

24/16



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ASPECTOS GENERALES DE UNA PLANTA DE
FUNDICION RECICLADORA DE CHATARRA DE
ALUMINIO



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

Que para obtener el Título de
Ingeniero Químico Metalúrgico
P r e s e n t a

Daniel Eulalio Zárate Figueroa



México, D. F.



1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

- I. INTRODUCCION.
- II. FUSION DE METALES EN HORNOS DE CRISOL.
 - 1. Antecedentes.
 - 2. Consideraciones acerca de su diseño.
 - 3. Consideraciones prácticas de funcionamiento.
 - 4. Consideraciones acerca de su manejo.
 - 5. Herramientas y su conservación.
 - 6. Cálculo del aire teórico y práctico para el combustible diesel.
- III. COLADA EN ARENA DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.
 - 1. Consideraciones prácticas.
 - 2. Arenas para la fundición de aluminio.
 - 3. Propiedades de las arenas de moldeo.
 - 4. Características de las arenas de moldeo.
 - 5. Método para determinar la distribución de granos.
 - 6. Determinación de la cantidad de arcilla y humedad.
 - 7. Métodos para determinar la permeabilidad y la resistencia a la compresión.
 - 8. La bentonita como componente en las arenas de moldeo.
 - 9. Proceso de recuperación de arenas.
 - 10. Características de una mezcla de arena para moldeo en verde.
 - 11. Proceso de mezclado de arena.
 - 12. Influencia de los aditivos en las arenas de moldeo.
 - 13. Técnicas de mazarotaje y enfriamiento.
 - 14. Técnica de vaciado.
 - 15. Defectos de las piezas coladas en arena. Causas y posibles soluciones.

- IV. COLADA EN MOLDE PERMANENTE DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.
 - 1. Molde permanente.
 - 2. Factores que influyen para seleccionar el molde permanente.
 - 3. Diseño de las piezas a colar.
 - 4. Diseño de la cavidad del molde.
 - 5. Consideraciones para los respiraderos.
 - 6. Alimentación de las piezas coladas.
 - 7. Factores de diseño del molde.
 - 8. Ciclo de colada.
 - 9. Defectos de las piezas coladas en molde - permanente. Causas y posibles soluciones.

- V. CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA PLANTA RECICLADORA DE CHATARRA DE ALUMINIO.
 - 1. Localización de una planta.
 - 2. Factores que influyen en la localización.
 - 3. Distribución de la planta.
 - 4. Instalaciones.
 - 5. Herramienta y equipo.
 - 6. Abastecimiento de materia prima.
 - 7. Precios de los materiales para preparar una aleación de aluminio.
 - 8. Análisis de la materia prima.
 - 9. Balance de materiales.
 - 10. Elección del tipo de sociedad.
 - 11. Organización técnica y administrativa.

- VI. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA FUNDICION DE ALUMINIO.
 - 1. Descripción del proceso.
 - 2. Riesgos de accidente.
 - 3. Equipo de protección personal.
 - 4. Equipo de protección industrial.

- VII. COSTO DE LA INSTALACION.
 - 1. Inversión fija y capital de trabajo.
 - 2. Monto de la inversión.

- VIII. CONCLUSIONES.

I N T R O D U C C I O N

El consumo de aluminio por habitante en la República Mexicana va rió de 1.7 kg por habitante en 1973 hasta 3.5 kg en 1986, sin embargo, - el promedio anual mundial por habitante fue de 6.8 kg. De aquí que se - pueda considerar que el consumo nacional es muy bajo y si esto se compa- ra con el consumo de 28.7 kg de los países más industrializados, el con- sumo nacional resulta ser todavía mucho más bajo. Por estas razones se - puede esperar que en los años futuros el consumo de Al en el país sea ma yor o igual que el promedio mundial y que éste no pueda igualarse con el de los países desarrollados (durante mucho tiempo).

Por lo anteriormente expuesto se dice que la producción en ofer- ta se incrementa en relación directa con el crecimiento de la población (año con año). Los satisfactores se incrementan y como consecuencia de - ello se hace necesario aumentar los volúmenes de producción para satisfa cer los consumos requeridos por la demanda de productos de aluminio.

Esto pudiera ser halagador, pero desafortunadamente en nuestro país, que es tan rico en casi todos los materiales, se carecen de yaci- mientos de bauxita por lo que en consecuencia no se tiene la materia prí ma a procesar para obtener el aluminio necesario del mercado nacional.

Solamente existe una planta de producción de lingote de aluminio de primera fusión localizada en el estado de Veracruz y su producción - anual no es suficiente para satisfacer el mercado interno.

La insuficiencia de materia prima de primera fusión, hace pensar en desarrollar una planta recicladora de varios tipos de chatarras tales como desperdicios y objetos de aluminio para fabricar el lingote de se- gunda fusión. Estas aleaciones son ampliamente utilizadas en los distin- tos procesos de fundición de partes automotrices y piezas en general. Además, éstas se rigen por las mismas normas específicas de calidad que el aluminio de primera fusión.

Como resultado de los antecedentes mencionados, es indispensable, en estos momentos la creación de la planta recicladora de chatarra, desperdicios y equipos obsoletos de aluminio existentes en nuestro país a efecto de cubrir las necesidades futuras de la demanda nacional, como se --
expondrá en los capítulos siguientes.

DISPONEMOS DE UN METAL TAN RESISTENTE COMO EL FIERRO, INALTERABLE COMO EL ORO, CON LA CONDUCTIVIDAD CERCANA A LA DEL COBRE, MAS LIGERO QUE EL VIDRIO, MAS ABUNDANTE QUE LA PLATA, HAGAMOS PUES CON EL NUESTRA NAVE; - ASI SE EXPRESO JULIO VERNE, EN SU LIBRO DE LA TIERRA A LA LUNA, REFIRIENDOSE AL ELEMENTO METALICO QUE TODOS CONOCEMOS.

EL ALUMINIO

- II -

FUSION DE METALES EN HORNOS DE CRISOL

1. Antecedentes.

El proceso de refusión de metales en crisol es uno de los más antiguos y sencillos. Se emplea generalmente en la fusión de metales no ferrosos. Su aplicación se debe a dos causas:

- a) a la facilidad de control y manejo.
- b) a que el costo de inversión para montar el equipo es económico.

Los hornos de crisol se suelen dividir en dos clases y esta se hace dependiendo de como se cuele el metal líquido contenido en los crisoles:

- a) hornos estáticos.
- b) hornos basculantes.

a)- En este tipo de hornos, los crisoles están totalmente dentro de la cámara de horno. Por lo que los gases de combustión no están en contacto con el metal líquido. De aquí que se evite la contaminación con el gas (SO_2 , H_2O , CO_2 y O_2) y la forma de extraer el metal líquido es a base de cuchareo.

b)- Los hornos basculantes de crisol fijo, son muy parecidos en su diseño al anterior. La sujeción del crisol y su estructura son equivalentes, la excepción es el mecanismo basculante que este tiene para verter el metal líquido, el cual se transfiere a la cuchara de la colada por basculamiento del horno; operación que debe realizarse cuidadosamente, para reducir al mínimo la turbulencia y los efectos dañinos del metal líquido que cae en cascada dentro de la cuchara. Si esto se hace en forma inadecuada puede absorberse gas y también formarse una cantidad de escoria considerable.

Existen fundiciones que usan los hornos tipo estático y basculante al mismo tiempo, ya que en el horno basculante funden el metal y cuando éste ha alcanzado su temperatura de vaciado, lo pasan por medio de una

cuchara con la misma capacidad nominal del horno basculante al horno estático. La mayoría de las veces el horno estático se usa para dar el tratamiento de desgasificación y limpiado al metal líquido; y de éste se procede a vaciar en cucharas más pequeñas a los moldes. Los moldes pueden ser de arena y la introducción del metal en estos puede ser por efecto de la gravedad o a presión.

Los hornos de crisol pueden calentarse por efecto de la combustión de aceite o gas, y el crisol descansa en un soporte refractario. Este tipo de hornos no necesita caja de vientos, ya que el hueco entre la pared de ladrillos refractarios y el crisol le sirven como conductores de flama. (Ver Apéndice I).

En los hornos de gas hay que tomar precauciones para evitar explosiones, especialmente durante el encendido inicial. Debe evitarse la acumulación de mezclas explosivas de gases no quemados, lo cual se evita mediante dispositivos de alarma y seguridad para el caso en que la flama se apague.

2. Consideraciones acerca de su diseño.

El diseño en sí de un horno de crisol no es muy complicado, sin embargo, debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a)- Volumen de metal a fundir: Para este efecto, existen tablas de diferentes proveedores de crisoles, que permiten determinar el tamaño del crisol para el volumen de metal a fundir.
- b)- Temperatura de fusión del metal: Este tipo de hornos se diseñan para fundir Aluminio y sus aleaciones requiriéndose temperaturas hasta de 700°C. Para alcanzar esta temperatura contamos con dos tipos de combustible, que son gas butano-propano y aceite diesel.
- c)- Posición del quemador: Es muy importante colocar el quemador tangencialmente al crisol con el objeto de dar una orientación al flujo de la flama. De esta manera la flama incidirá sobre la pared del refractario en forma radial y ésta envolverá al crisol para calentarlo de manera uniforme



desde su parte basal hasta la parte superior.

d)- Cámara de combustión:

Todos los crisoles, tanto fijos como basculantes deben tener una cámara de combustión en proporción al tamaño del crisol que se utilice, para que la combustión proporcione al máximo de energía en la base del crisol.

e)- Algunas consideraciones teóricas respecto al fenómeno de transferencia de energía se esbozan en el Apéndice II.

3. Consideraciones prácticas de funcionamiento.

a)- Los crisoles nacionales se clasifican por un número, el cual nos indica la capacidad en kilogramos de aluminio. Los materiales más recomendados para la fabricación de éstos son, grafito y carburo de silicio.

b)- En los hornos de crisol que se calientan por la combustión de la mezcla aire-diesel o aire-gas, la oxidación se produce cuando hay un exceso de aire en la mezcla, produciendo una atmósfera altamente oxidante y por lo tanto perjudicial.

Por otra parte una combustión imperfecta genera condiciones reductoras las cuales pueden ocasionar una coquización (hollín) en las paredes del horno o en el mismo crisol debido a las partículas de diesel que no se queman. Esta coquización entorpece y dificulta la buena rotación de la flama alrededor del crisol.

El funcionamiento correcto de los quemadores, es importante ya que esto asegura una atmósfera en el horno adecuada y pueda lograrse el óptimo rendimiento del crisol.

c)- Muy importante es también la orientación correcta del quemador como se indica en las siguientes figuras.

La flama del quemador no debe chocar contra la base ni con el crisol, sino que ha de dirigirse paralela o ligeramente inclinada hacia el fondo del horno y tangencial al crisol, para facilitar la iniciación de la rotación de la flama.

d)- El revestimiento refractario de los hornos debe mantenerse en buen estado. Un revestimiento en malas condiciones no solamente dificulta la buena rotación de la flama alrededor del crisol, sino que produce dardos que inciden sobre el crisol a modo de soplete deteriorándolo prematuramente.

e)- Una causa de oxidación en los hornos puede ser el dejar abierto el escape que llevan en su base en previsión de que un crisol se rompa y pueda salir el metal fundido por ese

escape. Si este escape permanece abierto durante la fusión, todo el aire que por él penetra al horno, estaría en exceso ocasionando una atmósfera oxidante aún cuando el funcionamiento de los quemadores sea correcto.

4. Consideraciones acerca de su manejo.

- a) Al cargar los crisoles con lingotes o trozos de chatarra se debe procurar que no queden apretados ni atravesados para permitir la dilatación de éstos y evitar así un posible agrietamiento del crisol.
- b) No se debe adicionar nunca metal frío a la carga ya fundida, porque además de retrasar la fusión puede provocar una expansión brusca debido a la humedad del lingote y podría incluso romper el crisol.
- c) Debe tenerse cuidado de vaciar totalmente el crisol después de terminar el proceso de fusión, ya que al vaciar el metal líquido remanente en lingoteras, este se enfriará y romperá el crisol en la próxima fusión.
- d) Cuando se termine de vaciar y sea el final del turno y el crisol esté todavía al rojo, se recomienda tapanlo para evitar la formación de una atmósfera oxidante.
- e) Los restos de fundentes que puedan quedar en el crisol después de la colada, deben ser eliminados de sus paredes, antes de realizar una nueva operación. Los fundentes agregados en exceso, tienden a desgastar al crisol.

5. Herramientas y su conservación.

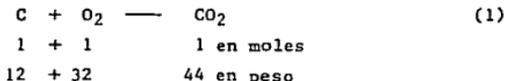
Las herramientas de las fundiciones de hornos, tales como removedores, espumaderas, cucharas de mano, estrellas y tubos de inmersión para desgasificar, se hacen usualmente de acero. Estas herramientas deben conservarse limpias y adecuadamente recubiertas con una capa de pintura protectora. Antes de introducir las en el metal fundido deben precalentarse bien, hasta ponerse al rojo. De no hacerse así podrían causar la absorción de hidrógeno y constituir un peligro para los operarios. Algunas veces se emplean herramientas de grafito. Si bien son más frágiles que las de hierro o acero no representan una fuente de contaminación del metal. Al igual que las anteriores herramientas, estas deben precalentarse hasta el rojo, antes de meterlas en el metal fundido. El moti-

vo de hacerlo es que tales dispositivos quedan generalmente impregnados con compuestos higroscópicos. Estos compuestos, presentes a consecuencia del uso anterior deben ser deshidratados completamente.

6. Cálculo del aire teórico y práctico para el combustible diesel.

Los elementos fundamentales de un combustible son: carbono (C) e hidrógeno (H). El azufre (S) es un elemento que no se considera como combustible, sino más bien como una impureza indeseable.

La combustión es sinónimo de oxidación ésta consiste en la unión del oxígeno con una materia combustible. Los grados de la combustión varían ampliamente, conociéndose la combustión lenta, rápida y la muy rápida o la detonante. De acuerdo con los fundamentos de la química, la unión carbono y oxígeno se expresa de la siguiente forma:



Las expresiones anteriores indican que un peso molecular de carbono se combina con un peso molecular de oxígeno para producir un peso molecular de anhídrido carbónico.

Se dice que una combustión es completa cuando el combustible es totalmente oxidado y se libera toda la energía. La expresión (1) corresponde a la oxidación completa del carbono. El oxígeno necesario para la combustión es captado siempre del aire, el cual está acompañado de una gran cantidad de nitrógeno. En la tabla siguiente se muestran los porcentajes de los principales componentes del aire.

	% VOLUMEN MOLES	% EN PESO	PESO MOLECULAR Kg POR MOL
Oxígeno	20.99	23.19	32.
Nitrógeno	78.03	75.47	28.016
Argón	0.94	1.30	39.944
Anhídrido C	0.03	0.04	44.003
Hidrógeno	0.01	0.	2.016
Aire seco	100.00	100.00	28.967

La relación molar entre el nitrógeno y oxígeno del aire es la misma que su relación volumétrica, debido a que ambos son gases y se encuentran a la misma temperatura, por lo tanto tenemos:

$$\frac{\text{Moles } N_2}{\text{Moles } O_2} = \frac{79\%}{21\%} = 3.76$$

Lo anterior nos indica que por cada Mol de oxígeno presente en el aire existen 3.76 Moles de nitrógeno.

Por ser el carbono y el hidrógeno los elementos fundamentales, se puede calcular el aire requerido para cada uno de estos elementos.

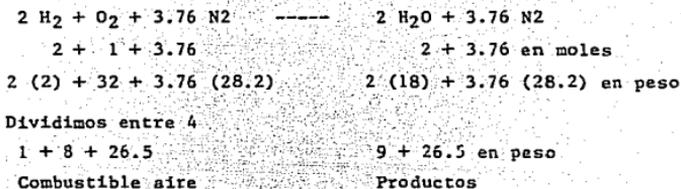
CARBONO

C + O ₂ + 3.76 N ₂	-----	CO ₂ + 3.76 N ₂
1 + 1 + 3.76		1 + 3.76 en moles
12 + 32 + 3.76 (28.2)		44 + 3.76 (28.2) en peso
Dividimos entre 12		
1 + 2.667 + 8.84		3.667 + 8.84 en peso
Combustible aire		Productos

Por lo tanto el aire requerido será:

$$\frac{2.667 + 8.84}{1} = 11.5 \text{ Kg de aire por Kg de carbono}$$

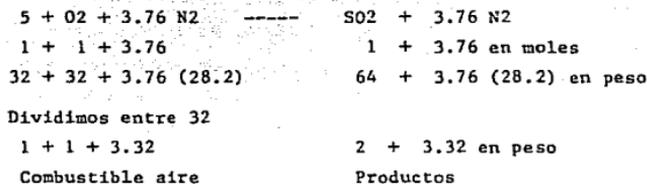
HIDROGENO



Por lo tanto el aire requerido será:

$$\frac{8 + 26.5}{1} = 34.5 \text{ Kg de aire por Kg de hidrógeno.}$$

AZUFRE



Por lo tanto el aire requerido será:

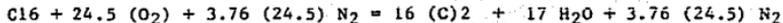
$$\frac{1 + 3.32}{1} = 4.32 \text{ Kg de aire por Kg de azufre}$$

Las proporciones químicamente correctas no producen la combustión completa, ya que es muy difícil que cada una de las numerosas moléculas que componen al combustible encuentren una molécula de oxígeno para combinarse con ella. Para lograr la oxidación total del combustible, es necesario utilizar una mezcla que tenga un cierto exceso de aire. La cantidad de aire necesaria en exceso para el funcionamiento del quemador, depende de la temperatura a la cual se encuentra la mezcla y del grado de mezclado entre el combustible y el aire. Si un combustible se dispersa y se mezcla totalmente con el aire su combustión puede lograrse con un pequeño exceso de aire.

Con esta información, se puede calcular el aire teórico necesario

para el combustible aceite Diesel, siendo su formula C16 H34.

Como se expuso anteriormente, por cada carbón se necesitan dos oxigenos y por cada dos hidrógenos uno de oxígeno por lo tanto tenemos:



$$1 + 24.5 + 3.76 (24.5) \text{ --- } 16 + 17 + 3.76 (24.5) \text{ en moles}$$

Combustible aire	productos
226 + 784 + 2598	704 + 306 + 2598 en peso

Dividemos entre 226

$$1 + 3.46 + 11.25 \text{ --- } 3.10 + 1.35 + 11.25 \text{ en peso}$$

Combustible aire	Productos
------------------	-----------

$$\frac{3.46 + 11.25}{1} = \text{Kg de aire por Kg de diesel}$$

Se puede transformar los kilogramos de aire teórico necesario a metros cúbicos y posteriormente a pies cúbicos, que es como normalmente se trabaja en los ventiladores.

Un litro de aire a 21°C y al nivel del mar pesa 0.001293 Kgs, para la ciudad de México, tenemos un factor de corrección de 0.776 por lo tanto:

$$P = 0.001293 \times 0.776 = 0.0010 \text{ Kgs}$$

$$1 \text{ M}^3 = 1000 \text{ Lts}$$

$$1000 \text{ Lts, pesarán } \times 0.0010 \text{ Kgs}$$

Por lo que:

$$1 \text{ M}^3 = 1 \text{ Kg}$$

$$\text{El peso específico del diesel} = 0.67$$

Por lo que tenemos:

$$\text{Aire teórico} = 14.71 \times 0.67 = 9.86 = \text{AT}$$

Si necesitamos 9.86 Kg de aire por Kg de diesel en volumen será 9.86 M³.

