

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

32



"ANALISIS METALURGICO Y ESTADISTICO POR  
EVALUACION DE DATOS SOBRE LOS DEFEC-  
TOS DE LAS PIEZAS AUTOMOTRICES DE  
FUNDICION"

142

T E S I S

Que para obtener el título de:  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO  
p r e s e n t a :  
ESQUIVEL GRANADOS ALBERTO

1976



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

CLAS: Tesi  
ADO. 1976 140  
FECHA  
PROC. 117



QUÍMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"ANALISIS METALURGICO Y ESTADISTICO POR EVALUACION DE DATOS-  
SOBRE LOS DEFECTOS DE LAS PIEZAS AUTOMOTRICES DE FUNDICION".

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO  
P R E S E N T A:  
ESQUIVEL GRANADOS ALBERTO.



PRESIDENTE Prof. MANUEL F. GUERRERO FERNANDEZ

V O C A L " FERNANDO MALDONADO MENDOZA

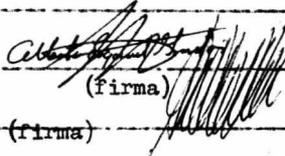
SECRETARIO " KURT NADLER GUNDEIHEIMER

1er.SUPLENTE " HUMBERTO MALAGON ROMERO

2do.SUPLENTE " MA. EUGENIA NOGUEZ AMAYA

Sitio donde se desarrolló el tema: FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO.

Nombre del sustentante: ALBERTO ESQUIVEL GRANADOS.

  
(firma)

Asesor del tema: KURT NADLER GUNDEIHEIMER.

(firma)

Supervisor técnico: - - -

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS MAESTROS

A ESMERALDA Y MI HIJO  
CON CARLINO

## I N D I C E

	PAGINA
<b>CAPITULO I</b>	
Introducción . . . . .	3
<b>CAPITULO II</b>	
Clasificación de los defectos de fundición.	7
<b>CAPITULO III</b>	
Análisis metalúrgico de los defectos. . . . .	10
<b>CAPITULO IV</b>	
Método propuesto . . . . .	38
<b>CAPITULO V</b>	
Conclusiones . . . . .	50

C A P I T U L O I

## INTRODUCCION

Las empresas fabriles nacen, viven y adelantan a traves del desarrollo, la aplicación y la conservación de sus recursos: materiales - y equipos, materias primas y mano de obra.

Antiguamente mediante estimaciones o juicios personales y -- recientemente mediante el estudio, la experimentación y la aplicación de técnicas, sabemos como obtener la mayor ventaja de estos recursos, como -- desarrollarlos más completamente y como aplicarlos con más efectividad - y así evitar el desperdicio de los mismos.

El período de industrialización en nuestro país data de -- hace poco menos de 30 años, es por lo tanto consecuencia natural y ló-- gica que se carezca aún de la experiencia y personal capacitado que - otros países que iniciaron hace decenios su proceso de industrializa -- ción poseen.

Lo cual plantea una imperiosa necesidad a la industria y - al país respecto al aprendizaje y asimilación de técnicas nuevas y so-- bre todo a la adaptación de éstas a las características particulares de nuestra industria. Esto nos permitirá producir productos de alto rendi-- miento y calidad, que puedan concurrir a los mercados internacionales y competir con los de otros países en igualdad de circunstancias.

Dentro de esté marco una de las industrias de más reciente creación pero de las más pujantes y que rinden mejores dividendos es la automotriz (actualmente con integración nacional del 85% de partes).

El objetivo del presente trabajo será disminuir los costos -- variables ocasionados por el rechazo de piezas manufacturadas en la planta de motores de VEHICULOS AUTOMOTRICES MEXICANOS.

La razón de nuestra afirmación es la siguiente; diariamente se invierten -- considerables sumas de capital en la manufactura de piezas, que apenas sa-- lidas de los moldes, resultan inadecuadas para su empleo debido a los defec-- tos que presentan, manifestandose los rechazos en:

- 1.- Desperdicio de mano de obra, las cuales son horas-trabajo que se pagan necesariamente.
- 2.- Materiales empleados en la manufactura, los cuales son productos nuevos (arenas, aglomerantes, pinturas, etc.) o recuperados (arena de moldeo) -- requiriendo ambos para su preparación de:
  - Mano de obra.
  - Fuerza motriz.
  - Energía termica.
- 3.- Materiales cuyo uso se aumenta y por lo tanto su desgaste.
- 4.- Cajas de moldeo las cuales ocupan un lugar en el taller de moldeo.
- 5.- Desgaste del equipo para la manufactura inecesario.
- 6.- Metal liquido, el cual necesita:
  - Preparación de cargas partiendo de productos escogidos.
  - Energía siempre cara para realizar la fusión, acompañado de desgaste del refractario que es preciso reparar entonces más a menudo.
  - Adición de productos diversos con frecuencia caros y escasos.
  - Transporte en cucharas de colada que se ensucian y deterioran y que es preciso revestir de nuevo y reparar a un ritmo acelerado.
- 7.- En suma en una disminución de la eficiencia de la operación debida a -- una tecnología deficiente.

Los rechazos de piezas incrementan los costos variables de producción, lo cual se refleja en los precios de venta.

Un aumento del precio de venta, aparte de no poderse aumentar desmesuradamente por razones de estructura y política de precios del mercado se traduce en una pérdida de competitividad y por lo tanto en una — disminución de nuestra penetración en el mercado.

Por lo tanto un aumento de rechazos se traduce en una disminución a veces catástrofica del beneficio o ganancia de nuestra empresa, por el contrario la disminución del rechazo es una de las causas más importantes del aumento de las ganancias.

Como explicamos anteriormente el objetivo de este trabajo es — disminuir los costos variables en la fabricación de piezas automotrices de fundición, al eliminar o por lo menos disminuir los diferentes defectos — que presentan dichas piezas en su manufactura.

C A P I T U L O   I I

## CLASIFICACION DE LOS DEFECTOS DE FUNDICION.

La disminución y eliminación de los defectos de las piezas - automotrices de fundición será llevado a cabo en base al análisis metalúrgico y estadístico de los mismos, por lo que consideramos que la forma correcta de iniciar este estudio es resumiendo en un cuadro defectos comunes en el proceso, agrupandolos dentro de clasificaciones similares tomando como base o criterio las características requeridas por las piezas automotrices particulares a nuestro estudio.

Dichas piezas deben reunir los siguientes requerimientos:

- 1.- Dimensionales, tales como formas, cotas-respecto a espesores.
- 2.- Mecánicas, como resistencia a la rotura, alargamiento, choque termico, etc
- 3.- Físicas tales como capacidad de amortiguamiento y comportamiento al calor, etc.
- 4.- De aspecto externo e interno, (estado de superficies antes del pulimentado).
- 5.- Químicas, las cuales son determinantes de la composición de las piezas.

Considerando estas características establecemos la siguiente clasificación de defectos, en cuatro grupos principales los cuales son:

### GRUPO I.- DEFECTOS EXTERNOS.

- |                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Sopladuras.           | 8.- Costras.                        |
| 2.- Arrugas o pliegues.   | 9.- Poros de gas.                   |
| 3.- Penetración de arena. | 10.- Molde caído.                   |
| 4.- Grietas en caliente.  | II.- Grieta en tratamiento termico. |
| 5.- Molde roto.           | 12.- Carga oxidada.                 |
| 6.- Inclusiones de arena. | 13.- Mala reparación.               |
| 7.- Rechupe.              | 14.- Inclusiones de escoria.        |

GRUPO 2.- DEFECTOS DIMENSIONALES.

- |                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| 15.- Roto en frío.         | 20.- Distorsión.                |
| 16.- Dimensión equivocada. | 21.- No lleno.                  |
| 17.- Unión fría.           | 22.- Mal cortado.               |
| 18.- Fuga de metal.        | 23.- Pieza perdida.             |
| 19.- Variación.            | 24.- Contracción mal calculada. |

GRUPO 3.- DEFECTOS INTERNOS.

