



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



Presentación del Informe Técnico:

“RECICLAJE DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA LA
OBTENCION; POR INYECCION A PRESION;
DE QUEMADORES PARA COCINAS A GAS”

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentada por:
Rubén Dario Yépez Flores

Guayaquil - Ecuador
1989

DEDICATORIA

A ROBERTO DANIEL

A MI ESPOSA

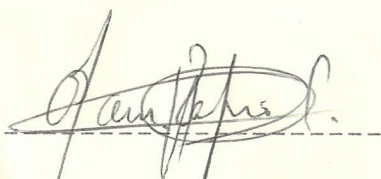
A MIS HIJOS

A MIS PADRES

AGRADECIMIENTO

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

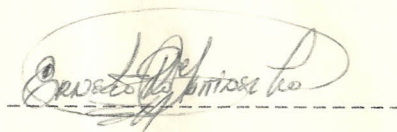
Al Ingeniero ERNESTO MARTINEZ LOZANO
Director del presente Informe Técnico



Ing. Marcos Tapia

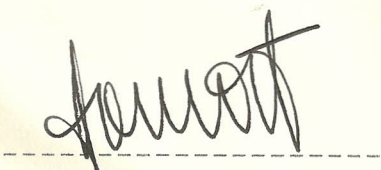
Sub-Decano

Fac. de Ing. Mecánica



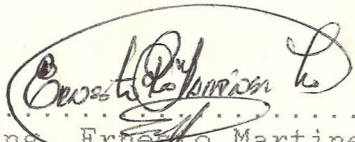
Ing. Ernesto Martinez

Director del Informe



Ing. Homero Ortiz

Miembro del Tribunal

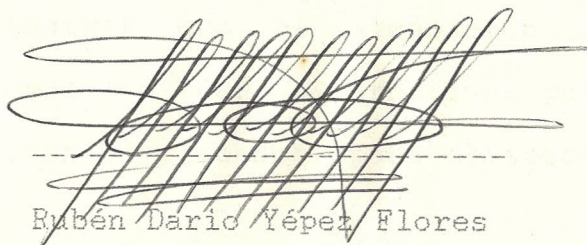

.....
Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DEL INFORME

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

(Reglamento de Graduación Mediante la Elaboración de Informes Técnicos).



Rubén Darío Yépez Flores

RESUMEN

El presente informe técnico indica los problemas técnico-económicos de una planta de inyección a presión de metales no ferrosos y da las alternativas de solución.

El principal problema es el financiamiento para la adquisición de materias primas, por lo que nuestro objetivo es disminuir el costo, empleando materias primas mas baratas y estudiando las diferentes alternativas, mezclando materias primas y modificando los diseños de los productos. Se busca tambien mejorar los procesos y los rendimientos de la línea de fabricación, con lo que se espera bajar los costos de los productos terminados.

De los resultados podemos observar que se alcanzaron los objetivos propuestos y además se dan alternativas para buscar nuevos productos, para estos procesos, para abastecer el mercado nacional.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	XI
ANTECEDENTES.....	12
I. PROCESOS Y ALEACIONES EMPLEADAS.....	15
1.1 El proceso de producción.....	15
1.2 La inyección a presión.....	31
1.3 La materia prima utilizada.....	42
1.3.1 Características Tecnológicas.....	43
1.3.2 Características Mecánicas y Físicas.....	43
1.3.3 Composición Química de las aleaciones de Aluminio.....	46
1.3.4 Influencia de los elementos de aleación sobre el Aluminio.....	48
II. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	55
2.1 Abastecimiento de materia prima.....	55
2.2 Análisis de los procesos de producción.....	59

2.3 Análisis de los costos de producción por procesos de producción.....	67
III. ALTERNATIVAS DE SOLUCION.....	71
3.1 Inyección con materia prima importada.....	71
3.2 Inyección con materia prima comprada localmente y combinando ésta con importada....	75
3.3 Modificación de los diseños de los quemadores y empleando mezclas de materias primas.....	79
IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	83
4.1 Inyección con PYRAL N2.....	83
4.2 Inyección con SC84B.....	85
4.3 Inyección con chatarra de aluminio.....	87
4.4 Inyección con mezclas de aleaciones y chatarra..	92
4.5 Pruebas y Controles efectuados.....	93
4.6 Ajustes y mejoras al proceso de inyección.....	96
4.7 Resultados Finales.....	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFIA.....	104

Indice de figuras

<u>No.</u>		<u>Pág.</u>
1	Horno para el crisol para la fundición de aleaciones de aluminio.....	17
2	Quemador de Diesel para el horno de fundición.....	18
3	Crisol de Carburo de Silicio donde se colocan los lingotes a ser fundidos.....	19
4	Horno de fundición con su crisol lleno de aleación de aluminio fundida.....	20
5	Proceso manual de llevar el metal líquido desde el crisol hasta la máquina de inyección.....	21
6	La máquina de Inyección a Presión, de Cámara Fria.,	22
7	Molde de acero, para la Inyección a Presión, de los quemadores para cocinas.....	23
8	Molde abierto, en la máquina de inyección, con la pieza inyectada.....	24
9	Caras del molde abierto, con vista de los expulsos que separan la pieza de la cavidad.....	25
10	Piezas recién inyectadas, con todos sus excesos, quemadores.....	26
11	Quemador y soporte de quemador, terminados y colocados de la forma en que van en las cocinas.....	27

<u>No.</u>		<u>Pág.</u>
12	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de un quemador para cocina a gas.....	29
13	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de un soporte de quemador.....	30
14	Máquina de Inyección, de Cámara Caliente.....	35
15	Proceso de alimentación del aluminio fundido en el cilindro de inyección con el molde cerrado...	38
16	Proceso del avance lento del émbolo de inyección en la máquina de cámara fría.....	39
17	Proceso de avance rápido y compactación de la pieza en la cavidad del molde.....	40
18	Una vez solidificada la pieza, se abren las caras y es expulsada de la cavidad de la parte móvil.....	41
19	Lingoteras fabricadas de tubo de hierro, para la solidificación de los lingotes de chatarra.....	78
20	Juego de quemadores del tipo Popular, Un URII, Dos RII y Un SRII.....	81
21	Diagrama de flujo del proceso, para la obtención de los quemadores tipo Popular.....	82
22	Esquema del horno para fundir chatarra de aluminio y hacer lingotes.....	95

Indice de Tablas

<u>No.</u>		<u>Pág.</u>
I	Propiedades mecánicas y físicas de las aleaciones Pyral N2 y SC132A.....	45
II	Composición Química de las aleaciones Pyral N2 y SC132A.....	47
III	Características y propiedades de las aleaciones de aluminio utilizadas para la fabricación de quemadores y soportes de quemador.....	58
IV	Composición Química de las aleaciones de Aluminio importadas.....	73
V	Composición Química de las diferentes chatarras de aluminio compradas localmente.....	91

ANTECEDENTES

El desarrollo de la economía de nuestro país, permitió la demanda de electrodomésticos, con lo cual fue necesaria la instalación de industrias para la fabricación de partes y piezas que se utilizan en el ensamblaje de los aparatos antes mencionados.

Uno de los productos de mayor consumo nacional son las cocinas a gas, de las cuales son parte imprescindible los quemadores y soportes de quemadores que forman el sistema de combustión de las cocinas. Estas piezas fabricadas con aleaciones de aluminio, son procesadas con el método conocido como "Inyección a Presión".

La empresa, calificada como pequeña industria, adquirió las maquinarias para la inyección y, habiendo importado, tanto la materia prima como los moldes de acero para la fabricación, mediante el proceso anteriormente anotado, de los quemadores y soportes inició sus actividades con un mercado fijo que abastecer.

Con el paso del tiempo y el aumento constante de los precios de las aleaciones de aluminio así como de todos los elementos importados para este tipo de industria, además de las cada vez más caras condiciones de financiamiento, para la operación de la planta, se hizo necesario buscar la forma de reducir los costos para los productos terminados.

Se analizaron varias alternativas, las cuales a más de ser económicas deben ser las más adecuadas técnicamente, de tal forma que no se alteren las características tecnológicas, físicas, ni mecánicas de los productos y se mantenga la óptima calidad para su aceptación en el mercado nacional, sobre todo si se considera que son partes utilizadas en electrodomésticos fabricados con criterio de consumo popular.

Se buscaron diferentes proveedores de las aleaciones de aluminio tanto internacionales como locales, y se realizaron pruebas combinando algunas de éstas aleaciones. Se revisaron los diseños de las piezas, buscando simplificar su forma ó su proceso de fabricación sin que cambie en absoluto su función específica, permitiendo sacrificar algo de su acabado superficial.

Se revisaron los procesos de producción de tal forma que se puedan optimizar los mismos ó incrementar los rendimientos, incluso analizando las condiciones del personal.

Una vez realizados estos análisis, se anotan los resultados obtenidos y se concluyen varias opciones, recomendando además, buscar mercados adicionales para este tipo de procesos y utilizar en su totalidad y eficientemente la capacidad instalada.

CAPITULO I

PROCESOS Y ALEACIONES EMPLEADAS

1.1 EL PROCESO DE PRODUCCION

La fabricación de quemadores y soportes de quemadores para cocinas a gas se realiza a partir del proceso de fundición del metal, llenando luego con este metal fundido, la cavidad de un molde, el cual tiene la forma de la pieza.

Existen varios metodos de fundición, vamos a tratar en el presente informe del proceso más adecuado para la producción de los quemadores y soportes cual es el de fundición a presión o inyección a presión. Este proceso nos permite obtener un número elevado de piezas, de exactitud dimensional, de formas perfectamente definidas y de superficies metálicas con un excelente acabado.

El primer paso consiste en fundir la aleación de aluminio, la cual viene en lingotes de aproximadamente 5 Kilogramos de peso, cada uno. Esta fundición se realiza en crisoles adecuados para el efecto cuya capacidad depende tanto de la cantidad de piezas a inyectar por día, así como de la capacidad de la máquina de inyección, de tal manera que

podemos encontrar crisoles desde 60 hasta 500 Kilogramos de aluminio fundido. En la planta se utilizan crisoles para 108 Kilogramos de metal fundido.

La fundición de la aleación se logra calentando el crisol, el cual se halla dentro de un horno con quemadores a diesel, con lo que se logra fundir la primera carga en alrededor de 90 minutos para luego de 2 ó 3 horas completar la carga del crisol.

El metal fundido es llevado manualmente con una cuchareta hasta la máquina inyectora, que está junto al horno de fundición, y es vertido en el hueco del cilindro de inyección. Un émbolo, impulsado hidráulicamente empuja en dos etapas, el metal líquido, dentro de la cavidad del molde, el cual permanece herméticamente cerrado, con la fuerza hidráulica de la máquina, hasta que se haya solidificado el metal, luego de lo cual se abre el molde y la pieza es expulsada de la cavidad, para ser recogida y continuar con su proceso; todo lo anotado lo podemos observar en las figuras Nos. 1 hasta 11.

El molde, también conocido como matriz, es el elemento más delicado de la fundición a presión. De su correcto diseño y exacta construcción depende el éxito de las piezas.

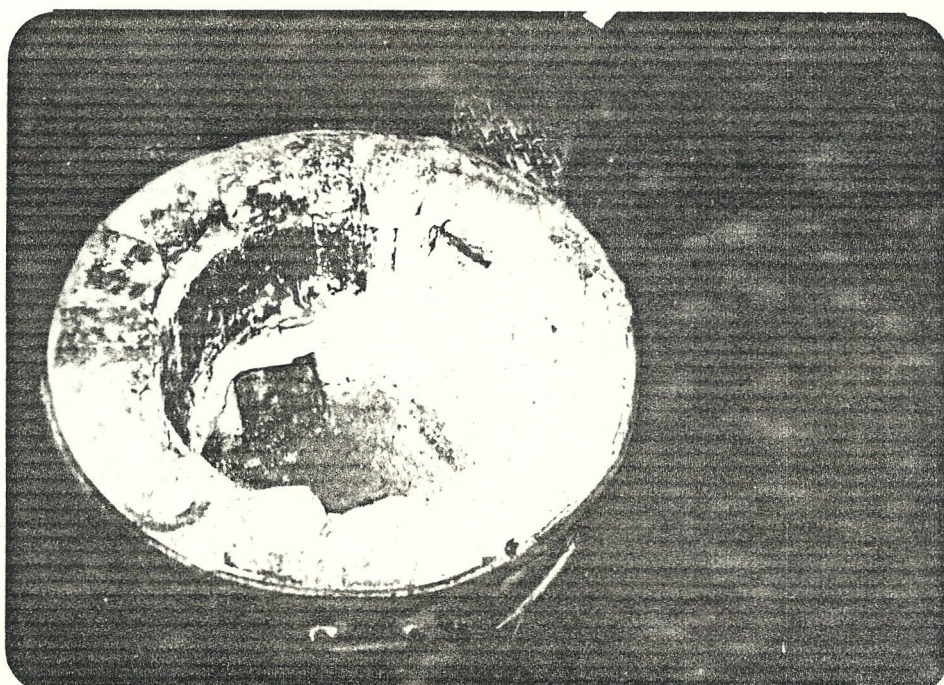


Figura No. 1

Horno donde va colocado el Crisol
de Carburo de Silicio para la fundición
de la Aleación del Aluminio.

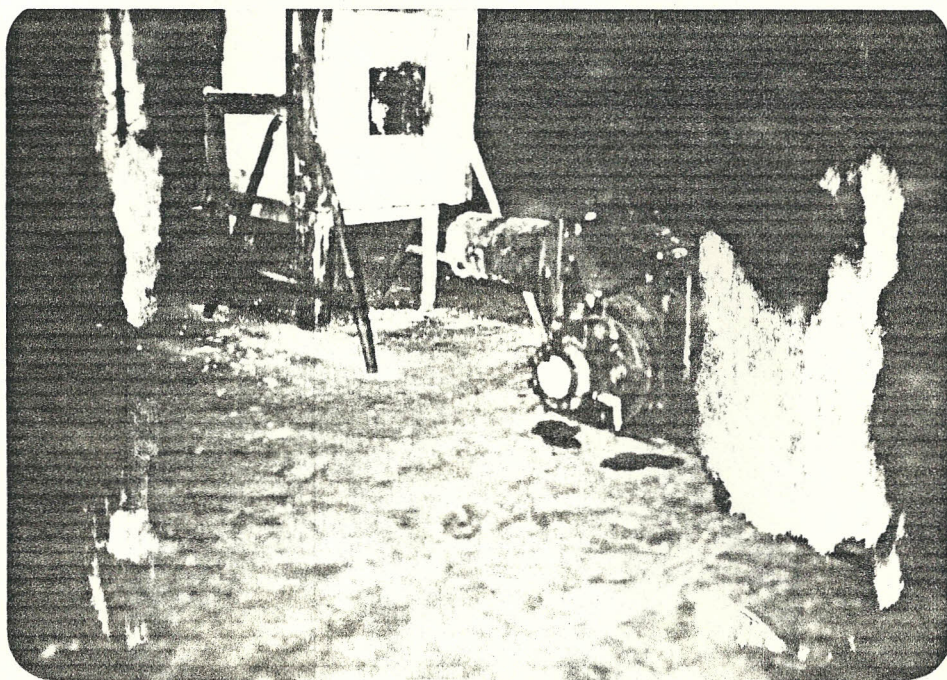


Figura No. 2

Quemador de Diesel, Generador del Calor
para la fundición de las aleaciones de
Aluminio.

