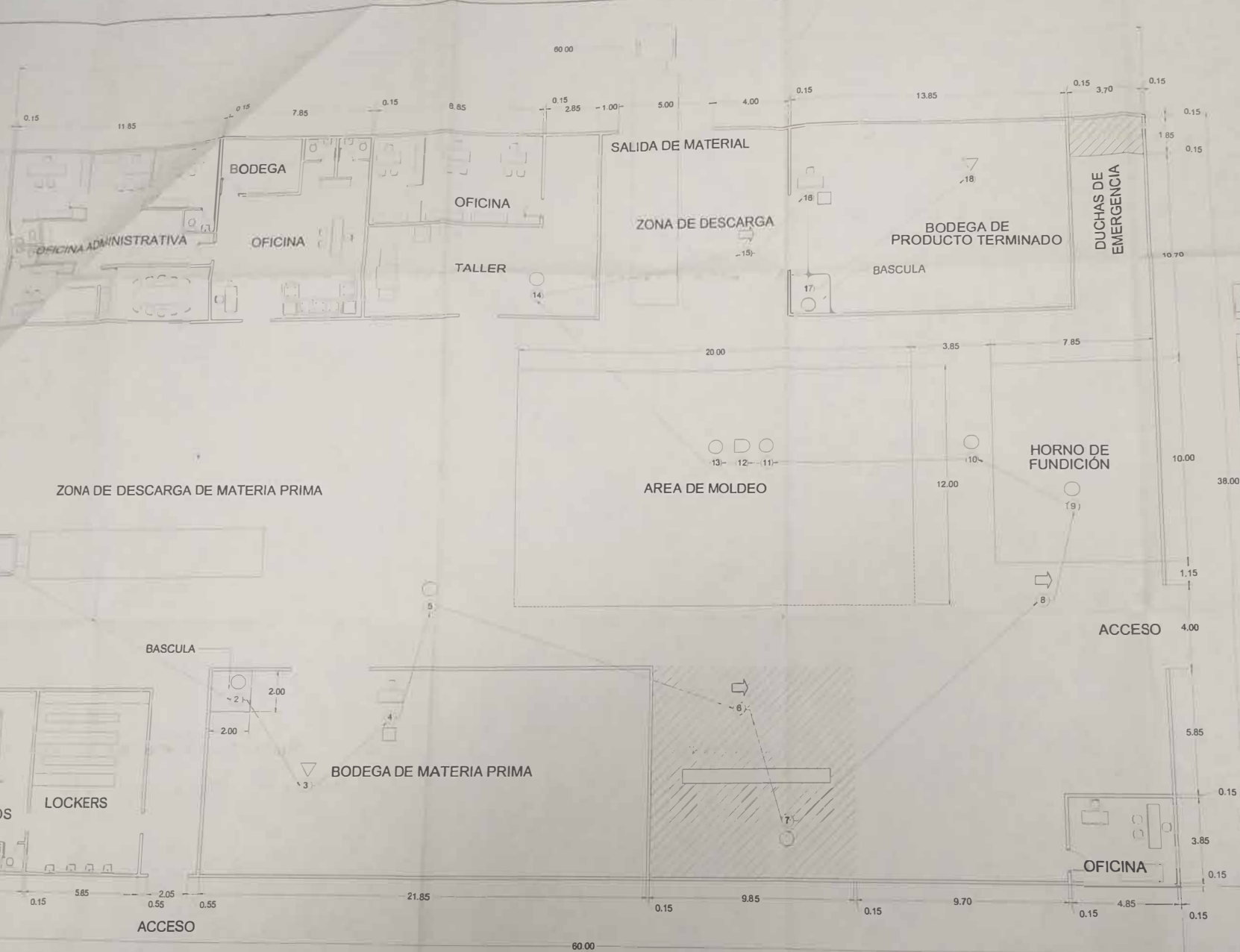
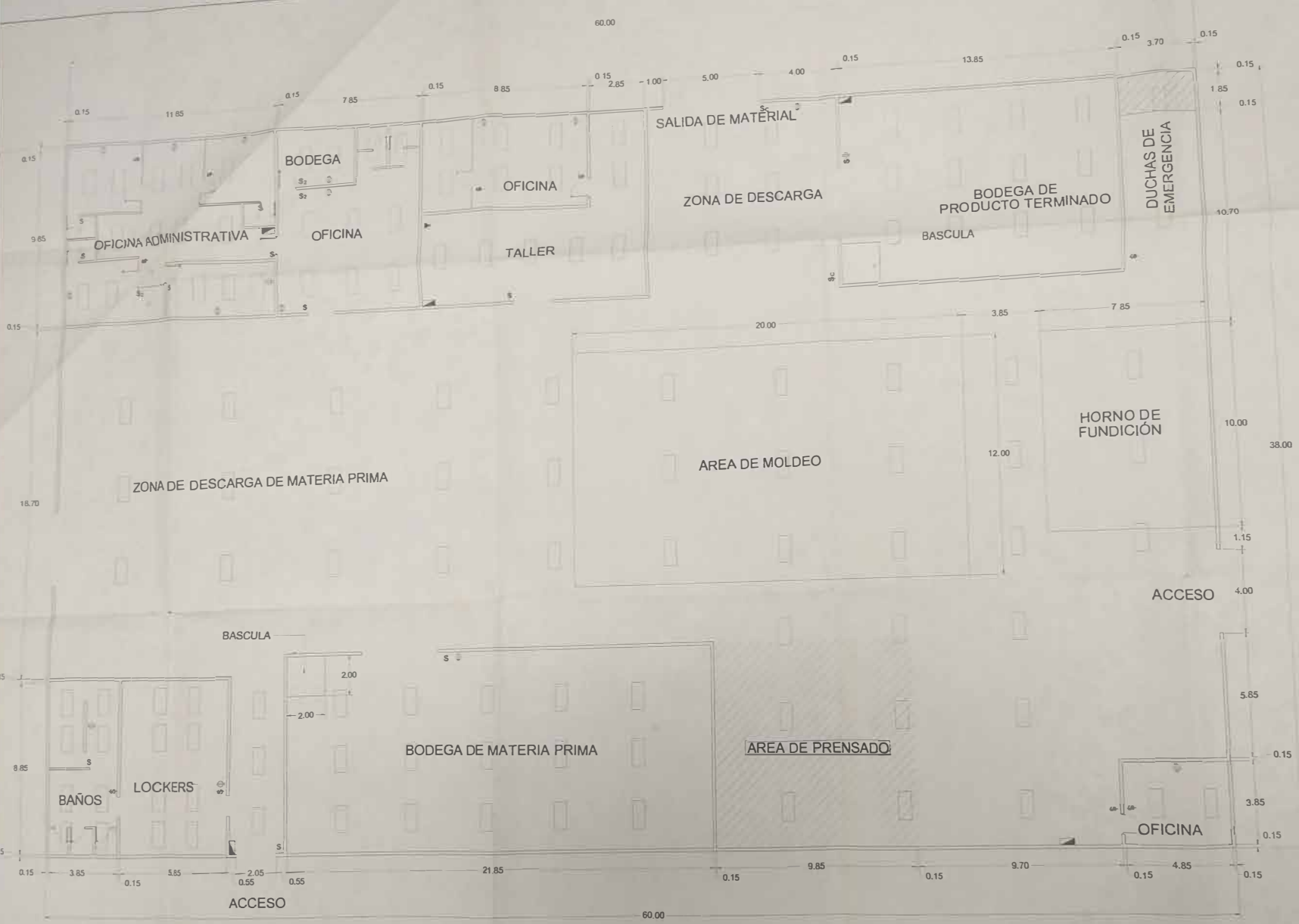