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| 25.- Inclusiones extrañas. | 28.- Grano abierto. |
| 26.- Poros de gas.         | 29.- Grietas.       |
| 27.- Rechupe.              |                     |

GRUPO 4.- DEFECTOS DE ESPECIFICACION.

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 30.- Análisis químico.                  | 33.- Estructura incorrecta.          |
| 31.- Dureza incorrecta.                 | 34.- Tratamiento termico incorrecto. |
| 32.- Propiedades mecánicas incorrectas. |                                      |

Se observará que en la relación anterior de defectos, algunos de ellos se repiten en el grupo de externos e internos, la causa estriba en la distinción de los defectos detectados antes del taller mecánico (externos) y después de haber sido maquinados piezas susceptibles de ser rechazadas (internos).

Siempre en el taller mecánico se deben detectar solo defectos internos, ya que si se localizan piezas con defectos externos indican falla en la inspección previa al maquinado.

Los defectos dimensionales están relacionados con los requerimientos dimensionales de las piezas y los de especificación con los requerimientos químicos, físicos y mecánicos principalmente.

Esta clasificación es el primer paso para realizar un examen de los defectos en conjunto como algo científicamente relacionado.

C A P I T U L O   I I I

## ANÁLISIS METALÚRGICO DE LOS DEFECTOS.

Un análisis metalúrgico de cada defecto es un trabajo - muy amplio y vasto, por lo que establecemos que la profundidad del análisis será solo la requerida por este estudio, debido a que el análisis de cada defecto puede constituir por si solo un tema aparte a desarrollar.

El objetivo de este análisis será el de proveer de una - base teórico-práctica que nos permita realizar un ataque correctivo una - vez que la evaluación de datos estadística nos señale las principales cau - sas que originan los defectos en las piezas manufacturadas.

Como un primer paso en nuestro análisis es necesario de - finir los terminos a manejar: "defecto" y "falla", terminos que aplicados - a metales tienen a veces un significado parecido y se usan indistintamen - te, habiendo sin embargo una clara diferencia entre ambos. El diccionario de Webster define al defecto como la falta o ausencia de algo necesario - para ser completo o perfecto, mientras que la falla es definida como la - omisión en el servicio o falta de éxito. La Real Academia Española define al defecto como la carencia o falta de las cualidades propias y naturales de una cosa y falla como perder una cosa, por ejemplo; su resistencia rom - piéndose o dejando de servir. Por supuesto también un material puede fa - llar cuando se usa impropiamente debido a sobrecargas o condiciones anor - males de servicio o a un error de proyecto ocasionado por ausencia de cam - bio gradual de espesores. Por otra parte las segregaciones, los rechupes, - las porosidades y las inclusiones son siempre perjudiciales e indesea - bles siendo todos ellos ejemplos típicos de defectos.

Debemos subrayar que los metales comerciales no pueden - estar por completo exentos de ciertos defectos comunes aunque hayan sido fabricados con los mejores materiales y procedimientos, debido a la am - plia complejidad de factores que influyen en su hechura.

Cualquier demanda de superior calidad supone mayor esfuerzo

y por lo tanto precios más altos, para decidir entre las desviaciones permisibles entre las normales y aquellas que son indeseables, deben consultarse las normas en vigor publicadas por organismos solventes tales como las del comite de siderurgia relacionadas con la industria de fundición-ejem; la norma de calidad para piezas coladas de fundición gris para la industria automotriz B-2.

Procederemos a continuación a realizar un análisis metalúrgico de cada uno de los defectos enunciados en la clasificación anterior:

#### GRUPO I.- DEFECTOS EXTERNOS.

##### I.- Sopladuras.

###### - Definición y características generales del defecto:

Reciben el nombre de sopladuras, las cavidades formadas por gases atrapados durante la solidificación, se caracterizan porqué su superficie interior no importando lo irregular que sea es lisa. La sopladura es por lo tanto consecuencia de la falta de homogeneidad del metal, las hay abiertas (superficiales o exteriores) y cerradas (internas).

###### - Origen, causas y factores que contribuyen a su existencia.

Favorecen la formación de sopladuras la insuficiente permeabilidad de la arena de moldeo o machos, la insuficiente presión metalostática, cucharas de fusión húmedas, secado incompleto de machos y moldes, temperatura de colada demasiado baja, salidas de aire escasas o aires atrapados.

###### - Presencia y situación más corriente del defecto, susceptibilidad al mismo.

Las sopladuras son agujeros asperamente formados que aparecen en el exterior de las piezas o en las secciones más gruesas. Al mecanizar la pieza aparecen bajo la superficie y en casos graves -

pueden atravesar todo el espesor de la pieza.

- Efectos perjudiciales.

Dependiendo de su magnitud, número y localización se define si la pieza es susceptible de recuperación o rechazada inmediatamente, - en ambos casos con la consecuente pérdida económica.

- Eliminación.

Aumentar la permeabilidad con salidas de aire o adicionar arena - sílica más gruesa, evitar el exceso de apisonado, reducir la humedad al mínimo compatible con su aplicabilidad, secar completamente todas las cucharas o aumentar la temperatura de colado, el uso de materiales de junta de buena calidad evitan este defecto.

2.- Arrugas o pliegues.

- Definición y características generales del defecto.

Se llama arrugas o pliegues a pequeños surcos, generalmente poco - profundos que se localizan en la superficie de ciertas piezas.

- Origen, causas y factores que contribuyen a su existencia.

Generalmente las arrugas se encuentran en los lugares de la pieza que han sido alimentados con una aleación relativamente fría.

A medida que desciende la temperatura de la aleación, aumenta la tensión superficial así como su resistencia a la deformación, la aleación adquiere una consistencia cada vez más pastosa y no corre ya como un perfecto líquido sino como un barro. Por supuesto es contra las paredes del molde donde esta aleación va a adquirir el estado pastoso primeramente, además las superficies de las cavidades del molde no son perfectamente lisas ni planas pues tiene lugar el fenómeno de la expansión de la arena.

El grado de cristalización más o menos avanzado de la aleación, en particular el efecto de ángulo, la presencia local de inclusiones son motivos que se oponen a la regularidad del avance de la aleación. Por otra parte la posición de las entradas de colada, los movimientos más o menos complejos que como consecuencia de ellos-

afectan al líquido así como las pequeñas asperezas de la superficie del molde son otras tantas razones para que la aleación no forme una sola e igual veta líquida sino para que se creen en el seno de esta, corrientes de direcciones no paralelas las cuales son la base de la formación de las arrugas.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

Este defecto aparece en las superficies de las piezas ya sea en forma de arruga o como cordones irregulares que al quitarlos de la pieza dejan una depresión lisa. Las llamadas colas de rata son pliegos irregulares causados por la expansión de la superficie del molde, resultando un cambio de planos. Generalmente la superficie de la pieza en cada cara de la arruga esta oxidada.

- Efectos perjudiciales.

En el caso de arrugas profundas pueden aparecer estas en las superficies maquinadas y implicar el rechazo de la pieza. Cuando el defecto es de menor magnitud y aparece solo en la superficie de la pieza ocasiona gastos de limpieza, desbastado y esmerilado de la misma.

- Eliminación.

Como se debe este defecto a una falta de colabilidad local es necesario buscar la forma de aumentar esta por ejemplo aumentando la temperatura de vaciado. Sin embargo este defecto puede ser ocasionado por un enfriamiento demasiado rápido de la aleación en el molde, debido a arena demasiado húmeda por lo que debe secarse el molde previamente.

3.- Penetración de arena.

- Definición y características generales del defecto.

La penetración esta compuesta de arena y metal mezclado entre sí siendo muy difícil de eliminar, el defecto es originado cuando el metal llena los espacios intergranulares en la superficie rugosa. En consecuencia la mayoría de las veces arrugas y pene-

tracción de arena se presentan juntos.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

El defecto es provocado por la erosión metálica sobre las paredes de arena del molde, que aunado a una baja temperatura de la masa metálica nos ocasiona estos defectos. Ahora la erosión que sufre la arena es solo una consecuencia de una deficiencia en las características y propiedades de la arena.