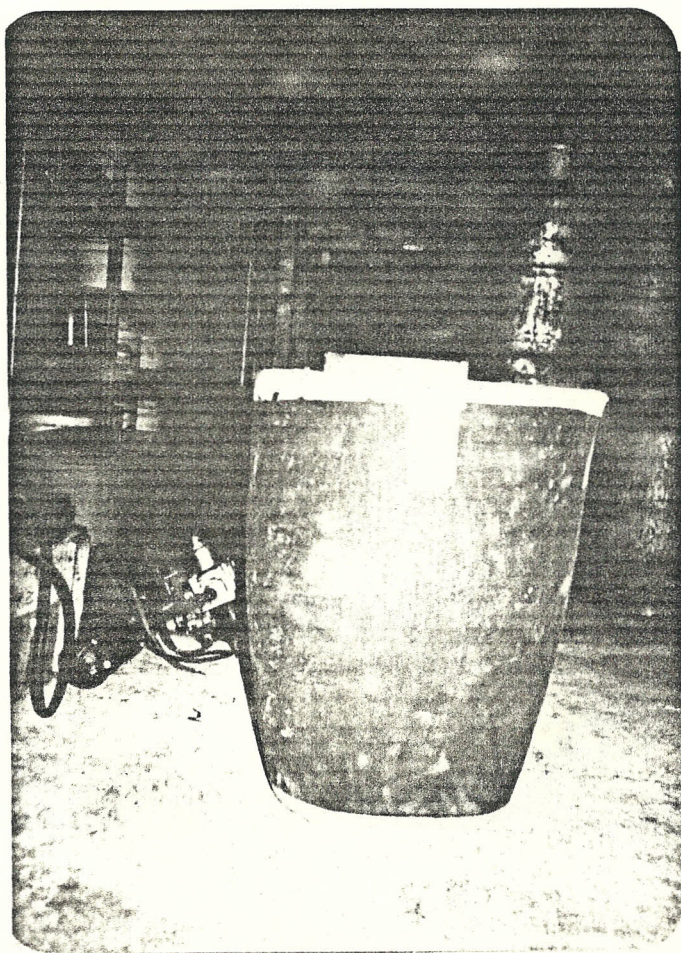


Figura No. 3

Crisol de carburo de silicio donde se colocan
los lingotes de la aleación a ser fundidos.

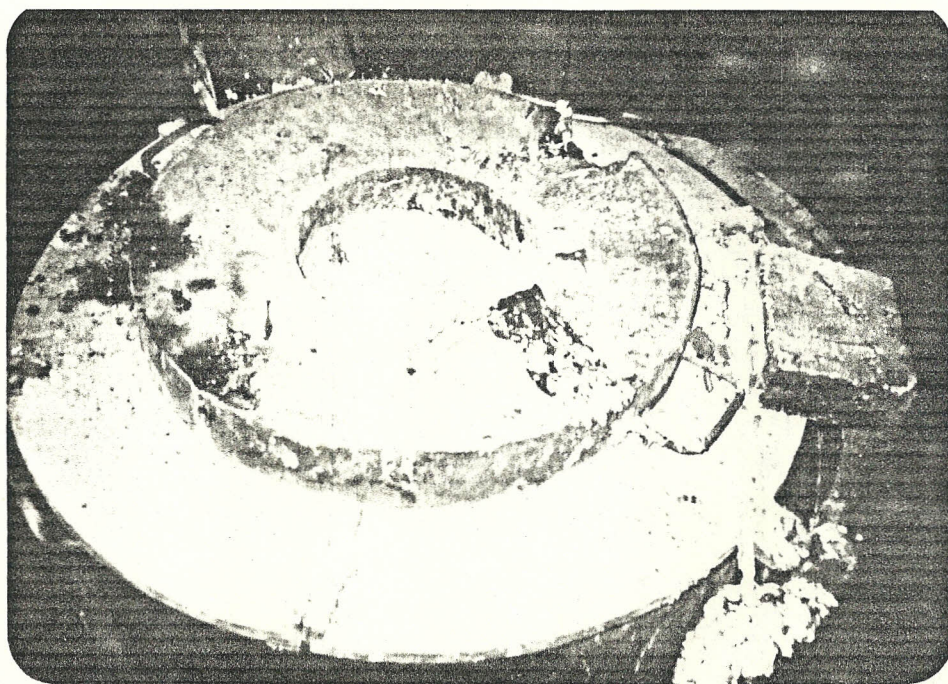


Figura No. 4

Horno de fundición, con su crisol lleno de
aleación de aluminio fundida.

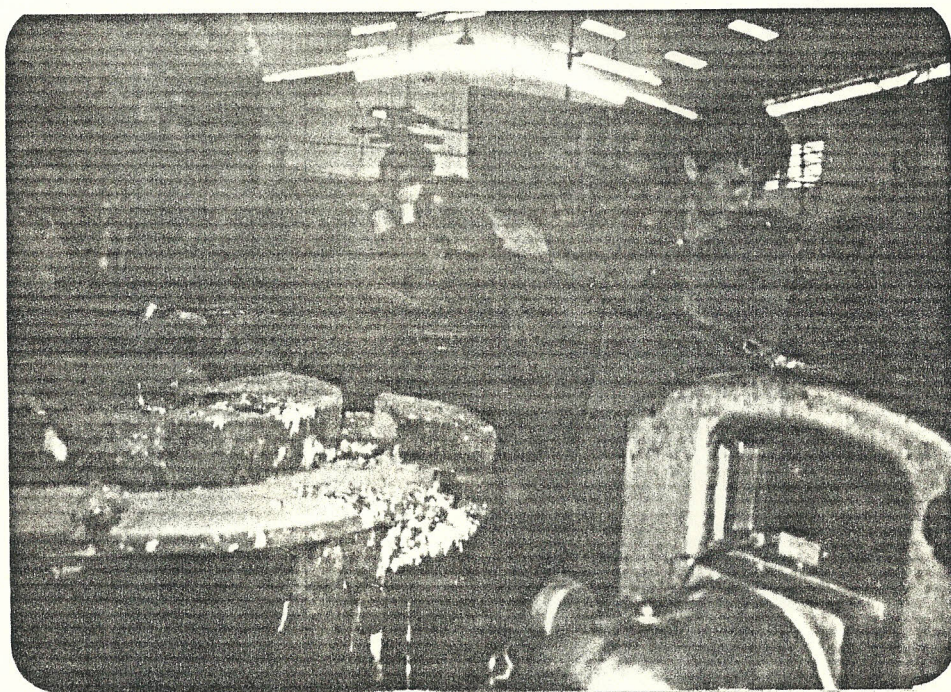


Figura No. 5

Proceso manual, de llevar el metal líquido
del crisol a la máquina de inyección.

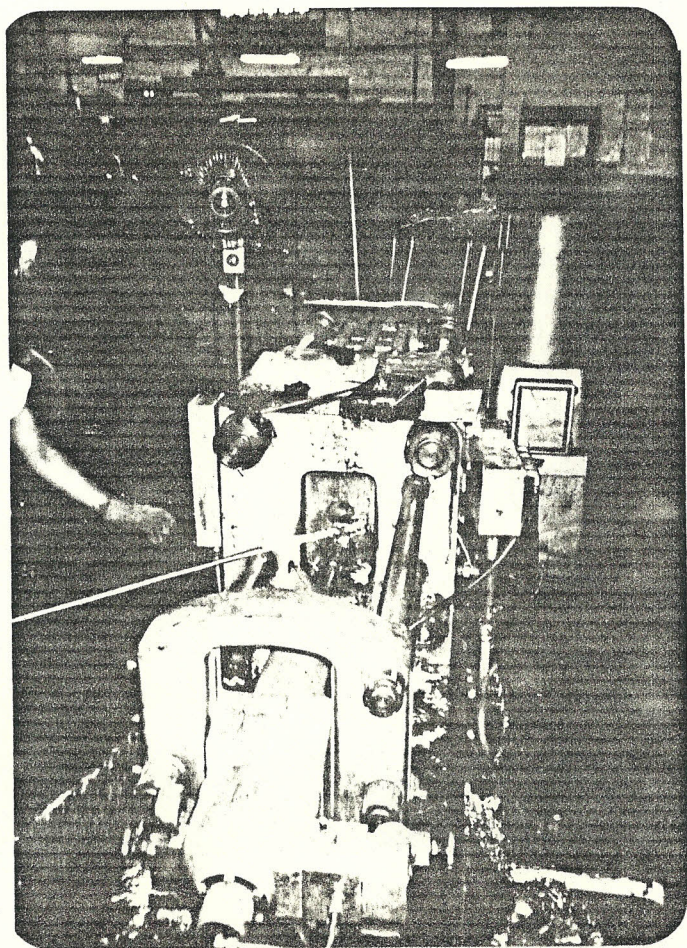


Figura No. 6

La máquina de inyección a presión, de
Cámara Fría.

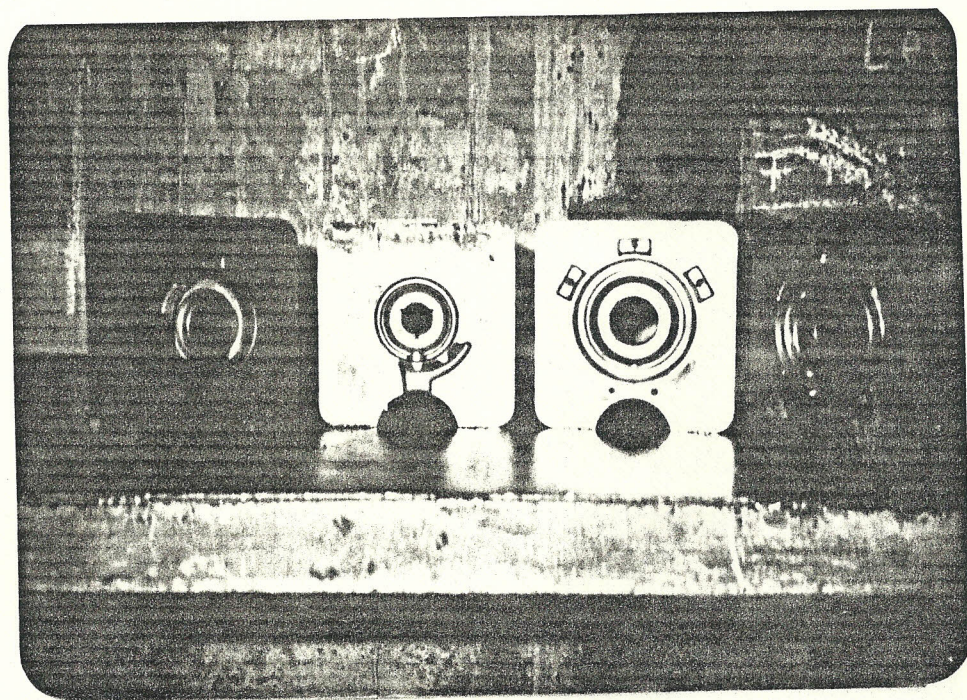


Figura No. 7

Molde de acero, para inyección a presión, para los quemadores de cocinas, vista de sus dos caras (Fija y Móvil).

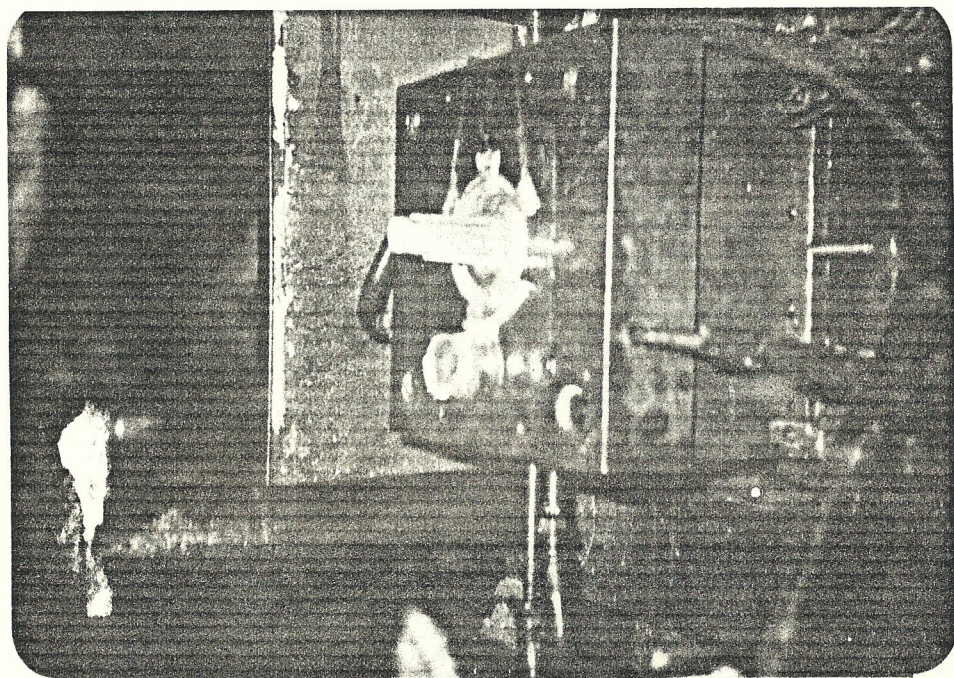


Figura No. 8

Caras del molde abierto, en la máquina de
inyección, con la pieza inyectada.

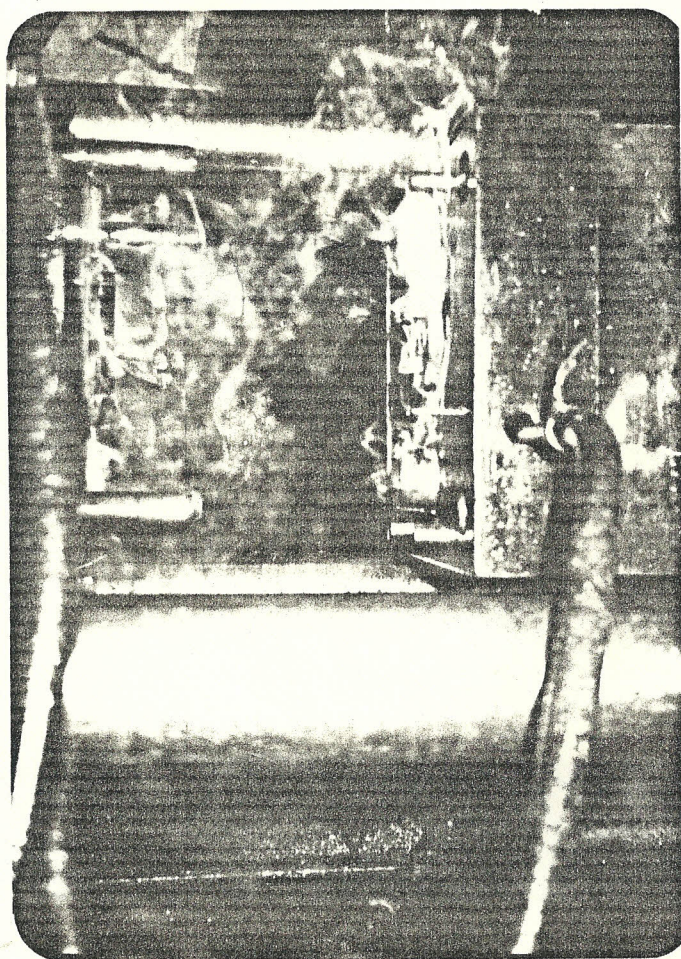


Figura No. 9

Caras del molde abierto, con vista de los
expulsores que botan la pieza de la cavidad de
la parte móvil.