Diagrama de Flujo del Proceso del que Fluye el Material / Escala

Cuadro N° 1	Foja N° 1	de	Actividad	Material	Proceso
Super requerido					
Lotes y planes de abarques					
Actividad	Operación				
Materiales	Transporte				
Materiales	Operación				
Operaciones	Inspección				
	Almacenamiento				
	Operación (horario)				
	Tempo (horas - minutos)				
	Costo				
	Materia de obra				
	Mano de obra				
Registrado por:	Fecha:	TOTAL			
Aprobado por:					
No	DESCRIPCIÓN	Cuadrante	Horario	Tempo	Costo
1	Entrada de materia prima				
2	Se pesa el material				
3	Se abarcan los materiales en los lotes				
4	Se inspecciona la preparación y progreso				
5	Se aplica el material al sistema				
6	Se funden el material a una temperatura				
7	Se pesa el material				
8	Se funden el material en el horno				
9	Se abarcan material en el horno				
10	Se abarcan material en el horno				
11	Se abarcan material en el horno				
12	Se abarcan material en el horno				
13	Se abarcan material en el horno				
14	Se funden el material de producto terminado				
15	Se preparan y pesan los lingotes en pedales				
16	Se abarcan material en el horno				
17	Se abarcan material en el horno				
18	Se abarcan material en el horno				
19	Se abarcan material en el horno				
TOTAL					