Factores tales como una baja resistencia de la arena, un apisonado descuidado, la caída directa del metal sobre la superficie de la arena, colada turbulenta debido a un acabado deficiente del sistema de alimentación, desplazamiento de arena por los machos, portadas rotas, moldes removidos, caídas de arena son factores que originan este defecto.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

Generalmente se presenta acompañando a las arrugas y pliegues en la superficie de las piezas, en el caso de caídas de arena puede presentarse en el interior de las piezas en lugares donde la pieza es menos resistente, cuando la colada es turbulenta se presenta en los ángulos del molde.

- Efectos perjudiciales.

En el menor de los casos nos ocasiona problemas en la limpieza, desbastado y esmerilado y algunas veces en el mecanizado de las piezas. Cuando la penetración de arena afecta directamente la integridad de la pieza, ocasiona una variación dimensional de la misma lo cual supone generalmente el rechazo de la pieza.

- Eliminación.

Como la ocurrencia del defecto depende en gran medida de las propiedades deficientes de la arena, aumentando la resistencia en verde de la arena mediante la adición de arcillas, reduciremos la ocurrencia de dicho defecto. El apisonado firme y uniforme, canales de alimentación bien distribuidos, el soplado del -

molde después de colocar los machos así como evitar sacudidas en los moldes permitirán la disminución y eliminación de tal defecto.

4.- Grietas en caliente.

- Definición y características generales del defecto.

Son defectos debidos a la contracción sólida, entre el instante en que se solidifica la masa metálica y el momento en que alcanza la temperatura ambiente, estos defectos son completamente distintos desde el punto de vista de su aspecto, como en lo que respecta a su mecanismo de formación. Se distinguen dos tipos de grietas las cuales son; actuales y potenciales, éstas últimas no son visibles aún al microscopio pero se pueden presumir por pruebas indirectas. Las grietas son transcristalinas o intergranulares, las grietas de temple pertenecen a este último tipo generalmente pero no siempre, pues en muchos casos sin embargo la trayectoria de la rotura intercepta parcialmente los granos y en parte sigue sus líneas. Se puede definir a las grietas como desgajes o desgarrones de la aleación que se producen en las partes de la pieza que no se encuentra aun completamente solidificada y que presenta la menor resistencia a la tracción, cuando por una causa cualquiera la contracción en estado sólido no puede efectuarse normalmente.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

La contracción que sufre la pieza, es responsable de las grietas, de las tensiones internas, de las deformaciones y de las roturas o fracturas. Sachs y Van Horn distinguen dos tipos de grietas en las piezas moldeadas, las cuales son:

- a) Grietas de contracción.
- b) Grietas de enfriamiento.

Podemos reconocer el origen de las grietas, al romper la grieta superficial en la pieza una decoloración de la fractura (oscura y oxidada) indica que la rotura se produjo cuando la pieza estaba -

caliente, en cambio la rotura en frío no cambia el color de la -  
fractura ( sup. clara y sin oxidar).

- Presencia y situación más corriente y susceptibilidad al mismo.

La susceptibilidad al defecto en el caso de fundiciones, puede ser  
provocada por lo siguiente:

1.- Fragilidad inherente ,debido al efecto bien conocido de los -  
carburos, ejemplo; fundiciones blancas.

2.- Fragilidad producida por impurezas en solución, tal es el ca-  
so del efecto del fósforo, cuyo efecto nocivo se agrava por -  
su tendencia a la segregación.

3.- Fragilidad atribuida a la presencia de gases en los metales,  
los cuales pueden encontrarse en los metales en cuatro con -  
diciones diferentes ; absorbidos, disueltos, formando compues-  
tos cuímicos y ocluidos en venteaduras y cavidades.

Las grietas se presentan en aquellos lugares donde se presenta la  
menor resistencia a la tracción.

La grieta en caliente se produce cuando la contracción del metal  
es mayor de lo normal, por una falta de ductilidad del macho o -  
causada por un irregular enfriamiento debido a construcción ina-  
decuada de las piezas de fundición lo cual produce tensiones in-  
ternas que provocan su aparición, generalmente se presenta en los  
sitios gruesos de las piezas.

La grieta en frío en la mayoría de los casos se produce en los -  
sitios en que la tensión entre las partes delgadas y las gruesas  
de las piezas es brusca, es decir depende principalmente del di-  
seño de las piezas, de posibles deterioros al sacarlos de los mol-  
des, al transportarlos o al quitarles los restos de los canales de  
de colada, generalmente se producen en las secciones delgadas.

- Efectos perjudiciales.

El estado frágil de los metales, por su misma naturaleza disminu-  
ye la garantía de las piezas en sus aplicaciones específicas.

Esta condición esta invariablemente asociada con la baja resistencia al choque y generalmente con baja ductilidad y falta de estricción en el ensayo de tracción.

- Eliminación.

Para evitar el peligro de fisuras, efectuar un recocido de eliminación de tensiones y un enfriamiento lento siempre que sea posible. Al efectuar el diseño de la pieza procurar realizar un cambio gradual al pasar de secciones gruesas a delgadas, realizar un apisonado más suave que permita la contracción de la pieza, dar soltura a los moldes después de la colada y la utilización de moldes y machos tubulares preparada con arena aglutinada y endurecida posteriormente con  $CO_2$ .

5.- Molde roto.

- Definición y características generales del defecto.

Son irregularidades en la superficie de las piezas causadas por interrupciones en la superficie del molde originados a su vez por fuerzas externas o por su propio peso.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

La mayoría de las veces este defecto se debe a una falta de cuidado al moldear la pieza.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

Se presenta como anteriormente se menciona, en la superficie de las piezas en forma de irregularidades.

- Efectos perjudiciales.

Las irregularidades en la pieza se traducen en una variación en las dimensiones normales o requeridas, lo cual generalmente supone el rechazo de las piezas en los casos graves o en su defecto su recuperación.

- Eliminación.

Tomar más precauciones y cuidado al moldear la pieza.

## 6.- Inclusiones de arena.

Este defecto tiene los mismos mecanismos de formación que el defecto de penetración de arena y se presenta cuando una o varias zonas de la pieza de fundición tiene arena incrustada en su superficie, con los consiguientes problemas de limpieza de la misma y dependiendo de su magnitud y localización puede suponer el rechazo de la pieza debido a las dificultades que acarrea su maquinado.

## 7.- Rechupe.

### - Definición y características generales del defecto.

Los rechupes son cavidades que se forman en el interior o en el exterior de las piezas moldeadas y que tienen por causa la disminución de volumen que experimenta el metal o aleación colada en el momento de su enfriamiento. En el primer caso hablamos de rechupes internos y externos en el segundo caso. Cuando el rechupe no forma más que una sola cavidad (interna o externa) se llama principal o primario, por el contrario cuando origina un gran número de cavidades internas se llama secundario, en este último caso cuando las cavidades son apreciables a simple vista se designa con el nombre de macrorechupe, tomando el nombre de microrechupe cuando se observa únicamente con ayuda del microscopio. Puede ocurrir que en una pieza se observen al mismo tiempo ambos tipos, puesto que aun teniendo la misma causa, estos rechupes no tienen exactamente el mismo mecanismo de formación. La zona que rodea al rechupe es siempre porosa, sin embargo difiere esta de la porosidad producida por las venteaduras tanto en su origen como en su aspecto.

### - Origen y factores que contribuyen a su existencia.

La causa directa del rechupe es la contracción del metal durante la solidificación, en el último caso debe recordarse que la diferencia de volúmenes de un metal en estado líquido y sólido depende de su composición química y de las condiciones de cola

da (efecto del Mn y del Si y colada del molde con metal sobrecalentado).

- Presencia y situación más corriente del defecto.