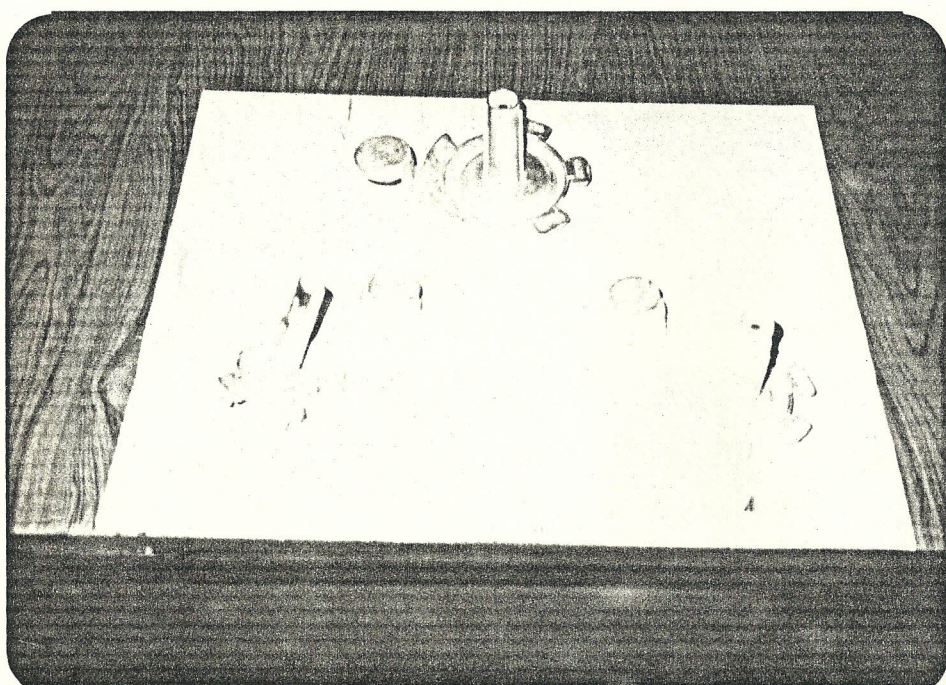


Figura No. 10

Piezas inyectadas con todos sus excesos,
quemadores.

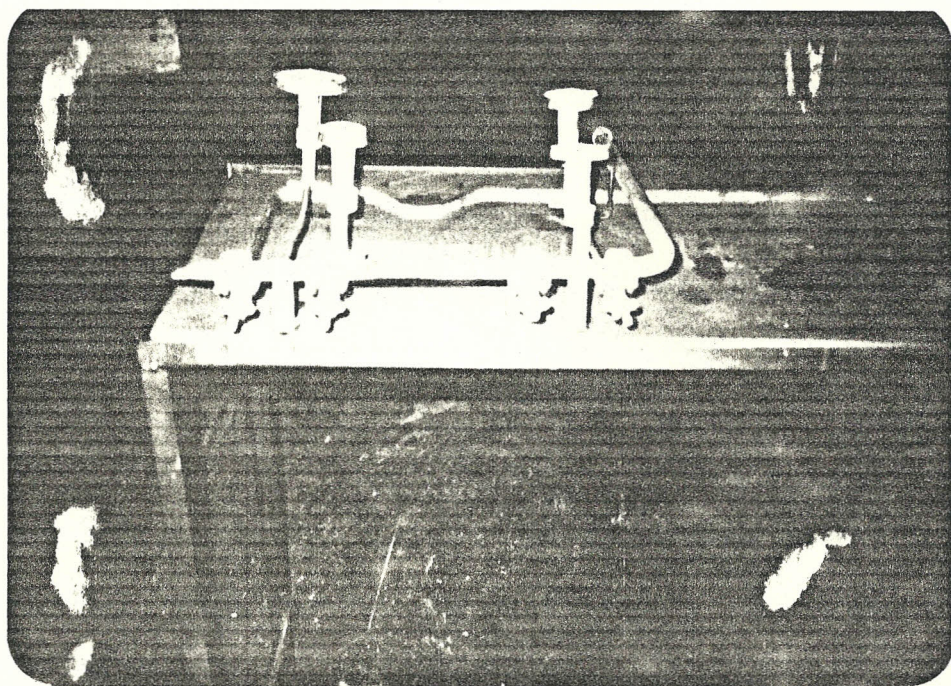


Figura No. 11

Quemador con su soporte de quemador como funcionan cuando son instalados en una cocina de gas.

Este molde está compuesto por partes metálicas de elevadas características, las cuales dejan una cavidad que debe ser capaz de recibir y alojar el metal líquido que se introduce a una presión elevada; la construcción del molde para cada pieza es una labor muy especial.

Las piezas recién inyectadas, tienen ciertos excesos, necesarios para una buena fundición, pero que deben ser separados para el posterior maquinado de las mismas. Este proceso de rotura de coladas se realiza manualmente acumulando las piezas y reutilizando los excesos que fueron separados.

En el diagrama de flujo de la figura No.12 podemos observar todos los pasos a seguir para la obtención de un quemador completamente terminado.

Para el caso del soporte del quemador, que es el complemento del quemador en el sistema de combustión de una cocina a gas (ver figura No.11) el proceso de producción varía en cuanto a los trabajos adicionales que hay que hacer en cada pieza, más no en el proceso de inyección, en la figura No.13 podemos observar el diagrama de flujo para el proceso de la fabricación de los soportes de quemadores.

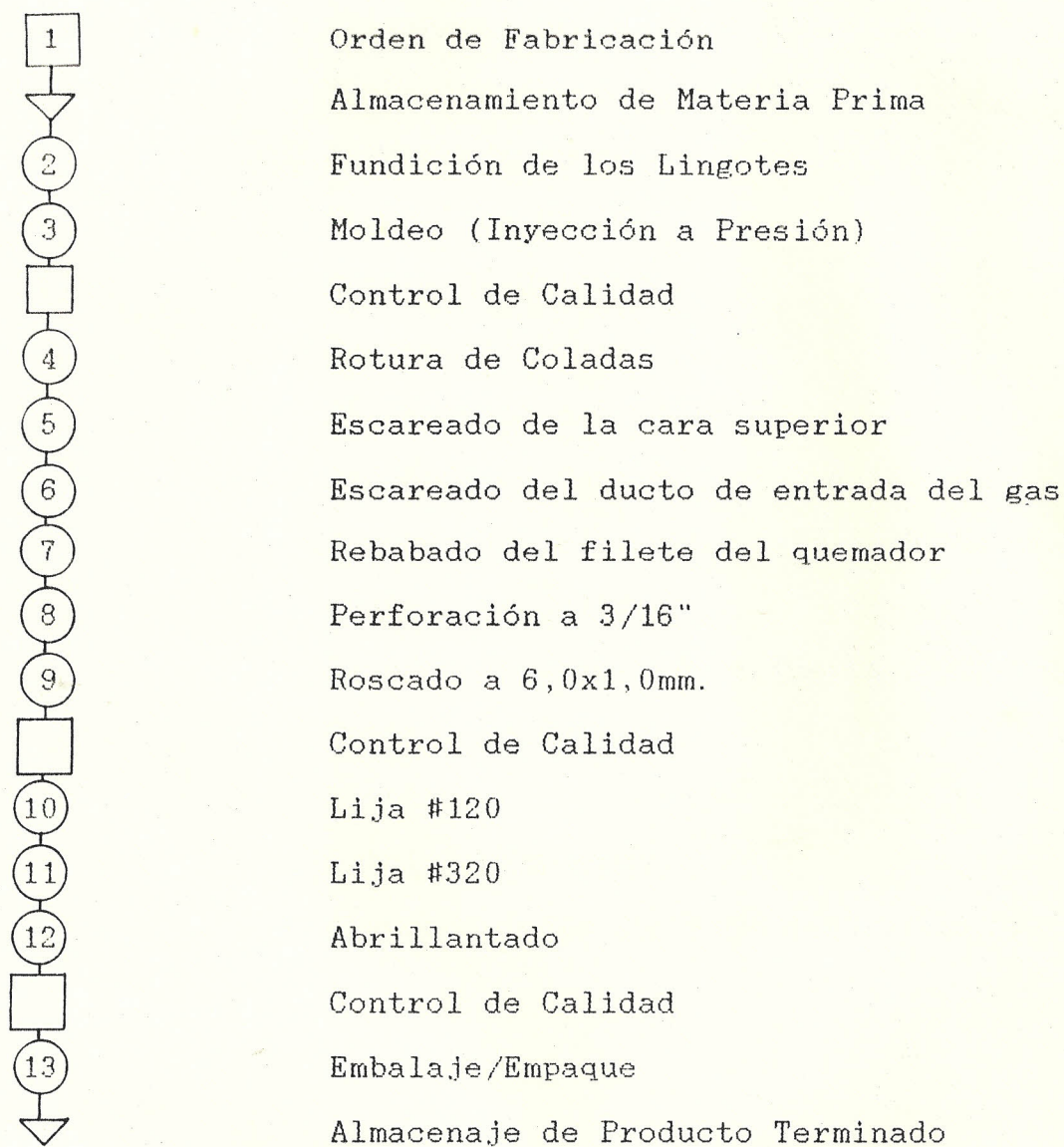


Figura No. 12

Diagrama de Flujo del proceso, para la obtención de Quemadores para cocinas a Gas.

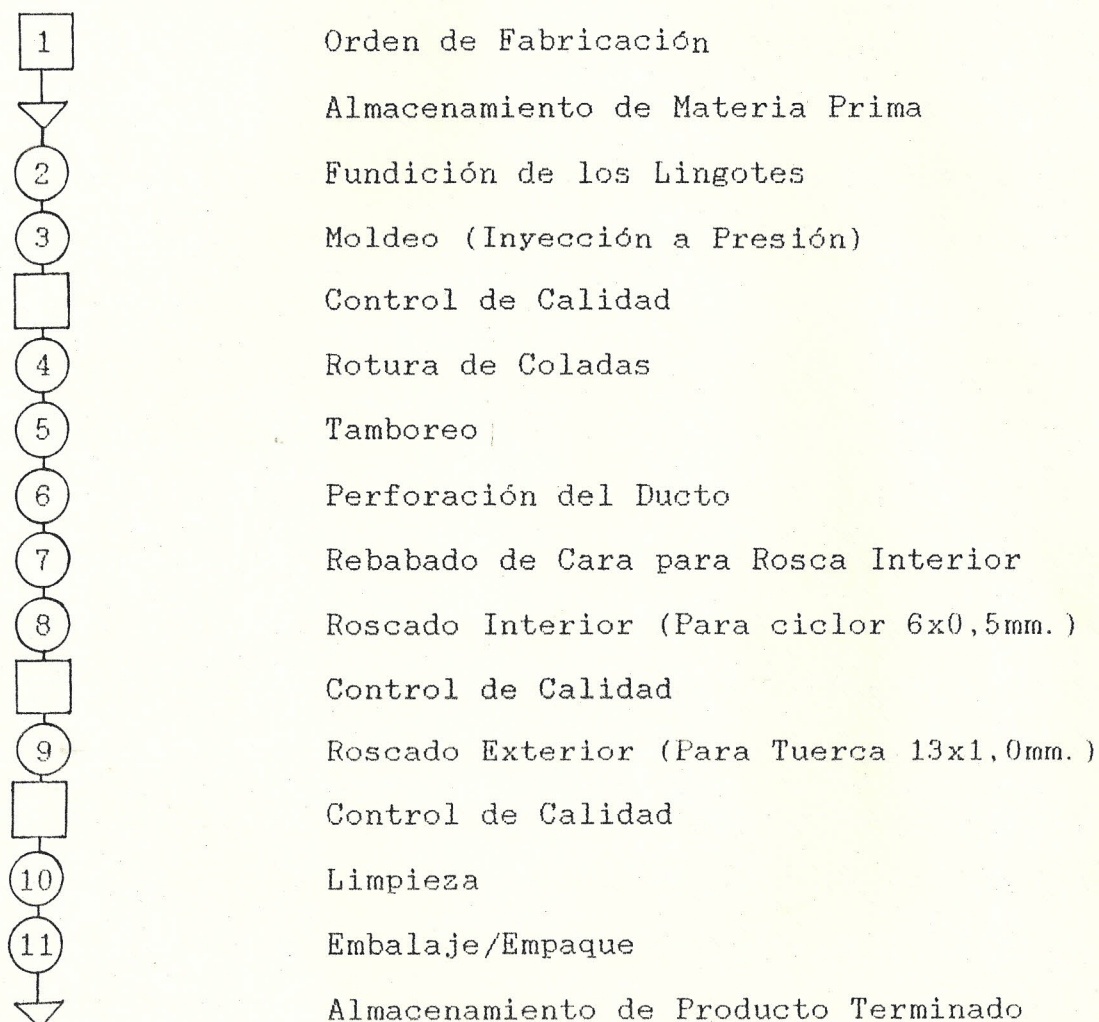


Figura No. 13

Diagrama de flujo del proceso, para la obtención de Soportes de Quemador, para cocinas a Gas.

Como se puede observar en los diagramas de flujo, necesitamos de 22 pasos para lograr las partes completas para el sistema de combustión, puesto que no pueden trabajar independientemente el quemador y su soporte; esto a partir de la inyección a presión.

1.2 LA INYECCION A PRESION

La inyección a presión es el proceso de fabricación en el cual el metal fundido es inyectado a presión a un molde de acero preparado con mucha precisión en sus medidas. Dentro del molde se mantiene la presión hasta que la pieza este completamente solidificada. Este proceso reproduce exactamente y con mucha fidelidad hasta en los más finos detalles todas las piezas inyectadas. Por esta razón este proceso ha sido llamado "La distancia mas corta entre la materia prima y el producto terminado".

El costo de muchos artículos de uso doméstico y de otros, sería mucho mas elevado a no ser por la producción en serie que nos da la inyección a presión. El metal fundido debe ingresar a altas velocidades, debido a que tiene que vencer las resistencias al flujo del material, producido por las diferentes formas de las piezas, sus paredes finas, curvas diferentes, aristas y otros.

Actualmente los procesos de fundición a presión pueden realizarse de tres formas diferentes y son:

- 1) Fundición en moldes permanentes, a veces llamada fundición a gravedad.
- 2) Fundición a baja presión, y
- 3) Fundición a alta presión.