PLANTA DE DISTRIBUCION DE AREAS
ESCALA 1:100

FECHA SEP TIEMBRE /99	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DON BOSCO
	REALIZACION	J. MINEROS	
ESCALA INDICADA	COMPROBACION	R. MARTINEZ	CONTENIDO DISTRIBUCION DE PLANTA Y DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIAL RECICLADORA DE ALUMINIO



CUADRO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

	LUMINARIA INCANDESCENTE
	INTERRUPTOR SENCILLO
	INTERRUPTOR DE CAMBIO
	INTERRUPTOR DOBLE
	LUMINARIA INCANDESCENTE EMPOTRADA EN PARED
	TOMACORRIENTE DE 110 VOLT
	TOMA CORRIENTE TRIFASAR 220 VOLT
	LUMINARIA FLUORESCENTE 4x40W
	TABLERO GENERAL

PLANTA DE INSTALACIONES ELECTRICAS

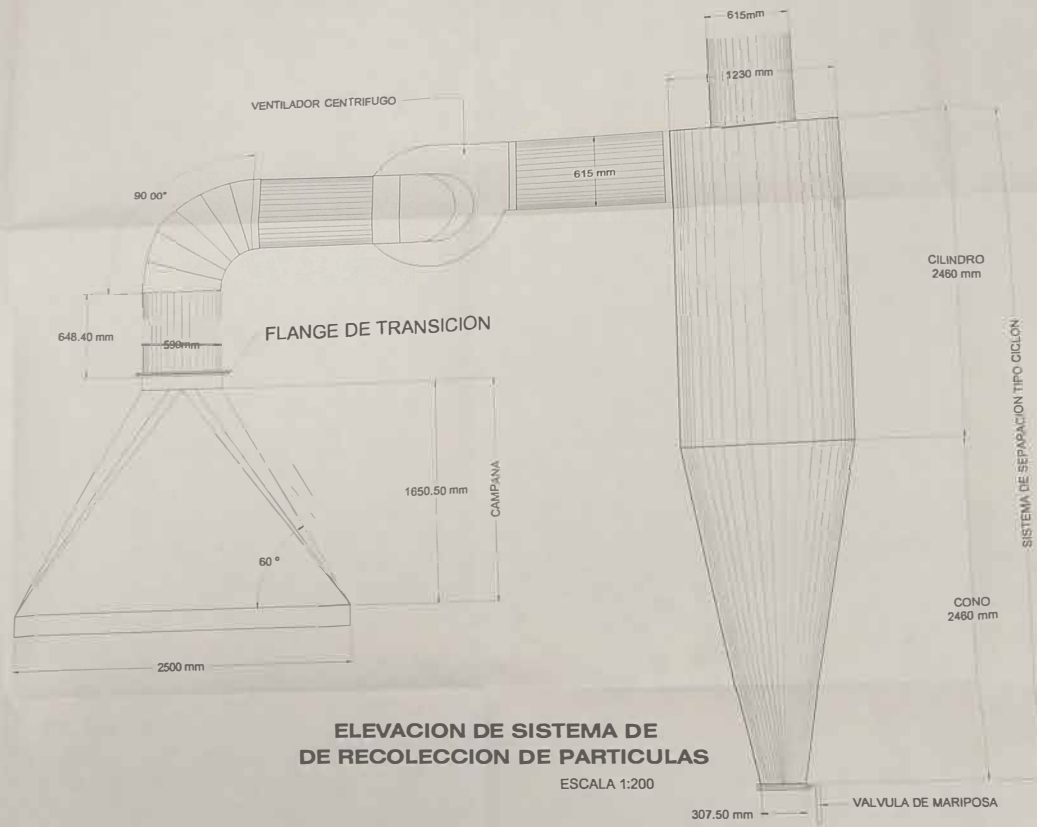
ESCALA 1:100

FECHA SEPTIEMBRE/99	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DON BOSCO
	REALIZACION	J. MINEROS	
ESCALA INDICADA	COMPROBACION	R. MARTINEZ	CONTENIDO DISTRIBUCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO



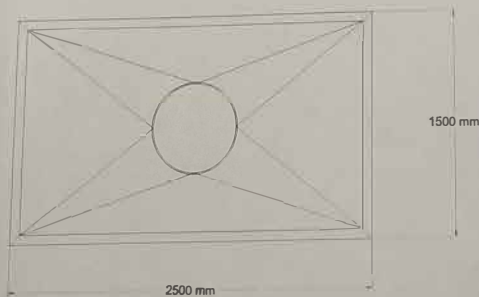
CODO DE SEIS PIEZAS A 90°
ESCALA 1:200

FLANGE PARA TRANSICION DIAMETRO 590 mm
ESCALA 1:200

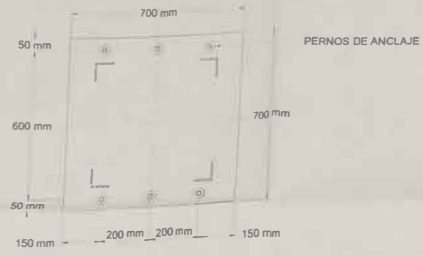


ELEVACION DE SISTEMA DE RECOLECCION DE PARTICULAS
ESCALA 1:200

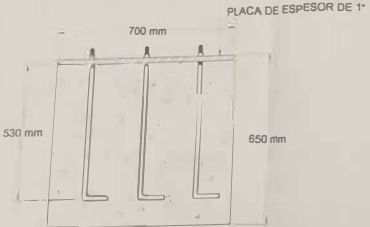
DETALLE EN PLANTA DE CAMPANA DE RECOLECCION DE PARTICULAS
ESCALA 1:200



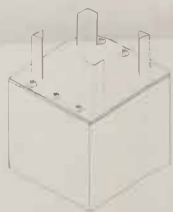
FECHA SEPTIEMBRE /99	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DON BOSCH
	REALIZACION	J. MINEROS	
ESCALA INDICADA	COMPROBACION	R. MARTINEZ	CONTENIDO PLANO DE SISTEMA DE EXTRACCION Y SEPARACION DE GASES PROYECTO RECICLADORA DE ALUMINIO



PERNOS DE ANCLAJE



PLACA DE ESPESOR DE 1"



DETALLE ISOMETRICO DE BASE
ESCALA 1:20

DETALLE DE PLACA DE 1" Y PERNOS DE ANCLAJE
ESCALA 1:10

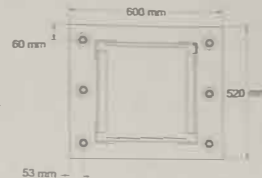
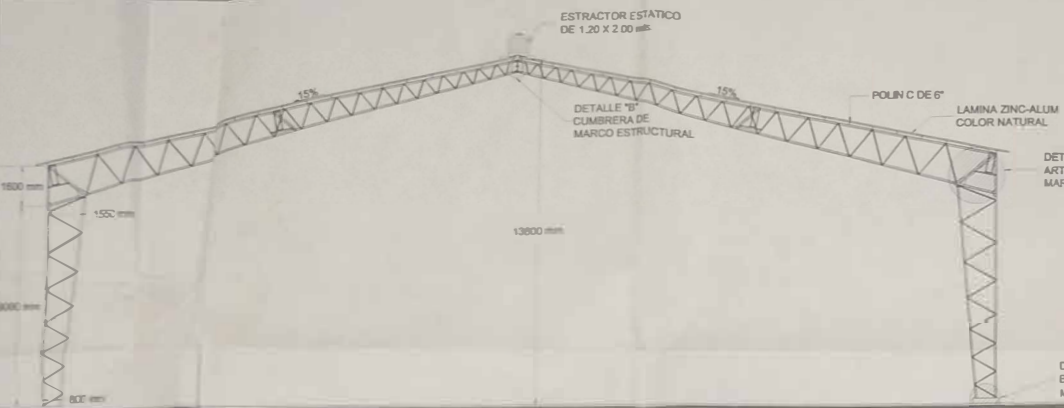
7000 mm