Presentan el aspecto de cavidades irregulares y asperas, frecuentemente oxidadas que penetran en la pieza, particularmente en las zonas gruesas o en la unión de cambios de sección. El rechupe se produce en los ángulos vivos por efecto de la contracción de la fundición al colarse esta demasiado caliente.

- Efectos perjudiciales.

El efecto perjudicial es por si mismo evidente, cuando la superficie del rechupado está oxidada por el aire no puede soldarse. Las grietas pueden iniciarse a partir de las derivaciones profundas del rechupe que quedan mal soldadas, de esta forma se pueden formar pequeñas grietas aisladas constituyendo los llamados rechupes capilares.

- Eliminación.

Se elimina este defecto en las coladas en arena manteniendo un nivel alto de metal en los bebederos, disponiéndose de un aumento de metal líquido que aumenta la presión metalostática, lo cual logramos usando mazarotas para alimentar las secciones gruesas y asegurarnos que se llenen con metal caliente, esto debido a la tendencia de este defecto de aparecer en los lugares de la pieza que solidifican al último.

8.- Costras.

- Definición y características generales del defecto.

Se designa con el nombre de costra la capa de óxido formada en la superficie del metal cuando se calienta a alta temperatura en aire u otra atmosfera oxidante, la costra de oxidación en el hierro es normalmente lisa y compacta, a pesar de la expansión que supone su formación, si la oxidación es lenta se forma una costra de cristales grandes y las substancias extrañas que se encuentran en la superficie del hierro quedan totalmente envueltas

en la costra.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

La naturaleza de la costra va a depender de la profundidad de la oxidación, de su estructura, composición química y punto de fusión. La formación de costra en una atmosfera determinada va a depender de la proporción relativa de gases oxidantes y reductores. La costra es tambien un defecto de expansión de la arena en el cual la arena suelta es erosionada por el movimiento del metal, y al quitarse ya que tiene forma de costra, deja generalmente una superficie sólida pero cóncava.

La existencia de zonas con humedad alta en determinadas partes del molde ocasionan su formación.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

La costra en el hierro presenta algunas ampollas que son pequeñas áreas con costras más finas que las normalmente encontrada en otros lugares de la superficie, su origen se explica por una disminución local de la intensidad de formación de costra debido a algún impedimento en la difusión del agente oxidante. Mientras que en otras partes la oxidación avanza hasta el estado de  $Fe_3O_4$ , en la ampolla solamente alcanzo el grado más bajo de  $FeO$ . Como el volumen específico del óxido magnético es mayor que el del  $FeO$ , la región que rodea a la ampolla desarrolla una tendencia a abarquillarse separandose de la superficie.

- Efectos perjudiciales.

La formación de costras de oxidación es la causa de numerosas pérdidas económicas debido a la pérdida de parte del metal y sobre todo por el costo de limpieza.

- Eliminación.

Las condiciones que reducen la formación de costras son; bajo contenido de hidrógeno en el combustible, relación aire combustible ligeramente oxidante y temperatura y tiempos mínimos en el horno, sobrepresión en el horno para evitar la entrada de aire.

## 9.- Poros de gas.

### - Definición y características generales del defecto.

Los poros de gas o venteaduras son cavidades originadas por la oclusión de gases durante la solidificación. La forma más corriente de la venteadura es la redonda u ovalada.

J. Butterworth encontró que la fundición contiene dos clases de poros; los microporos resultantes de la oclusión gaseosa y los poros sucios que tienen su origen en la oxidación del metal.

### - Origen y factores que contribuyen a su existencia.

En estado fundido los metales pueden disolver grandes volúmenes de gases que son retenidos en solución mientras aquellos permanecen líquidos y pueden incluso formar compuestos inestables con el metal disolvente. Cuando la temperatura desciende hasta la solidificación, tiene lugar un rápido descenso en la solubilidad y los gases se desprenden del metal líquido continuando su desprendimiento durante la cristalización, cuando esto sucede el metal está casi totalmente solidificado y como no todos los gases pueden escapar y algunos quedan retenidos en las cavidades de la masa aún plástica originando este tipo de defecto. El aire del molde retenido durante la colada es otro origen de venteaduras así como los gases ocluidos debidos a la acción del metal líquido sobre la arena húmeda del molde.

La microporosidad es posible que se forme con diminutas burbujas en el último estado de la solidificación y que por esta razón no hayan podido, por asociación formar burbujas de tamaño apreciable. Se han propuesto cuatro teorías diferentes para explicar su origen las cuales son:

- 1.- Disminución de la solubilidad gaseosa durante la solidificación.
- 2.- Reacción entre el óxido de hierro y el carbono.
- 3.- Reacción entre el metal líquido y el agua que humedece las arenas de moldeo.

#### 4.- Oclusión del aire en el molde.

##### - Presencia y situación más corriente del defecto .

En las superficies mecanizadas muestran cavidades en las secciones gruesas de forma redonda u ovalada. Mayor porosidad se encuentra normalmente en las fundiciones moldeadas a temperatura demasiado bajas, puesto que los gases no pueden escapar del metal en su rápida solidificación.

Las porosidades en las piezas moldeadas se localizan normalmente en sus secciones más gruesas.

##### - Efectos perjudiciales.

El daño que puede causar la porosidad depende principalmente de la posición de las venteaduras en la pieza y por supuesto de su número y tamaño. La porosidad reduce la sección útil de la pieza moldeada y disminuyen su resistencia en forma desproporcionada por su efecto de entalladura. Puesto que la presencia de este defecto en la mayoría de las veces esta oculta a la observación directa, las piezas moldeadas son de menos garantía en las aplicaciones importantes, sino se inspeccionan debidamente, ya que siempre se presentan en grupos y del tamaño de una cabeza de alfiler generalmente.

##### - Eliminación.

En el caso de fundición, se evita su presencia si se agrega suficiente cantidad de Mn y Si, sin embargo deben emplearse con precaución puesto que pueden producir un rechupe que es más perjudicial, para evitar el efecto de la humedad de los moldes, estos deben secarse previamente y para evitar la oclusión de aire se recomienda una alimentación y distribución de respiraderos adecuados y mantener una altura correcta del lecho de coque en el cubilote y limpiar el baño antes de la colada.

#### 10.- Molde caído.

Consiste en irregularidades superficiales de la pieza debido a partes del molde desprendidas al cerrar las cajas.

## 12.- Carga oxidada.

Este defecto consiste en carga metálica mal trabajada en fusión, es decir alto contenido de gases. Se presenta en piezas con tiraderos sin rechupes y cara superior convexa, también se presenta como poros de gas localizados en las aristas y filos de las piezas. Dada la naturaleza y proceso de formación de la fundición gris, este defecto no se presenta en dicho material.

## 13.- Mala reparación.

Consiste como su nombre lo indica cuando se ha esmerilado, remachado o soldado en forma anormal, causando el rechazo de la pieza.

## 14.- Inclusiones de escoria.

### - Definición y características generales del defecto.

Este es un defecto similar al de inclusiones de arena, solo que en vez de arena el material ocluido es escoria.

### - Origen y factores que contribuyen a su existencia.

La escoria se encuentra formada por materiales indeseables que como impurezas forman parte de la aleación, los cuales son eliminados por medio de materiales escorificantes, que los trasladan a la superficie del metal donde es fácil eliminarla. La escoria puede contener  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y además debido a nuestro sistema de trabajo Duplex el horno de solera ácida produce gran acumulación de materiales no metálicos. El efecto nocivo que producen es consecuencia de su punto de fusión y su naturaleza. Aunado a la causa metal otro factor importante es el recubrimiento de las cucharas de metal, incorrecta entrada de metal que ocasiona turbulencia, baja temperatura de colada.

### - Presencia y situación más corriente del defecto.

Este defecto presenta el aspecto de superficie picada o inclusiones encontradas durante el mecanizado, las cavidades

generalmente son más lisas, pudiendo verse la escoria antes de limpiar la pieza, siendo las más frecuentes las segregaciones de sulfuro de manganeso. Las inclusiones pueden ser cerradas o abiertas.