Estos tres procesos difieren principalmente en la cantidad de presión utilizada para inyectar el metal líquido dentro de la cavidad del molde. En el primer caso el metal fundido fluye dentro del molde por acción de la fuerza de gravedad, en el segundo caso se utilizan presiones de hasta 14 Kgs/Cm², y en el tercer caso tenemos un amplio rango de presiones que van desde 70 hasta 1400 Kgs/Cm².

Las máquinas de inyección realizan su ciclo de operación siguiendo los pasos anotados a continuación:

- Cierre del molde
- Aplicación de la fuerza de cierre a las dos caras del molde
- Alimentar el metal fundido con una cuchareta desde el horno
- Inyectar el metal a la cavidad del molde
- Tiempo de solidificación de la pieza
- Apertura de las caras del molde
- Expulsión de la pieza

- Aplicación de desmoldantes

Sin tomar en cuenta el tipo de máquina utilizada, es importante que tanto las dos partes que forman el molde (fija y móvil) así como las demás partes móviles estén muy bien aseguradas en la máquina durante el ciclo de inyección.

Generalmente la fuerza de cierre de la máquina tiene que ver principalmente, con la superficie del área proyectada de la pieza, medida en la línea divisoria de las dos partes del molde, y de la presión utilizada para la inyección del metal fundido.

Las máquinas de inyección a presión, grandes o pequeñas, varían fundamentalmente por la forma en que el metal líquido es inyectado dentro del molde; estas máquinas son clasificadas como:

- De Cámara Caliente, y
- De Cámara Fría

Las máquinas de cámara caliente se utilizan generalmente para aleaciones de bajo punto de fusión, tales como el zinc y sus aleaciones.

El nombre de cámara caliente se deriva del hecho de que el mecanismo de inyección esta sumergido en el baño de metal fundido en un horno junto a la máquina (ver figura No.14).

Los accesorios por donde fluye el metal líquido, nariz y boquilla; son mantenidos a temperaturas altas por un medio adicional de calefacción.

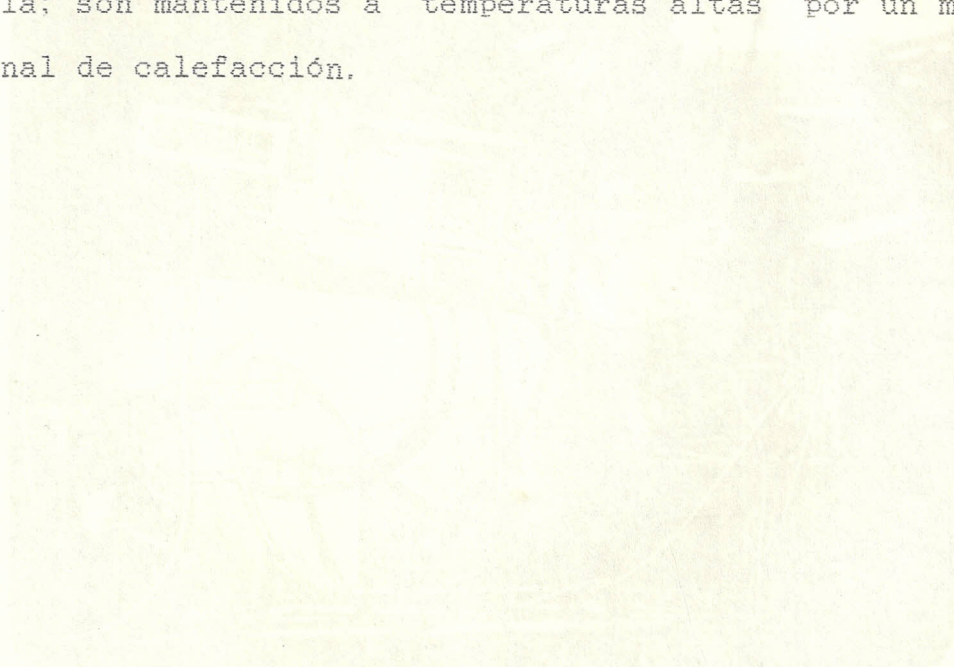


Figura 14

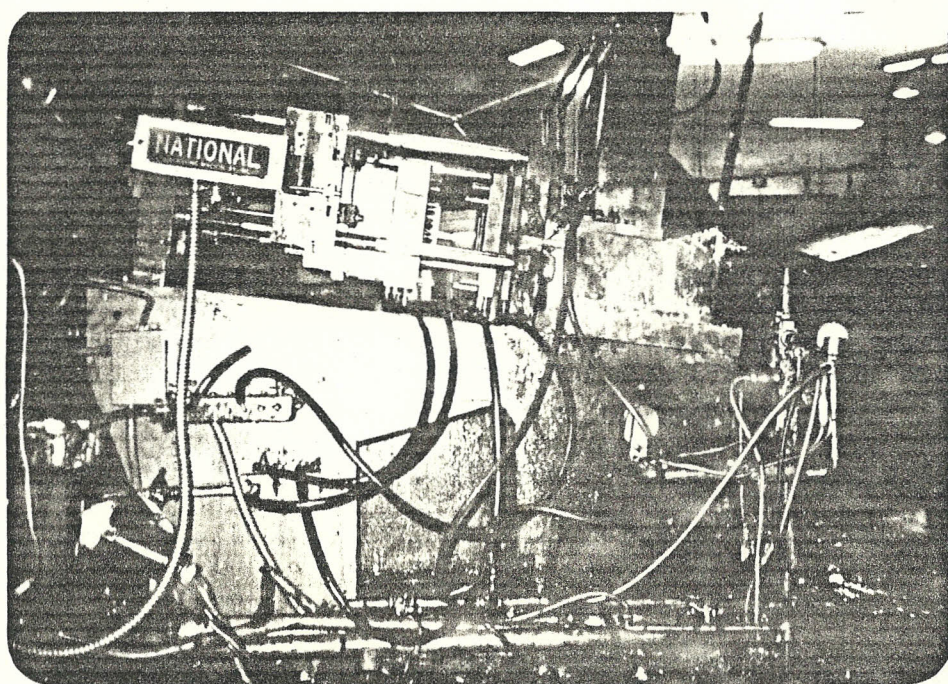


Figura No. 14

Máquina de Inyección de Cámara Caliente

Las máquinas de cámara caliente son de operación rápida y el émbolo de impulsión del metal líquido puede ser ajustado para aplicar la presión requerida para forzar el metal fundido a fluir dentro del molde. En estas máquinas la presión aplicada puede ir desde menos de 70 hasta 140 Kgs/Cm². Los cilindros para el sistema de cierre de la máquina como para el sistema de inyección son accionados hidráulicamente y una vez que el de inyección hizo su carrera de bajada, mantienen la presión hasta la completa solidificación de la pieza o piezas inyectadas.

Las aleaciones cuyo punto de fusión es mas elevado, y que son mas agresivas sobre el sistema de inyección, utilizan máquinas de cámara fría.

Las máquinas de cámara fría, tal como se puede observar en la figura No.6, difieren de la de camara caliente, por que el émbolo de inyección y sus cilindros no van sumergidos en el metal fundido. El metal líquido que está en el horno junto a la máquina es recogido manual o automáticamente por una cuchara o cuchareta, en la cantidad necesaria y depositado en el hueco del cilindro de inyección.

El émbolo, operado hidráulicamente, avanza hacia adelante en dos etapas, en la primera a baja velocidad, empuja el líquido metálico hasta pasar el hueco de alimentación permitiendo la salida del aire que estuviera atrapado y luego es bruscamente aumentada su velocidad por un cilindro acumulador de presión, para permitir el llenado de la cavidad del molde, como se puede apreciar en las figuras 15, 16 y 17.

La operación de una máquina de cámara fría es más lenta que las de cámara caliente, debido a la utilización de una cuchareta para recoger el metal fundido. Estas máquinas de cámara fría son utilizadas, como ya se dijo, para aleaciones con mayor punto de fusión, tales como las de aluminio, magnesio o cobre y trabajan con rangos de presión, para la inyección, desde 70 hasta 1400 Kgs/Cm².

Figura No. 15

Alimentación del Moldeo Fundido,
con la cuchareta, en el cilindro de
inyección, después de que el molde
está cerrado.

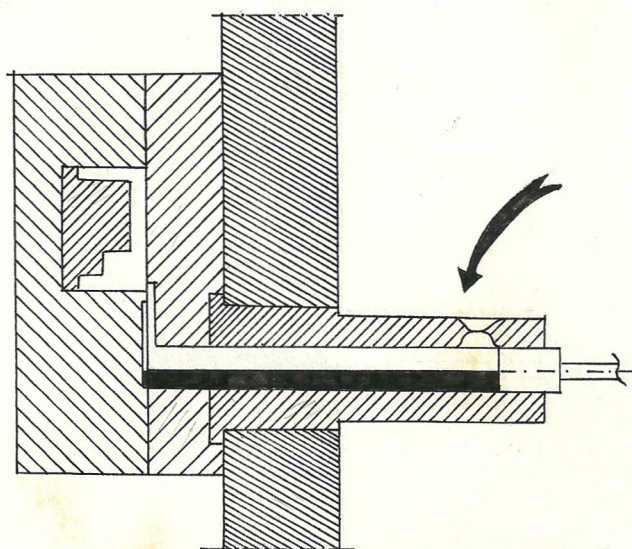


Figura No. 15

Alimentación del aluminio fundido,
con la cuchareta, en el cilindro de
inyección, con las caras del molde
cerradas.

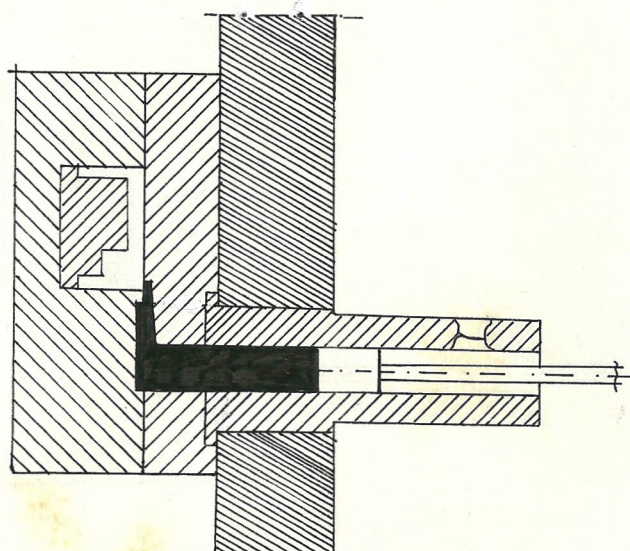


Figura No. 16

Avance lento del émbolo de inyección en la primera etapa, permitiendo la salida del aire y luego de pasar la abertura de alimentación pasa a la segunda etapa de inyección.

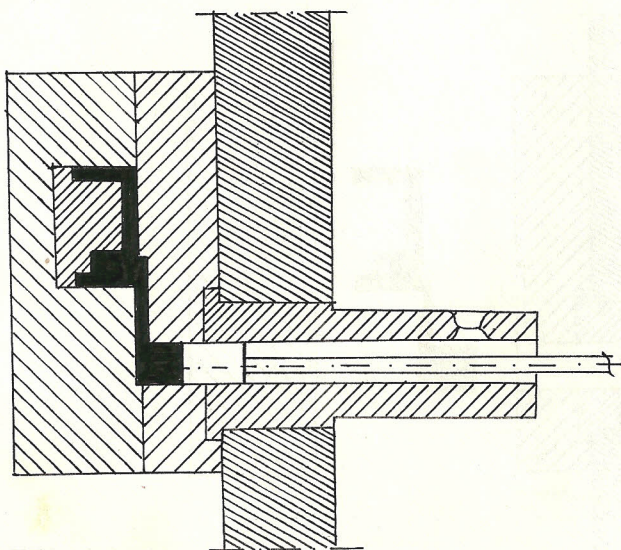


Figura No. 17

Avance muy rápido del émbolo de inyección en su segunda etapa, introduciendo el metal en la cavidad del molde y permitiendo la compactación de la pieza colada por efecto de la presión del acumulador.

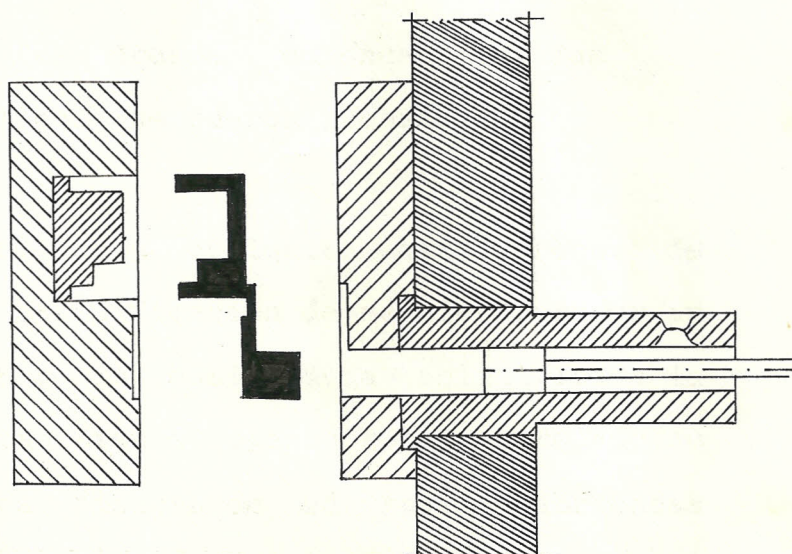


Figura No. 18

Una vez solidificada la pieza, se abren las caras del molde, quedando la pieza fija en la parte móvil, de donde es separada por los expulsos.

1.3 LA MATERIA PRIMA UTILIZADA

Las piezas producidas por inyección a presión son hechas para satisfacer una variedad de requerimientos estructurales y estéticos.

El grado hasta el cual una pieza fundida cumple con el propósito para el cual fue creada, depende de las propiedades del material del que fueron hechas.

La inyección a presión, como cualquier otro proceso de fundición involucra la solidificación de metales para crear productos. La condición a la cual queda solidificada la pieza, depende de que tan bien el operador ha controlado su proceso. Las propiedades físicas de las partes fabricadas dependen de la composición y de la condición del metal fundido.

Por lo anotado, una comprensión general de la metalurgia del material a utilizar es muy útil para resolver cualquier problema en este tipo de proceso de producción. La preparación, el cuidado y el manejo del metal fundido antes de verterlo en la máquina de inyección son condiciones críticas para un buen desempeño de la planta de fundición a presión.

1.3.1 Características Tecnológicas

Las aleaciones de aluminio son de peso liviano y ofrecen muy buena resistencia a la corrosión; son fáciles de inyectar y tienen buenas propiedades mecánicas así como estabilidad dimensional, factores imprescindibles para la fabricación de piezas como los quemadores y los soportes de quemadores para el sistema de combustión de una cocina a gas.

Aunque una variedad de aleaciones de aluminio, hechas a partir de metal primario o recicladas, pueden ser inyectadas a presión, existen aleaciones estandarizadas para este tipo de proceso.

Al arranque de la planta y con las características de cada una de las piezas a fabricar, se utilizaron dos aleaciones diferentes, para cada pieza, "Pyral N2" para los quemadores y "SC132A" para los soportes de quemadores.