Ahora, si estas cantidades se convierten a ft³, se tiene que:

$$1 \text{ M}^3 = 35.5 \text{ ft}^3$$

El aire teórico necesario en pies cúbicos será:

$$AT = 9.86 \times 35.5 = 350 \text{ ft}^3$$

De acuerdo a los cálculos anteriores, el ventilador adecuado, es aquel que nos proporciona 350 ft^3 por litro de diesel utilizado.

HOY ESTAMOS EN UN TEMPLO DEL SABER EN EL
CUAL SE HAN REUNIDO LOS SACERDOTES DEL -
SABER Y SERAN ELLOS, QUIENES POR MEDIO -
DEL DIALOGO QUE ES LUZ DILUCIDARAN EL -
AGUDO PROBLEMA RELATIVO A UNA ENSEÑANZA
DE UN ARTE, DE UNA CIENCIA, UNA TECNOLO-
GIA.

LA FUNDICION

COLADA EN ARENA DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.

1. Consideraciones prácticas.

Colar aluminio en arena es el método más sencillo y versátil de todos los procesos utilizados para producir piezas unitarias o series pequeñas, en moldes de arena. Esto es debido a la poca producción y a las tolerancias abiertas en las que no se justifica la fabricación de moldes metálicos costosos usados en otros procesos. Los moldes se fabrican con relativa facilidad y bajo costo, generalmente este proceso se escoge para producir:

Pequeñas cantidades de piezas iguales.

Piezas muy grandes.

Piezas estructurales.

Sin embargo, existen fundiciones automáticas en arena debido a que se presentan volúmenes elevados de piezas, ya sean pequeñas o medianas y cuyas características mecánicas y físicas no sean críticas. Estas pueden variar en algunos detalles de su diseño; lo que representa en lo económico, una gran ventaja que por ningún otro proceso se puede obtener.

2. Arenas para la fundición de aluminio.

Los componentes esenciales de una arena de moldeo son los granos de arena, el material aglomerante arcilloso y la humedad. Algunas de las arenas existentes en la naturaleza se hallan ya mezcladas con una cantidad de arcilla tal que las hace adecuadas para su empleo en los moldes. A estas se les llaman arenas de moldeo naturales. En otros casos se extraen arenas que pueden contener poca o ninguna cantidad de arcilla. La arena puede ser sometida a tratamiento, lavándola para quitar algunos lodos indeseables y la materia orgánica; ésta puede ser tamizada y algunas veces se vuelven a mezclar ciertos tamaños de grano para obtener una granulometría controlada. Luego se añaden arcillas seleccionadas en proporciones reguladas. A tales arenas se les llaman "Sintéticas".

3. Propiedades de las arenas de moldeo.

Para muchos trabajos de las fundiciones las arenas de moldeo naturales se prefieren a las sintéticas, ya que con su grano comparativamente cerrado y su contenido de arcilla relativamente alto, proporcionan superficies fundidas más tersas. El costo inicial de la arena natural es menor si se cuenta con una fuente de extracción adecuada en alguna localidad cercana, de modo que resulte más económico el costo de su transporte.

Las propiedades de las arenas naturales varían con bastante amplitud, por ejemplo:

- a)- desde 48 a 275 en finura de grano.
- b)- desde 11 a 28% en contenido de arcilla.
- c)- desde 5 a 185 en permeabilidad en verde.

Para su empleo en la fundición, estas propiedades precisan ser controlados más exactamente para poder cumplir los requisitos específicos del tipo de trabajo a realizar. En general puede establecerse que las características de una arena satisfactoria deben de mantenerse dentro de los siguientes límites:

Número de finura del grano (AFS).	130 a 200
Contenido de Arcilla (AFS), por ciento.	12 a 18
Humedad recomendada, por ciento.	5 a 7
Permeabilidad en verde.	10 a 25
Resistencia a la compresión en verde.	0.35 a 0.70 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

Cuando se desean obtener combinaciones de propiedades que no se encuentran en las arenas naturales se pueden preparar arenas sintéticas. Estas pueden contener arenas sílicas, o arenas de río de bajo contenido de arcilla. Las características de estas arenas son las siguientes:

Número de finura de grano (AFS).	100 - 170
Contenido de arcilla (AFS) por ciento.	6 - 12
Humedad por ciento.	3 - 5
Permeabilidad en verde.	30 - 60
Resistencia a la compresión, Kg/cm ²	0.4 - 0.6

Pero en aquellos casos donde se desea una arena más abierta, para la producción de piezas fundidas muy grandes, donde es importante que

éstas resulten sanas y no es necesaria una superficie tersa, las características son las siguientes:

Número de finura de grano (AFS).	60 - 100
Arcilla (BENTONITA) por ciento.	3 - 5
Húmedad recomendada, por ciento.	2 - 5
Resistencia a la compresión en verde, Kg/cm ² .	0.5 - 0.7
Permeabilidad en verde.	60 - 150

A causa de su elevada permeabilidad inicial, pueden ser regeneradas repetidamente, para un nuevo uso, añadiéndoles bentonita cuando la resistencia en verde ha disminuido.

4. Características de las arenas de moldeo.

Las características y clasificaciones de la arena están sujetas a interpretación especial en el trabajo de la fundición. Así, la base de la mayor parte de arenas de moldeo es la sílice mineral; sin embargo el término "arena de sílice" está usualmente reservado a una arena de base sílica, de grano bastante abierto, exenta de arcilla. Las arenas de lago o dunas que se localizan en las playas o cerca de ellas han sido arrastradas por el viento, son también sílicas y contienen muy poca arcilla. Estas arenas de bajo contenido de arcilla se emplean como base para la preparación de arenas de moldeo sintéticas con las siguientes características:

- a)- FLUIDEZ: Cuando la arena contiene la cantidad de agua correcta, ésta debe poderse aplicar con facilidad alrededor del modelo y en los huecos del mismo, para que el metal llene perfectamente al molde y copie en todos sus detalles al patrón.
- b)- RESISTENCIA EN VERDE: Esta propiedad se denomina resistencia en verde, cuando esta adecuadamente trabajada, apisonada, sacudida o prensada, en la caja de moldeo y alrededor del modelo. Los granos deben quedar correctamente ligados para que pueda extraerse el modelo sin romper las esquinas del molde y éste pueda ser manejado para cerrar, transportar y que al colarse no sufra colapsos ni deformamientos.

- c)- ACABADOS: La piezas coladas deben tener superficies tersas; esto lo proporciona la forma y tamaño de grano de la arena, la distribución de tamaños de grano y los aglutinantes como la bentonita y el caolín.
- d)- PERMEABILIDAD: La estructura del molde debe ser porosa para que permita la salida de los gases al momento de colar. Este punto se relaciona en gran medida con el acabado; pero al retrabajarse la arena debe tenerse especial cuidado con el contenido de impurezas que en cada ciclo adquieren; estas impurezas son las que afectan la permeabilidad.
- e)- FORTALEZA DE COMPRESION - EN SECO: Cuando el metal fundido seca y calienta la arena moldeada debe producirse una secuencia adecuada en el comportamiento de la arena que primero ha de ser resistente y después ha de perder la resistencia mecánica. Además, su 'ligazón' debe debilitarse de manera uniforme para compensar los esfuerzos resultantes de la expansión térmica de los granos de arena, con el objeto de evitar la formación de defectos superficiales.

5. Método para determinar la distribución de granos.

La variable granulométrica de la arena puede definirse y controlarse con bastante precisión a base del ensayo de finura del grano AFS.

Cuando se hace pasar la arena por una serie de mallas, desde la No. 6 hasta la No. 270, una cierta cantidad será retenida en algunas de ellas. Si esta cantidad representa el 10% o más se le da el nombre de una malla. Si tres o cuatro mallas sucesivas retienen el 10% o más en cada una, a la arena se le da el nombre de arena de tres o cuatro mallas.

La fracción retenida en mallas sucesivas con más del 10% se llama masa y debe contener alrededor del 90% del total de la arena.

La cantidad de arena retenida en cada malla en un análisis granulométrico, después de que la muestra ha sido lavada, debe ir en un orden creciente hasta llegar a una máxima concentración en una malla determinada por la finura de la arena y luego disminuir también en un orden hasta llegar a la malla más fina. Una arena de la que se espera obtener los mejores resultados deberá, al graficarse las mallas y los porcentajes retenidos en cada una, formar una letra 'A', o cuando menos mostrar esa ten-

dencia. El fundidor, por medio de adiciones de arena nueva a su sistema, debe buscar siempre ese resultado.

Quando se adiciona arena nueva a la arena usada en el proceso anterior se obtienen ciertas ventajas para el fundidor.

- A)- La adición controlada y constante de arena nueva a un sistema es la mejor manera de obtener los máximos resultados, pero es recomendable que esta adición no se suspenda, molde tras molde. Antes de llegar a los vibradores, debe llevar la cantidad de arena nueva predeterminada depositada en la parte superior.

Hacer la adición antes de los vibradores ayuda a tener una mejor distribución. Reponer la arena que va adherida a las piezas, mantener el nivel de las tolvas de almacenamiento siempre igual, - mantener las propiedades físicas de la arena siempre constantes, mantener siempre la misma granulometría y diluir la arcilla quemada y los finos, son la finalidad de las adiciones de arena nueva. Este es uno de los métodos más sencillos y económicos para - reducir los rechazos.

- B)- La adición de arena nueva debe estar entre el 10 ó 15% del metal vaciado. El personal en la fundición sabe la cantidad de metal - que se necesita para llenar un molde, por lo cual es muy simple saber la cantidad de arena nueva que debe llevar ese mismo molde. Sabemos que si se vacía menos metal del que debe ser, las piezas saldrán mal. De aquí que si al mismo molde no se le adiciona la cantidad de arena nueva que debe ser, algunas piezas también van a salir mal.

6. Determinación de la cantidad de arcilla y humedad.

- A)- La cantidad de arcilla que existe en las arenas de moldeo se determina pesando una muestra seca, eliminando la arcilla por medio de un lavado, secado y pesando luego el residuo.

La humedad se determina secando una parte pesada, volviendo a pesar y calculando la pérdida. Los resultados se expresan en porcentaje del peso original en verde. El control de la humedad es

extremadamente importante, y por este motivo, se han estudiado los equipos que determinan la humedad, con un esfuerzo mínimo y en una forma muy rápida y precisa.

- B)- El control de la humedad es importante ya que al ser este componente de la arena de moldeo el material más económico de todos los que se agregan; Si se usa sin control resultará ser el más costoso de todos, por la cantidad de rechazos que se producen. Cuando un moldeador palpa la arena y siente que a perdido consistencia o moldeabilidad, comunica al encargado del mezclador para que aumente la adición de agua. Esto es necesario para mantener siempre constante el resto de las adiciones. De aquí que el agua en exceso provoca defectos en las piezas fundidas tales como sopladuras, porosidad, rechupes y algunas otras que no son deseables.

7. Métodos para determinar la permeabilidad y la resistencia a la compresión.

- A)- La permeabilidad o porosidad de la arena se mide por un procedimiento que determina la velocidad con que el aire, bajo presión normal, atraviesa un volumen determinado de arena compactada. La velocidad es expresada por los centímetros cúbicos de aire que pasan por minuto a través de un centímetro cúbico de arena bajo la presión de gas de un gramo por centímetro cuadrado. Cuanto más abierta es la arena más elevada es esta velocidad.

El ensayo puede ser aplicado a granos de arena seca compactada que no tenga arcilla ni ninguna otra substancia aglomerante. En este caso se llama "permeabilidad base". Los resultados se emplean para seleccionar las arenas, que se usan en la preparación de mezclas de arenas sintéticas o mezclas para machos. La permeabilidad base no se emplea generalmente en el control de rutina de la arena del taller de moldeo.

El dato de permeabilidad de mayor importancia en el moldeo es el determinado con la mezcla de arena que ya contiene el aglomerante de arcilla y que se ha humedecido con una cantidad usual de agua. Esta es la llamada 'PERMEABILIDAD EN VERDE'. Esta es menor que la permeabilidad base, puesto que el material arcilloso no solo es muy fino sino que además se vuelve gelatinoso cuando se humedece lo cual conduce a llenar los espacios entre los granos de arena.

- B)- La resistencia a la compresión en verde se determina compactando, una muestra de la arena humedecida hasta obtener un cilindro de un diámetro de 50.4 mm con altura de 50.4 mm al cual se le aplica una carga medida. Esta se hace crecer de manera uniforme hasta que se presenta la rotura. Los resultados se expresan en kilos por centímetros cuadrados. En forma similar, la resistencia a la compresión en seco se determina secando primero el cilindro de arena y sujetándolo luego al mismo ensayo. También existen comprobadores de dureza superficial de los moldes que pueden usarse en la determinación relativa de la resistencia de la arena.

8. La bentonita como componente en las arenas de moldeo.

El aglutinante más usado para la arena de moldeo es la bentonita que puede ser de tipo sódico o de tipo cálcico. Algunas fundiciones usan bentonita sódica, otras bentonitas cálcicas y otras usan combinaciones de los dos tipos, dependiendo de las propiedades que se deseen tener en las mezclas ya preparadas. La forma de la prueba de hinchamiento en agua, la cual consiste en depositar un gramo de bentonita sódica en un corto período de tiempo, habrá absorbido toda el agua formando una masa gelatinosa; mientras que una bentonita cálcica solo se hinchará ligeramente.

Podemos decir también que el punto de saturación de la bentonita en arena con finura de 50 a 100 está entre el 8 y el 13% dependiendo de la calidad de la bentonita y las propiedades que se deseen tener. En piezas grandes donde el riesgo de tener arrastre de arena por el metal es grande, será necesario usar hasta el 13%. Para piezas chicas, un 8% es conveniente para dar resistencia suficiente para poder moldear.

La cantidad de humedad en la que se desarrolla la máxima resistencia de la arena está entre el 27 y el 30%. Con cantidades menores a estos valores, la bentonita no desarrolla suficiente plasticidad para cubrir bien los granos de arena de moldeo. Las partículas de aquellas son depositadas entre los huecos que dejaron los granos. Esto traerá como consecuencia que la resistencia esté por abajo del valor que pudiera haberse obtenido y que se reduzca la permeabilidad. Al tener los granos en contacto directo uno con otro se obtendrán defectos de expansión, así que una mayor cantidad de humedad hará que la bentonita quede muy plástica y aunque los granos estén cubiertos, la fuerza de moldeo romperá la película de bentonita empujando nuevamente a las partículas entre los huecos. El porcentaje de bentonita puede controlarse por medio de la prueba de la resistencia en verde. Cualquiera que sea el valor que se escoja para la resistencia en verde, las adiciones de bentonita en un sistema pueden variar entre el 1.5 y el 2% del metal vaciado. Es muy importante conocer el peso de las piezas que se están vaciando, para hacer las adiciones correctas y mantener las propiedades constantes.

9. Proceso de recuperación de arenas.

Los procedimientos de regeneración de arenas, como la criba, la separación magnética y la clasificación neumática tratan a éstas como conjunto o masa. Sin embargo, los recubrimientos de arcilla gastada, aglutinantes, partículas de carbón y piezas, menudas requieren de un tratamiento intenso de cada grano de arena. Los procedimientos por vía seca y de calcinación son eficaces en forma combinada, pero rentables solamente en el caso de grandes capacidades.

Por lo anterior, la instalación de recuperación de arenas debe reunir las propiedades del procedimiento por vía húmeda y el de calcinación en una sola unidad compacta; y su funcionamiento sería de la forma siguiente:

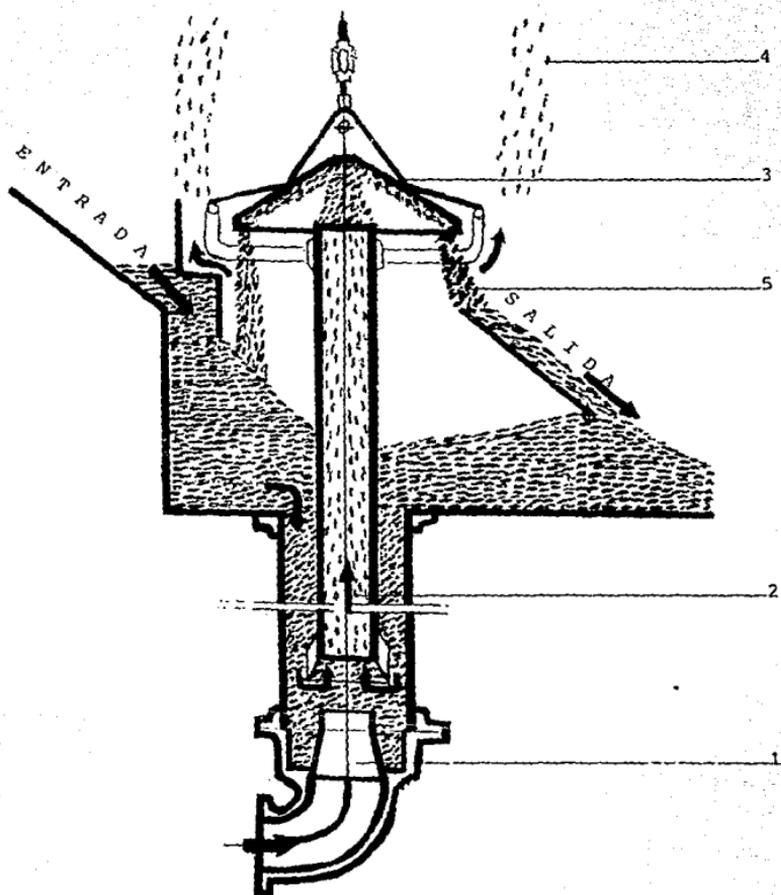
Una corriente constante de arena se dirige contra un objeto en reposo. Los granos de arena en movimiento pierden, al chocar, su energía cinética, con lo cual se consigue un efecto intenso de limpieza. Una capa flotante de arena evita la desintegración de los granos y protege el

disco de rebote contra su desgaste.

La instalación de un equipo de recuperación de arenas está compuesta de un número variable de celdas de limpieza. Una turbo soplante mueve aire comprimido hacia la tobera (1), por la cual sale este aire con una velocidad aumentada. La mezcla de arena y aire se lanza hacia arriba con la velocidad necesaria de limpieza por medio de un ejecutor (2). La arena choca contra una capa de arena, que está en suspensión debajo del disco cónico de rebote (3). Se produce un efecto de limpieza altamente eficaz, el cual desprende partículas de carbón, elimina la arcilla gastada por medio de fricción y desintegra los conjuntos de granos aglomerados. Los finos, así como las materias usadas o consumidas salen con el flujo de aire (4). La arena tratada de esta manera circula repetidas veces dentro de la celda de limpieza y cierta cantidad se hace pasar por medio de una placa de desvío (5) a la próxima celda para la repetición del proceso. De esta manera se obtienen arenas muy aceptables para el moldeo.

Dentro del aspecto económico se puede decir que por efecto de este tratamiento se pueden conseguir lo siguiente:

- A)- Pequeños gastos de instalación y explotación; por lo tanto una ganancia efectiva por medio de una economía de hasta el 60% del precio de la arena nueva, después de una explotación de breve duración.
- B)- Eliminación o considerable disminución de los depósitos de arena vieja, así como reducción de los gastos de transbordo de arena nueva y vieja.
- C)- Economía en el sector de aglutinantes y mejora de la calidad y de las propiedades de elaboración de la arena.