- Efectos perjudiciales.

Acarrean dificultades en la limpieza de la pieza, y dependiendo de la magnitud, número y situación, puede ser defecto crítico al realizarse la operación del mecanizado de la pieza.

- Eliminación.

Utilizar materiales escorificantes y limpiar el baño antes de vaciar.

## GRUPO 2.- DEFECTOS DIMENSIONALES.

### 15.- Roto en frío.

- Definición y características generales del defecto.

Se producen como su nombre lo indica cuando la pieza está fría, es decir a la temperatura ambiente y que por una causa cualquiera — aparecen esfuerzos que vienen a sumar sus efectos a las tensiones y compresiones internas que soporta la pieza y que cuando estas — exceden el valor de la resistencia mecánica se produce como consecuencia de la deformación más o menos importante de la pieza una rotura. También puede ser atribuido a un mal manejo de la pieza durante la operación de desmoldeo y acabado.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

Las roturas en frío o en caliente son la manifestación de las tensiones internas, más o menos acentuadas debido a que en las diferentes partes de la pieza la contracción no ha podido efectuarse libremente por causa de:

- a).- Fuerzas exteriores a la pieza que se han opuesto a esta contracción por falta de plasticidad del material del molde.
- b).- Como consecuencia de un enfriamiento desigual entre los distintos puntos de la pieza, ciertas partes de esta que se han

enfriado en primer termino tienen una rigidez tal que se oponen a la contracción de las que han permanecido calientes más tiempo por un motivo cualquiera.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

Este defecto tiene lugar por supuesto en el lugar en que la pieza es menos resistente, las roturas en frio se producen generalmente dando un ruido seco, su aspecto es característico de roturas francas con caras de color metálico, no oxidadas.

- Efectos perjudiciales.

La peligrosidad de las roturas en frio radica en que en el menor - de los casos se producan en el taller del fundidor pero el caso - más frecuente es que se presenten después de que salen de la fundición y esto puede suceder durante el transporte o la manipulación del mecanizado debido a la reducción de secciones o en el caso más crítico en el curso del funcionamiento de la máquina.

Ahora cuando más avanzado este el mecanizado, más importante es la perdida económica que resulta de su rotura, pero si esta se produce durante su funcionamiento puede causar daños materiales, inmovilización de la máquina y accidentes corporales graves, lo cual repercute en el prestigio de nuestra marca respecto a la calidad de sus productos.

- Eliminación.

Suprimiendo toda acción contraria a la contracción del metal, adoptando siempre que sea posible el moldeo en verde en lugar del moldeo estufado con el fin de construir un molde con un material tan plástico como sea posible. La ejecución de machos que no se opongan a la contracción, previniendolos facilmente deformables debido a su forma (machos tubulares).

16.- Dimensión equivocada.

Como su nombre lo indica, sucede cuando las piezas no presentan - las dimensiones requeridas y es atribuible generalmente a una de - ficiencia en la fabricación de los modelos o de los machos emplea

dos o a un mal ensamblaje de los machos en el molde atribuible a los chaplets empleados, lo que ocasiona este defecto.

#### 17.- Unión fría.

- Definición y características generales del defecto.

Quando en una parte de la cavidad del molde, la aleación en curso de solidificación es prematuramente enfriada, la aleación que la rodea a pesar de aportar calorías a esta, este aumento de temperatura en esta última es insuficiente para permitir recuperar el estado líquido y la unión por soldadura en la aleación que la ha juntado no es posible.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

Se producen cuando por un motivo cualquiera se interrumpe la colada de un molde y se reanuda cierto tiempo después.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

La unión fría tiene frecuentemente una forma que se aproxima en sección al bisel o una punta, cuyas superficies están oxidadas.

- Efectos perjudiciales.

Este defecto generalmente supone el rechazo de la pieza.

- Eliminación.

Procurar que el vaciado sea continuo sin interrupciones.

#### 18.- Fuga de metal.

Consiste este defecto en piezas incompletas ocasionadas por una fuga de metal de la cavidad del molde, generalmente por su línea de partición. Depende del apisonado incorrecto de la arena o a un deficiente ensamblaje de las cajas de moldeo.

#### 19.- Variación.

Son variadas las piezas que presentan una discontinuidad en la línea de unión de la parte moldeada superior y la inferior generalmente ocasionada por un mal ensamblaje de las cajas de moldeo.

## 20.- Distorsión.

### - Definición y características generales del defecto.

Este es un termino genérico por medio del cual designaremos a todos aquellos defectos que desfiguran la forma normal de las piezas, defectos tales como; molde forzado, torcido, pandeo, abarquillado, etc. o sea defectos de forma.

### - Origen y factores que contribuyen a su existencia.

Una causa de este defecto tiene lugar cuando la deformación producida en el molde es debida a que este cede bajo la presión del metal fundido. La resistencia del molde esta intrinsecamente ligado con las características y propiedades de las arenas empleadas en su fabricación y que tiene su origen en alguna deficiencia en estas características. Otra posible causa puede ser un mal cálculo en el diseño de los moldes de piezas pesadas.

Factores causales indirectos tales como el pandeo de corazones debido a un mal almacenamiento o tiempo excesivo de almacenaje producen este defecto. Para el caso particular de hierro colado o fundición este defecto se puede producir una vez que la pieza ya esta en servicio por condiciones especiales del medio en el cual se desempeña, nos referimos al fenómeno de crecimiento de la fundición o aumento permanente de su volumen por repetidos calentamientos.

Esta diferencia se atribuye a una mayor formación de grafito a temperaturas superiores a  $1100^{\circ}\text{C}$  e inferiores a  $700^{\circ}\text{C}$ .

A la fecha se han realizado muchas investigación a fin de aclarar este fenomeno pero no se ha llegado a una conclusión satisfactoria.

### - Presencia y situación más corriente del defecto.

Un molde forzado se presenta, digamos como cierto parecido a una hinchazón de la pieza, debió a que cedió el molde a la presión habiendo perdido forma su cavidad. Una pieza torcida consiste en piezas - chuecas o pandas, desviadas de su eje que se presentan con regularidad en piezas largas y delgadas.

### - Efectos perjudiciales.

La distorsión de una pieza, ocasiona que no se cumpla con los requerimientos dimensionales especificados, lo cual implica su rechazo inmediato.

- Eliminación.

Realizar un apisonado firme y uniforme y emplear moldes en seco o moldes al CO<sub>2</sub>.

2I.- Moldes no llenos.

- Definición y características generales del defecto.

Todas las partes de la cavidad del molde, que por falta de colabilidad prematura no son alimentadas constituyen lo que se llama como los "no llenados", estos pueden limitarse únicamente a los ángulos de las piezas, los cuales no presentan ya aristas vivas sino redondeadas, el defecto es más grave cuando el defecto se localiza en las partes de la pieza alejadas de los canales de alimentación, en las partes delgadas de gran desarrollo o sea donde la aleación llega demasiado fría.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

Toda contrapresión debida a la presencia de gas encima de la aleación o ante la ola de aleación que tiende a llenar una cavidad, tiene por efecto retrasar el ascenso o desplazamiento de la aleación, aumentando por tanto el tiempo de llenado, lo cual se traduce en una disminución de la velocidad de llenado ocasionando que la aleación se enfrie lo suficiente y al volverse pastosa se solidifique antes de alimentar completamente la cavidad del molde. Esta causa de no llenado es favorecida por la falta de permeabilidad del molde.

- Presencia y situación más corriente.

Este defecto puede aparecer como agujeros en las secciones delgadas de la pieza con los bordes lisos y bien redondeados, la superficie del metal alrededor de los agujeros es lisa y a menudo brillante. También puede aparecer como una línea o raya en el punto en que se han encontrado dos corrientes de metal pero no

se han unido, pudiendo haber fractura a lo largo de dicha línea.