TENSOR

12000 mm

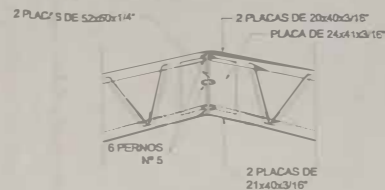
ESTRUCTURA DE PUENTE GRUA
ESCALA 1:200

FECHA SEPTIEMBRE /99	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DON
	REALIZACION	J. MINEROS	
ESCALA INDICADA	COMPROBACION	R. MARTINEZ	CONTENIDO PLANO DE ESTRUCTURA PARA PUENTE GRUA PROYECTO RECICLADORA DE ALUMINIO



DETALLE DE PLACA DE UNION
ESCALA 1:10

DETALLE "B"

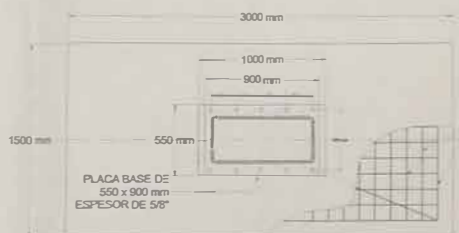


DETALLE DE CUMBRERA
ESCALA 1:20

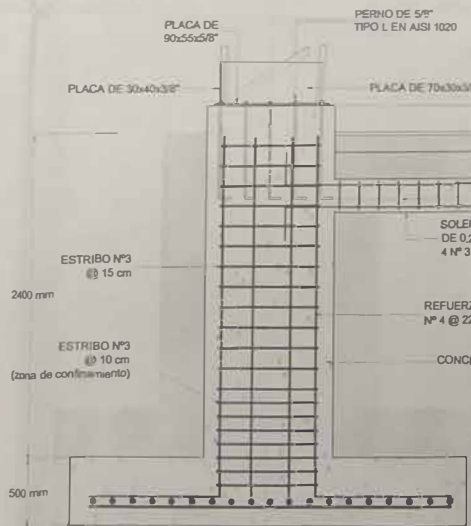
MARCO RIGIDO DE ALMA ABIERTA
ESCALA 1:100



PLANTA RECICLADORA DE ALUMINIO
ESCALA 1:200

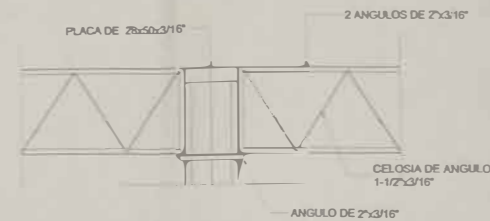


PLANTA

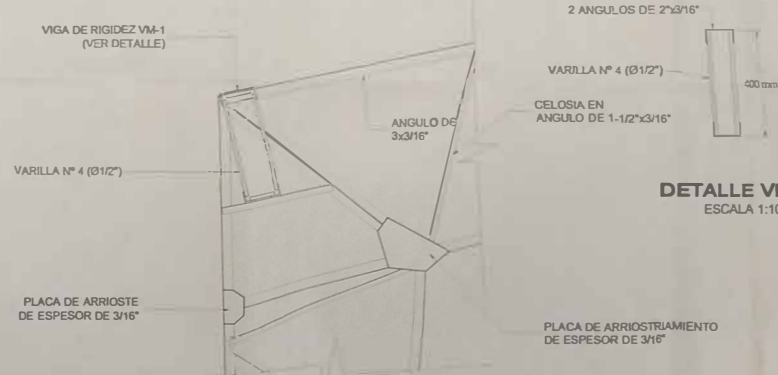


ELEVACION

DETALLE DE ZAPATA DE FUNDACION Y PEDESTAL
ESCALA 1:20



DETALLE DE UNION ENTRE COLUMNA Y VIGAS
ESCALA 1:20



DETALLE VM-1
ESCALA 1:10

DETALLE A

DETALLE DE ARTICULACION DE VIGA-COLUMNA
ESCALA 1:20

FECHA SEPTIEMBRE /99	FECHA	NOMBRE	UNIVERSIDAD DON BOSCO
	EVALUACION	J. MINEROS	
ESCALA INDICADA	COMPROBACION	R. MARTINEZ	Nº 001 PROYECTO DE GRADUACION
	PLANO ESTRUCTURAL DE NAVE INDUSTRIAL PROYECTO RECICLADORA DE ALUMINIO		