INSTALACION DE RECUPERACION DE ARENA

En las fundiciones se desea reducir el costo total de la arena. Este incluye el costo de compra, costos de fletes, costos de desembarque y la distribución, y en algunos casos, costos de evacuación. Mientras que el costo de la arena ha aumentado el 40% en los últimos años, los costos de flete han aumentado el 125%. Además en la actualidad es conveniente utilizar un recuperador de arenas, para evitar contaminar el medio ambiente, porque se hace cada vez más difícil evacuar grandes cantidades de material en el suelo. Las agencias de los poderes locales y estatales quieren saber cuáles son las sustancias químicas que contienen los desechos y cuáles son las cantidades que podrían lixiviarse de la arena. Este interés no se limita a las evacuaciones públicas, sino que se extiende también a las evacuaciones dentro del mismo taller de fundición. Si el taller de fundición se encuentra situado en un terreno aluvial los materiales que ellos evacúen pueden afectar las aguas de ríos a una distancia de muchos kilómetros.

Además de estas ventajas, el proceso de recuperación es beneficioso para la conservación y los depósitos de arena de alta calidad durarán más tiempo.

10. Características de una mezcla de arena para moldeo en verde.

La industria de la fundición en México esta constituida principalmente por fundiciones medianas y pequeñas y éstas usan principalmente sistemas de moldeo en verde para su producción de piezas. Sin embargo, al igual que las fundiciones grandes utilizaban arenas de importación, es bien sabido que en la actualidad el uso de materiales importados puede resultar problemático e incosteable. En consecuencia se vuelve necesario utilizar materiales nacionales que en otro tiempo no eran bien aceptados. El que una mezcla de moldeo nacional no produzca los resultados esperados puede ser consecuencia de uno de dos factores o que los componentes no son buenos o que no se utilizan en forma adecuada. En todo caso una u otra situación debe ser demostrada.

Es necesario entonces preparar mezclas con componentes nacionales que permitan determinar las características que podamos esperar de nuestros materiales y las condiciones en que estas serán logradas.

En la actualidad se recomienda una arena sílica, procedente de los yacimientos del estado de San Luis Potosí con las siguientes características:

Número de finura de grano (AFS).	66%
Contenido de arcilla.	4
Humedad por ciento.	3
Distribución de mallas.	3
Forma de grano.	Sub - Angular

Como aglomerante se utiliza una bentonita sódica con un grado de hinchamiento de 10% (medida que se obtiene colocando dos gramos de bentonita en una probeta de 100 mililitros de agua).

11. Proceso de mezclado de arena.

La secuencia de mezclas de arena pueden ser como sigue:

- A)- Preparar mezclas con cantidades de 4,6,8,10 y 12% de bentonita para determinar el porcentaje de ésta con el cual se obtengan las mejores propiedades.
- B)- Para lograr la pasticidad de la arcilla se agrega agua hasta en un 50% sobre el peso de ella.
- C)- Una vez seleccionados el contenido óptimo de arcilla, se hacen mezclas con cantidades de 2,4,5 y 8% de carbón marino, para determinar el contenido óptimo de este componente. Se agrega agua adicional en un 10% sobre el peso del carbón.
- D)- Se preparan a continuación mezclas arena-arcilla-carbón con % variables de agua (2.5, 3.0, 3.5 y 4.5) para determinar también el contenido óptimo.
- E)- Finalmente se varía el tiempo de mezclado sobre la mezcla, óptima, a fin de determinar su efecto en las siguientes propiedades:
 - a)- Resistencia a la compresión en verde.
 - b)- Resistencia al corte en verde.
 - c)- Permeabilidad.
 - d)- Fluidez.

Este tipo de pruebas de mezclado se realiza para observar el efecto individual de cada componente y para obtener una mezcla óptima preliminar y las siguientes para observar el efecto de cada componente sobre la mezcla total y obtener así una mezcla y propiedades definitivas. En base a la experiencia, se puede recomendar una mezcla para moldeo en verde de la forma siguiente:

Arena	100.0 Kg	100.0 %
Bentonita sódica	10.0 Kg	10.0 %
Carbón marino	2.5 Kg	2.5 %
Agua	3.5 Kg	3.5 %
Tiempo de mezclado	3.5 minutos	

Los valores promedio de las propiedades que pueden obtenerse con esta mezcla son las siguientes:

Resistencia a la compresión	14.5 $\frac{\text{lbs}}{\text{pul}^2}$
Resistencia al corte	4.3 $\frac{\text{lbs}}{\text{pul}^2}$
Permeabilidad	95.5
Fluidez	40.3 %

Para lograr una mayor precisión en el contenido de agua, este cálculo debe realizarse sumando las necesidades que requiere cada material, arcilla, carbón, bentonita, harina de madera, etc, que como se sabe se correlacionan, por una fórmula sencilla:

$$\% \text{H}_2\text{O} = 0.29 \text{ Ba} + 0.09 \text{ Cm} + 0.38 \text{ Hm} + 0.78 \text{ Ce} + 0.06 \text{ Hs} + 23 \text{ Bm}$$

Ba= % Bentonita activa

Cm= % Carbón marino

Hm= % Harina de madera

Ce= % Cereal

Hs= % Harina de sílice

Bm= % Bentonita quemada

Para la arcilla en particular una fórmula que toma en cuenta una cantidad adicional de agua para mejorar la arena es:

$$\% \text{ H}_2\text{O} + 0.27 \text{ Ba} + 0.68 \text{ cm}$$

Por otra parte, cuando la arena está caliente, una cantidad adicional es conveniente, la cual está dada por la ecuación siguiente:

$$T \quad 100^\circ\text{C} : \% \text{ H}_2\text{O} = 0.0144 T - 0.544$$

$$T \quad 100^\circ\text{C} : \% \text{ H}_2\text{O} = 0.0288 T - 0.968$$

La formulación de la mezcla que se obtenga de estos cálculos proporciona resultados satisfactorios en términos de las propiedades que demanda la fundición fina. Estos resultados pueden ser mejores en la medida en que sean utilizados otros aditivos u otros sistemas de mezclado o de compactación. Finalmente se puede concluir que es necesario la experimentación de las mezclas en cada una de las fundiciones, a fin de operar los sistemas de producción en condiciones que permitan el logro de una mayor eficiencia y buena calidad.

12. Influencia de los aditivos en las arenas de moldeo.

Se sabe que cuando la dilatación es máxima, debido a ellos se pueden producir los defectos conocidos como costra, cola de rata, vena, etc.

Por otra parte la cohesión y resistencia mecánica de la arena varía con la humedad. Normalmente se trabaja con una humedad un poco mayor que aquella en la que se desarrolla su cohesión máxima.

Al colar una pieza se calienta la arena, el agua se evapora y tiende a salir a través de la arena. Como ésta es un aislante térmico, solo se calienta una cáscara de 2 a 5 mm de espesor durante el tiempo que dura la colada. Después de que se forma cáscara, la arena tendrá una temperatura inferior a la ebullición y el vapor de agua condensará en esta zona. Por lo tanto se tendrá una baja considerable en la cohesión. La cáscara de arena se ve sometida a un calentamiento intenso del lado del metal y la otra cara estará a la temperatura de ebullición del agua. Esta diferencia de temperaturas provoca esfuerzos de dilatación diferentes en las dos caras y como la cáscara está anclada, la única forma en que ésta podrá dilatarse será desprendiéndose y flexionándose lo que podrá -

producirse si la cohesión es muy baja. El desprendimiento de esta cáscara es el origen de la serie de defectos conocidos como defectos por dilatación de las arenas.

Por lo anteriormente expuesto podemos hacer las siguientes recomendaciones de su empleo:

HUMEDAD DE LA ARENA:

Como se sabe, la cohesión y permeabilidad de la arena aumentan con el contenido de la humedad hasta alcanzar un máximo y luego disminuyen. Todas las demás propiedades también varían con el contenido de humedad.

DEFECTOS POR DILATACION:

Al aumentar la humedad se tendrá una cohesión más baja y la resistencia al estado saturado de agua será menor, también. Deberá trabajarse con la humedad óptima de la arena para tener propiedades óptimas en verde y tener un tiempo de aparición de defectos aceptables.

PRODUCTOS AMILACEOS:

Los más conocidos son la dextrina y mogul, de los cuales el recomendado como aditivo para arenas de moldeo es el mogul. Sin embargo, la dextrina tiene mejor resultado en corazones.

HARINA DE MADERA:

Existen maderas duras y suaves, siendo preferibles las maderas duras porque no influyen sobre la permeabilidad y las otras propiedades las modifican ligeramente. Sin embargo, en México solo se consiguen harinas de maderas suaves.

13. Técnicas de mazarotaje y enfriamiento.

Suponiendo que tanto el metal fundido como el molde han sido preparados de manera adecuada, la experiencia sin embargo ha demostrado que la mayor parte de las piezas coladas defectuosas o de desecho son resultado directo de técnicas deficientes de mazarotaje y enfriamiento.

Cuando el metal se solidifica, su volumen se reduce, con objeto - de producir una estructura colada sana, es necesario que haya metal líquido adicional para poder alimentar los espacios intergranulares que tienen a formarse a medida que el metal se solidifica. Si una masa de metal fundido se dejara solidificar partiendo de los costados al centro, el espacio junto al centro quedaría cerrado sin disponer de suficiente metal líquido para alimentarlo y se produciría no solo porosidad interna sino también grandes cavidades debido a la contracción volumétrica del metal. Para evitar esto, la solidificación se hace primero en una o más zonas - remotas de la cavidad del molde, mientras el resto de metal está todavía líquido. Al continuar el enfriamiento las zonas de solidificación de alimentación, se desplazan más allá de los puntos iniciales y progresan continuamente hacia la parte de la cavidad del molde donde el metal permanece fundido más tiempo. Esta parte sirve como depósito de metal caliente y se dispone exteriormente al cuerpo de la pieza colada. A ésta se le da el nombre de mazarota.

Se recomienda que la mazarota o mazarotas se dispongan lejos de las secciones delgadas y cerca de las secciones gruesas con la finalidad de obtener la solidificación progresiva deseada en toda la cavidad del - molde. El punto final deseado en la secuencia de solidificación progresiva es la mazarota. La función de la mazarota es suministrar metal de alimentación; ésta se cumple si permanece fundida mientras el cuerpo de la pieza colada se solidifica completamente.

Así podemos decir que el establecimiento de gradientes de temperatura favorables pueden obtenerse de la siguiente manera:

- 1)- Colocando las mazarotas en las secciones gruesas.
- 2)- Disponiendo las mazarotas en una posición tal que el canal de alimentación penetre en la mazarota. Para obtener que el más caliente y la temperatura máxima de la superficie de la cavidad del molde se hallen en estos puntos.
- 3)- Usando enfriadores para acelerar la razón de solidificación en las secciones gruesas que no se alimentan con facilidad.

14. Técnica de vaciado.

Se pueden lograr buenas condiciones de vertido del metal líquido en los moldes ya dispuestos en el peso, para lograr piezas sanas, con las siguientes consideraciones:

- 1)- El caldo de la cuchara debe tener la temperatura correcta; en general, ésta es la temperatura más baja con la cual puede llenarse el molde sin que se presenten desechos por falsas uniones.
- 2)- La escoria del metal líquido debe espumarse o apartarse de forma que el metal que se vierta esté absolutamente limpio. De lo contrario dará origen a inclusiones de escoria en la pieza colada.
- 3)- El labio del vertidor debe mantenerse tan bajo como sea posible, de forma que la caída libre del metal, desde el labio hasta el molde, esté a una altura mínima. Con esto se disminuye la absorción de gas, se reduce el efecto de cascada y el arrastre de gas y escoria.
- 4)- El bebedero debe llenarse tan rápido como sea posible y ha de mantenerse así durante el tiempo que tarde en llenarse la cavidad del molde. Con ello se pretende eliminar la turbulencia que generalmente se produce en la parte superior de un bebedero parcialmente lleno.
- 5)- En general, no se recomienda el sistema de colar el metal de la cuchara directamente a las mazarotas, por que se produce una cascada dentro de la misma que introduce escoria en la pieza colada, cerca de la mazarota.

15. Defectos de las piezas coladas en arena. Causas y posibles soluciones.

Para efectos de una mejor visualización de estos defectos se presentan las tablas siguientes:

LISTA DE DEFECTOS DE LAS PIEZAS COLADAS EN ARENA.

(a)

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
Escoria, inclusiones y poros de gas asociados. Porosidad en la superficie del medio molde superior.	A. Oxidos de aluminio o escoria producida al fundir el metal en el horno de la fundición.	A. Espumar la superficie antes de sumergir la cuchara, sangrar o decantar el metal del horno. Emplear un fundente para reducir la cantidad de metal sacado con la escoria. NO AGITAR EL FUNDENTE. Para eliminar las partículas no metálicas suspendidas en el caldo, el mejor sistema es la aplicación de cloro.
	B. Escoria recogida o formada al verter el metal en el molde.	B. Antes de verter, espumar la capa de óxido acabada de formar. Verter desde poca altura y en chorro continuo, para evitar la rotura de la película de óxido que envuelve el metal fluente.
	C. Escoria y gas arrastrados dentro del molde, al fluir el metal y atrapados en su interior; se presentan generalmente en las superficies correspondientes al medio molde superior.	C. Las entradas inadecuadas originan turbulencia y succión, que arrastran burbujas de gas y exponen más metal a la formación de óxido (escoria). Usar un diseño de entradas adecuado, que evite toda turbulencia durante el vertido. Llenar rápidamente el bebedero y mantenerlo lleno durante toda la colada.
	D. Inclusiones no metálicas en el lingote (extremadamente raras).	D. Comprobar antes todas las demás posibilidades. Si el lingotillo es todavía sospechoso, romper varios bloques e inspeccionar las fracturas. Si existe exceso de escoria, está justificada la queja al proveedor.
	E. Inclusiones de materias extrañas; arena arrastrada dentro del metal al fluir éste por el molde (caso extremadamente raro).	E. Reforzar los puntos débiles del molde; corregir el sistema de entradas para eliminar la incidencia aguda del metal contra las superficies del molde.
	F. Arena y otras materias no metálicas extrañas, suspendidas en el caldo, demasiado pesadas para subir a la superficie y demasiado ligeras para sedimentarse.	F. Asegurarse de que las entradas y las mazaretas están limpias al introducirlos en el crisol de fusión y de que se eliminan las otras fuentes de materias extrañas.

(b)

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
Sopladuras (huecos de la pieza colada que alcanzan hasta la superficie).	A. Arena demasiado húmeda; puntos húmedos locales en los sitios donde se aplicó agua para reparar el molde; pasta de machos sin secar. Estas circunstancias pueden presentar efectos exagerados si la arena tiene poca permeabilidad.	A. Poner más atención en el secado; comprobar que moldes y machos tienen la humedad normal.
Sopladuras de enfriados (formadas por el desprendimiento local de gas a presión bastante alta).	A. Enfriadores 'húmedos'. Realmente deberían llamarse "fríos" ya que el vapor que precede al metal fundido entrante se condensa sobre los enfriadores fríos.	A. Precalentar los enfriadores, con el soplete, antes de cerrar los moldes.
	B. Grandes trozos de materia orgánica, en la arena, que dan lugar a la producción de gas, vapor, o ambos, al entrar en contacto con el metal caliente.	B. Inspeccionar mejor la arena; eliminar la materia orgánica.
Explosiones de arena.	A. Los materiales tales como el carbón, el serrín o las 'bolas de arcilla' de la arena, desarrollan una gran presión de gas en zonas localizadas pequeñas.	A. Quitar dichos materiales con un cribado adecuado o buscar un nuevo suministro de arena limpia.
	B. Un exceso de vapor o de gas forma una sopladura que más tarde se derrumba - bajo la presión hidrostática. Denominada 'sopladura aplastada' aparece como una grieta o una falsa unión fría.	B. Evitar las condiciones que dan lugar a la producción de gas y vapor, como se ha indicado antes.
	C. Se forman sopladuras antes de solidificarse el metal, a causa de gas producido por los machos poco cocidos o mal provistos de respiraderos.	C. El metal caliente origina una cocción adicional de la mezcla de macho, con la consiguiente formación de gas, ocasionando finalmente la desintegración del macho al sacarlo. Corregir el sistema de secado del macho, mejorar la mezcla y poner respiraderos más eficaces.

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
<p>Contracción:</p> <p>A. "De superficie" - Depresión sobre la superficie, con apariencia granular.</p>	<p>A. El metal líquido se contrae apartándose de la superficie de la pieza durante la solidificación. Alimentación deficiente o mala secuencia de la solidificación progresiva a través de la pieza colada.</p>	<p>A. Disponer más mazaretas para alimentar mejor la zona de contracción; aumentar el número de entradas para permitir que el metal se enfríe más antes de entrar en las "zonas de contracción"; colocar enfriadores junto a dichas zonas para empazar allí la solidificación antes que lo haga el resto de las piezas coladas; cambiar la aleación por una que alimente mejor.</p>
<p>Grietas de contracción.</p>	<p>C. El metal se contrae y tira desde la superficie durante la solidificación, ocasionando una contracción fisurante. Común en curvas de unión, rincones y secciones gruesas no alimentadas adyacentes a secciones más delgadas.</p>	<p>C. Emplear enfriadores, en las secciones críticas, que eviten esta circunstancia. Aumentar los radios de las curvas de unión para repartir los esfuerzos. Disponer una mejor alimentación.</p>
<p>Porosidad.</p> <p>Porosidad de gas.</p> <p>Picaduras.</p>	<p>A. Una distribución de picaduras bastante regular por toda la pieza colada - es señal de gas que estaba ya disuelto en el metal antes de vertido o que ha sido absorbido por él durante la colada.</p>	<p>A. El metal que entra en los bebederos ha de estar exento de gas. Evitar una turbulencia excesiva durante el vertido. Asegurarse de que la arena tiene una permeabilidad adecuada y de que es correcto el contenido de humedad.</p>
<p>Microporosidad. Extremadamente fina; en una superficie de fractura, la porosidad puede parecer simplemente una zona oscura.</p>	<p>B. Gas disuelto en el caldo. Este defecto es a veces acentuado por una alimentación deficiente.</p>	<p>B. Desgasificar completamente el metal. Si la alimentación es inadecuada, seguir - 5-A.</p>
<p>Reacción de la arena o porosidad - de reacción (la humedad ataca algún elemento de la aleación). Forma una mancha decolorida en la parte exterior de las secciones gruesas. Se ve mejor en las fracturas.</p>	<p>C. Es más frecuente en el exterior de secciones gruesas en las aleaciones Al-Mg. Excesiva humedad de la arena.</p>	<p>C. Usar arena natural o sintética de mayor permeabilidad y aglomerante con menos humedad. Emplear agentes inhibidores para retardar la reacción entre la humedad y las aleaciones fundidas. Agregar 0.005 por ciento de berilio a las aleaciones Al-Mg.</p>