- Efectos perjudiciales.

Dependiendo de la magnitud del defecto, puede recuperarse la pieza o si es muy grave es por supuesto rechazada.

- Eliminación.

Mejorar la colabilidad actuando siempre que sea posible sobre la composición química de la aleación y no aumentando la temperatura de esta por favorecer la formación de rechupes y sopladuras.

Transportar rápidamente la aleación en cucharas limpias y bien recalentadas, así como repartir las entradas de colada con el fin de recalentar continuamente la aleación hasta que la cavidad del molde se llene completamente, tratando de evitar las trayectorias demasiado largas y suprimiendo toda causa de formación de contrapresiones, aumentando la permeabilidad de la arena.

Tratar de evitar toda causa de intempestivo enfriamiento local de la pieza.

22.-Mal cortada.

Ocurre en corte de coladas, limpieza donde se utiliza el soplete, la sierra o el cincel, en forma indebida cortando parte de la pieza, lo cual es atribuible cien por ciento al factor acabado.

23.-Pieza perdida.

Consiste en la falta de coincidencia entre el número de piezas fundidas y el número de piezas embarcadas más rechazadas. Esto naturalmente se debe a un descuido del personal que transporta el material a la chatarra.

24.-Contracción mal calculada.

Para nuestro caso especial de fabricación en serie, este factor se debe tomar en cuenta al fabricar los modelos, además para el caso de fundición gris la contracción es considerablemente menor y menos crítica que en ciertos tipos de aceros.

### GRUPO 3.- DEFECTOS INTERNOS.

#### 25.- Inclusiones extrañas.

- Definición y características generales del defecto.

Los metales y aleaciones industriales contienen siempre impurezas en cantidades suficientes como para influir en sus propiedades, las impurezas pueden estar en solución sólida o como partículas independientes llamadas inclusiones.

Las inclusiones de las aleaciones ferrosas se dividen en tres grupos; óxidos, sulfuros y silicatos, existiendo sin embargo inclusiones de composición intermedia más complejas.

- Origen y factores que contribuyen a su existencia.

Las fuentes de contaminación de los metales se pueden agrupar en:

- Procedentes del mineral y otras materias primas.
- Originadas por la fase de desoxidación y desulfurización en el afino del acero (no procede en nuestro caso).
- Introducidas por las ferroaleaciones, compuestos carburantes y otras adiciones al baño fundido.
- De partículas de revestimiento del horno.

En las inclusiones no-metálicas según su origen se distinguen las endógenas o naturales y las exógenas o accidentales.

Las primeras se producen por precipitación de sustancias no metálicas en el metal, mientras que las segundas tienen su origen en partículas no metálicas ocluidas por el metal en el estado líquido.

Por la acción del metal líquido en continuo movimiento se pueden desprender fácilmente partículas de las paredes del revestimiento del horno.

- Presencia y situación más corriente del defecto.

La forma de las inclusiones dependerá de la acción de dos fuerzas opuestas; las fuerzas que tienden a preservar la forma cristalina de las inclusiones y la tensión superficial que redondea

Los ángulos y tiende a producir formas con superficies mínimas. Las inclusiones de forma cristalina tienen un punto de fusión - más alto que el del metal en que se alojan, por ejemplo en las fundiciones el sulfuro de manganeso tiene a menudo una forma - cristalina regular. La distribución de las impurezas en los metales moldeados es raramente uniforme; estas están en su mayor parte concentradas en las regiones centrales de dichas piezas - debido a la segregación.

En los metales industriales no puede esperarse una ausencia completa de inclusiones, pero la cantidad de estas puede variar con siderablemente, con objeto de estimar las cantidades de inclusiones George W. Walker introdujo un sencillo atlas de inclusiones para su clasificación.

Los cuerpos extraños (suciedades) se manifiestan en la superficie de las piezas en forma de cavidades asperas y hoyos, si se observan antes de limpiar la pieza, la mayoría de las veces puede verse la arena.

- Efectos perjudiciales.

Debido a que la distribución de las inclusiones es raramente uniforme se refleja en las propiedades de los metales siendo sus- efectos más serios cuando se encuentran en los límites de los granos, siendo el tipo más nocivo de inclusión porque produce discontinuidades en el metal que puede llevarlo con facilidad a la rotura. En general el efecto nocivo de las impurezas dependerá de su distribución en la pieza, de su punto de fusión y de su naturaleza o composición.

Las impurezas que se presentan en películas continuas o largas hileras de inclusiones son las menos deseables, por producir discontinuidades en el metal ya que se substituye por material extraño - de naturaleza frágil o débil que imparte fragilidad y disminuye - la ductibilidad y la resistencia al metal.

Si la impureza tiene un punto de fusión más bajo que el metal, las películas interpuestas se funden o se ablandan al calentar - hasta el punto tal que baste una pequeña deformación en caliente para producir la rotura y se dice que el metal es frágil en caliente. Las inclusiones discontinuas y dispersas no pueden producir la rotura, sin embargo cuando se acumulan en algunos puntos del metal su acción será perjudicial aunque local,

Respecto a su naturaleza o composición las impurezas tales como el fósforo y el azufre son muy perjudiciales a las que se le atribuye muchos fallos. El fósforo produce fragilidad en frío y es consecuencia de roturas inesperadas y el azufre tiene una poderosa influencia en el hierro colado al reducir la grafitización del carburo.

26.-Poros de gas. (pasar al análisis del defecto No 9),

27.-Rechupe. (pasar al análisis del defecto No 7).

28.-Grano abierto.

Es la condición en la cual al maquinarse una pieza, aparece una estructura con pequeños poros o microrechupes en una gran extensión de la superficie, la mayoría de las veces en toda la superficie maquinada, defecto común en el hierro.

29.-Grietas. (pasar al análisis del defecto No 4).

#### GRUPO 4.- DEFECTOS DE ESPECIFICACION.

Este grupo de defectos ocasionan el rechazo inmediato de la pieza por salirse fuera de las tolerancias impuestas a las piezas - en las especificaciones y normas por parte del cliente, así como de organismos solventes. Todos estos defectos están relacionados con el defecto causal metal, el cual determina las características mecánicas y físicas.

30.-Análisis equivocado.

Ocurre cuando una colada no llena las especificaciones químicas

requeridas. Por criterio se debe decidir a cuales piezas de las fundidas con dicha colada puede afectar en su servicio. Cabe hacer notar que debido a circunstancias especiales relacionadas con una falta de control y clasificación de las materias primas empleadas sobre todo en los referente a chatarras utilizadas, se presenta este defecto.

31.-Dureza incorrecta.

Sucedee cuando en ciertas piezas, su dureza encontrada es muy diferente a la solicitada o especificada, y por medio del tratamiento termico no es posible modificarla.

32.-Propiedades mecánicas incorrectas.

Aparece cuando una o más piezas presentan propiedades mecánicas muy diferentes a las solicitadas. Cuando no es debido al tratamiento termico es debido a inclusiones no metálicas en metal.

33.-Estructura incorrecta.

Ocurre cuando un análisis metalográfico indica una disposición diferente a la debida respecto a los elementos constitutivos y que el tratamiento termico no puede modificar a satisfacción.

34.-Tratamiento termico incorrecto.

Sucedee cuando a una pieza se le da un tratamiento termico indebido o diferente al necesario, en nuestro caso particular dicho proceso esta perfectamente definido, cualquier variación puede atribuirse a mal estado del equipo o a una mala distribución y acomodamiento de las piezas en el horno lo cual origina defectos tales como distorsión.