1.3.2 Características Mecánicas y Físicas

Como condiciones generales anotamos a continuación las principales propiedades que deben tener las aleaciones de aluminio para este tipo de productos:

- Peso específico reducido

- Muy buena resistencia a los agentes atmosféricos
- Gran estabilidad dimensional en un amplio margen de temperaturas
- Buena resistencia a la tracción
- Dureza considerable
- Textura completamente estable
- Buena tolerancia a las impurezas sin mayores efectos sobre sus propiedades físicas o mecánicas.
- Aplicación sin dificultad, de un alto grado de pulimento que se mantenga por mucho tiempo, evitando otro tipo de terminados.
- Fácil aplicación de cualquier tipo de terminados en las piezas fundidas.

En la tabla I podemos observar algunas de las mas importantes propiedades mecánicas y físicas de las aleaciones de aluminio utilizadas en la inyección a presión de los quemadores y soportes de quemadores.

TABLA I

<u>PROPIEDADES FISICAS:</u>	<u>PYRAL N 2</u>	<u>SC132A</u>
Punto de fusión superior	760 C	585 C
Punto de fusión inferior	720 C	565 C
Temperatura de la colada	730-780 C	600-650 C
Densidad (a 20 C)	2,8 Grs/Cm3.	2,67 Grs/Cm3.
Dilatación Térmica	23,4x10E-6/ C	20,5x10E-6/ C

PROPIEDADES MECANICAS:

Resistencia a la tracción	25,0 Kg/mm2.	27,0 Kg/mm2.
Límite de fluencia	14,0 Kg/mm2.	16,0 Kg/mm2.
Alargamiento	1,5 %	1,5%
Contracción lineal	0.7%	0.7%
Dureza Brinell	65,0 Kg/mm2.	85,0 Kg/mm2.

CARACTERISTICAS MECANICAS Y FISICAS DE LAS ALEACIONES
DE ALUMINIO PYRAL N2 Y SC132A.

1.3.3 Composición Química de las Aleaciones de Aluminio

La composición química de las aleaciones de aluminio utilizadas, expresada en porcentaje, para inyección a presión de quemadores y soportes de quemadores la podemos observar en la tabla II.

TABLA II

COMPOSICION		PYRAL N 2	SC132A
Silicio (Si)		0,7	11 - 12,5
Hierro (Fe)		0,5	0,7 - 1,0
Cobre (Cu)		0,7	1,75- 2,5
Magnesio (Mg)		0,03	0,3
Manganeso (Mn)		1,9-2,1	0,5
Niquel (Ni)		1,9-2,1	—
Zinc (Zn)		0,1	1,4
Titanio (Ti)		0,1-0,2	0,2
Estaño (Sn)		—	0,1
Otros		0,05	0,1
Total Otros		0,3	2,2
Resto		Aluminio	Aluminio

COMPOSICION QUIMICA DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO
 UTILIZADAS INICIALMENTE PARA LA INYECCION A
 PRESION DE QUEMADORES Y SOPORTES DE QUEMADOR

3.4 Influencia de los Elementos de Aleación sobre el Aluminio

Las bajas características mecánicas, la deficiente labilidad y la dificultad de mecanización del aluminio de pureza comercial, que contiene del 99 al 99,7% de aluminio puro, limitan su empleo en la fabricación de las piezas demandadas. Aluminio de pureza superior es empleado en la fabricación de aleaciones especiales con límites de purezas muy reducidas y en la fabricación de artículos de fantasía. En este caso, es aprovechada la propiedad del aluminio puro de permitir un pulido y una oxidación anódica particular brillantez.

El aluminio comercialmente puro tiene en estado bruto de fundición, una resistencia a la tracción de 7 Kg/mm^2 , un límite de fluencia de $4,2 \text{ Kg/mm}^2$, un alargamiento del 30% y una dureza Brinell de aproximadamente 22 Kg/mm^2 .

Para mejorar las características del aluminio puro, sean mecánicas, físicas o tecnológicas, se recurre al agregado de otros elementos. Los de mayor empleo son el cobre, el silicio, el magnesio entre otros, aunque también son utilizados, el manganeso, el hierro, zinc y níquel.

El total de los elementos que se agregan en la formación de una aleación no supera el 15%. Porcentajes mayores tornan las aleaciones progresivamente más frágiles y por lo tanto de menor interés como material de construcción. El efecto del agregado de otros elementos es aumentar la fluidez, mejorar el maquinado, la resistencia y dureza del aluminio, al mismo tiempo que disminuir su ductilidad, conductividad, resistencia al choque y la resistencia a la corrosión.

Cobre

Cuando se agrega cobre al aluminio, la resistencia y la dureza aumentan progresivamente hasta un porcentaje de cobre del alrededor de un 12%. El cobre mejora notablemente el mecanizado de las aleaciones de aluminio, mantiene la resistencia a temperaturas elevadas, disminuye la resistencia a la corrosión y aumenta la fluidez. La fragilidad en caliente aumenta con el aumento del porcentaje de cobre hasta aproximadamente el 5%. En cantidades superiores disminuye progresivamente la tendencia a la fragilidad en caliente.

En las condiciones de equilibrio, el cobre es soluble en el aluminio en la proporción del 5,6% a la temperatura de la

completa solidificación de la aleación, es decir a 547,8 C.

Silicio

El silicio constituye uno de los elementos mas importantes de adición al aluminio, por mejorar notablemente las características de la fundición. Con el aumento del porcentaje del silicio hasta el 14%, aumenta la fluidez, disminuye la fragilidad en caliente y la contracción de la solidificación. Las aleaciones de Aluminio-Silicio se prestan por lo tanto, a la fabricación de piezas que deben resistir a la presión para no dejar filtrar líquidos o gases.

En las aleaciones con porcentajes mayores al 14% de silicio, se procede a una afinación del grano empleando fosforo rojo. Es este el caso de las aleaciones Aluminio-Silicio Hipereutécticas para pistones.

Magnesio

El agregado de Magnesio al aluminio, hasta el 6% provoca un aumento en la resistencia, a pesar que la máxima dureza se alcanza con más del 10%. Las aleaciones de Aluminio-Magnesio se caracterizan por excelentes propiedades físicas,

resistencia a la corrosión y facilidad del mecanizado. Presentan buena resistencia al choque y ductibilidad y mantienen sus propiedades a temperaturas elevadas.

En las aleaciones que contienen silicio ó zinc, el efecto del magnesio depende de estos elementos. Con el silicio, el magnesio forma un compuesto cuya solubilidad baja de aproximadamente el 1,85% a la temperatura de solidificación de la aleación, a 0,25% a temperatura ambiente.

Manganeso

Pequeñas cantidades de manganeso, se encuentran en las aleaciones de aluminio mas complejas.

Rara vez se emplean las aleaciones binarias por las deficientes características tecnológicas de fundición y de baja resistencia mecánica que presentan a pesar de ofrecer una elevada resistencia a la corrosión.

Otro efecto de pequeñas cantidades del manganeso es el de aumentar la dureza de la solución sólida y la resistencia a la corrosión. Como impureza el manganeso puede estar presente en la mayoría de las aleaciones del aluminio en porcentajes de hasta 0,5% ya que en esa proporción no afecta

a las características específicas de la aleación.

Hierro

El hierro es un constituyente natural del aluminio y de sus aleaciones, debido a su presencia en la bauxita, mineral de donde se extrae la Alúmina, materia prima para la fabricación del aluminio.

La introducción en las aleaciones de aluminio de elementos endurecedores a base de silicio; en el cual el hierro es la principal impureza, y el manipuleo con herramientas de hierro, hacen que el porcentaje final de este elemento sea a veces sensiblemente superior al contenido en el aluminio comercial.

El hierro a pesar de ser comúnmente considerado como impureza dañina, goza de propiedades específicas útiles que son aprovechadas en la fabricación de aleaciones especiales.

Pequeños porcentajes de hierro aumentan la resistencia, la dureza y disminuyen la tendencia a las grietas en caliente. Además la presencia de hierro en alrededor del 1% es indispensable en la mayoría de las aleaciones para fundición a presión y para evitar que el metal se pegue a la matriz.

La dimensión y formas de los cristales conteniendo hierro regulan la cantidad de este elemento que puede ser aceptado en una aleación, ya que la forma de los compuestos intermetálicos con el hierro son una función de la velocidad de enfriamiento, el método de fundición juega un papel importante en la determinación del límite del hierro de ciertas aleaciones. Las formas de los cristales que contienen hierro pueden ser favorablemente modificadas por la presencia de otros elementos, como el manganeso y el cromo.

Zinc

El zinc fue uno de los primeros elementos que fueron agregados al aluminio para mejorar sus características generales. Las aleaciones binarias contenían en general más del 10% de zinc y fueron sucesivamente modificadas con el agregado de pequeños porcentajes de cobre.

En las aleaciones comunes de aluminio, el zinc está presente hasta en un 2,5% y no tiene mayor influencia sobre sus propiedades y por lo tanto los límites de tolerancia son muy amplios. Las aleaciones de aluminio con zinc tienen buena resistencia y ductilidad a temperatura ambiente, pero a pesar de esas características favorables, fueron abandonadas

porque tienen una elevada densidad, baja resistencia a alta temperatura, deficientes características de fundición y susceptibilidad de corrosión bajo tensión.

Titanio

La acción del titanio sobre la mayor parte de las aleaciones de aluminio es la de afinar el grano. La mayor eficacia de afinación se obtiene agregando el titanio en la fundición poco antes de colar las piezas. La cantidad de titanio necesaria para producir una buena afinación del grano es del orden de 0,05% a 0,10%.

Niquel

El efecto principal del níquel; cuando se encuentra en cantidades apreciables, es la de ayudar a retener una relevante proporción de su resistencia a alta temperatura, para conseguir este resultado se necesita un 2%.

CAPITULO II

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1 ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

Las aleaciones de aluminio utilizadas para la fabricación, por inyección a presión, de quemadores para cocinas a gas, son una materia prima importada.

Debido a las medidas del gobierno nacional, desde 1983 respecto a las importaciones, así como a la situación financiera del país, lo cual afecta directamente a la operación de nuestra planta de fundición de metales no ferrosos, nos vimos obligados a buscar soluciones económicas a nuestra producción.

El uso de las aleaciones conocidas como Pyral N2 y SC132A, fueron las inicialmente recomendadas, por sus características, para la fabricación de los quemadores y soporte de quemador, respectivamente, usando el proceso de inyección a presión. El costo de las mismas hizo necesario revisar las demás aleaciones estandarizadas y normalizadas para la fabricación de los artículos antes mencionados,

hallando la aleación con designación de ASTM SC84B y designación comercial 380, la que nos dió buenos resultados tanto en costos como en los procesos de producción.

En la tabla III podemos observar las características de las aleaciones inicialmente utilizadas así como la que reemplaza a las dos, en sus propiedades como sus costos por tonelada métrica.

No obstante el buen resultado del uso de ésta aleación y el costo correspondiente, para los dos tipos de piezas que se inyectan, continúa siendo ésta, una materia prima importada con todas las complicaciones inherentes a toda importación, principalmente en financiación y tiempo.

En el Ecuador, no existen plantas que produzcan aleaciones de aluminio, pero sí hay muchas fábricas que procesan aluminio en diferentes formas, las cuales siempre dejan desechos; también tenemos muchos artículos, como repuestos automotrices, partes de motores, latas de gaseosas, etc., los cuales son fabricados de aluminio o de sus aleaciones y desechados luego de ser usados constituyendo la chatarra que se puede conseguir y que nos proponemos reciclar.

El reciclaje de la chatarra de aluminio que se puede recoger en todo el país es la solución mas económica a nuestro problema del abastecimiento de materia prima.

Debemos considerar que también se reciclan todos los excesos de colada que se obtienen del proceso de inyección así como de los demás procesos de producción.

TABLA III

PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	PYRAL N-2	SC132A	SC84B
Temperatura de colada	730-780 C	600-700 C	635-710 C
Densidad (Grs/cm3.)	2,8	2,67	2,76
Dilatación térmica	23,4x10E-6/ C	20,5x10E-6/ C	21x10E-6/ C
Resistencia a la tracción (Kgs/mm2.)	25	27	30
Alargamiento (%)	1,5	1,5	1,0
Dureza Brinnell(Kgs/mm2.)	65	85	80
Costo por tonelada metrica (USD \$)	3015	2497	2180
Uso	Quemadores	Soportes de Quem.	Quem. y Sop.

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LAS
ALEACIONES DE ALUMINIO UTILIZADAS PARA
INYECCION A PRESION PARA LA FABRICACION
DE QUEMADORES Y SOPORTES PARA COCINAS A GAS.

2.2 ANALISIS DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION

El primer paso para la inyección a presión es la fundición de la aleación de aluminio; ésta se realiza en un horno dentro del cual va un crisol de carburo de silicio (ver figura No.3) donde se colocan los lingotes que van a ser fundidos por el poder calorífico que genera la llama de un quemador de diesel.

El control de la temperatura de fusión es el punto más importante ya que se debe evitar el sobrecalentamiento de la aleación lo que ocasionaría problemas de oxidación de las mismas, por lo tanto debemos mantener la temperatura del caldo dentro de los rangos de la temperatura de colada indicados en la tabla III, para cada aleación.

Se ha comprobado que manteniendo la temperatura de la colada del crisol, en el rango más alto permisible, hay una mayor facilidad del metal líquido para que fluya dentro de la cavidad del molde, lo que nos obliga a mantener un cierre perfectamente hermético de sus caras para evitar las fugas del material inyectado, entre las mismas.

La medición de la temperatura de la colada del crisol, se realiza manualmente con una termocupla que indica, en el momento de la medición, la temperatura de la colada, de manera que manualmente cada operador debe prender o apagar el quemador.

Esto hace que el consumo de combustible por Kilo de aleación fundida sea mayor, tanto por la inexactitud del control como por la operación alternativa del quemador, con lo que tenemos un primer problema por el alto consumo de combustible.

Otro problema era la forma en que estaba construido el horno donde va el crisol, el cual llevaba una tapa que cubría la parte superior del horno tapando el espacio entre la pared del horno y la pared del crisol, esta tapa tenía un hueco central por donde el operador recoge la colada con el cucharón. Con este sistema se perdía mucho calor de combustión por los espacios vacíos y además caía material en el interior del horno obstruyendo la circulación del fuego causando la pérdida de la eficiencia de la combustión y sobrecalentando en partes específicas al crisol deteriorándolo. Se cambió el sistema del tal forma que la parte superior está sellada con ladrillos refractarios, cubriendo el espacio entre el horno y la boca superior del

crisol, lo que evita también la caída del material al interior del horno; con esto se obtuvo una mejoría en el sistema de combustión y se alargó la vida de los crisoles.

La inyección a presión se inicia con la recolección de la colada con una cuchareta adecuada, llevándola al cilindro de inyección. Debemos considerar en esta parte, el peso de la pieza a ser moldeada, incluyendo sus partes adicionales, el número de piezas que saldrán de cada inyección, la capacidad de las máquinas y la velocidad de trabajo de las mismas.