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
Piezas faltadas y falsas uniones frías. No se llena la cavidad del molde, caso común en secciones delgadas.	A. En la pieza faltada, el metal no llega a llenar completamente las secciones del molde; usualmente se presenta cierta distancia de la entrada.	A y B. Mejorar el sistema de entradas. Comprobar que se trabaja a la temperatura óptima de vertido. Usar entradas adicionales. Comprobar que la arena no tiene exceso de humedad. No apisonar la arena tan fuerte. Estudiar un sistema de respiraderos que deje escapar la presión de aire y vapor. Si es posible, escoger aleaciones con mayor contenido de silicio o que contengan cinc, para tener una mayor fluidez.
Una falsa unión fría es una costura donde el metal no ha llegado a unirse.	B. La falsa unión fría es ocasionada por una interrupción momentánea del flujo de metal, que da lugar a solidificación parcial. El metal que llega se solidifica sobre el flujo inicial. La corriente de metal puede dividirse en canales que se reúnen en otro punto de la cavidad, cuando ya está demasiado frío para que el caldo de las dos secciones se unifique. La temperatura de vertido del metal es demasiado baja. El metal tiene que fluir hasta un punto muy alejado de la entrada. Contracción de vapor o de aire, la cavidad del molde, que retarda la afluencia del metal. Arena demasiado húmeda. Arena demasiado apisonada. Molde con respiraderos mal dispuestos. Aleación inadecuada para la pieza.	
"Grietas en caliente" o "roturas en caliente".	A. Las grietas resultan de una rigidez del molde que produce esfuerzos de tracción cuando la pieza colada se solidifica y contrae. Molde de arena verde demasiado endurecido o excesivamente apisonado. Los machos pueden	A. Preparar machos con mayor colapsibilidad. Comprobar el agente aglomerante, las condiciones de la arena y el apisonado. Formar en el molde una sección hueca independiente junto a la zona de rigidez, que dé ocasión a que la arena ceda cuando el ma-

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
Grietas de temple.	<p>ser demasiado duros para desintegrarse. Sistema de entradas incorrecto que origina puntos calientes donde pueden formarse grietas. Aleación inadecuada para la pieza. También el manejo inadecuado de la pieza o el desmoldeo pueden originar grietas.</p>	<p>tal se solidifica. Cambiar la situación de las entradas o poner más. Tener cuidado en escoger la aleación correcta, tomando preferiblemente una que tenga fuerte contenido de silicio, si es aceptable. Emplear en friadores en los puntos calientes para obtener una mayor resistencia en el primer ciclo de solidificación. Dejar enfriar para que desarrolle mayor resistencia antes de extraerla de la arena. Escoger una aleación menos frágil en caliente.</p>
	<p>B. Usualmente ocasionadas después del tratamiento térmico de disolución, al temple con agua demasiado fría. Un temple desigual provoca esfuerzos diferenciales.</p>	<p>B. Reducir la velocidad del temple usando agua hirviendo o aceite caliente. Proporcionar un enfriamiento más uniforme, haciendo circular mecánicamente el líquido de temple o empleando chorros y pulverizadores.</p>
Poros de arena.	<p>Hallados únicamente en las superficies del medio molde inferior y ocasionados por arena que ha caído dentro del molde por descuido.</p>	<p>Emplear personal más cuidadoso.</p>
Colas de rata, vateados y ondulaciones.	<p>Estos defectos son ocasionados por debilidad mecánica de la arena del molde.</p>	<p>Añadir más agente aglomerante para obtener una mayor resistencia a la compresión. Cambiar la mezcla de arena para obtener mejores características de dilatación.</p>
Dartas	<p>Un punto débil de la superficie del molde de arena o un molde parchado deja introducir el metal bajo la pared del molde, levantando parte de la misma.</p>	<p>Aplicar una mejor técnica de moldeo.</p>

(f)

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas.
Adherencia de la arena a la pieza colada.	Este defecto lo originan un apisonado flojo o un excesivo impacto del metal contra la superficie del molde.	Mejorar la práctica del moldeado o aumentar la fluidez de la arena. Rechazar el apisonado flojo. Evitar el impacto del metal contra la superficie del molde, por ejemplo en la superficie del medio molde superior cuando el metal fundido que penetra llena repentinamente la cavidad del molde.
Machos desplazados. Corrimiento del molde.	Los machos desplazados son usualmente ocasionados por descuidos o accidentes. La incidencia del metal contra un costado del macho puede también contribuir. Algunas veces ocasiona alabeo.	Poner atención al vertido. Emplear mano de obra más cuidadosa para montar los machos y preparar los moldes.

- IV -

COLADA EN MOLDE PERMANENTE DE LAS
ALEACIONES DE ALUMINIO.

1. Molde permanente.

El término molde permanente se aplica al método de fundición en el cual, al quitar la pieza colada, el molde no se destruye y puede usarse repetidamente para la producción de la misma pieza. El cuerpo del molde es de hierro o acero, la cavidad, los bebederos, canales de colada y cucharas de alimentación, se pintan con una ligera capa de diferentes tipos de pintura que forman la verdadera superficie del molde en contacto con el metal que se cuela. Cuando se emplean corazones de arena que son destructibles, junto con los moldes permanentes al proceso se le llama en ocasiones 'moldeo semipermanente'.

En el proceso común, la aleación fundida llena el molde bajo la acción de la gravedad. Por esta razón también se le conoce como "colada en coquilla" por gravedad. En un proceso especial, el molde permanente gira, por lo que el metal penetra en la cavidad bajo la acción de la fuerza centrífuga. A éste método se le conoce como "colada centrífuga en molde permanente".

2. Factores que influyen para seleccionar el molde permanente.

Generalmente las piezas producidas en un molde permanente presentan una estructura de grano más fino y por lo tanto se obtienen mejores propiedades de resistencia que aquellas que se funden en arena, con una aleación similar. Además, las superficies menores requieren tolerancias dimensionales más exactas que las piezas coladas en molde permanente, ya que éstas están menos sujetas a contracción y a la influencia de las porosidades que las piezas fundidas en arena. Por estas razones algunas veces se escoge el proceso de moldeo permanente para obtener mejores piezas y de buena calidad.

Un molde puede tener vida para 10,000 o 100,000 piezas coladas, sin embargo el costo del mismo y del equipo accesorio es superior al

equipo para colar en arena. Pero cuando el número de piezas coladas es suficiente para justificar el costo inicial, resulta generalmente más económico éste proceso de moldeo. Esto se debe al mayor ritmo de producción y a la menor habilidad necesaria de la mano de obra. En ocasiones, se logra una economía adicional a causa de diseñar la pieza colada con un menor peso. Sin embargo los ahorros principales se deben a la reducción del costo del mecanizado por la mayor fidelidad dimensional.

Sin embargo, ésta técnica también tiene sus limitaciones, ya que su empleo no es simple, ni el más económico. De aquí que los diferentes factores que han de tomarse en consideración, para decidir el empleo de moldes permanentes de preferencia a otro proceso, debe basarse en un estudio técnico y económico completo.

3. Diseño de las piezas a colar.

El ingeniero que diseña una pieza que se ha de fundir en un molde permanente debe conocer las necesidades prácticas de la cavidad del molde. A continuación se indican los factores más importantes a considerar:

- A)- Hacer el diseño lo más sencillo posible con un sistema de alimentación que eviten las turbulencias en el metal vertido y que las mazarotas, si existen, solidifiquen de manera progresiva.
- B)- Evitar que las secciones gruesas queden aisladas entre otras delgadas.
- C)- Evitar las esquinas internas pronunciadas.
- D)- Emplear curvas de unión amplias en todas las esquinas.
- E)- Tomar en cuenta las tolerancias debidas a la contracción de las piezas, (éstas varían entre 6.4 y 8 mm por metro).
- F)- Los planos deben indicar los puntos de referencia en forma tal que el molde se construya, sin interferencias.

4. Diseño de la cavidad del molde.

La solidificación en molde permanente es mucho más rápida que en la colada de arena. Sin embargo, los principios en general, son muy similares en lo relacionado a disminuir la turbulencia al llenar el molde y controlar los gradientes térmicos para establecer una solidificación direccional hacia las mazarotas.

La rigidez del molde nos obliga a que el conjunto de la pieza colada y su sistema de alimentación de metal pueda separarse con un desmoldaje sencillo del molde. La extracción de la pieza colada debe realizarse sin aplicar esfuerzos mecánicos sobre la pieza colada y sin abrasión exagerada del revestimiento del molde. Como la rigidez del molde impide que éste ceda bajo los esfuerzos de la pieza colada, es necesario adoptar precauciones para evitar el agrietamiento en caliente.

Los factores que se deben considerar en la producción de piezas sanas en molde permanente son:

- A)- Las respiraderas del molde deben dejar escapar el aire y el gas fuera del metal.
- B)- El sistema de entrada debe conducir el metal a la cavidad del molde en los puntos correctos y con el ritmo adecuado.
- C)- El sistema de alimentación debe controlar los gradientes de temperatura en forma tal que toda parte del metal que se solidifique ha de tener siempre comunicación con el metal líquido que lo debe alimentar, llenando los espacios que se podrían formar como resultado de la contracción.
- D)- Los enfriadores usados para iniciar la solidificación deben localizarse en los puntos deseados.

5. Consideraciones para los respiraderos.

Todo el aire y el gas de la cavidad del molde y del sistema de entradas deben escapar rápidamente cuando el metal fluye. De otra forma, el molde no se llenaría de manera adecuada y los gases podrían quedar atrapados en el interior del metal colado. Las salidas naturales de escape

pe de gas no siempre son suficientes y generalmente deben proveerse escapes auxiliares. Los cuales puede ser:

- a)- Ranuras de 0.1 a 0.3 mm de profundidad, cortadas a lo largo de la cara de junta del molde que conduzcan los gases al exterior del molde.
- b)- Agujeros muy pequeños perforados a través de la pared del molde en zonas donde no se afecte a la superficie o al contorno de la pieza colada.
- c)- Respiraderas de aguja, formados con la perforación de un agujero y la introducción de una aguja cuadrada.
- d)- Respiraderas de tapón, cuando se insertan tapones de enfriamiento se hacen respirar por medio de ranuras dispuestas en su circunferencia.

6. Alimentación de las piezas coladas.

Las mazarotas verticales sirven de alimentadores laterales, la entrada que une a estos y la pieza colada debe ser corta y de grosor suficiente para evitar la solidificación antes de tiempo. En la colada en molde permanente es conveniente que las mazarotas sean amplias pero no mayores de lo necesario para el trabajo requerido, ya que si se solidifica demasiado lento esto puede retardar la apertura del molde originando en la pieza colada unas tensiones de contracción excesivas, que dan origen al agrietamiento en caliente y por lo tanto reduce considerablemente la producción de piezas.

7. Factores de diseño del molde.

Las propiedades más importantes en un material para moldes son:

- a)- La aptitud para el mecanizado.
- b)- La estabilidad de dimensiones.
- c)- La capacidad para evitar la fatiga o agrietamiento durante un uso prolongado, los cuales son debidos a los ciclos de calentamiento y enfriamiento.

Generalmente los moldes se construyen de acero dulce o con aceros aleados de varias calidades, sin embargo la mayoría son de fundición de hierro de grano fino. Un tipo de material recomendado es una fundición perlítica de la siguiente composición:

Carbono	3.0	a	3.5 %
Silicio	1.6	a	2.0
Manganeso	0.5	a	0.8
Fósforo	0.20	máximo	
Azufre	0.05	máximo	

El manejo mecánico de los moldes debe cumplir los siguientes requisitos:

- a)- Ser necesario que al abrir el molde se pueda sacar la pieza, muy poco después de haberse solidificado el metal, para que los machos, de existir en el proceso, no se adhieran y la pieza colada pueda librarse rápidamente del aprieto del molde.
- b)- Al abrir el molde y quitar la pieza colada, no deben realizarse esfuerzos apreciables sobre la pieza colada a causa del molde, o del mecanismo de expulsión, que pueda deformar la pieza o deteriorar el revestimiento del molde o el molde mismo.
- c)- Debe ser posible ensamblar y cerrar el molde de la manera rápida, sin que exista un esfuerzo manual y sin requerir habilidad sorprendente para lograr una alineación perfecta del molde.

9. Ciclo de colada.

Durante el ciclo de la colada el molde no debe estar necesariamente a una temperatura uniforme en todas sus partes. De hecho existen diferencias de temperatura, para que se realice la solidificación progresiva deseada. Pero, es conveniente mantener una temperatura casi constante; esto se obtiene controlando la temperatura de vaciado del metal y realizando los mismos tiempos en cada nuevo ciclo de colada.

La temperatura de vaciado es característica del tipo y tamaño de la pieza colada, ésta se determina en forma práctica para cada molde nuevo. La única consideración que se puede tener es la de vaciar a la menor temperatura posible; esta puede estar en algún punto entre 690 y 775°C. Una vez que ésta se ha determinado se usará como norma para ese molde en particular. El crisol debe contar con un termopar y su correspondiente - indicador de temperatura.

El ciclo de tiempos tiene dos partes:

- a)- El período durante el cual el metal vaciado se solidifica y cede calor al molde.
- b)- El período en el cual el molde se enfría, después de extraer la pieza colada.

Combinando estos dos tiempos, las condiciones de colada pueden - repetirse similarmente durante mucho tiempo. Este proceso proporciona la máxima producción de piezas coladas aceptables. Todo el ciclo puede va- riar desde 1 a 2 minutos para piezas pequeñas, o desde 3 a 7 minutos pa- ra piezas medianas y de 8 a 15 minutos para piezas grandes.

La temperatura media del molde se obtiene marcando la superficie con un lápiz termoindicador, no obstante solo se obtiene una idea muy general de la temperatura del molde.

Una vez realizadas estas operaciones el operario solo tiene que extraer las piezas a su debido momento y mantener el suministro del metal en el horno. La operación por supuesto queda bajo el control del supervi- sor quien determina el tipo de pinturas, la temperatura del molde, la temperatura del metal y el tiempo de solidificación de las piezas coladas. Su habilidad le permite supervisar una cantidad de máquinas, mientras que las operaciones manuales se llevan a cabo por personal con preparación específica.

Es importante que en el manejo de las piezas coladas calientes - sea muy cuidadoso, ya que al ser muy poco rígidos se deforman con facili- dad. Mientras éstas estén calientes, se recomienda no apilarlas para evi- tar una deformación innecesaria. Deben colocarse de tal manera que se puedan enfriar de manera tranquila y uniforme. Si se disponen éstas sobre un

piso frío pueden originarse esfuerzos, a causa del enfriamiento desigual, el cual puede ocasionar grietas. Generalmente se colocan en un cajón metálico o se suspenden colgadas en el gancho de un estante de enfriamiento. Siguiendo este tipo de recomendaciones, se asegura que se obtendrán altos niveles de producción y buena calidad en las piezas coladas sanas.

En la tabla siguiente se describen algunos problemas frecuentemente encontrados en piezas coladas en moldes permanentes. También se presentan las causas posibles de su origen y su corrección respectiva.

LISTA DE DEFECTOS DE LAS PIEZAS COLADAS EN MOLDE PERMANENTE.

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
Escoria y porosidad de gas asociada.	A. Metal sucio debido a agitación excesiva durante el transvase del horno de fusión al crisol de mantenimiento.	A. Evitar toda velocidad de transvase elevada. Verter a ritmo constante desde la altura mínima posible. La depuración con cloro es el mejor sistema para eliminar la escoria en suspensión.
	B. Escoria recogida en la cuchara de vertido al sumergirla en el crisol de mantenimiento.	B. Espumar con frecuencia el metal. Empujar la cuchara hacia atrás al sumergirla. Evitese salpicar o empujar la escoria hacia abajo. Usar un tamaño de cuchara adecuado para cargar el molde sin tener que devolver metal.
	C. Aire arrastrado bebedero abajo durante el vertido del metal. Ocasiona burbujas de gas arrastrado y formación de escoria.	C. Usar un bebedero cónico y mantenerlo lleno durante el vertido.
	D. Excesiva agitación del metal en el sistema de entradas y al penetrar en la cavidad del molde, lo cual produce escoria y arrastra burbujas de gas.	D. Usar las técnicas de disposición de canales recozandadas. Evitar la incidencia directa.
Gas atrapado.	A. Las impurezas del metal pueden aumentar la viscosidad, de forma que el aire o el gas atrapados no pueden escapar como deberían.	A. Comprobar las condiciones indicadas arriba para I-A y I-B.
	B. La deficiencia de los respiraderos puede impedir que el aire escape tan rápidamente como penetra el metal en la cavidad.	B. Comprobar los respiraderos en las zonas específicas donde se presentan agujeros de gas ocluido.
Porosidad en forma de picadura en secciones gruesas, indicando que hay gas en el metal.	A. Excesiva temperatura del caldo, uso de bloques húmedos, o vertido de chatarra mojada o con aceite dentro del caldo.	A. Comprobar la técnica de fusión. Desgasificar si es necesario.
	B. Excesiva agitación al transvasar el metal fundido al crisol de mantenimiento.	B. Igual que I-A anterior.
	C. Excesiva temperatura de vertido que recalienta el molde retrasa la solidificación y aumenta la posibilidad de gas.	C. Si la temperatura de vertido ha de ser muy alta para evitar la producción de piezas faltadas, comprobar entonces las otras causas que dan piezas faltadas.

Defectos apreciados	Posibles causas a investigar	Precauciones sugeridas
Defectos de contracción, incluyen depresiones superficiales, porosidad superficial y porosidad interior en zonas específicas.	D. Exceso de revestimiento del molde que retrasa la solidificación.	D. Limpiar el molde y revestirlo de nuevo más ligeramente.
	A. Falta de solidificación direccional.	A. Cambiar el sistema de entradas, de forma que el suministro de metal sea más frío para la zona de contracción y más caliente para los alimentadores.
	B. Falta general de equilibrio entre la alimentación y el enfriamiento.	B. Comprobar el ajuste del revestimiento del molde, aumentándolo en los alimentadores y reduciéndolo donde se necesite mayor enfriamiento. Si las fallas no pueden remediarse en esta forma, aumentar los alimentadores y proporcionar enfriamiento especial.
	C. Sección gruesa que no recibe suficiente alimentación por estar aislada por secciones delgadas.	C. Si la sección no puede estar en la junta, intentar mejorar la alimentación con una mejor transición de secciones y con curvas de unión más amplias, o con nervios. Si esto no resulta práctico, prever enfriamiento especial.
	D. Temperatura de vertido demasiado alta.	D. Si la temperatura ha de ser muy alta para evitar la producción de piezas falladas, comprobar entonces las otras causas que dan piezas faltadas, según se indica en el apartado 5.
E. Composición de la aleación.	E. Si, después de las correcciones anteriores, persisten las contracciones, probar la adición de un afinador de grano. Comprobar si el análisis concuerda con la especificación. Considere el empleo de una composición mejor. Algunas veces es admisible emplear metal ligeramente gasificado. El gas desprendido da una fina porosidad, generalmente distribuida, que prácticamente no perjudica, desapareciendo los defectos de contracción.	

NADA SE CREA, NADA SE DESTRUYE, TODO SE TRANSFORMA,
ES EL PRINCIPIO QUE NORMA EL ACONTECER DEL UNIVERSO
EXPRESADO POR LAVOISIER, QUIMICO FRANCES DEL SIGLO
PASADO, QUIEN NOS HACE SABER QUE NADA PERMANECE -
CONSTANTE, SINO QUE TODO SE ESTA RENOVANDO EN NUES-
TRO MUNDO.

RECICLAJE DE ALUMINIO.

CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA PLANTA
RECICLADORA DE CHATARRA DE ALUMINIO.

1. Localización de una planta.

En general la localización de una planta industrial tiene las mismas consideraciones que se toman en cuenta para decidir su tamaño y éstas tienen como objeto obtener un costo mínimo de operación.

La determinación del lugar donde se ha de instalar la planta suele llevarse en dos etapas:

- A)- Se selecciona la área en que se estima conveniente localizar la planta.
- B)- Se elige la ubicación precisa para efectuar su instalación.

El tamaño de una planta industrial se considera como la capacidad instalada de producción en un determinado período. Esta capacidad es la cantidad producida por unidad de tiempo. La cantidad producida puede ser: volumen, peso, valor o número de unidades de producto elaborado, mientras que la unidad de tiempo puede ser: el ciclo de operación, año, mes, día, hora, turno, etc.