Una vez que han sido enumerados y analizados los defectos, conviene analizar los factores que los originan basados en el estudio metalúrgico previo, de los mismos. Siendo los factores o causas posibles innumerables como se puso de manifiesto en el análisis metalúrgico, es conveniente y necesario facilitar su análisis resumiendo en los factores siguientes:

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1.- METAL.                       | 5.- PREPARACION Y VACIADO.         |
| 2.- ARENA.                       | 6.- EQUIPO.                        |
| 3.- MOLDEO.                      | 7.- DESMOLDEO, LIMPIEZA Y ACABADO. |
| 4.- SIST. DE COLADA Y TIRADEROS. | 8.- TRATAMIENTO TERMICO.           |

Para nuestro caso especial de producción en serie de motores el factor sistema de coladas y tiraderos deja de tener importancia ya que será prácticamente el mismo diseño.

A continuación se dará una explicación somera a cada uno de los factores considerados para posteriormente realizar un estudio más o menos profundo acerca de su frecuencia de aparición y su prevención o tratamiento correctivo.

#### METAL.

Esta causa incluye todo lo relacionado con la masa líquida como lo son:

- Análisis químico.
- Temperatura.
- Contenido de gases disueltos.
- Contenido de inclusiones metálicas y no metálicas.
- Operación de fusión.
- Manejo y preparación de las cucharas u ollas de vaciado.

#### ARENA.

El moldeo de una pieza o de un macho está intrínsecamente ligado a las características y propiedades de las arenas empleadas en su hechura. Esta causa incluye tanto a las arenas sin preparar, como a la preparación y mezclado de las arenas, propiedades físicas de las arenas y la operación de recuperación de las mismas.

De una manera resumida los factores que influyen en este grupo son:

- Granulometria de las arenas.
- Propiedades de las arenas ( humedad, permeabilidad, etc).
- Preparación de las arenas.
- Mezclado de las arenas.
- Recuperación adecuada de la arena.

#### MOLDEO Y CORAZONES.

Incluye la operación de moldeo en si y la fabricación de corazones y machos, lo cual depende de las arenas empleadas - en su confección y de un modo indirecto del factor humano sobre todo en la colocación de los machos en el molde y en el cerrado de cajas. Los factores que influyen en este grupo son:

- Curado y soplado de corazones.
- Características de los corazones.
- Pintado de corazones.
- Limpieza de corazones.
- Operación de moldeo y cerrado de cajas.

#### SISTEMA DE GOLADAS Y TIRADEROS.

Los principales factores que influyen en -- este factor son:

- Sistema de coladas.
- Disposición de aereadores.

#### PREPARACION Y VACIADO.

Este es un aspecto poco considerado para la generación de los defectos, siendo un punto que debe controlarse efectivamente y mantenerlo lo más constante posible.

De una manera resumida los principales factores que influyen en - este grupo son:

- Altura de vaciado.
- Velocidad de vaciado.
- Temperatura de vaciado.
- Preparación de cucharas.

## EQUIPO.

Como equipo se entiende a todo el conjunto de máquinas que facilitan la labor en una fundición. Este grupo tiene una influencia indirecta en la causalidad de los defectos.

De una manera resumida los principales factores que influyen en este grupo son:

- Calibración de aparatos.
- Condiciones del equipo.
- Dimensión equivocada de modelos.

## DESMOLDEO, LIMPIEZA Y ACABADO.

Las características de la pieza dependen en mayor grado de la composición química del metal y en un menor grado -- de la forma de enfriamiento o operación de desmoldeo.

Es de lamentar que un considerable porcentaje de piezas sean inutilizadas por defectos causados por la falta de precaución durante el -- desmoldeado, limpieza y acabado de las mismas. Las piezas presentan defectos de integridad o de forma que los convierten por lo general en inutilizables. Dentro de este factor se incluye el desmoldeo ya -- sea a mano o en vibradores mecánicos, las cámaras de limpieza (shoot-blast o sandblast), el rebabeo y en general el acabado de las piezas de fundición.

## TRATAMIENTO TERMICO.

Tiene por objeto mejorar las propiedades y características de los aceros y fundiciones y consiste en calentar y mantener las piezas a temperaturas adecuadas durante cierto tiempo y enfriar posteriormente en condiciones convenientes.

De esta forma se modifica la estructura del metal, a través del tiempo y la temperatura siendo necesario fijarlos de antemano, de acuerdo con la composición de la aleación, la forma y el tamaño de las -- piezas y las características que se desean obtener.

G A P I T U L O I V

## METODO PROPUESTO.

### I.- Antecedentes.

Una vez que han sido enúmerados y analizados los defectos y factores que los originan, siendo la base el estudio metalúrgico de los mismos, el cual nos permitirá asignar probabilidades a los distintos factores causantes de los defectos.

Para los cual proponemos un método de evaluación de datos en base a un análisis metalúrgico y estadístico de los defectos, basados en las probabilidades de ocurrencia y frecuencias de aparición.

Considerando que dicho método podrá ser llevado a cabo, por estar dentro de las posibilidades de nuestra empresa y por redituarle muchos — beneficios y un ahorro importante de divisas.

### 2.- Objetivos.

Como un primer paso estableceremos los objetivos que pretendemos alcanzar, a través de este método, los cuales son:

- Análizar la frecuencia de defectos.
- Obtener un concepto real de las causas que originan los defectos.
- Observar tendencias en el rechazo.
- La posibilidad de realizar un análisis con todos los defectos de las piezas y no solo con los defectos más importantes.
- En resumen la realización de un análisis cuantitativo y cualitativo de los defectos, lo cual nos permitirá establecer las medidas correctivas que permitan reducir su frecuencia a través del control de todos aquellos factores que los originan.

### 3.- Método.

- Tabla de probabilidad.

Por medio de la relación entre los defectos y los factores que los originan a través de la tabla de probabilidad de ocurrencia de defectos (cuadro No I), nos permitirá alcanzar los objetivos establecidos.

CUADRO No I.

TABLA DE NUMEROS DE PROBABILIDAD.

Defecto	Código	Metal	Arena	Moldeo Corazones.	Colada	Vaciado	Equipo	Acabado	T. Térmico.
Sopladuras	I	2	3	3	I	X	I	X	X
Pliegues	2	X	5	4	I	X	X	X	X
Penetración	3	2	4	2	2	X	X	X	X
Grietas	4	2	3	I	I	X	2	I	X
Molde roto	5	X	2	2	X	3	3	X	X
Incl. Arena	6	X	4	2	3	I	X	X	X
Rechupe	7	2	I	2	5	X	X	X	X
Gostras	8	X	4	3	3	X	X	X	X
Poros de Gas	9	4	3	2	I	X	X	X	X
Molde Caído	IO	X	3	3	X	X	4	X	X
Grieta T. Térmico.	II	2	2	2	2	I	I	X	X
Carga Oxidada	I2	IO	X	X	X	X	X	X	X
Mala reparacion	I3	X	X	X	X	X	X	IO	X
Incl. Escoria	I4	3	X	X	3	4	X	X	X
Roto en Frio	I5	X	X	X	X	X	X	IO	X
Dimensión Equiv	I6	X	X	2	X	X	6	2	X
Unión Fria	I7	5	X	X	3	I	I	X	X
Fuga de Metal	I8	X	2	3	X	2	3	X	X
Variación	I9	X	X	2	X	4	4	X	X
Molde forzado	20	X	3	6	I	X	X	X	X
No lleno	2I	X	X	X	2	8	X	X	X
Mal cortada	22	X	X	X	X	X	X	IO	X
Pieza Perdida	23	X	X	X	X	X	X	IO	X
Contracción	24	X	X	X	X	X	IO	X	X
Inclusiones	25	2	3	2	2	I	X	X	X
Poros de Gas	26	4	3	2	I	X	X	X	X
Rechupe	27	2	I	2	2	X	3	X	X
Granoabierto	28	3	X	2	2	X	3	X	X
Grietas	29	4	4	X	2	X	X	X	X
Análisis	30	IO	X	X	X	X	X	X	X
Dureza	3I	4	X	X	I	X	I	I	3
Propiedades	32	7	X	X	I	X	X	X	2
Estructura	33	6	X	X	I	X	X	I	2
T. Térmico	34	X	X	X	X	X	X	X	IO

La tabla de probabilidad fue elaborada considerando en un total de diez puntos a un solo factor determinante o al total de factores posibles por ejemplo; el defecto No 20 "ROTO EN FRIO"; evidentemente -- este fallo fue debido en un 100% al acabado, ya que probablemente a causa de un mal manejo fué rota a causa de su desmoldeo.