En la planta se producen siete tipos de piezas de aleación de aluminio, las cuales anotamos a continuación, con sus respectivos pesos y designaciones:

- Quemador Ultrarápido	; 105 gramos; Q-UR
- Quemador Rápido	; 70 gramos; Q-R
- Quemador Semirápido	; 55 gramos; Q-SR
- Soporte de Quemador Ultrarápido	; 46 gramos; SQ-UR
- Soporte de Quemador Rápido	; 50 gramos; SQ-R
- Soporte de Quemador Semirápido	; 55 gramos; SQ-SR
- Soporte de Quemador Pescera	; 48 gramos; SQ-PSC

Los pesos indicados son pesos netos de las piezas terminadas, sin considerar los exesos tanto de la inyección

como de los demás procesos de producción.

Cada pieza es inyectada en su respectivo molde. Para nuestro caso, cada molde es de una sola cavidad, es decir que se obtiene una sola pieza por cada golpe de inyección.

En el caso de los soportes de los quemadores, siendo también un molde de una sola cavidad, se utiliza el mismo molde para la inyección de los cuatro tipos de soportes. Lo único que varía es la estructura interior de las piezas, cambiándose los núcleos que conforman dichas partes para su respectiva inyección.

Cabe mencionar que la inyección de las aleaciones de aluminio, realizadas en máquinas de cámara fría, tanto por su alto punto de fusión, como por el grado de agresividad de las aleaciones de aluminio sobre el sistema de inyección.

La cantidad de piezas a producir es aproximadamente de 500.000 unidades por año que requieren un consumo de 30 toneladas de materia prima en forma de aleaciones. Hasta el año 1.985 se trabajó con una sola máquina inyectora de cámara fría, de 40 Tons. de fuerza de cierre y 10 Tons. de fuerza de inyección, con capacidad de 260 gramos de colada como máximo.

A un promedio de 700 piezas por cada turno de 8 horas de trabajo y trabajando las 24 horas del día, durante todo el año apenas se completaban las piezas solicitadas, con el grave problema del rendimiento muy pobre de los turnos de la noche y la madrugada y de la falta de tiempo para los trabajos de reparación y de mantenimiento.

Además existían problemas al fabricar los quemadores con un tipo de aleación y los soportes con otro tipo, de tal manera que había que producir las piezas con un riguroso programa de trabajo para poder cumplir los requerimientos del cliente.

Esto hizo revisar el sistema de trabajo con dos aleaciones.

Se lo cambió por el de una sola que cumple con los requerimientos y las normas necesarias para las piezas terminadas; ésta es la aleación ASTM SC84B, cuya designación comercial es 380 como ya se mencionó anteriormente.

Para el año 1.986 se adquirió la segunda máquina inyectora de cámara fría, de 180 Tons. de fuerza de cierre, 20 Tons. de fuerza de inyección y capacidad para inyectar hasta 1.500 gramos de aluminio fundido.

Con esta máquina de mayor capacidad, se pudo subir el promedio de producción y con dos turnos diarios de 8 horas cada uno, durante todo el año, se llegó a cubrir las necesidades de producción, pero aún con un alto riesgo para el cumplimiento, ya que cada año aumenta la necesidad de producir piezas con lo que se limita todavía la producción a éste tipo de piezas sin poder diversificar la fabricación o cubrir demandas mas significativas de las mismas piezas. Por estas razones, se revisaron nuevamente los parámetros principales de la operación de inyección a presión, buscando optimizar los siguientes:

- Temperatura de la colada de aluminio
- Tamaño y forma de las cucharetas de recolección del material
- Presión y velocidad de inyección de cada pieza a inyectar
- Temperatura del molde al iniciar la jornada y durante la operación
- Sistema de enfriamiento de las caras del molde
- Tiempo de apertura de las caras del molde
- Presión de cierre de la máquina
- Regulador de multiplicador de presión
- Control del desmoldante utilizado

Ajustando las condiciones anotadas se logró mejorar los

rendimientos de la inyección, bajar el desperdicio por piezas malas y así cumplir con las exigencias del cliente.

Observando el aumento de las necesidades de la producción de piezas durante 1.987 y de 1.988, se decidió adquirir otra inyectora, con lo que se aseguró el cumplimiento de los requerimientos del cliente y los de la planta, de diversificar la línea hacia nuevos artículos.

Esta última máquina, con 150 Tons. de fuerza de cierre y 25 Tons. de fuerza de inyección, permite inyectar hasta 2.000 gramos de aluminio fundido, nos hizo pensar en un mejor modo de aprovechar su capacidad, buscando principalmente el obtener más piezas con cada golpe de inyección, lo que significa modificar los moldes actuales o fabricar nuevos. Esta situación la desarrollaremos en el siguiente capítulo.

Los procesos adicionales para los quemadores y los soportes de los quemadores, desde la rotura de los excesos y las coladas, pasando por los maquinados de perforados, roscados, etc., hasta llegar al acabado final de abrillantado, nos permiten recuperar todos los excesos del material que pudieran tener las piezas, y las piezas mismas que durante los procesos sufrieran daños o no estén en las condiciones necesarias para su acabado, para poder luego reciclar todas

estas partes de material.

Los rendimientos de estas máquinas adicionales de funcionamiento semiautomático, fueron mejoradas adaptando a las mismas accesorios que permitan el montaje y el desmontaje de las piezas a ser maquinadas de una manera más sencilla y rápida.

2.3 ANALISIS DE LOS COSTOS DE PRODUCCION POR PROCESOS DE FABRICACION

Para el análisis de los costos, vamos a referirnos a los datos y propiedades consignadas en la tabla III.

El primer punto a considerar es el menor consumo de energía debido al menor punto de temperatura de colada de la aleación SC84B, con respecto a las otras dos aleaciones, así como la facilidad de utilizar una sola aleación para los dos tipos de piezas, evitando cambiar la carga de los crisoles, con las aleaciones respectivas, de acuerdo a la pieza a producir.

Con el cambio de las aleaciones Pyral N2 y SC132A por la aleación SC84B, se obtuvo una mejora en el costo de producción de alrededor de un 20%, considerando la reducción del 27% del costo de la materia prima así como un ahorro del 15% en el consumo de combustible para una cantidad específica de aleación.

Considerando que las propiedades tanto mecánicas como físicas de la nueva aleación, prácticamente son iguales a las de las otras aleaciones, no se tuvo ningún problema, ni en la inyección a presión, ni en los procesos de maquinado

de las piezas y tampoco en los pasos de acabado superficial donde la mayor diferencia fue una disminución poco importante del brillo final para los quemadores, ya que los soportes no llevan el abrillantado final.

El hecho de trabajar tres turnos, con dos turnos de muy bajo rendimiento, también incide en el costo de producción de las piezas lo cual justificó la inversión en la segunda máquina inyectora, permitiéndose así, reducir los costos de operación y mejorar el ritmo de la producción.

La fabricación de piezas con un molde de una sola cavidad, limita la producción al número de golpes que por turno de trabajo pueda realizar el operador con su máquina, de tal forma que, considerando la seguridad de la venta de las piezas a fabricar, se deba corregir las matrices o fabricar moldes nuevos con mayor número de cavidades con lo que se aumentaría el número de piezas por turno de trabajo y reduciría el costo de las mismas.

Esta consideración permite adquirir una máquina de mayor capacidad y producir un molde con un mayor número de cavidades, tal como se realizó en el año 1988.

La forma un tanto complicada de las piezas inyectadas actualmente, el costo que en el exterior tendría un molde de las características antes anotadas, de 20.000 ó 30.000 Dólares aproximadamente, y el tiempo que demoraría esa construcción, obliga a conversaciones con el cliente de tal forma que se puedan fabricar piezas más sencillas, en su forma física, pero que cumplan con su función específica, permitiéndose la fabricación incluso local, de moldes de mas de una cavidad.

Además de la producción de las piezas más sencillas, se permitiría el uso de aleaciones de aluminio menos sofisticadas y por lo tanto mas económicas.

Cón la aprobación del cliente y bajo su supervisión, se diseñó un nuevo tipo de quemadores. Los moldes fueron fabricados localmente. Estas piezas recibieron la denominación de "Quemadores Populares o Quemadores Tipo II", cuyos pesos anotamos a continuación:

Quemador UR II 3/4 :	120 Grs.
Quemador R II 3/4 :	86 Grs.
Quemador R II 5/8 :	90 Grs.
Quemador SR II 5/8 :	55 Grs.

El uso de lo que llamamos chatarra de aluminio, que se puede recolectar en el mercado nacional, nos permite, a través de su reciclaje, bajar más aún los costos de producción de los quemadores para cocinas a gas.

CAPITULO III

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

1 INYECCION CON MATERIA PRIMA IMPORTADA

La solución inmediata al problema del alto costo de utilizar dos aleaciones diferentes para los quemadores y los soportes de quemadores, como materia prima, es el de reemplazarlas por una sola que cumpla la función de los dos tipos de piezas y que sea a menor precio.

La aleación Pyral N2, inicialmente utilizada para la inyección a presión de los quemadores de cocinas, es una aleación especialmente preparada, ya que debe cumplir la condición indispensable de resistir a la temperatura y mantener continuamente un buen acabado superficial. Esta aleación se fabricó especialmente en Italia, siendo una composición ternaria de aluminio, manganeso y níquel con un amplio margen de tolerancia ya que tiene también hierro, silicio y cobre. La adición de níquel y manganeso es lo que hace de la aleación muy resistente al calor y le permite tener un exelente brillo superficial.

La aleación SC132A, es una aleación de aluminio mas conocida comercialmente, también es de alto costo y por su composición química permite fluir el metal mas fácilmente dentro de la cavidad del molde, debido a su alto contenido de silicio. Cabe mencionar la forma diferente y mas complicada del soporte con respecto al quemador (ver figura 12), este soporte tiene el ducto por donde circula el gas para llegar hacia el quemador. El silicio le da tambien a las piezas la característica de resistir a las presiones, o dicho mas fácilmente, permite un mejor sello de su estructura, de tal manera que evita el filtrado o escape de líquidos o gases.

Conocidas y analizadas las características y propiedades de las aleaciones utilizadas, podemos decir que otra aleación remplazará a las dos y satisfacerá las condiciones de los dos tipos de piezas a fabricar. Revisando las tablas III y IV, vemos que la aleación SC84B, se ha escogido porque tiene las mismas o mejores propiedades que las dos aleaciones a remplazar, de tal manera que no se pierden las condiciones de las piezas inyectadas.

Vemos que contiene níquel suficiente para hacer a las piezas resistentes al calor, silicio para permitir un flujo libre de metal fundido y la cantidad adecuada de cobre para

TABLA IV

COMPOSICION	PYRAL N 2	SC132A	SC84B
Silicio (Si)	0,7	11,0-12,5	7,5-9,5
Hierro (Fe)	0,5	0,7-1,0	2,0
Cobre (Cu)	0,7	1,75-2,5	3,0-4,0
Magnesio (Mg)	0,03	0,3	0,1
Manganeso (Mn)	1,9-2,1	0,5	0,5
Niquel (Ni)	1,9-2,1	-	0,5
Zinc (Zn)	0,1	1,4	3,0
Titania (Ti)	0,1-0,2	0,2	-
Estaño (Sn)	-	0,1	0,35
Otros	0,05	0,1	-
Total Otros	0,3	2,2	0,5
Resto	Al.	Al.	Al.

COMPOSICION QUIMICA DE LAS ALEACIONES
 DE ALUMINIO PARA FABRICACION DE QUEMADORES
 Y SOPORTES PARA COCINAS A GAS.

obtener una buena resistencia y dureza del material.

Todo lo anteriormente anotado nos hace concluir que las condiciones para la inyección a presión en la máquina no van a variar para esta aleación, de tal manera que tanto los diámetros de los cilindros y pistones en los sistemas de inyección, así como las presiones y velocidades de inyección, las podemos mantener en los mismos rangos que para las anteriores aleaciones, esto es, que para una caída de presión de aproximadamente 45 Kgs/Cm². en la camisa de inyección tendremos una velocidad desde 1,0 hasta 10 metros por segundo de flujo de material fundido para los diferentes diámetros de cilindros y pistones de inyección, considerando que el tiempo de llenado de la cavidad del molde para obtener piezas de buena calidad debe ser entre 0,02 y 0,10 segundos.

Esta aleación SC84B es comercialmente conocida y fabricada por lo cual no tendremos problemas de abastecimiento y se puede esperar que las variaciones de los precios serán mucho menores y para mas largos plazos que para las anteriores aleaciones.

Unicamente continuamos con el problema de los tramites, el tiempo y el costo de importar materias primas de este tipo.

2 INYECCION CON MATERIA PRIMA COMPRADA LOCALMENTE Y COMBINANDO ESTA CON MATERIA PRIMA IMPORTADA

Las fábricas que en el Ecuador procesan aluminio para diferentes productos, dejan desechos de material, con el cual, según el caso de cada fábrica, lo venden en el estado que queda o funden esos desechos haciéndolos lingotes.

Todo este material y adicionalmente, todo lo que se puede recojer en talleres automotrices, de motores fuera de borda, embarcaciones, ollas y material menudo, es comercializado por personal que trabaja con este tipo de chatarra.

El lingote obtenido por el reciclaje de la chatarra que se puede adquirir, tiene un costo que va del 25 al 46% del valor de la materia prima importada en forma de lingotes.

Todo el aluminio conseguido, inicialmente se lo fundió en el crisol que está junto a la máquina de inyección para utilizarlo directamente. Para producir lingotes, se fundió toda la chatarra, en un crisol de hierro fundido, y se utilizaron escoriantes para ayudar a separar las impurezas.

Se realizaron los análisis químicos de los lingotes, obtenidos en el crisol de hierro fundido, cuyos resultados

se anotan en la tabla V.

Los quemadores y los soportes de quemador fabricados con ésta chatarra de aluminio, por inyección a presión, no resultaron eficientes tanto por el mal rendimiento en la fundición del crisol junto a la máquina, como por el bajo rendimiento en el proceso de inyección y la deficiente calidad de las piezas terminadas.

Se clasificó los diferentes tipos de chatarra como "Material Pesado" y "Material Liviano"; como material pesado se designó a los pistones de motores de combustión interna, carcazas de cajas de cambios, cabezotes de motores, partes de aviones y en general todo material que tenga un espesor mayor a 2,0mm.

Todo este material se funde en el horno de hierro fundido con la ayuda de escoriantes con lo que se obtiene lingotes en los que se pierde entre un 12 al 15% en peso de aluminio, considerando que bastante material de este tipo viene con partes de hierro o acero en su interior, que en lo posible son separados antes de fundirse o se los retira cuando el aluminio se ha fundido en el crisol.

El material "Liviano" esta conformado por latas de bebidas gaseosas, planchas perforadas, ollas, etc. de los cuales una vez fundidos en el crisol, producen mucha escoria por lo que se llega a perder hasta un 40% en peso de aluminio.

De toda esta chatarra fundida se hacen lingotes de 3 a 5 kilogramos de peso y se solidifica el metal liquido en lingoteras hechas de tuberia de hierro, tal como se puede apreciar en la figura No. 19.