2. Factores que influyen en la localización.

Los factores que se toman en consideración para una selección adecuada de la localización de la planta son:

- A)- Localización del mercado de consumo.
- B)- Localización de las fuentes de materia prima.

Además otros factores secundarios, que influyen en la toma de decisión para lograr la localización de una planta industrial, son:

- A)- Disponibilidad de la mano de obra.
- B)- Facilidad de transporte.
- C)- Disponibilidad de energéticos.

- D)- Suministro suficiente de agua.
- E)- Facilidad para la eliminación de desperdicios.
- F)- Disposiciones legales, fiscales, municipales, estatales y federales.
- G)- Actitud de la comunidad.

Las zonas industriales del área metropolitana son las de mayor consumo de lingotes de aluminio, aunque este consumo no es exclusivo de una sola región, sino que se extiende a otros sitios industriales del país como: Monterrey, Guadalajara y Puebla. Sin embargo, el mayor consumo se registró en esta zona.

Al tener esta zona el mayor consumo registrado lógicamente tendrá también el mayor índice de generaciones de desperdicios y chatarra, lo que implica tener la disponibilidad de materia prima.

Es de todos conocido que el área metropolitana tiene buenas vías de comunicación, como son carreteras, líneas ferroviarias, aeropuertos, teléfonos, telégrafos, fletes y otras con las cuales se logra una buena vía de acceso tanto de materias primas como de personal para laborar en la planta.

Con esto se cumplen satisfactoriamente los factores de la disponibilidad de energéticos y mano de obra, en relación a la mano de obra calificada podemos contar con el personal que egresa tanto de la Universidad Nacional Autónoma de México como del Instituto Politécnico Nacional de la Universidad Autónoma Metropolitana y otras prestigiadas instituciones de estudio superior. En relación a los operarios o mano de obra no calificada sabemos que no se requiere de un conocimiento amplio del proceso y que en todos los casos de alguna manera se tiene que capacitar y adiestrar al personal de acuerdo al proceso requerido.

3. Distribución de la planta.

El aluminio en forma de chatarra y desperdicios industriales ocupa mucho volumen, causa por la cual debe destinarse buena parte del área de la planta para patio de recibo. La construcción se puede realizar en un terreno de 2500 m² el cual puede contar con unas oficinas de 100 m² donde puede estar también

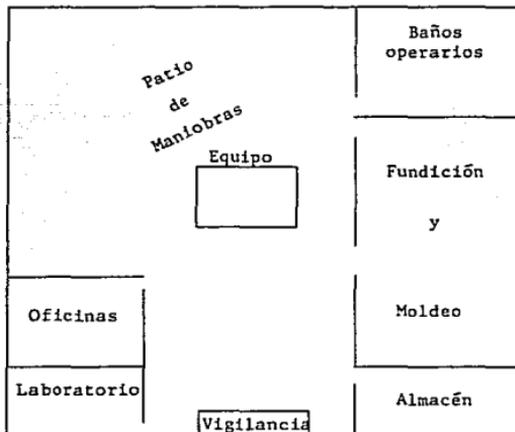
el laboratorio de análisis químicos.

El departamento de fundición y moldeo se instala en una área de 12 x 50 - 600 m², donde se incluyen los baños para las operaciones y el almacén de productos terminados. Adjunto a éste departamento se instala el equipo anticontaminante y la caseta de vigilancia.

En resumen, la superficie de la planta queda distribuido de la siguiente manera:

<u>A r e a</u>	<u>m²</u>
Superficie del terreno.	2500
Oficinas y laboratorios.	100
Departamento de Fundición y Moldeo.	600
Equipo anticontaminante.	30
Caseta de vigilancia.	10
Patio de materiales.	1760

DISTRIBUCION DE LA PLANTA.



4. Instalaciones.

Tanto la maquinaria como el equipo de esta planta recicladora de aluminio son: de fácil adquisición, de fabricación nacional y se les encuentra en existencia, por lo que su entrega es casi inmediata.

La instalación del equipo realmente no requiere de conocimientos técnicos especializados y se cuenta además con la asesoría de los proveedores, si es necesario.

Como se mencionó antes, no se requiere de mano de obra especializada, por lo que se facilita la contratación del personal. Pero si es importante contratar a un técnico para que desde el arranque de la planta comience a entrenar al personal.

5. Herramientas y equipo.

Entre las herramientas manuales con las que debe contar un fundidor de aluminio se encuentran las siguientes:

- A)- Palas removedoras para la agitación del metal líquido en el horno.
- B)- Estrellas de diferentes tamaños.
- C)- Campanas de inmersión.
- D)- Escoriadores para recoger la escoria y separarla del metal evitando de esta manera el arrastre de metal.
- E)- Cucharas de vaciado.

Estas herramientas se fabrican de acero, por lo que deben conservarse cubiertas con las puntas protectoras a base de blanco de España. Se recomienda, antes de introducirlos al metal líquido, que se precaliente hasta alcanzar un color rojo, para evitar la generación de vapor de agua y así prever las proyecciones de metal.

Las características generales del equipo necesario para una planta tipo son las siguientes:

- A)- Capacidad recicladora de la planta: 500 toneladas de lingote de aluminio.

- B)- Capacidad del horno: $100 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$
- C)- Número de hornos: tres
- D)- Tipo de crisol: E - 600 - B de carbono de silicio.
- E)- Tipo de quemador: Osmond PLB-5 de mezclado interno, controles de aire, diesel y longitud de la flama.
- F)- Capacidad del quemador: $460,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hora}}$ a una presión de aire de 750 mm columna de agua.
- G)- Consumo máximo: $40 \frac{\text{lbs}}{\text{hr}}$ de diesel.
- H)- Ventilador: tipo centrífugo HB de alta presión volumen de aire $16 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ motor de S.H.P., dos polos, - 220 volts, transmisión de poleas y bandas V.
- I)- Almacenamiento para diesel: Depósito de lámina de acero de 10,000 lbs.
- J)- Espectrofotómetro de absorción atómica: Tipo Perkin Elmer, modelo 2380, con fotómetro de doble haz, sistema óptico de amplio rango, lectura integrada, quemador de premezcla y nebulizador ajustable.
- K)- Separador magnético con polea de 38 x 36 y 67 R.P.M.
- L)- Báscula OKEN de 100 Kgs.
- M)- Língotera de acero de bajo carbono.
- N)- Equipo anticontaminante: Integrado por una serie de duetos desde los hornos, hasta el venturi de estrangulación y tanques lavadores con flujo de agua de - 220 lbs/minuto.

6. Abastecimiento de materia prima.

Las materias primas básicas están constituidas generalmente por recortes, sobrantes y desperdicios industriales de aluminio y sus aleaciones durante el mecanizado y fabricación de piezas y partes de aluminio.

Además se debe contar con elementos de aleación que son necesarios para regenerar las aleaciones de aluminio, como son:

- A)- Silicio
- B)- Cobre
- C)- Manganeso
- D)- Magnesio
- E)- Niquel
- F)- Zinc
- G)- Titanio

Se requiere también de aluminio puro para diluir algunos elementos que no son deseables en la aleación y que no es posible eliminar por los métodos convencionales o resulta demasiado caro.

La calidad de estos materiales depende generalmente de su clasificación y se realiza de acuerdo a: su procedencia, el tipo de aluminio y su limpieza.

La limpieza es un factor determinante que disminuye la calidad de los materiales de aluminio por la presencia de materiales extraños como puede ser: fierro, agua, aceite, basura, guantes, cartón, madera. A mayor cantidad de contaminantes se espera una menor calidad y por lo tanto un menor precio.

La materia prima se clasifica de la siguiente forma:

- | | |
|---------------------|--|
| Aluminio Puro: | En forma de lingotes y una pureza de 99.7% lo mínimo. |
| Recortes: | Generados durante los procesos de troquelado. |
| Alambres: | Generados durante la instalación de plantas eléctricas. |
| Perfiles y láminas: | Sobrantes procedentes de la industria de la construcción y el transporte. |
| Rebaba: | Son las que se generan durante el mecanizado de piezas. |
| Papel y botes: | Desechos defectuosos o usados procedentes de la industria de envases y envolturas de productos alimenticios. |
| Traste: | Chatarra defectuosa o usada, de la industria de enseres domésticos. |

Macizo Automotriz :	Partes y piezas de aluminio desechas por defectuosas o por uso.
Macizo en General: :	Constituido por diversas piezas, variadas en los procesos de fundición.
Pistones:	Desechos provenientes de motores automotrices y compresores.
Tecata y Escoria :	Desperdicios de aluminio, que se generan en los procesos de fundición - para el vaciado de piezas.
Silicio Puro:	En forma de trazos irregulares y una pureza de 99.0% mínimo.
Cobre puro:	Se consigue de los desechos de alambre, lámina o tubos.
Magnesio puro:	En forma de lingote o partes automotrices usadas.
Níquel puro:	En forma de granalla.
Titanio:	Se consigue al 5% aleado con 1% de boro y 94% de aluminio.

7. Precios de los materiales para preparar una aleación de aluminio.

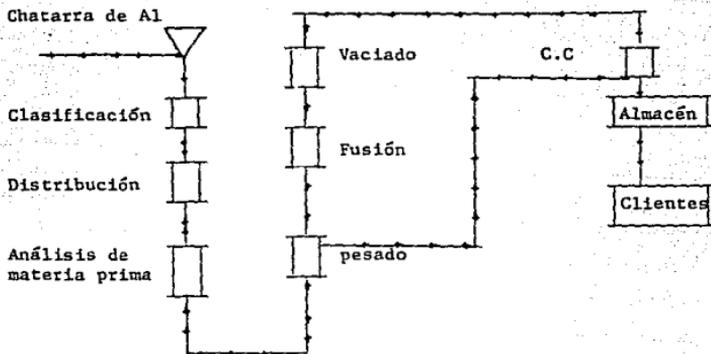
Los precios de compra de la chatarra de aluminio se ven afectados tanto por la homogeneidad del lote y por su limpieza, lo cual lo hace variar desde \$3,000.00 hasta \$4,800.00 el kilogramo puesto en planta. Los precios son los siguientes:

PRECIOS DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACION DE ALEACIONES DE ALUMINIO DE SEGUNDA FUSION.

Materia Prima	Un Kg.	Lab.
Aluminio puro	\$ 5500	Veracruz
Recortes de troquel	4900	D.F
Alambres	4900	D.F
Perfiles y láminas	4500	D.F
Rebabas	2600	D.F
Papel y bote	3100	D.F
Traste	3100	D.F
Macizo automotriz	3400	D.F
Macizo general	3100	D.F
Pistones	3400	D.F
Tecata y escoria	2200	D.F
Chatarra de cobre	4300	D.F
Silicio puro	4400	Laredo, Texas
Chatarra de magnesio	3000	D.F
Níquel puro	18000	Laredo, Texas
Titanio al 5%	15000	Laredo, Texas

Los precios de la chatarra de importación, generalmente de los Estados Unidos, tienen también un amplio rango de precios los cuales - van desde \$1.20 hasta \$0.30 la libra, en todos los casos L.A.B. Laredo Texas.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE LINGOTE SECUNDARIO.



8. Análisis de materia prima.

El proceso que se usa para la obtención de lingote de aluminio - de segunda fusión, se inicia con la compra de la materia prima ya sea chatarra, sobrantes o desperdicios industriales, los cuales se almacenan en el patio de maniobras.

La chatarra se recibe por lotes en el patio y los que llegan homogéneos solo se pasan por el separador magnético para separar los materiales ferrosos contaminantes.

La chatarra ya clasificada en forma homogénea facilita la toma - de muestras representativa para su análisis químico. El muestreo se hace por cuarteo y cuando se trata de piezas, la rebaba que se obtiene de diferentes lugares de ella se mezcla para que sea representativa del lote. Las muestras de los diferentes lotes se analizan en el laboratorio para determinar su composición que será la base de cálculo para las cargas.

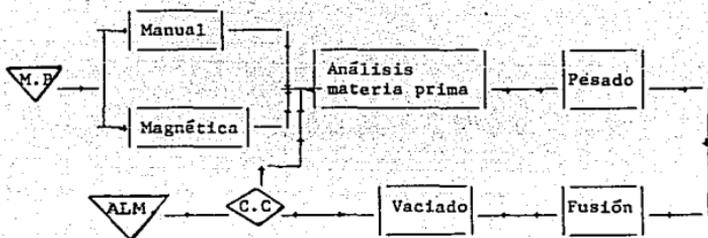


DIAGRAMA DE BLOQUES, PARA LA PRODUCCION DE LINGOTES DE ALUMINIO DE SEGUNDA FUSION.

9. Balance de materiales.

Con los datos reportados, de la materia prima por el laboratorio de análisis químicos el ingeniero puede realizar su cálculo de carga de acuerdo a la materia prima con la que dispone y al tipo de aleación de aluminio que se solicite. (Ver apéndice IV).

Por lo anterior se puede realizar un ejemplo de cálculo de cargas aprovechando los datos cualitativos y cuantitativos que un laboratorio ha reportado. Para ello se toma como base 100 Kg de producto terminado; y contando con la siguiente materia prima:

Lámina
 Macizo en general
 Pistón
 Silicio

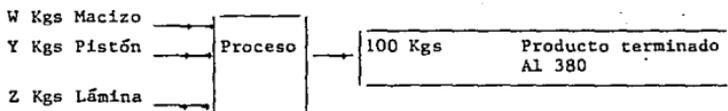
Los cuales se van a combinar en el crisol para obtener una aleación de aluminio tipo 380 secundaria, para ello contamos con los siguientes datos:

Material Elemento	Lámina	Macizo	Pistón	Especificación Al 380
Si	0.50	6.50	9.50	7.5 - 9.5
Fe	0.35	0.70	0.75	0.80
Cu	0.30	3.80	2.50	3.0 - 4.0
Mn	0.25	0.20	0.30	0.40
Mg	0.15	0.30	0.60	0.30

Continuación...

Material Elemento	Lámina	Macizo	Pistón	Especificación Al 380
Zn	0.10	0.15	0.25	0.50
Ni	0.10	0.05	0.20	0.35
Ti	0.12	0.01	0.05	0.10
Al	Resto	Resto	Resto	Resto

Se presenta el planteamiento del problema:



Al conocer tanto la composición química de la materia prima como la composición química del tipo de aleación a procesar, se procede a considerar diferentes porcentajes de participación de la materia prima para obtener el análisis químico deseado, como sigue:

A)- Primer cálculo de cargas.

Material Elemento	Lámina 20	Macizo 40	Pistón 40	Suma 100	Diferencias para Al 380
Si	0.10	2.60	3.80	6.50	(-) 3.00
Fe	0.07	0.28	0.30	0.65	DE*
Cu	0.06	1.52	1.00	2.58	(-) 1.42
Mn	0.05	0.08	0.12	0.25	DE*
Mg	0.03	0.12	0.24	0.39	FUERA
Zn	0.02	0.06	0.10	0.18	DE*
Ni	0.02	0.02	0.08	0.12	DE*
Ti	0.00	0.00	0.02	0.02	DE*
Al	Resto	Resto	Resto	Resto	Resto

*DE: Dentro de especificación

Los resultados anteriores se obtienen de aplicar los siguientes cálculos para cada uno de los elementos químicos:

%Si

$$\text{Lámina } \frac{20}{100} \times 0.50 = 0.10$$

$$\text{Macizo } \frac{40}{100} \times 6.50 = 2.60$$

$$\text{Pistón } \frac{40}{100} \times 9.50 = 3.80$$

Sumando enseguida los tres resultados:

$$\text{Total \%Si} = 0.10 + 2.60 + 3.80 = 6.50$$

Y se compara contra el % Si deseado en la aleación secundaria a obtener:

%Si al 380 =	9.50
%Si al Mat. Prima =	<u>6.50</u>
%Si faltante =	3.00

Tanto la chatarra como los elementos aleantes, en la fusión en el crisol sufren un determinado % de merma, por lo cual se considera en el cálculo de carga los intervalos o rangos máximos permitidos y de esta manera estar dentro de especificaciones en el lingote terminado.

En el ejemplo anterior se puede observar que el único elemento químico fuera de especificación es el Mg, por lo que se hace necesario otro cálculo de cargas con la finalidad de ajustar éste elemento también.

%Cu al 380 =	4.00
%Cu mat. prima =	<u>2.14</u>
%Cu faltante =	1.86

De las consideraciones anteriores se preparará una carga de 100 Kg para facilitar el peso de las cantidades correspondientes, tanto de materia prima como los elementos aleantes necesarios, de acuerdo a lo siguiente:

MATERIAL	Kgs
Lámina	40.00
Macizo	40.00
Pistón	20.00
Si	4.80
Cu	<u>1.86</u>
TOTAL	106.66

El resultado anterior es un resultado teórico en el que se debe considerar, como antes se menciona, el % de merma en el proceso de fusión de la materia prima, dichas mermas se mencionan a continuación

como resultado de determinaciones prácticas:

MATERIAL	% MERMA
Al puro	3
Recorte	6
Perfiles	6
Lámina	6
Rebaba	10 - 26
Traste	15
Macizo automotriz	18
Pistones	15
Tecata	40
Escoria	60
Si	1
Ni	1
Ti	1
Cu	1
Mg	50

Considerado el resultado teórico obtenido y aplicando los diferentes porcentajes de la eficiencia de los materiales tenemos:

MATERIAL	Kgs	% Merma	Kgs. Para cargo final
Lámina	40.00	6	42.55
Macizo	40.00	18	48.78
Pistón	20.00	15	23.53
Si	4.80	1	4.85
Cu	<u>1.86</u>	1	<u>1.88</u>
	106.66		121.59

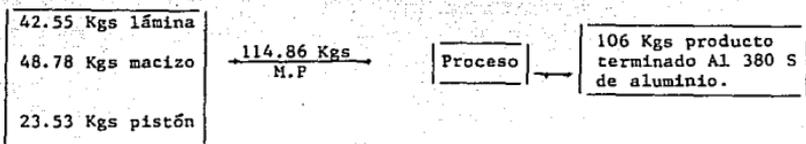
$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{106.66 \times 100}{121.59} = 87.72\%$$

De los cálculos y resultados anteriores se concluye que para llegar a obtener los porcentajes específicos de los elementos de la aleación 380 secundaria de aluminio, será necesario alimentar cantidades

adicionales las cuales se representan en forma esquemática de la siguiente forma:

Cu 1.88

Si 4.85



El ingeniero proporciona este resultado final de cálculo de carga al jefe de la planta de fundición para fabricar tanto los lingotes de aleación secundaria como las piezas de aluminio moldeadas en arena o en molde permanente.

10. Elección del tipo de sociedad.

Dentro de las características generales de una planta recicladora de chatarra de aluminio para producir lingotes de segunda fusión y piezas moldeadas semi-terminadas, también se debe considerar un aspecto muy importante que rige los destinos de dicha planta y es "la elección del tipo de sociedad". Para esto se ha considerado la constitución de una sociedad anónima de capital variable que tendrá los siguientes objetivos:

- A) Recuperación, transformación e industrialización de metales.
- B) Compra-Venta, importación y exportación de metales.
- C) Fabricación, compra-venta, importación y exportación de piezas metálicas para la industria en general.
- D) Celebración de toda clase de actos y contratos relacionados con los fines mencionados y permitidos por la ley.
- E) El capital social inicial será de: -----
\$500'000,000.00 (QUINIENTOS MILLONES DE PESOS 00/100 M.N.)
----- en acciones con valor de: -----
\$1,000.00 (UN MIL PESOS 00/100 M.N.) cada una.

- F)- La sociedad se regirá por un consejo de administración elegido en asamblea.
- G)- Las acciones serán nominativas. Los socios tendrán derecho a tantos votos como acciones posean y a participar en forma proporcional de las utilidades que se lleguen a obtener.

Se elige esta sociedad por las ventajas que tiene para su formación. En forma específica, el capital mínimo necesario, además su forma jurídica resuelve la mayor parte de los problemas de la sociedad tipo - personalista y constituye un medio adecuado para reunir grandes capitales. Sin embargo, lo más importante es que cada accionista adquiere una responsabilidad limitada y no tiene que preocuparse de que sus demás bienes personales puedan estar en peligro de perderse.

11. Organización técnica y administrativa.

Para la formación de esta organización se ha considerado la elaboración de un organigrama básico donde se determinan los diversos niveles y posiciones del personal que se encargará de las partes administrativa y de la parte de producción.

El consejo de administración, es el órgano director, el cual se encarga de aprobar o rechazar los estados financieros, ampliar los objetivos de la sociedad o disolverla, aumentar el capital social, etc.

Para dirigir las funciones de la empresa se designa al Gerente - General, el cual estará auxiliado por el gerente de ventas y gerente de planta.

El gerente administrativo se encargará de los asuntos administrativos asociados a la operación de las unidades de la planta, incluyendo el control de ingresos y egresos, la evaluación, contratación y motivación del personal, etc.

El gerente de ventas, se encargará de promover, realizar y controlar todas las actividades que permitan la introducción y permanencia de los diferentes productos en el mercado nacional e internacional.

El gerente de planta o técnico, planeará, dirigirá y supervisará la producción, al seleccionar la materia prima, vigilando la calidad de

ésta. Por otro lado determinará los cambios necesarios que se necesiten en el proceso de la fundición, para que los sistemas de producción se mantengan operando de manera eficiente y con buena calidad en los productos obtenidos.

LAS BUENAS CONDICIONES DE TRABAJO RINDEN
SUS FRUTOS A CORTO PLAZO. LOS TRABAJADO-
RES SIENTEN MAYOR SATISFACCION CON EL -
TRABAJO REALIZADO Y AUMENTAN SU PRODUCTI
VIDAD. ESTA SE LOGRA CUANDO SE PROPORCIO
NAN FACTORES NECESARIOS PARA CONSERVAR -
SU SALUD INTEGRAL MEDIANTE:

LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA FUNDICION DE ALUMINIO.

1. Descripción del proceso.

La recuperación de la chatarra y desperdicio de aluminio consiste en fundir estos materiales en hornos de crisol, escorificarlos, refinarlos, vaciar el metal fundido en moldes para darles forma de lingotes y de este modo ponerlos en condiciones de ser nuevamente usados en otros procesos para la producción de piezas moldeadas. A continuación se describen las operaciones diversas de que consta este proceso.

A)- Transporte de la carga.

Los materiales se encuentran en el patio de chatarra, algunos se reciben ya clasificados pero en otros casos es necesario clasificarlos como rebabas, pedacería, recortes de lámina o piezas de desecho. Estos se cargan en carretillas de mano, se pesan en la báscula y se llevan hasta los hornos.

B)- Cargar los hornos.

Una vez pesados y de acuerdo con las proporciones de carga especificadas, los materiales se van cargando poco a poco a los hornos, los cuales se encuentran ya a la temperatura de operación. La carga se hace manualmente.

C)- Fusión de la carga. (Ver Apéndice III).

Los materiales se funden en un horno de crisol, de calentamiento indirecto por quemadores diesel y aire forzado, hasta alcanzar la temperatura de operación de 720°C. Conforme se va fundiendo, se forma el metal líquido y se va agregando más carga. Se agita constantemente mediante herramientas de fierro para facilitar la fusión y la separación de las impurezas en forma de escoria. Se continúa de este modo hasta completar 250 Kg de metal en un tiempo aproximado de 2 horas.

Algunas impurezas como los residuos de grasa y aceite, se queman durante la fusión por lo que los hornos cuentan con campanas para colec-

car los humos y polvos producto de la combustión y llevarlos al equipo anticontaminante.

En virtud de lo agotador de esta operación, los operarios que atienden a cada horno son dos quienes alternan una hora en el horno y una hora realizando otras actividades en sitios alejados de los hornos.

D)- Escorificar y refinar el metal.

Una vez que el horno está lleno de metal fundido, se agregan los fundentes y refinadores, se agita vigorosamente mediante herramientas especiales y se deja reposar para dar lugar a la separación de la escoria que finalmente flota y se retira del horno mediante recogedores, quedando el metal fundido limpio y refinado. Durante esta operación se generan también humos y polvos por lo que debe mantenerse la campana del horno cerrada.

E)- Vaciar en lingoteras.

Para vaciarlo, el metal fundido debe encontrarse a una temperatura de 720°C, se toma mediante cucharones, se vierte en moldes llamados lingoteras y se deja enfriar para que al solidificar el metal adquiriera la forma de lingote.

F)- Desmoldear.

Los lingotes una vez fríos, se sacan del molde mediante volteo manual, se recogen y se estiban en lotes de 200 piezas para su embarque. El peso de cada lingote es de 10 Kg aproximadamente.

2. Riesgos de accidente.

Se pueden clasificar los riesgos de accidente que se presentan en este proceso en la forma siguiente:

A)- Exposición prolongada al calor radiante del horno, del metal fundido y de la combustión de los residuos de grasa y aceite que pueden inducir en los materiales efectos de fatiga, deshidratación y debilitamiento.

- B)- Quemaduras por salpicaduras de metal fundido que pueden producirse al agitar el 'caldo' o al introducir herramientas húmedas en él o al vaciar el metal en los moldes.
- C)- Quemaduras por contacto con herramientas y lingotes calientes.
- D)- Golpes, cortaduras o 'machucones' durante el manejo de los materiales de carga y al desmoldear los lingotes producidos.
- E)- Intoxicación por los gases y humos producidos durante la combustión de los residuos y combustible y durante el refinado del metal, si es que no se toma la precaución de cerrar las campanas y operar el equipo anticontaminante.
- F)- Quemaduras por pisar gotas o teclas de metal caliente que se encuentren esparcidas por el suelo.
- G)- Peligro de explosión y/o flamazo si se permite la acumulación - excesiva de los gases en las campanas de los hornos.
- H)- Cortaduras y 'machucones' por contacto accidental con las bandas de los sopladores de aire y extractores de gases.

3. Equipo de protección personal.

Para evitar los accidentes, los trabajadores disponen de protectores personales de varios tipos. Los de uso obligatorio, se conviene que los conozcan y se acostumbren a utilizarlos, por lo que enseguida se dan sus - características y usos principales:

A)- Cascos.

Protegen la cabeza contra golpes y polvo. Son de plástico endurecido, ligeros, cómodos con una cinta interior que permite el ajuste a diferentes tamaños.

B)- Caretas.

Le dan protección a la cara contra salpicaduras de metal y reflejan el calor radiante del horno, son de plástico endurecido y aluminizado, ligeros y se adaptan al casco protector.

C)- Guantes.

Sirven para proteger las manos y parte del antebrazo contra el contacto de herramientas calientes y partículas calientes de metal. Son de lona reforzada con tres capas en la palma y puño largo, son flexibles, se adaptan bien a las manos y les dejan libertad de movimiento para el desempeño del trabajo.

D)- Botas.

Protegen los pies contra golpes y 'machucones' y evitan quemaduras en la planta del pie cuando accidentalmente alguien pisa partículas calientes. Estos son de cuero al aceite para hacerlas flexibles, con suela de baqueta aislante y tienen además - un casquillo de acero protector en la puntera.

E)- Polainas.

Constituyen un complemento de las botas para proteger los tobillos y parte de la pierna contra salpicaduras y partículas calientes, evitando que puedan meterse dentro de la bota. Son de asbesto flexible y aislante.

F)- Delantal.

Se usa para dar protección a la parte del cuerpo expuesta a las radiaciones del horno y contra salpicaduras de metal. Estas son de asbesto aluminizado, aislantes, flexibles y permiten libertad de movimiento.

G)- Uniformes.

Completan la protección del cuerpo del personal; son de gabardina de algodón y de corte amplio para conservar la libertad de movimiento.

4. Equipo de protección industrial.

La empresa cuenta con el equipo necesario, de carácter industrial, para evitar accidentes y proteger el ambiente controlando los productos dañinos que resultan durante el proceso. Conviene que todo el personal lo conozca para que sea debidamente utilizado, procurando también su conservación.

A)- Equipo anticontaminante.

Para el control de los humos, gases y polvos que se generan durante el proceso de fusión de los materiales de aluminio, se dispone de un lavador de gases que consiste en lo siguiente:

En cada horno se encuentra instalada una campana para coleccionar todos los humos, gases y polvos generados y evitar el sobrecalentamiento del área circundante. Estas campanas están construidas con un material aislante. La campana está conectada a un ducto general que lleva todos los humos, gases y polvos calientes de todos los hornos hasta un venturi donde son completamente mojados y enfriados mediante agua a presión. En estas condiciones se hacen pasar gases fluidos forzados por un ventilador de 30 HP a los tanques tipo ciclón donde tiene lugar la separación de las partículas sólidas, del agua y de los gases limpios; por gravedad y fuerza centrífuga.

Los gases ya depurados y fríos salen a la atmósfera a través de una chimenea, mientras que las partículas sólidas y el agua forman lodos que se acumulan en un depósito o cárcamo y se separan por decantación, circulando nuevamente el agua. Es necesario que este equipo se encuentre funcionando cuando los hornos se encuentren en operación, ya que de otro modo, los humos se acumularían en todo el lugar de trabajo.

B)- Cubiertas protectoras.

Los equipos que trabajan con bandas y tienen partes en movimiento como son los sopladores de aire para la combustión, compresores de aire y ventiladores del equipo anticontaminante tienen guardas protectoras para evitar el peligro de accidente por contacto con las bandas y partes móviles. Todos los guardas están pintados de color naranja y es -

necesario que se mantengan siempre en su lugar para evitar accidentes.

C)- Extinguidores.

Son del tipo ABC, de polvo químico, útiles contra cualquier incendio y deben estar distribuidos estratégicamente por toda la fábrica. Su operación es bastante sencilla, como se ha demostrado prácticamente, basta con quitar el seguro, oprimir el gatillo y dirigir la manguera contra la base del fuego. Los extinguidores son recargables, tienen una carátula indicadora de su vida útil y aunque periódicamente se revisan por el proveedor, es necesario que todos los vigilen para que siempre se encuentren en condiciones de ser usados.

D)- Instalaciones eléctricas, de gas, de agua y diesel.

Todos los conductores eléctricos se encuentran dentro de tubos - conduit para evitar el peligro de electrocución y corto circuito. Además del interruptor general de corriente, cada una de las máquinas tienen su propio interruptor. Conviene que todo el personal conozca el lugar donde se encuentran los interruptores para desconectarlos en caso de accidente.

Para su identificación, las tuberías eléctricas se encuentran - pintadas de color verde, las de gas son de color amarillo, las de agua - de color azul y las de diesel de color negro.

- VII -

COSTO DE LA INSTALACION.

1. Inversión fija y capital de trabajo.

Para determinar la inversión total de la planta recicladora de chatarra de aluminio, se toma en cuenta tanto la inversión fija como el capital de trabajo. Por esto es necesario conocer el tipo de obra civil que se efectuará y conocer también las diferentes máquinas y equipo que serán necesarios para el proceso. Para conocer dichos datos se solicitan los presupuestos al contratista de la obra y las cotizaciones a los diferentes proveedores, esto nos permite calcular la inversión fija. Para estimar el capital de trabajo es necesario conocer los niveles de producción a los cuales operará la planta, los precios de los diferentes materiales y aleantes requeridos para los procesos de producción, etc.

La inversión fija es el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones comunes por parte de la empresa. Estas se adquieren durante la etapa de construcción e instalación de la planta. También se incluye en esta a el equipo el cual se considera a lo largo de su vida útil. Los renglones que integran esta inversión fija se clasifican en:

A)- Tangibles.

En el que se encuentran la maquinaria y equipo, que son sujetos a depreciaciones y obsolescencia y el terreno que no lo está.

B)- Intangibles.

Se encuentran clasificando las patentes y los gastos de normatización, que se amortizan en plazos convencionales.

A los recursos económicos que utilizan las empresas para atender las operaciones de producción, distribución y ventas de los productos elaborados, se llama capital de trabajo.

En cualquier empresa, no basta con contar con los equipos de producción, sino que es necesario tener en existencia una cierta cantidad -

de materia prima, repuestos y materiales diversos en el almacén, así como productos en tránsito para distribución, recursos para financiar las cuentas por cobrar, y efectivo en caja para hacer pagos y gastos de operación; todo esto representa el capital de trabajo.

Ejemplo del

2. Monto de la inversión.

ACTIVOS FIJOS		\$ 44'900,000.00
Tres hornos		8'000,000.00
Críssoles y bases	\$ 5'000,000.00	
Carcaza y refractario	2'400,000.00	
Tapas y block	600,000.00	
Tanque para diesel		4'000,000.00
18 lingoteras		900,000.00
3 quemadores PLB-5		1'500,000.00
Herramientas de fundición		<u>500,000.00</u>
Equipo de fundición total:		\$ 44'900,000.00

EQUIPO DE OFICINA.		\$ 3'110,000.00
3 escritorios	\$ 480,000.00	
3 archiveros	480,000.00	
3 calculadoras	750,000.00	
2 máquinas de escribir	1'400,000.00	

TERRENO		\$100'000,000.00
2500 m ²	\$ 40,000.00	

CONSTRUCCION		\$200'000,000.00
1000 m ²	a	\$ 200,000.00 m ²

EQUIPO DE LABORATORIO		\$ 6'000,000.00
Mufla	\$ 400,000.00	
Balanza analítica	3'000,000.00	
Cristalería	500,000.00	
Reactivos químicos	500,000.00	
Extractor	100,000.00	
Crisol de platino	1'500,000.00	
RESERVA DE INVERSION		\$ 5'000,000.00
INVERSION DIFERIDA.		\$ 20'000,000.00
Gasto de instalación	\$ 5'000,000.00	
Constitución	10'000,000.00	
Pruebas de A.	5'000,000.00	
CAPITAL DE TRABAJO		\$130'500,000.00
Mano de obra	\$ 5'000,000.00	
Combustibles	4'500,000.00	
Energía eléctrica	500,000.00	
Materia prima	105'000,000.00	
Impuestos	5'000,000.00	
Gastos de venta.	5'500,000.00	
Gastos de administración	5'000,000.00	

RESUMEN DE INVERSIONES

INVERSION FIJA		\$384'010,000.00
Terreno	\$100'000,000.00	
Construcción	200'000,000.00	
Equipo de fundición	44'900,000.00	
Equipo de reparto	25'000,000.00	
Equipo de laboratorio	6'000,000.00	

Equipo de oficina	\$ 3'110,000.00
Reserva de inversión	5'000,000.00
INVERSION DIFERIDA	\$ 20'000,000.00
SUB-TOTAL	404'010,000.00
CAPITAL DE TRABAJO	130'500,000.00
TOTAL DE INVERSIONES	<u>\$539'510,000.00</u>

De lo mencionado anteriormente se dice que:

INV. TOTAL = IND. FIJA + CAPITAL DE TRABAJO
INV. TOTAL = \$384'010,000.00 + \$130'500,000.00
INV. TOTAL = \$514'510,000.00

Como se recordará, en el capítulo de la elección de la sociedad se comenta la cantidad del capital de: -----
\$500'000,000.00 (QUINIENTOS MILLONES DE PESOS 00/100 M.N.) que deben -
----- aportar los accionistas para iniciar la misma. Esta can-
tidad difiere con la cantidad de la inversión total de: -----
\$514'510,000.00 (QUINIENTOS CATORCE MILLONES QUINIENTOS DIEZ MIL PESOS
----- 00/100 M.N.) en: -----
\$14'510,000.00 (CATORCE MILLONES QUINIENTOS DIEZ MIL PESOS 00/100 M.N.)
----- por lo que se hace necesario recurrir a un financiamien-
to que cubra por lo menos esa diferencia.

Este financiamiento se puede obtener con instituciones de crédito nacional, FOGAIN, FUNE, y con financiamiento particular. Lo más recomendable en todos los casos es evitar cualquier tipo de financiamiento, por los altos intereses que se generan del mismo; la mayoría de las veces conduce a la empresa a reportar números rojos.

- VIII -

CONCLUSIONES

De los capítulos anteriores se infiere que la falta de materia prima de aluminio, nos permite pensar en una planta recicladora de chatarras y materiales obsoletos de la industria del aluminio, para ayudar a satisfacer la demanda nacional de productos de este metal.

La instalación de una planta es posible en estos momentos debido a que:

- 1)- Se carecen de yacimientos de aluminio, en todo el país, por lo que se carece de materia prima a procesar.
- 2)- Existe solamente una planta de producción de lingote de aluminio primario.
- 3)- La producción anual de esta planta, no es suficiente para satisfacer la demanda nacional.
- 4)- La existencia de empresas dedicadas a elaborar lingotes de aluminio secundario, ayudarían a cubrir la demanda, de la siguiente manera:
 - a)- En la industria automotriz, se requiere la fabricación de partes como: pistones, cabezas de motor, bombas, carburadores, múltiples, carter para motor, cajas y engranes para transmisión, rines.
 - b)- En la industria de enseres domésticos en piezas como: planchas, ollas, cacerolas, sartenes, exprimidores, partes para refrigeración y estufas.
 - c)- En la industria eléctrica en partes como: carcasas para motor, poleas, cajas para interruptores, contactos, tuberías y cables.
 - d)- En la industria de la construcción en partes como: cimbras, manijas, rieles, carretillas y piezas ornamentales.
 - e)- Se exige la misma calidad tanto en composición química como en apariencia física como lo exigen las normas - DGNW 1977 y W-58-1978 para los lingotes de primera fusión.
- 5)- La empresa usada como prototipo en este estudio es RECUPERACION Y MOLDEO, S.A. de C.V., la cual sería una fundición dedicada al reciclaje de chatarra, desperdicios y sobrantes -

de aluminio mediante el método de fusión y moldeo en forma de lingote o pieza, para ser nuevamente utilizados.

- 6)- En el aspecto social el proyecto responde a la necesidad - de generar empleos y contribuir al desarrollo económico - del país.
- 7)- La capacidad instalada que se ha mencionado permite el pro- cesamiento de 1800 toneladas anuales de lingote de alumi- - nio; contando con tres hornos de crisol y trabajando 40 - personas entre operarios y empleados.

La proyección e instalación de una planta, solo es posible cuan- do se conjugan de manera estrecha la teoría con la práctica. La teoría que se vierte y se adquiere en las Instituciones Educativas Superiores y la práctica que se adquiere a través de los años de experiencia en la industria.

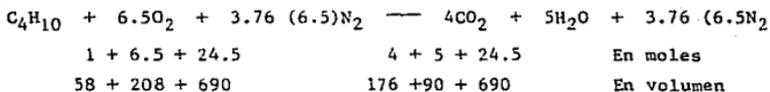
Situación que deseamos nos haga reflexionar para que se estre- - chen la teoría y la práctica de manera conjunta y contemos con tecnolo- - gías propias que sean acorde a nuestras necesidades, para bien de nues- - tra sociedad y nuestro país.