Debido al bajo rendimiento obtenido utilizando únicamente chatarra para la inyección de las piezas, se combinó ésta con materia prima virgen (aleación SC84B) haciendo diferentes pruebas, hasta conseguir con un 65% de chatarra en base a pistones y 35% de aleación importada, buenos resultados tanto en la inyección como en las piezas terminadas.

Con los lingotes hechos a partir de material "Liviano", se pudo combinar máximo un 25% de ésta con la materia prima importada.



Figura No. 19

Lingoteras fabricadas de tuberia de hierro
para la producci3n de lingotes de aluminio.

3 MODIFICACION DE LOS DISEÑOS DE LOS QUEMADORES Y EMPLEO DE MEZCLAS DE MATERIAS PRIMAS

Otra alternativa para bajar el costo de las piezas así como el uso de materias primas económicas, es el cambio de los diseños de las piezas a inyectar.

Para ello hubo que revisar con el cliente la utilización de los quemadores y se halló una forma mas sencilla de quemador que incluso reemplaza el uso del soporte del quemador por una pieza mas económica.

En base a los dibujos entregados por el cliente, se fabricaron 4 tipos nuevos de quemadores (un UR, dos R y un SR) tal como se los puede apreciar en la figura No. 20, cuyo costo, inyectando las piezas con chatarras de aluminio, es el 30% del costo de los otros 4 quemadores.

Para la inyección de estas piezas se trabajó en dos etapas, en la primera se fabricaron nuevas matrices con las formas adecuadas y que trabajen en los mismos portamoldes anteriores; fabricando las matrices localmente, con los aceros adecuados para este tipo de proceso.

Para diferenciar los dos tipos de quemador a los del nuevo diseño se los llamó Populares (URII; RII y SRII) y a los anteriores se los llamó De Lujo.

Aprovechando la capacidad actual instalada, de tres inyectoras de cámara fría que incluye una máquina de 150 Tons. se fabricó un molde de 4 cavidades para los 4 quemadores populares.

Con este molde se logró inyectar un mayor número de piezas por turno de trabajo, lo que nos deja capacidad libre para fabricar otros tipos de piezas.

Además para este tipo de quemadores populares en ocho pasos o procesos de producción se obtienen los productos terminados en lugar de los 22 necesarios anteriormente para los quemadores con soporte, como podemos observar en el diagrama de flujo de la figura No. 21.

Diagrama de Flujo No. 21

Juego de piezas de quemador popular
en URII, RII y SRII

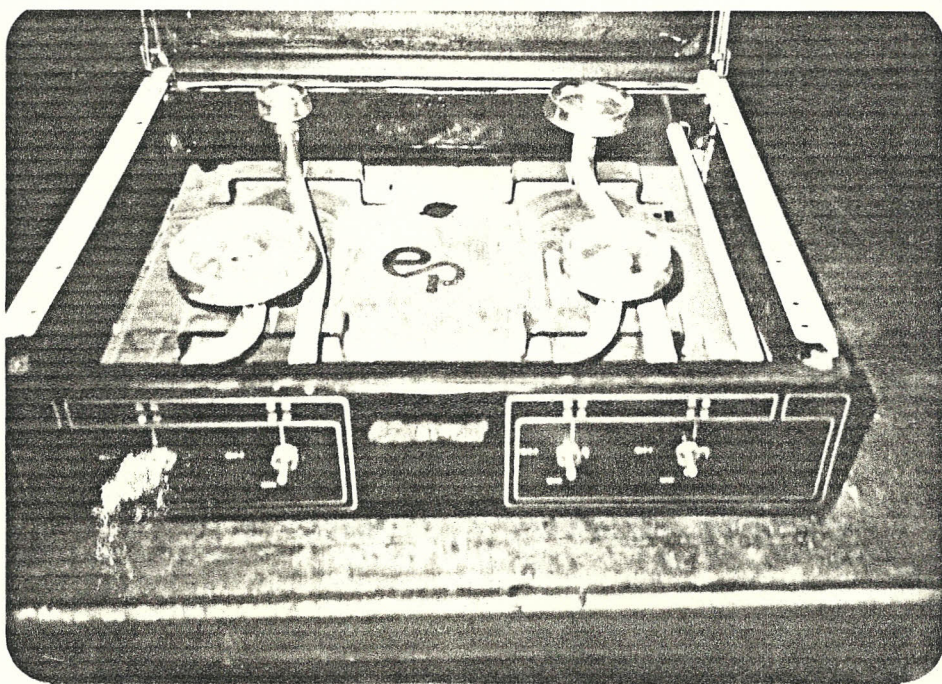


Figura No. 20

Juego de quemadores del tipo popular
ún URII, dos RII y ún SRII.

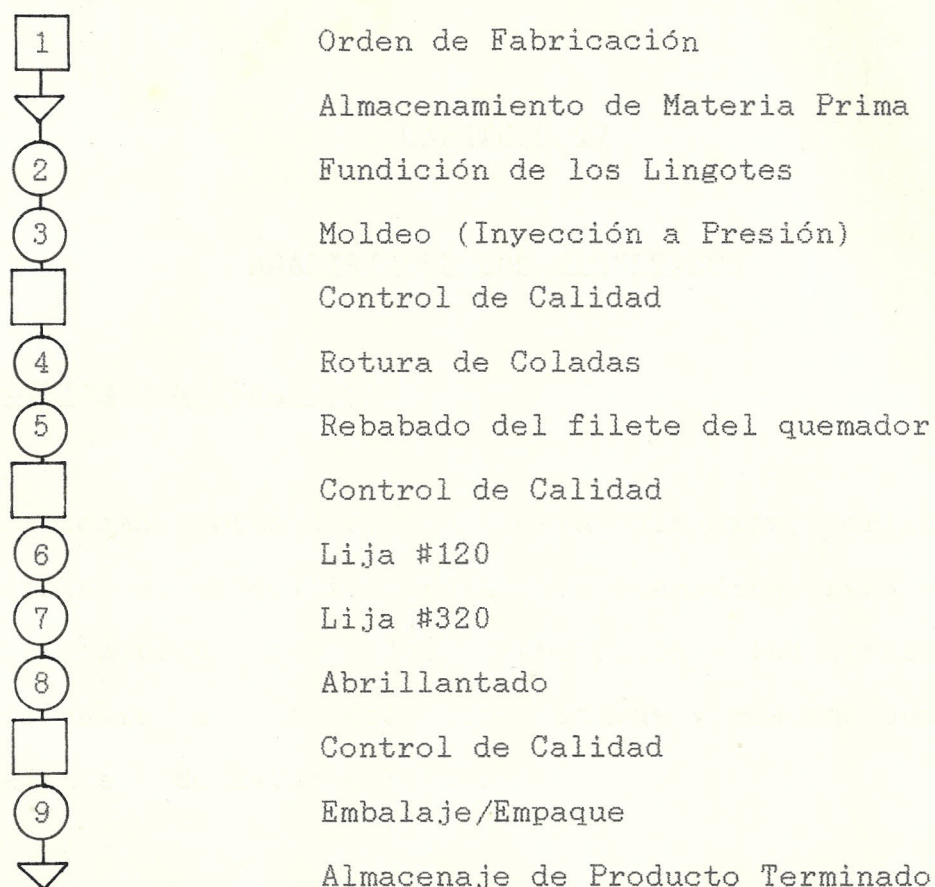


Figura No. 21

Diagrama de flujo para la obtención de un quemador del tipo popular, completamente terminado.

CAPITULO IV

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

1 INYECCION CON PYRAL N2

Las piezas obtenidas con esta aleación, originalmente italiana y específica para los quemadores para cocinas a gas, cumplen con los requisitos indispensables de resistencia a elevadas temperaturas y acabado superficial excelente y de larga duración.

La textura superficial que se logra con la inyección es totalmente lisa por lo que no hay rebabas o filos cortantes que molesten al manejo manual de las piezas.

Esta aleación se comenzó a utilizar en la máquina pequeña de 40 tons. de fuerza de cierre, considerando que la pieza de mayor tamaño pesa 105 gramos, sin tomar en cuenta los exesos que salen en la inyección, tales como canales de coladas o canales de escapes de gases, teóricamente no habría problemas en la inyección, pero se lograban los siguientes rendimientos en un turno de ocho horas de trabajo:

Quemadores UR: 400 Unidades

Quemadores R : 800 Unidades

Quemadores SR: 1000 Unidades

Con las siguientes condiciones de la máquina de inyección:

Presión de cierre de las caras : 90 Kgs/Cm².

Presión de Inyección (1era. etapa): 14 Kgs/Cm².

Presión de Inyección (2da. etapa) : 50 Kgs/Cm².

Temperatura de las caras del molde: 200 C.

Hay que anotar que la parte fija del molde que va sujeta junto con la camisa o cilindro de inyección, está a una mayor temperatura que la parte móvil, por lo que hay que conseguir un mayor enfriamiento en esta parte.

La aleación SC132A que se utilizó para los soportes de quemador, cuyas piezas, no necesitan de un acabado superficial, tienen al igual que los quemadores con la otra aleación una textura perfectamente lisa, pero necesitan en la inyección la característica de fluidez para llenar perfectamente la cavidad mas complicada del molde.

Injectados también en la máquina de 40 tons. se obtuvieron los siguientes rendimientos por turno de ocho horas y en las mismas condiciones que para los quemadores:

Soportes de Quemador UR, R, SR o PSC : 1000-1100 Unidades.

4.2 INYECCION CON SC84B

Esta aleación proporciona la mejor combinación entre calidad y costo, permitiendo una buena fluidez para la conformación de los soportes de quemador así como un grado de brillantez adecuado, sin ser excelente, para los quemadores.

El buen rendimiento de ésta aleación permitió adquirir la segunda máquina de inyección de mayor capacidad, tanto en fuerza como en volumen del metal líquido, lo cual nos permitió separar la producción, dejando los quemadores para la máquina nueva y los soportes en la mas pequeña, de forma que, como ya se dijo antes, en solo dos turnos se cubrió la demanda actual de piezas.

Los rendimientos obtenidos para un turno de ocho horas de trabajo de inyección, son los siguientes:

	40 Tons.	180 Tons.
Quemadores UR	-	800
Quemadores R	-	1000
Quemadores SR	-	1300
Soportes de Quemador	1600	

Se puede notar que con un trabajo continuo, con un solo tipo de producto, en cada máquina incluso se mejoraron los rendimientos de la producción.

Las condiciones de inyección en que se lograron los resultados anotados fueron las siguientes:

	40 Tons.	180 Tons.
Presión de cierre	90 Kgs/Cm ² .	75 Kgs/Cm ² .
Presión inyección (1era.):	14 Kgs/Cm ² .	14 Kgs/Cm ² .
Presión inyección (2da.):	50 Kgs/Cm ² .	55 Kgs/Cm ² .
Temperatura molde	200 C.	200-250 C.

3 INYECCION CON CHATARRA DE ALUMINIO

Ya se explicó anteriormente que las pruebas realizadas con chatarra en general, mezclada y alimentada directamente a los crisoles para la inyección no dieron buenos resultados, por lo que hubo que clasificar las chatarras y observar su composición química (ver tabla V), donde se pudo ver el alto grado de impurezas, contenidas en estas chatarras.

Refundiendo las chatarras independientemente y haciendo lingotes para luego alimentar los crisoles de las máquinas tampoco nos dió un resultado aceptable para los quemadores del tipo de Lujo, pero si se lograron resultados con los quemadores del tipo Popular, cuya forma es mas sencilla y sus espesores mas uniformes.

Las condiciones en que se lograron estos resultados, trabajando con la máquina de 180 Tons., para los quemadores del tipo popular fueron las siguientes:

Presión de Cierre de las caras	:	70 Kgs/Cm ² .
Presión de inyección (1era. etapa)	:	14 Kgs/Cm ² .
Presión de inyección (2da. etapa)	:	40 Kgs/Cm ² .
Temperatura de los moldes	:	150-200 C

En este caso hubo que mantener a menor temperatura las caras del molde para evitar que, luego de la inyección, se peguen las piezas en la cavidad del molde, aún considerando que existe hierro en la chatarra, siendo éste metal el que ayuda a que la pieza no se pegue en la matriz.

Los rendimientos obtenidos, para los quemadores del tipo popular, en las condiciones anotadas, siempre para ocho horas de trabajo fueron los siguientes:

	40 Tons.	180 Tons.
Quemador UR II (Unds.) :	-	1100-1200
Quemador R II (") :	-	1100-1300
Quemador SR II (") :	1300-1600	-

Claramente podemos observar el mejor rendimiento en la producción de los quemadores del tipo popular, con respecto a los del tipo de lujo, para la inyección con chatarras de aluminio.

Las condiciones para la inyección, en la máquina de 40 Tons., para los quemadores SR II, que son los mas pequeños, son las mismas que para la inyección de los soportes de

quemador, con las anteriores aleaciones. Y siendo mas pesado, este quemador, que cualquiera de los soportes, por su forma mas sencilla, se logra un mejor rendimiento.

Debemos mencionar que el acabado superficial de las piezas inyectadas con estas chatarras, siendo bueno es en menor grado que con las otras aleaciones, en su brillo, el cual es durable, como en su textura.

Todos los resultados anteriormente anotados son para los moldes de una sola cavidad tanto en quemadores de lujo como en los populares.

Con la máquina de 150 Tons. con capacidad de hasta 2000 gramos de aluminio fundido, se inyectaron piezas del tipo popular con un solo molde de cuatro cavidades, es decir un Q-UR II, dos Q-R II y un Q-SR II. Los rendimientos de producción con este molde estuvieron entre 300 y 350 golpes de inyección en 8 horas de trabajo lo que significa entre 1200 y 1400 piezas en ocho horas de trabajo. En este caso las condiciones de trabajo de la máquina fueron las siguientes:

Presión de cierre de las caras : 90 Kgs/Cm².

Presión de inyección (1era. etapa): 20 Kgs/Cm².

Presión de inyección (2da. etapa) : 70 Kgs/Cm2.

Temperatura de las caras del molde: 150-200 C.

En esta parte hay que anotar que se llegó a estos resultados despues de múltiples pruebas y calibraciones y aún asi el porcentaje de piezas defectuosas con este molde de cuatro cavidades e inyectando solo chatarra de aluminio llega hasta un 20% lo que nos baja el ritmo de producción a 240 golpes (960 unidades).

INYECCION CONCHA DE 100 LITROS
OUTBACK DE LITROS CHATARRAS 14
ALUMINIO A TRAVES DEL PROCESO DE 10-
300000 (Realizada con
equipo de 100 Litros, mod. 1000)

TABLA V

COMPOSICION	PISTONES	"MAT. PESADO"	"MAT. LIVIANO"
Silicio (Si)	14,78	12,09	7,39
Hierro (Fe)	1,18	1,14	0,66
Cobre (Cu)	2,65	2,84	1,24
Magnesio (Mg)	0,36	0,61	0,14
Manganeso (Mn)	0,07	0,08	0,03
Níquel (Ni)	0,32	0,48	0,06
Zinc (Zn)	3,35	2,18	21,70
Estaño (Sn)	2,03	0,23	0,29
Insolubles	7,53	14,00	19,93
Aluminio (Al)	67,73	66,21	48,62

COMPOSICION QUIMICA DE LOS LINGOTES
 OBTENIDOS DE DIFERENTES CHATARRAS DE
 ALUMINIO; A TRAVEZ DEL PROCESO DE AB-
 SORCION ATOMICA. (Realizada con un
 equipo "Perkin Elmer, mod.:4000").

4.4 INYECCION CON MEZCLAS DE ALEACIONES Y CHATARRAS

Para los quemadores de lujo se realizaron pruebas mezclando parte de los lingotes clasificados y la materia prima virgen obteniendo tanto en quemadores como en soporte de quemadores los siguientes resultados:

	SC84B	CHATARRA	180 TONS.	40 TONS.
Q-UR	35%	65%	1000	-
Q-R	35%	65%	1200	-
Q-SR	35%	65%	-	1500
SQ-UR, R, SR, PSC	40%	60%	-	1600

Las condiciones de operación de la máquina fueron la siguientes:

	180 TONS.	40 TONS.
Presión de cierre de las caras:	75 Kgs/Cm ² .	90 Kgs/Cm ² .
Presión de inyección (1era. etapa):	14 Kgs/Cm ² .	14 Kgs/Cm ² .
Presión de inyección (2da. etapa) :	55 Kgs/Cm ² .	50 Kgs/Cm ² .
Temperaturas de las caras del molde:	200 C	200 C

El acabado obtenido para estas piezas tienen buen brillo y es durable. El de los soportes de quemadores se mantiene un buen ritmo de inyección con piezas que estan bien conformadas y el porcentaje de piezas malas llega a un 3%.

4.5 PRUEBAS Y CONTROLES EFECTUADOS

La finalidad del presente informe es demostrar que el reciclaje de aleaciones de aluminio y chatarra de aluminio para la inyección a presión es factible.

Para la realización de las pruebas se utilizaron los equipos que tenemos y que se fueron adquiriendo en la fábrica; un crisol de hierro fundido y los crisoles de carburo de silicio que van con las máquinas de inyección.

Las pruebas se realizaron durante la producción normal. Se comenzó refundiendo la chatarra directamente en los crisoles de carburo de silicio, y luego en el crisol de hierro fundido.

El factor principal en el horno de hierro fundido, es el control de la temperatura de fusión, además hay que controlar el flujo constante de llama por debajo del crisol de tal forma que no se concentre calor en puntos específicos del mismo; en la figura 22 podemos apreciar la forma del crisol para la fundición.

Se llegó a refundir 500 kgs. de chatarra de aluminio, en las ocho horas corridas de trabajo, con un consumo de 23 galones de combustible durante ése tiempo. Para lograr éste rendimiento hubo que tener a las ocho horas, el crisol con material completamente fundido, para escoriarlo y recojerlo.

Chisones de Descarga de gases

Abertura para

Quemador de Gasol



Vista Lateral

Figura No. 22

Diagrama del horno de fundición de chatarra de aluminio, para la obtención de lingotes.

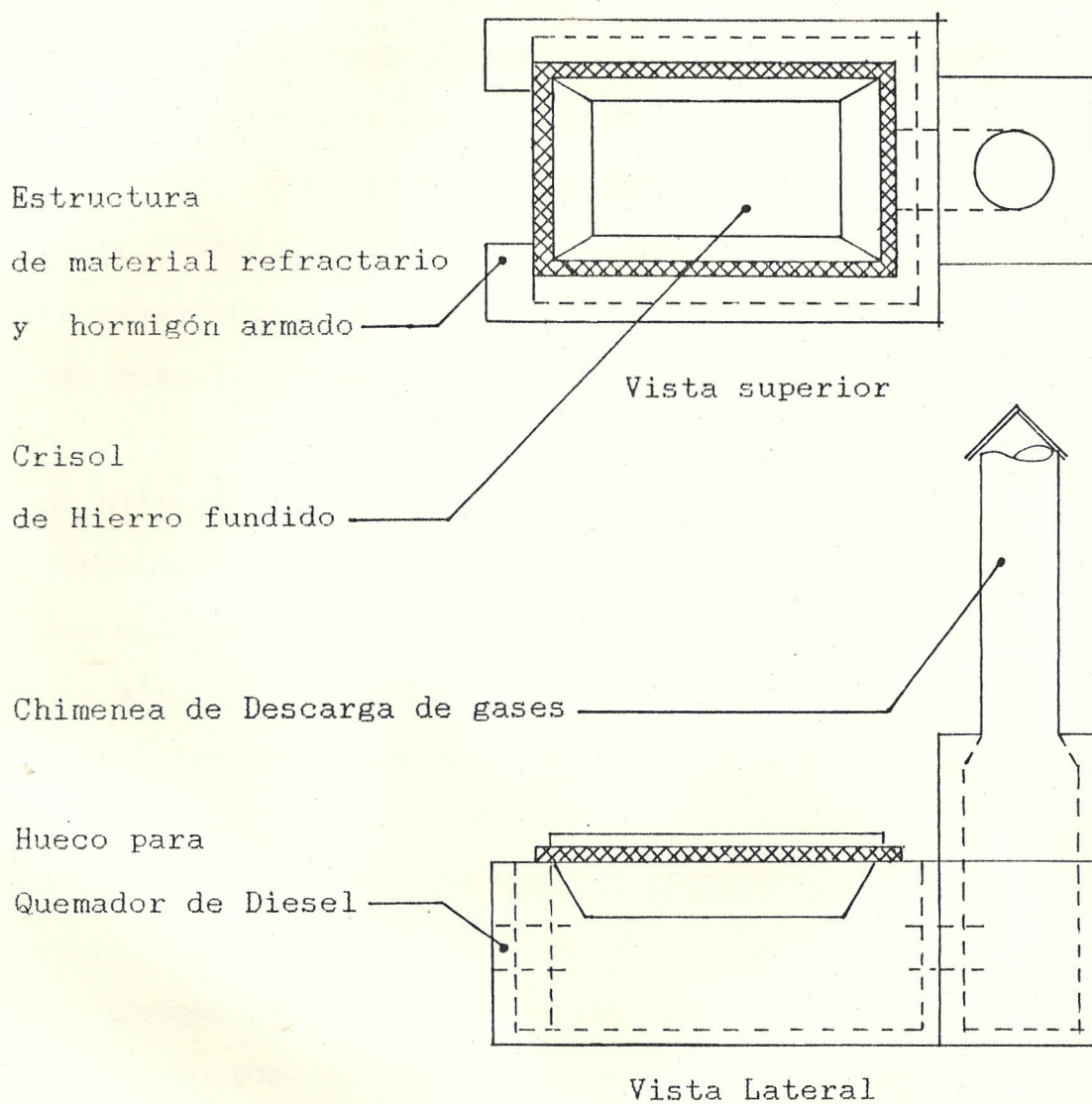


Figura No. 22

Diagrama del horno de fundición de chatarra de aluminio, para la obtención de lingotes.

Además de los parámetros anotados en capítulos anteriores, como condiciones de trabajo de las máquinas, se controlaron los pesos de lingotes reciclados a utilizar durante el día, la cantidad de excesos obtenidos de las piezas mismas, la cantidad de cenizas obtenidas durante las escoriaciones y el tiempo completo de un ciclo de operación. Factor importante es el estado de limpieza tanto del molde como de la máquina así como la habilidad del operador al realizar su trabajo.

Se alimentó a las tres máquinas con los diferentes tipos de aleaciones y con los lingotes de chatarra, se intercambiaron los moldes entre las máquinas y se obtuvieron los resultados anotados en páginas anteriores en las condiciones oportunamente anotadas.

4.6 AJUSTES Y MEJORAS AL PROCESO DE INYECCION

El sistema de inyección de las máquinas de cámara fría está compuesto por el cucharón de alimentación, la camisa o cilindro donde se vierte el metal líquido y el émbolo o pistón de inyección el cual empuja el metal hacia la cavidad del molde (ver figuras 15 a 18). El cucharón es un elemento fabricado ya sea de carburo de silicio, ya sea de hierro fundido, ya sea de tubería de hierro reforzada. La

camisa o cilindro es fabricada de un acero especial de norma H-13, luego de confeccionada pasa por un proceso de temple y es finalmente rectificadas a las medidas exactamente deseadas. El émbolo o pistón, puede ser fabricado del mismo acero de la camisa o también de hierro fundido, lo cual evita el rápido deterioro del interior del cilindro de alimentación. Los mejores resultados se obtuvieron con la camisa de acero, el pistón de hierro fundido y el cucharón de alimentación de hierro fundido. La fuerte agresividad del aluminio sobre estas partes las desgasta con asombrosa rapidez, por lo que resulta mejor tener los pistones de hierro fundido como repuesto, en lugar de acero que además de desgastarse deterioran también a la camisa.

Se mejoró considerablemente la velocidad del ciclo de inyección, alimentando un poco más del material necesario para llenar las cavidades del molde incluidos los canales de salidas de gases y las coladas, consiguiendo también una mejor compactación. Se disminuyó la carrera de la segunda etapa de inyección, es decir la de alta velocidad, con lo que la máquina sufre en menor intensidad el golpe de la inyección.

Con la chatarra reciclada, se disminuyó los tiempos de solidificación aumentando el flujo de agua del sistema de enfriamiento de las caras del molde.

4.7 RESULTADOS FINALES

El objetivo principal del presente trabajo era el bajar los costos de los quemadores utilizando materias primas mas baratas.

Los datos obtenidos nos muestran que se lograron buenos resultados tanto en el costo de las piezas como en el rendimiento de las máquinas, lo cual mejora aún mas el valor de las piezas terminadas.

En primer lugar se consiguió una materia prima, importada, un 27% mas barata que la original, para los quemadores y un 13% mejor para los soportes de los quemadores añadiendo a esto el menor consumo de combustible, de alrededor del 15%, se logró bajar el precio de las piezas terminadas en un 20%.

Cambiando el diseño de las piezas y utilizando chatarra de aluminio reciclada, se disminuyó el costo de las piezas, siendo ya otro tipo de quemadores, cumpliendo la misma

función que los anteriores del modelo de lujo.

Anotamos a continuación en forma de tabla la comparación de precios entre los quemadores de lujo, fabricados con mezcla de materia prima importada y chatarra reciclada, con el precio de los quemadores del tipo popular, fabricados únicamente con chatarra de aluminio reciclada:

	De Lujo	Popular	% Diferencia
	(S/.)	(S/.)	
Quemador UR	429,00	310,00	38,39
Quemador R	308,00	253,00	21,74
Quemador SR	275,00	184,00	49,46

Considerando que un juego de quemadores lo componen un UR, dos R y un SR, el valor del juego de quemadores de lujo es un 32% mas costoso que un juego de quemadores populares y si tomamos en cuenta que un juego de quemadores de lujo tiene 51 gramos menos de material que un juego de los quemadores populares, tenemos otra vez a los quemadores de lujo a un 57% mas caros que los populares; es decir, S/. 4,4/gr. del de lujo, contra S/. 2,5/gr. del popular.

Considerando el alto grado de impurezas que presentan los lingotes de chatarra de aluminio reciclado; tal como se puede observar en la tabla V; se realizaron las pruebas de control de calidad de los productos terminados, controlando las propiedades y características del material y la función y el comportamiento de los quemadores en el uso, observando una pequeña disminución de las propiedades del material; lo cual se debe tanto a las impurezas del material a reciclar como al sistema utilizado para el colado del caldo en las lingoteras; lo que no influye en el comportamiento de las piezas como un sistema eficiente de combustión para una cocina de gas.

La planta

El reciclaje de la chatarra de aluminio es un proceso bastante sencillo que no requiere personal especializado ya que únicamente se debe controlar el peso de chatarra que se alimenta, la temperatura de la colada, las cantidades de escoriantes a utilizar para facilitar la separación de las impurezas y pesar los lingotes a final de la operación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez obtenidos los resultados del presente trabajo y realizados los análisis pertinentes podemos anotar las siguientes conclusiones:

- Reciclando aleaciones de aluminio podemos obtener piezas con similares características por el proceso de inyección a presión.
- No se necesitan inversiones para el reciclaje de las aleaciones, ya que se puede realizar con los mismos equipos de la planta.
- El costo de reciclar chatarra de aluminio para obtener lingotes es menor que los lingotes de aleaciones importados.
- Se crean fuentes de trabajo locales al tener proveedores de chatarras de aluminio de diferentes tipos.
- Piezas con diseños mas sencillos facilitan la inyección a presión con chatarra de aluminio reciclada y aumentan el rendimiento de la producción.

Las piezas fabricadas con Chatarra de aluminio reciclada presentan buena maquinabilidad y un muy buen acabado superficial, el cual es duradero.

La agresividad de las aleaciones de aluminio reciclado sobre las partes de acero de las máquinas es mayor.

Como recomendaciones generales al finalizar este trabajo demos anotar las siguientes:

Se debe clasificar cuidadosamente la chatarra de aluminio, por el tipo de chatarra como por su estado de limpieza (debe estar sin suciedades o impurezas).

Se debe preparar los escoriantes justo antes de añadirlos al caldo de chatarras.

Proponer un estudio para mejorar el sistema de fundición de las chatarras de aluminio.

Proponer un estudio para mejorar la calidad de las matrices que se fabrican para inyección a presión, así como de las partes que conforman el sistema de alimentación del metal fundido a la matriz.

Se recomienda buscar nuevos productos para este tipo de proceso y este tipo de materias primas, para cubrir la capacidad instalada de máquinas de Inyección a Presión.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Die-Cast
metals light metals and alloys (Including electric
conductors), 1967, Book No. 6.

AMERICAN SOCIETY FOR METALS, Atlas for microstructures
of Industrial Alloys, Edición de 1973, Volumen 7.

DIE CASTING HANDBOOK, By the Society of Die Casting En-
gineers Inc., E.A. Hermann, Edición de 1982.

AN INTRODUCTION TO DIE CASTING, American Die Casting
Institute Inc., By Die Casting Research Foundation Inc.,
Edición de 1977.

BRITISH STANDARTDS 1004, 1955; Zinc Alloys for Die Cas-
ting and Zinc Alloys Die Casting; by British Standartds
Institution.

THE DIECASTING BOOK, by Arthur C. Street, Segunda Edi-
ción, 1977. Publicado por Portcullis press Ltd., Ing-
laterra.

- 7.- FUNDICION A PRESION DE METALES NO FERROSOS (FUNDICION POR INYECCION) de Andrés Biederman, primera edición, 1952, editora José Montesó, Buenos Aires, Paraná 480.
- 8.- INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA, de Avner S.H.; McGraw-Hill, México 1975.
- 9.- STANDART HANDBOOK FOR MECHANICAL ENGINEERS, OF MARKS; by Theodore Baumeister, Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III; Octava edición, McGraw-Hill.
- 10.-USE AND CARE OF CRUCIBLES, by Crucible Institute Inc. New Jersey, N.J.
- 11.- ALEACIONES NO FERROSAS, de Errebé S.A., Buenos Aires Argentina. Folleto de instrucciones para aleaciones no ferrosas.
- 12.- "REICLAJE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE ALEACIONES NORMALIZADAS DE ZN-AL"; Tesis de Grado del Ing. Ernesto Martinez L.; ESPOL-1983