APENDICE I.

Cálculo del aire teórico necesario para el gas L.P (licuado de petróleo).

Este gas, de acuerdo con la Secretaría de Industria y Comercio, consta del 70% de butano y 30% de propano; de aquí que los cálculos se hacen primeramente para el 100% de cada elemento y posteriormente se toma el porcentaje para el aire teórico necesario:

La fórmula del butano es: C_4H_{10}



Combustible	Aire	Productos
-------------	------	-----------

Dividiendo entre 58

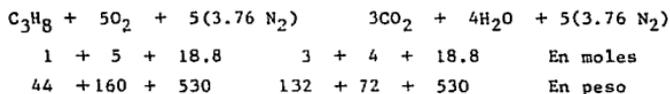
1 + 3.6 + 11.8	3.03 + 1.72 + 11.9	En volumen
----------------	--------------------	------------

Combustible	Aire	Productos
-------------	------	-----------

$$\frac{3.6 + 11.8}{1} = 15.4 \text{ Kg de aire para el 100\%}$$

$$0.7 \times 15.4 = 10.8 \text{ Kg de aire para el 70\%}$$

La fórmula para el propano es: C_3H_8



Combustible	Aire	Productos
-------------	------	-----------

Dividiendo entre 44 tenemos:

1 + 3.64 + 12	44 + 1.64 + 12.05	En peso
---------------	-------------------	---------

Combustible	Aire	Productos
-------------	------	-----------

$$\frac{3.64 + 12}{1} = 15.64 \text{ Kg de aire para el 100\%}$$

$$0.3 \times 15.64 = 4.70 \text{ Kg de aire para el 30\%}$$

Sumando estos dos aires teóricos obtenemos el aire requerido para el gas L.P.

70% Butano	=	10.8	
+ 30% Propano	=	4.7	
100% Gas L.P		15.5	Kg de aire por Kg de gas L.P.

El peso específico del gas L.P. en estado líquido es 0.5 por lo que necesitamos:

$$A_T = 7.75 \text{ Kg de aire por litro de gas L.P}$$

Transformando los kilogramos de aire teórico necesario a metros cúbicos y posteriormente a pies cúbicos, se obtiene lo siguiente:

Un litro de aire pesa 0.001293 Kgs para el nivel del mar y a -21°C , para la Ciudad de México tenemos un factor de corrección de 0.776;

$$P = 0.001293 \times 0.776 = 0.0010 \text{ Kg}$$

$$1000 \text{ litros pesarán } 1000 \times 0.0010 = 1.0 \text{ Kg}$$

Por lo tanto

$$1 \text{ M}^3 = 1 \text{ Kg}$$

Si necesitamos 7.75 Kg de aire por Kg de combustible en volumen será 7.75 M^3 .

Ahora si

$$1 \text{ M}^3 = 35.5 \text{ ft}^3$$

El aire teórico necesario en pies cúbicos es:

$$A_T = 7.75 \times 35.5 = 275 \text{ ft}^3$$

de aquí que se requieren 275 ft^3 por litro de gas L.P.

APENDICE II.

COSTO DEL COMBUSTIBLE POR Kg DE METAL FUNDIDO DE ALUMINIO

Para determinar el costo del combustible por Kg de aluminio fundido, necesitamos efectuar primeramente el cálculo del balance térmico para saber cuantas kilocalorías se necesitan para proporcionarle al aluminio - una temperatura de 720°C.

En este balance térmico se considerarán las kilocalorías necesarias para calentar el refractario y el crisol a 800°C. A esta temperatura cargaremos el aluminio, el cual por conducción absorberá el calor que le cede el crisol por unidad de tiempo.

Antes de entrar al balance térmico, se mencionan las tres formas de transmisión de calor.

CONDUCCION:

La conducción es un proceso mediante el cual fluye calor desde una región de temperatura alta a otra de temperatura baja dentro de un medio sólido, líquido o gaseoso, o entre medios diferentes en contacto físico directo. La energía se transmite por comunicación molecular directa sin desplazamiento apreciable de las moléculas.

CONVECCION:

Es un proceso de transporte de energía por la acción combinada de conducción de calor, almacenamiento de energía y movimiento de mezcla. La convección tiene gran importancia como mecanismo de transferencia de energía entre una superficie sólida y un líquido o un gas.

La transferencia de energía por convección, desde una superficie a la del fluido que la rodea se realiza en varias etapas. Primero, el calor fluirá por conducción desde la superficie hacia las partículas adyacentes del fluido. La energía así transferida servirá para incrementar la temperatura y la energía interna de esas partículas del fluido. Entonces las partículas del fluido se moverán hacia una región de éste con temperatura más baja, donde transferirá una parte de su energía.

RADIACION:

Este es un proceso por el cual fluye calor desde un cuerpo de alta temperatura a otro de baja temperatura cuando están separados por un espacio. La transmisión de energía a través de este espacio produce la radiación transmitida, reflejada o absorbida, si encuentra materia en su camino. Únicamente la energía absorbida es la que aparece en forma de calor.

Habiendo descrito las tres formas de transmisión de calor, podemos calcular el balance térmico para las siguientes condiciones:

HORNOS DE CRISOL ESTÁTICO

a)- Capacidad	100 Kg
b)- Características del crisol de grafito:	
Altura	900 mm
Diámetro superior	400 mm
Diámetro inferior	290 mm
Espesor	25 mm
Peso	50 kg
Calor específico	0.390 $\frac{\text{K cal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$
Conductividad térmica	141 $\frac{\text{K cal}}{\text{hr m}^2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{m}}}$
Peana = Altura	150 mm
Peso	5 Kg
c)- Características del refractario.	

Considerando que el revestimiento consta de dos materiales. La capa que estará en contacto con la flama y que será el ladrillo refractario y la segunda capa de ladrillo aislante.

Imaginemos la cámara de combustión de 75 mm, por lo que el revestimiento tendrá las siguientes medidas:

Ladrillo Refractario

Diámetro interior= 550 mm

$r_1 = 0.9 \text{ pies} = 10.8 \text{ pulg.}$

Diámetro exterior= 676 mm
r₂= 1.1 pies= 13.3 pulg
Altura= 1050 mm
Peso específico= $95 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} = 0.055 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$
Calor específico= $0.22 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$
Conductividad térmica= K₁
a 800°C = $9.8 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \frac{^\circ\text{F}}{\text{pulg}}}$

Ladrillo aislante:

Diámetro interior= 676 mm r₂= 1.11 pies= 13.3 pulg
Diámetro exterior= 802 mm r₃= 1.32 pies= 15.8 pulg.
Altura= 1050 mm
Peso específico= $51.2 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} = 0.0297 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$
Calor específico= $0.22 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$
Conductividad térmica= K₂
a 820°C = $2.9 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \frac{^\circ\text{F}}{\text{pulg}}}$

Datos físicos del aluminio:

Peso específico= $2.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$
Calor específico:
En estado sólido a 20°C= $0.214 \frac{\text{K cal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$
En estado líquido a 660°C= $0.25 \frac{\text{K cal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$
Calor latente de fusión= X = $94 \frac{\text{K cal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$

Consideraciones teóricas para el balance térmico:

Se considera que el crisol y la cara del ladrillo refractario de ben tener 800°C antes de cargar el aluminio. Una vez cargado el aluminio éste absorberá el calor por conducción a través del crisol y por último el ladrillo refractario transmitirá energía calorífica al ladrillo aislante y éste a su vez al medio ambiente.

Las pérdidas de energía calorífica por humedad del combustible, por radiación al medio ambiente, por deficiencia en la combustión y en sí por el diseño del equipo, nos da una eficiencia del 10 al 14% aproximadamente.

La fórmula para este balance será:

$$Q_R = Q_r + Q_C + Q_{A1} + P_r \quad (\text{K cal})$$

en donde:

Q_R = La cantidad de calor requerida para proporcionarle al Aluminio una temperatura de 720°C.

Q_r = Calor requerido para calentar el ladrillo refractario a 800°C y su fórmula es:

$$Q_r = m C_p (t_2 - t_1) \quad (\text{K cal})$$

en donde:

m = masa del refractario (Kg)

C_p = Calor específico $\frac{\text{K cal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$

t_2 = Temperatura de 800°C

t_1 = Temperatura ambiente de 20°C

Q_C = Calor requerido para calentar el crisol de grafito a 800°C, su fórmula es:

$$Q_C = m C_p (t_2 - t_1)$$

Q_{A1} = Calor requerido para elevar la temperatura del Aluminio a 720°C, y su fórmula es:

$$Q_{A1} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (\text{K cal})$$

en donde:

Q_1 = Calor necesario para elevar la temperatura de 20°C a 658°C , y su fórmula es:

$$Q_1 = m C_p (t_2 - t_1)$$

Q_2 = Calor necesario para efectuar el cambio de estado sólido a estado líquido y esto se llama calor latente de fusión y su fórmula es:

$$Q_2 = m X \quad (\text{K cal})$$

en donde

X = Calor latente de fusión para el aluminio.

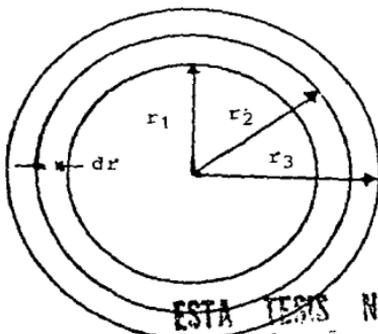
Q_3 = Calor necesario para elevar la temperatura de 658°C a 720°C que es la temperatura a la cual se recomienda - apagar el horno y esperar para efectuar el tratamiento.

$$Q_3 = m C_p (t_3 - t_2)$$

P_r = Pérdidas de calor debidas a la transmisión calorífica a través del ladrillo refractario. su fórmula es:

$$q = \frac{KA \Delta T}{L} \quad (\text{K cal}) \quad (1)$$

Considerando al horno como un cilindro hueco como se muestra en la siguiente figura:



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El radio interior del cilindro equivalente a la capa del ladrillo refractario se designa como r_1 . El radio exterior nos indica la terminación de éste y al mismo tiempo el radio interior de la capa del ladrillo aislante y se denominará r_2 . El radio exterior de esta capa lo indicaremos con r_3 .

Para efectos de este cálculo tomaremos como base la figura descrita, en la que se considera una sola capa de revestimiento.

La longitud del cilindro la representamos por N y las conductividades en cada uno de los casos está dada por K_1 y K_2 . Siendo t_1 la temperatura de la superficie interior que es igual a 800°C y t_2 la exterior e igual a 50°C , observamos que el flujo calorífico será del interior al exterior. Se desea calcular la velocidad de transmisión de calor "q" para este caso:

El espesor de este cilindro es d_r y considerando las líneas de flujo caloríficas paralelas, la ecuación 1 se puede escribir de la siguiente manera:

$$q = -K \frac{dt}{dr} (2\pi r N) \quad (2)$$

Puesto que el área perpendicular al flujo calorífico es igual a $2\pi r N$ y el espesor es d_r , para efectuar la integración de la ecuación 2, es necesario separar variables

$$\frac{dr}{r} = - \frac{2\pi N K}{q} dt \quad (3)$$

Esta ecuación puede integrarse como sigue:

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi N}{q} \int_{t_2}^{t_1} K dt$$
$$\ln r_2 - \ln r_1 = \frac{2\pi N K}{q} (t_1 - t_2)$$
$$q = \frac{K (2\pi N) (t_1 - t_2)}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} \quad (4)$$

La ecuación 4 puede utilizarse para calcular la transferencia de calor a través de un cilindro de paredes delgadas.

Esta ecuación se puede escribir:

$$q = \frac{K A (t_1 - t_2)}{L}$$

En donde A para nuestro caso es igual:

$$A_1 = \frac{2\pi N (r_2 - r_1)}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}$$

$$A_2 = \frac{2\pi N (r_3 - r_2)}{\ln \left(\frac{r_3}{r_2} \right)}$$

Siendo "L" el espesor de cada anillo de recubrimiento, tenemos que:

$$L_1 = r_2 - r_1 \quad \text{en pulgadas}$$

$$L_2 = r_3 - r_2 \quad \text{en pulgadas}$$

Del término general del mecanismo de conductividad tenemos:

$$\text{Velocidad de transmisión} = \frac{\text{Fuerza de impulsión}}{\text{Resistencia}}$$

En nuestro caso, la velocidad de transmisión está designada por "q". La fuerza de motriz es la diferencia de temperaturas $(t_1 - t_2)$ y la resistencia de cada anillo se expresa por R_1 y R_2 , por lo tanto:

$$q = \frac{t_2 - t_1}{R_1 + R_2}$$

Siendo R_1 y R_2 igual a:

$$R_1 = \frac{r_2 - r_1}{K_1 A_1}$$

$$R_2 = \frac{r_3 - r_2}{K_2 A_2}$$

Una vez detalladas las fórmulas desarrollaremos ésta partiendo de la ecuación principal:

$$Q_R = Q_r + Q_c + Q_{Al} + P_r$$

Calculo de las kilocalorías para el refractario que forma el anillo.

$$Q_r = m C_p (t_2 - t_1)$$

$$m = V \times P_e$$

$$V = \pi (r_2^2 - r_1^2) h = 3.14 (13.3^2 - 10.8^2) 41.5$$

$$V = 3.14(176 - 117) 41.5 = 7700 \text{ pulg}^3$$

$$m = 7700 \times 0.055 = 424 \text{ lb} = 192 \text{ Kg}$$

$$Q_r = 192 \text{ Kg} \times 0.222 \frac{\text{K cal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \times (800 - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_r = 33200 \text{ K cal}$$

El refractario de la base necesita

$$m = V \times P_e$$

$$V = \pi r_j^2 h = 3.14 \times 1.32^2 \times .208$$

$$V = 1.14 \text{ pies}^3$$

$$m = 1.14 \times 95 = 108.5 \text{ lb}$$

$$m = 49.25 \text{ Kg}$$

$$Q = m C_p \Delta T$$

$$Q = 49.25 \times 0.022 \times (800 - 20)$$

$$Q = 8520 \text{ K cal}$$

$$Q_{\text{total}} = 33200 + 8520$$

$$Q_t = 41720 \text{ K cal}$$

Para el crisol por ser la peana de las mismas características que el crisol, sumaremos los pesos y tenemos:

$$Q_c = m C_p (t_2 - t_1)$$

$$Q_c = 55 \times 0.390 \times (800 - 20) = 21.49 \times 780$$

$$Q_c = 16700 \text{ K cal}$$

Para el aluminio

$$Q_{Al} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

donde:

$$Q_1 = M C_p (t_2 - t_1)$$

$$= 100 \times 0.214 (658 - 20) = 21.4 \times 638$$

$$Q_1 = 13650 \text{ K cal}$$

$$Q_2 = MX = 100 \times 94$$

$$Q_2 = 9400 \text{ K cal}$$

$$Q_3 = M C_p (t_2 - t_1)$$

$$Q_3 = 100 \times 0.25 \times (720 - 658) = 25 \times 62$$

$$Q_3 = 1550 \text{ K cal}$$

$$Q_{Al} = 13650 + 9400 + 1550$$

$$Q_{Al} = 24600 \text{ K cal}$$

Para calcular las pérdidas de energía debidas al refractario, primero se calculan las áreas:

$$A_1 = \frac{2 \pi N (r_2 - r_1)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

$$= \frac{6.28 \times 3.45 (1.11 - 0.9)}{\ln \frac{1.11}{0.9}} = \frac{4.55}{2.3 \log 1.232}$$

$$= \frac{4.55}{2.3 \times 0.0906} = \frac{4.55}{0.209}$$

$$A_1 = 21.8 \text{ pies}^2$$

La resistencia para esta capa es:

$$R_1 = \frac{r_2 - r_1}{K_1 A_1}$$

$$R_1 = \frac{13.3 - 10.8}{9.8 \times 21.8} = \frac{2.5}{214}$$

$$R_1 = 0.0117 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

El área de la segunda capa es:

$$A_2 = \frac{2 \pi N (r_3 - r_2)}{\ln \frac{r_3}{r_2}}$$

$$A_2 = \frac{6.28 \times 3.45 (1.32 - 1.11)}{\ln \frac{1.31}{1.11}} = \frac{21.6 (0.21)}{2.3 \log 1.19}$$

$$A_2 = \frac{4.55}{23 \times 0.0755} = \frac{4.55}{0.174}$$

$$A_2 = 26.2 \text{ pies}^2$$

La resistencia para esta capa será:

$$R_2 = \frac{r_3 - r_2}{K_2 A_2}$$

$$R_2 = \frac{15.8 - 13.3}{2.9 \times 26.2} = \frac{2.5}{76}$$

$$R_2 = 0.330 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

De la ecuación de velocidad de transmisión tenemos:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{R_1 + R_2} = \frac{1472 - 122}{0.0117 + 0.330} = \frac{1350}{0.3417}$$

$$q = 3950 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Para convertir a kilocalorías:

$$q = \frac{3950}{3.96} =$$

$$q = 995 \frac{\text{K cal}}{\text{hr}}$$

Para poder utilizar este dato suponemos que el tiempo en el cual el aluminio alcanza la temperatura de fusión es de una hora.

Sumando todas las kilocalorías y dividiéndolas entre el poder calorífico del aceite Diesel, obtendremos la cantidad de combustible requerido para la fusión del aluminio, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_r + Q_c + Q_{Al} + q \\ &= 41720 + 16700 + 24600 + 995 \\ Q_T &= 84,015 \text{ K cal} \end{aligned}$$

Como el horno de crisol generalmente tiene una eficiencia del - del orden del 10 al 14%, multiplicaremos las kilocalorías, tenemos:

$$\begin{aligned} Q_{T_1} &= \frac{84000 \times 100}{10} = 840,000 \text{ K cal} \\ Q_{T_2} &= \frac{84000 \times 100}{14} = 600,000 \text{ K cal} \end{aligned}$$

Dividiendo entre 10534 kilocalorías por kilogramo que tiene el aceite Diesel, tenemos:

$$\begin{aligned} Q_{T_1} &= \frac{840,000}{10534} = 80 \text{ Kg} = 92 \text{ lts.} \\ Q_{T_2} &= \frac{600,000}{10534} = 57 \text{ Kg} = 65 \text{ lts.} \end{aligned}$$

Suponemos el costo del filtro de diesel en \$ 450 tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= 92 \times 450 = \$ 41400 \\ \text{Costo} &= 65 \times 450 = \$ 29250 \\ \text{Costo por Kg de aluminio fundido} &= \$414 \text{ y } \$ 293 \end{aligned}$$

Estos costos son para la primera fusión. Para la segunda fusión se deben tomar las kilocalorías necesarias para fundir el aluminio y - aproximadamente del 10 al 15% de las kilocalorías requeridas para llevar a 800°C el crisol, peana y refractario. Así tenemos:

$$\begin{aligned} Q_c &= 1670 \text{ K cal} \\ Q_r &= 4170 \text{ K cal} \\ Q_{Al} &= 24600 \text{ K cal} \\ Q_T &= 30440 \text{ K cal} \end{aligned}$$

Aplicando la eficiencia del horno tenemos:

$$Q_T = \frac{30440 \times 100}{10} = 304,400 \text{ Kcal}$$

$$Q_T = \frac{30440 \times 100}{14} = 216,000 \text{ K cal}$$

Dividiendo entre 10534:

$$Q_{T_1} = \frac{304400}{10534} = 29 \text{ Kg} = 33.4 \text{ lts.}$$

$$Q_{T_2} = \frac{216000}{10534} = 20.6 \text{ Kg} = 23.7 \text{ lts.}$$

Multiplicamos por el costo del diesel:

$$\text{Costo} = 33.4 \times 450 = \$ 15030$$

$$\text{Costo} = 23.7 \times 450 = \$ 10665$$

$$\text{Costo por Kg de aluminio fundido} = \$ 150 \text{ y } \$ 107$$

APENDICE III.

PROCESO DE LA FUSION.

Un horno con revestimientos o crisoles nuevos solo puede cargarse después de un precalentamiento lento y cuidadoso, los hornos que ya han sido usados pueden cargarse en frío, aunque no es muy recomendable.

Se recomienda tener las siguientes precauciones, para mejorar la vida del equipo y del crisol:

- a)- Los hornos de crisol no deben llenarse en forma apretada.
- b)- Debe evitarse que la carga forme puente, no tocando a la de abajo, lo que origina un sobrecalentamiento del metal del fondo.
- c)- Una vez cargado el horno y empezada la fusión, añadir más carga por la parte superior pues el material sólido del crisol se va asentando en la zona que el metal ya se ha fundido.
- d)- No introducir carga o herramientas frías al metal fundido.

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores, se describe entonces el Proceso de la Fusión para el Aluminio, de la siguiente manera:

- a.- Calentar el crisol al rojo y cargar lingote, chatarra, rebabas, etc.
- b.- Cuando la carga ha sido fundida, agregar en la superficie del metal un fundente a razón de 0.5% del peso de la carga.
- c.- Apagar el horno cuando la temperatura del baño llegue a 720°C (1330°F) el calor residual aumentará la temperatura del metal líquido hasta 750°C.

- d.- Esperar hasta que la temperatura empiece a descender y entonces se procede a refinar usando de 0.10 a 0.20% del peso de la carga.
- e.- Una vez terminada la refinación del gruno, se procede a desgasificar usando de 0.10 a 0.20% del peso de la carga.
- f.- Cuando es necesario hacer la modificación, se recomienda realizarse después de desgasificar y con el baño a una temperatura entre los 720 y los 740°C, sumergiendo la cantidad correcta de sodio en el baño y agitando con movimiento de sube y baja, varias veces, hasta que sece la reacción.
- g.- Aplicar nuevamente 0.5% de fundente sobre el baño y reposarlo de 5 a 10 minutos, tiempo necesario para permitir que la modificación llegue a su máximo.
- h.- Finalmente agite la capa de fundente en el baño de aluminio hasta obtener una escoria rojiza, la cual será pulverizante y fácil de retirar.
- i.- Retirar la escoria y vaciar a la brevedad posible.

Algunas veces se piensa que al usar un lingote modificado por el proveedor, los procesos subsecuentes de modificación en la fundición pueden ser omitidos, sin embargo, cuando se piensa que el grado de modificación en uno de estos lingotes varía considerablemente y también que la relación de chatarra-lingote en cualquiera de estas cargas también varía, vale como que la única forma satisfactoria de asegurar un grado constante de modificación, es destruir la modificación existente y modificar por un proceso conocido y controlable.

La función principal del desgasificador es remover los gases nocivos (hidrógeno), cuando se requiere de un metal completamente libre de gases como sucede en piezas vaciadas. El tratamiento de desgasificado debe ser enérgico; y se recomienda el uso exclusivo de un desgasificador. Sin embargo, esta desgasificación no solo elimina los gases, sino también elimina el sodio y de ahí que destruya la modificación. Es recomendable por eso que la desgasificación vaya precedida de la modificación y no viceversa.

Cuando se desea que las propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio sean mejoradas en forma considerable, se utiliza el proceso llamado "MODIFICACION" el cual consiste en usar el Sodio Metálico o Sodio en forma de sales.

ANEXO IV.
BLOQUES DE ALEACION DE ALUMINIO KAISER NORMALES
COMPOSICION QUIMICA GARANTIZADA

Aleación	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Ni	Sn	Ti	Otros	
										c/u	Total
13	0.2	11.0-13.0	0.7	0.1	0.10	0.2	0.1	0.05	...	...	0.2
A13	0.1	11.5-12.5	0.5	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	...	...	0.1
43	0.1	4.5-6.0	0.6	0.1	0.05	0.1	...	...	0.20	0.05	0.15
100(2)	0.10	(2)	(2)	...	...	...	...	...	...	0.05	0.10
A100(2)	0.10	0.25	0.4-0.8	...	...	...	...	...	...	0.03	0.10
108	3.5-4.5	2.5-3.5	0.8	0.2	0.05	0.2	...	...	0.20	...	0.2
A108	4.0-5.0	5.0-6.0	0.8	0.2	0.05	0.2	...	...	0.20	...	0.3
122	9.2-10.8	1.0	1.3	0.2	0.2-0.4	0.3	0.1	...	0.20	...	0.3
A132	0.50-1.5	11.0-13.0	1.0	0.1	0.9-1.3	0.1	2.0-3.0	...	0.20	0.05	0.15
D132	2.4-4.0	8.5-10.5	1.0	0.2	0.5-1.5	0.3	0.5-1.5	...	0.20	...	0.3
138	9.0-11.0	3.5-4.5	1.3	0.2	0.2-0.4	0.3	0.1	...	0.20	...	0.3
142	3.5-4.5	0.60	0.6	0.10	1.2-1.8	0.10	1.7-2.3	...	0.20	0.05	0.15
A142	3.7-4.4	0.4	0.5	0.10	1.4-1.7	0.10	1.8-2.2 (Gr 0.15-0.25)	...	0.20	0.05	0.15
195	4.0-5.0	0.5-1.2	0.8	0.2	0.03	0.02	...	...	0.20	0.05	0.15
B195	4.0-5.0	2.0-3.0	0.9	0.2	0.03	0.2	...	...	0.20	0.05	0.15
212	7.0-8.5	1.0-1.5	1.2	0.2	0.05	0.2	...	...	0.20	...	0.3
214	0.1	0.3	0.3	0.2	3.7-4.5	0.1	...	...	0.20	0.05	0.15
A214	0.1	0.3	0.3	0.2	3.7-4.5	1.4-2.2	...	...	0.20	0.05	0.15
B214	0.1	1.4-2.2	0.3	0.2	3.7-4.5	0.1	...	...	0.20	0.05	0.15
F214	0.1	0.30-0.7	0.3	0.2	3.7-4.5	0.1	...	...	0.20	0.05	0.15
218	0.2	0.3	0.8	0.3	7.5-8.5	0.1	0.1	0.05	...	0.05	0.2
220	0.20	0.20	0.25	0.1	9.6-10.6	0.1	0.1	...	0.20	0.05	0.15
355	1.0-1.5	4.5-5.5	0.40	0.2	0.40-0.6	0.1	...	...	0.20	0.05	0.15
356	0.20	6.5-7.5	0.30	0.1	0.25-0.4	0.1	...	...	0.20	0.05	0.15
360	0.1	9.0-10.0	0.8	0.1	0.40-0.6	0.1	0.1	0.1	...	...	0.2
A360	0.1	9.0-10.0	0.5	0.05	0.40-0.6	0.1	0.05	0.05	...	...	0.2
363	2.5-3.5	4.5-6.0	0.8	0.4-0.8	0.2-0.4	3.0-4.5	...	...	0.20	...	0.3
A380	3.0-4.0	7.5-9.5	0.7	0.5	0.07	0.5	0.3	...	...	0.15	0.3

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICIÓN.

Aleación y temple	Tipo de colada	Conductividad		Peso específico g/cm ³	Intervalo aproximado de solidificación °C	Coeficiente medio de dilatación térmica ⁽³⁾		
		Eléctrica ⁽¹⁾	Térmica ⁽²⁾			20-100°C	20-200°C	20-300°C
13-F ⁽⁴⁾	Coquilla	31	0.29	2.65	630-575	20.5	21.4	22.5
43-P	Arena	37	0.35	2.69	630-575	22.1	23.2	24.1
-T2	Arena	42	0.39					
-F	Coquilla	37	0.34					
108-F	Arena	31	0.29	2.79	625-520	21.9	22.8	23.9
-T2	Arena	38	0.35					
A108-F	Molde perm.	37	0.34	2.79	615-520	21.4	22.5	22.8
122-F	Molde perm.	34	0.32	2.95	625-520	22.1	22.7	23.6
122-T2	Arena	41	0.38					
-T81	Arena	33	0.31					
A132-T551	Molde perm.	29	0.28	2.72	565-540	19.8	20.3	20.9
D132-T5	Molde perm.	26	0.26	2.76	580-520	20.5	21.4	22.3
138-F	Molde perm.	25	0.23	2.95	600-505	21.4	22.5	22.8
142-T21	Arena	44	0.40	2.81	635-530	22.5	23.4	24.5
-T77	Arena	38	0.36					
-T571	Molde perm.	34	0.32					
-T61	Molde perm.	33	0.32					
195-T4	Arena	35	0.33	2.81	645-520	22.8	23.9	24.8
-T6	Arena	35	0.34					
B195-T4	Molde perm.	33	0.32	2.80	630-520	21.9	22.8	23.9
-T6	Molde perm.	33	0.32					
212-F	Arena	30	0.28	2.89	625-520	21.9	22.8	23.9
214-F	Arena	35	0.33	2.65	640-600	23.9	24.8	25.9
A214-F	Molde perm.	34	0.32	2.68	640-580	23.9	25.0	25.7
B214-F	Arena	38	0.35	2.65	630-590	22.8	23.9	21.8
F214-F	Arena	36	0.34	2.66	610-590	23.6	24.8	25.7
218-F	Coquilla	24	0.23	2.57	620-535	23.9	25.0	25.7
220-T4	Arena	21	0.21	2.57	605-450	25.2	25.9	27.0
355-T51	Arena	43	0.40	2.71	620-545	22.3	23.2	24.6
-T6	Arena	36	0.34					
-T7	Arena	42	0.39					
-T6	Molde perm.	39	0.36					

Continua.

continuación.

PROPIEDADES FISICAS TÍPICAS DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION.

Aleación y temple	Tipo de colada	Conductividad		Peso específico g/cm ³	Intervalo aproximado de solidificación °C	Coeficiente medio de dilatación térmica ⁽³⁾		
		Eléctrica ⁽¹⁾	Térmica ⁽²⁾			20-100°C	20-200°C	20-300°C
356-T51	Arena	43	0.40	2.68	615-555	21.4	22.8	23.4
-T6	Arena	39	0.36					
-T7	Arena	40	0.37					
-T6	Molde perm.	41	0.38					
360-F	Coquilla	28	0.27	2.64	595-555	20.9	21.9	22.8
363-F	Arena			2.68	595-470			
A380	Coquilla	25	0.23	2.71	595-540	21.0	21.9	22.7

(1) Conductividad eléctrica en tanto por ciento del patrón internacional de cobre recocido.

(2) Conductividad térmica en calorías por segundo por centímetro cúbico y por grado centígrado.

(3) Por grado centígrado. Cifras a multiplicar por 0.000001.

(4) El símbolo 'F' significa 'colada' sin tratamiento térmico.

ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION AGRUPADAS SEGUN EL TIPO DE COMPOSICION
COMPOSICION NOMINAL

	Cobre	Silicio	Magnesio	Cinc	Niquel
Grupo aluminio - silicio					
43(95-5)	...	5.0	...	...	...
13	...	12.0	...	...	...
Grupo aluminio-silicio-magnesio					
355	1.3	5.0	0.5	...	...
356	...	7.0	0.3	...	...
360	...	9.5	0.5	...	...
Grupo aluminio-cobre					
195	4.5	0.8	...	...	...
112	7.0	...	...	1.7	...
122	10.0	...	0.2	...	...
Grupo aluminio-cobre-silicio					
12(113)	7.0	2.0	...	1.7	...
12(C113)	7.0	3.5	...	1.5	...
212	8.0	1.2	...	...	...
138	10.0	4.0	0.3	...	...
108	4.0	3.0	...	...	...
B195	4.5	2.5	...	...	...
6-6	6.0	6.0	0.4	...	...

ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION AGRUPADAS SEGUN EL TIPO DE COMPOSICION
COMPOSICION NOMINAL

	Cobre	Silicio	Magnesio	Cinc	Niquel
Grupo aluminio - silicio - cobre					
363	3.0	5.5	...	3.5	...
319	3.5	6.0	...	...	...
AXS679(380)	3.5	9.0	...	...	...
333	3.8	9.0	...	...	...
85	4.0	5.0	...	...	...
A108	4.5	5.5	...	...	...
Grupo aluminio - magnesio					
214	...	...	3.8	...	...
A214	...	...	3.8	1.8	...
B214	...	1.8	3.8	...	...
F214	...	0.5	3.8	...	...
218	...	...	8.0	...	...
220	...	...	10.0	...	...
Grupo aluminio - niquel - magnesio - cobre					
142	4.0	...	1.5	...	2.0
A132	0.8	12.0	1.2	...	2.5
D132	3.5	9.0	0.8	...	0.8
Z132	2.5	11.0	1.0	...	0.6

VALOR COMPARATIVO DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO COLADAS EN ARENA TENIENDO
EN CUENTA SU COLADA, APLICACION Y SERVICIO

Número de aleación	(Notas)	43	108	122	142	195	212	214	B214	F214	220	355	356	363
Propiedades de colada.														
Aptitud para alimentar la pieza.	(2)	1	2	3	4	3	4	5	4	5	5	1	1	1
Estanteidad a presión.	(3)	1	2	3	3	4	4	5	4	5	5	1	1	1
Resistencia al agrietamiento en caliente.	(4)	1	2	3	4	4	3	4	3	4	2	1	1	1
Fluidez.	(5)	1	2	3	3	3	3	5	3	5	4	1	1	1
Condiciones de aplicación y servicio.														
Tratamiento térmico.		No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No	Si	Si	Si	Opcional
Aptitud para el mecanizado.	(6)	5	3	1	2	2	2	1	2	1	1	3	4	2
Aptitud para el pulido.	(7)	4	2	2	2	2	3	1	2	1	1	3	5	3
Soldabilidad.	(8)	1	2	4	4	3	3	4	4	4	5	2	2	2
Resistencia a la temperatura moderada.	(9)	4	3	1	1	3	3	2	3	2	..	2	3	3
Resistencia a la corrosión.	(10)	2	4	5	4	3	5	1	1	1	1	3	2	3
Apariencia cuando se anodiza.	(11)	5	3	3	3	2	3	1	2	1	1	4	4	4
Recubrimiento electrolítico.	(12)	2	2	1	1	1	2	5	4	4	4	1	2	3

El valor 1 es el mejor y el 5 el peor. Los valores son aproximados; están basados sobre la opinión mayoritaria de gran número de usuarios experimentados. Las opiniones individuales pueden diferir ligeramente en algunos casos.

Facilidad relativa con que la zona de solidificación progresiva acepta metal líquido para llenar los espacios interdendrícos y producir una pieza sana.

Aptitud relativa de la estructura colada para resistir las fugas de un gas o líquido bajo presión.

Aptitud para resistir los esfuerzos de contracción durante el enfriamiento al pasar el intervalo de temperaturas donde el material es quebradizo.

Aptitud del metal fundido para rellenar las partes delgadas o prolongadas del molde.

Al determinar el valor se ha tenido en cuenta la facilidad de corte, las características de la viruta, el desgaste de las herramientas y la calidad del acabado. Las aleaciones de tratamiento térmico se han considerado con temple T6, - excepto la 220 (T4). Los valores pueden diferir si se aplican otros tratamientos.

Si se usan herramientas de carburo de tungsteno, el mecanizado de las aleaciones de alto contenido de silicio es mejor que el indicado.

VALOR COMPARATIVO DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO COLADAS EN MOLDE PERMANENTE
TENIENDO EN CUENTA SU COLADA, APLICACION Y SERVICIO.

Número de la aleación	(Notas)	43	A108	122	A132	D132	138	142	B195	A214	B214	355	356	363
Propiedades de colada.														
Aptitud para alimentar la pieza.	(2)	2	2	4	3	2	3	4	3	4	4	2	1	1
Estanqueidad a presión.	(3)	1	2	4	2	2	3	4	3	5	4	1	1	1
Resistencia al agrietamiento en caliente.	(4)	1	2	4	1	1	2	4	4	4	3	1	1	1
Fluidez.	(5)	1	2	3	1	1	2	3	3	5	4	2	2	1
Condiciones de aplicación y servicio.														
Tratamiento térmico.		No	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Opcio nal.
Aptitud para el mecanizado.	(6)	5	3	1	4	3	2	2	3	1	1	3	3	2
Aptitud para el pulido.	(7)	4	3	2	5	4	2	2	2	1	1	3	3	3
Soldabilidad.	(8)	1	2	4	2	2	3	4	4	5	5	2	2	2
Resistencia a la temperatura moderada.	(9)	4	3	1	2	2	2	1	2	3	3	2	3	3
Resistencia a la corrosión.	(10)	2	4	5	3	4	5	4	4	1	1	3	2	3
Apariencia cuando se anodiza.	(11)	4	3	3	5	5	4	2	3	1	2	4	4	4
Recubrimiento electrolítico.	(12)	2	2	1	4	4	3	1	1	4	5	2	1	3

VALOR COMPARATIVO DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO COLADAS EN MATRIZ TENIENDO EN CUENTA SU COLADA, APLICACION Y SERVICIO

Número de la aleación	(Notas)	13	A13	43	218	360	A360	A380	380*
Propiedades de colada.									
Capacidad para llenar el molde.	(2)	1	1	3	5	2	2	2	1
Estanqueidad a presión.	(3)	2	2	3	5	1	1	2	1
Resistencia al agrietamiento en caliente.	(4)	1	1	2	5	1	1	2	2
Tendencia a soldarse con la coquilla.	(5)	2	2	4	5	3	3	1	1
Condiciones de aplicación y servicio.									
Aptitud para el mecanizado.	(6)	4	4	5	1	3	3	3	3
Aptitud para el pulido.	(7)	5	5	4	1	3	3	3	3
Resistencia a temperatura moderada.	(8)	2	2	5	4	1	1	2	2
Resistencia a la corrosión.	(9)	2	2	2	1	2	2	4	5
Apariencia cuando se anodiza.	(10)	5	5	4	1	3	3	4	4
Recubrimiento electrolítico.	(11)	3	3	2	5	5	5	1	1

B I B L I O G R A F I A

- Frank Kreith and William Z. Black Basic Heat Transfer,
Ed. 1980 pag (42-84)
- Kaiser Center
La Fundición de Aluminio, Ed. 1956 pag (14-72)
- Kaiser Aluminum
Casting Kaiser Aluminum, Ed. 1965 pag (67-169)
- Albert G. Guy
Metalurgia Física para Ingenieros, Ed. 1962 pag (1-27)
- Arevalo García Benjamín
Fundición del Aluminio y sus Aleaciones
Sociedad Mexicana de Fundidores, Ed. 1982 pag (1-42)
- Sociedad Mexicana de Fundidores, A.C.
IV. Congreso Nacional. Ed. 1970 pag (105-159)
- William F. Smith
Structure and Properties of Engineering Alloys
Ed. 1981 pag (162-213)
- Seybolt y Burke
Técnicas de Metalurgia Experimental, Ed. 1969 pag (185-233)
- G.I. Pogodin y Alexceu Razumov
Procesos Tecnológicos Progresivos en la Construcción de
Maquinaria, Ed. 1970 pag (179-268)
- Wright Baker
Tecnología de Materiales No Ferrosos, Ed. 1964 pag (1-41)
- Committee on Industrial Ventilation Industrial
Industrial Ventilation, Ed. 1974 pag (99-116)