En este caso de diez probabilidades diez son imputables al factor - acabado. En otros casos es menos obvio el análisis, por ejemplo:

El defecto No I "SOPLADURAS", puede ser debido al metal, a la arena, a la arena, al moldeo, al sistema de alimentación (coladas) o finalmente al equipo. Los números de probabilidad en este caso serian; dos para el metal, tres para la arena, tres para el moldeo, uno para las coladas y uno finalmente al equipo. Quiere decir lo anterior que dos de cada diez en defecto de sopladura es debido a la falla en el metal y así sucesivamente los factores restantes.

Las probabilidades son determinadas basandonos en; 1.- Análisis metalúrgico de defectos principalmente, 2.- Experiencia ,3.- Tratados de defectos (A.F.S. Meehanite Co. etc), y desde luego son susceptibles de variación dependiendo de las condiciones de trabajo o cambio en las - líneas de producción. Por lo anterior se comprende que de una fundición a otra variarán los factores imputables como probabilidad de originar un defecto.

Después de realizar ajustes, con el tiempo llegaremos a valores más o menos exactos.

La tabla es complementada, por los reportes de producción los cuales nos permitan determinar la frecuencia de aparición de cada defecto en cada ciclo de producción.

#### - Reportes.

En toda fundición se llevan reportes de rechazos de una o de otra forma, siendo la forma más conveniente para nuestros fines, el - reporte de rechazo diario, utilizando el número de identificación del defecto o sea el código. Siendo necesario considerar en cada rechazo -

la fecha de vaciado, turno y hora de vaciado (a través de un reloj hecho con incrustaciones en la arena), día, mes y año con letras realizadas mismas que se pueden quitar con esmeril antes de su -- embarque, así como indicar los defectos que ocurren en una pieza con crayón amarillo los susceptibles de recuperación y con rojo -- los que ocasionan el rechazo de la pieza.

En este reporte de inspección ( ver cuadro No 2) se deben enumerar todos los defectos que se presentan en una pieza rechazada no importando la cantidad y de preferencia en su orden de importancia.



- Interpretación de datos.

En nuestro caso de fundición de piezas automotrices, el total de kilos rechazados en una semana es muy importante, pero es conveniente relacionar todos los valores con el peso promedio rechazado. Siendo necesario indicar que los valores obtenidos no son del todo exactos ya que muchas piezas fundidas en una semana, no es posible rechazarlas en esa misma semana y lógicamente aparecerán en semanas futuras, por eso es importante tener presente que solo se analizan las tendencias y no los valores absolutos, siendo esta la razón de omitir el porcentaje de rechazo ya que no indica nada en absoluto y solo se presta a malas interpretaciones.

Complementando a la tabla de probabilidad y el reporte de inspección, están las formas para el análisis de defectos y causas semanal y semestral (ver cuadro No 3 y 4 respectivamente). Estas formas son un resumen que nos indica la frecuencia de cada defecto, agrupando a los defectos más importantes y a la vez los factores causales más importantes en esa semana o semestre de producción.

- Implantación del sistema.

La implantación y control del sistema es conveniente que sea llevado a cabo por un grupo staff, en colaboración con la dirección técnica, dirección de manufactura y el depto. de control de calidad, a través de un grupo de proyecto.

Dicho grupo de proyecto deberá elaborar una gráfica de eventos contra tiempo (gráfica de Gantt) indicando el tiempo programado para la implantación del sistema, así como con todo lo relacionado con éste ejm: calendarios de recepción y entrega de información, diseño de formas, reportes a la dirección general, juntas del grupo de proyecto etc.

Dicho grupo deberá convencer a la dirección general de los beneficios del sistema y sus reflejos a nivel de empresa, tales como:

- Lograr y mantener una posición destacada entre las empresas fabricantes en base a la calidad, eficiencia y servicio de nuestro equipo.

- Ofrecer productos de alta calidad y con la versatilidad necesaria que permita atraer y mantener una participación distintiva en el mercado nacional.
- Nuestro producto deberá con las normas mundiales más estrictas logrando una óptima calidad.
- Mantener un nivel creciente de eficiencia de la operación de muestra unidad.
- A través de nuestro programa de reducción de rechazos, reducir los costos de manufactura en un 30%.

CUADRO No 2.

REPORTE SEMANAL.

	<u>Vendido</u> Kgs.	<u>Rechazado</u> Kgs.	<u>Pzas Fund.</u> No	<u>Pzas. Rechazadas</u> No	<u>Peso Prom.</u> Rechazado. Kgs.
Semana actual.	49 ,970.3	6,971.7	2,691	280	24.8
Semana pasada.	48 ,278.4	7,878.3	2,503	417	18.8
From. 5 semanas.	51 ,333.0	12,540.46	2,730	256	58.1

PRINCIPALES DEFECTOS % Y FRECUENCIA.

Poros de Gas	Rechupe	Incl. Arena	Metal Frío
60.30	9.31	7.51	22.03
5	0	1	0

CONTROL DE FACTORES POR FUNDICION Y FRECUENCIA.

Moldeo	Metal	Arena	Equipo
70.203	65.490	62,580	60,210
2	4	5	4

CUADRO No 4.

ANALISIS DE DEFECTOS Y CAUSAS EN

EL SEMESTRE.

Principales defectos por frecuencia:

- sopladuras = 14
- pliegues = 2
- grietas = 1
- molde roto = 7
- incl.arena = 18
- rechupe = 3
  
- costras = 15
- poros gas = 19
- molde caido= 4
- mala rep. = 1
- roto en frio= 2
- fuga de metal=4
- No lleno =8
- inclusiones= 2
- análisisequiv=2
- dureza = 1

Principales factores causales por frecuencia:

- Metal = 18
- Arena = 20
- Moldeo= 15
- Coladas= 2
- Vaciado= 3
- Equipo= 1

- Utilidad.

El cuadro No 3, nos permite tener una visión más clara de las fallas en los factores causales, a través del análisis e interpretación de los datos que en el se indican, así tenemos que el análisis de la columna correspondiente a los % de los principales defectos y su frecuencia nos permite identificar los cuatro principales defectos durante la semana en cuestión por su descripción, y el porcentaje de rechazo ocasionado por estos defectos respecto al total ocurrido en la semana, calculado por medio del peso. Ahora a través del índice de frecuencia indicado abajo de dicho porcentaje se evalúa la gravedad del problema a través del número de veces que dicho defecto estuvo entre el grupo de los cuatro principales en el transcurso de las últimas cinco semanas anteriores a la semana analizada, por ejemplo; tenemos que en la semana No 39, de todo el rechazo, el 60.30% correspondió a poros de gas y su índice de frecuencia es de 5, o sea el defecto es causa de más de la mitad del porcentaje de rechazos, y en el transcurso de las últimas cinco semanas analizadas se ha encontrado en el grupo de los cuatro principales defectos causantes de los rechazos o sea que el problema es muy grave y no ha sido corregido adecuadamente.

La columna del control de factores y frecuencia es determinada de la siguiente forma; En cada defecto reportado se multiplica el peso promedio rechazado por sus número de probabilidades asignados anteriormente y al final se suman los correspondientes a cada factor determinante de los cuales sólo se indican los cuatro más importantes, que son los que aparecen en dicha columna, ejemplo; El peso promedio del rechazo en fundición en la semana No 39, fué de 17.6 Kilos, este valor analizando poros de gas se debe multiplicar por 4 (metal), 3 (arena) y 1 (colada) y así sucesivamente en cada defecto encontrado. Al final se suman los correspondientes a cada factor causal (metal, arena, etc.) y se indican los cuatro factores causales más altos, abajo de los cuales se indica la suma total obtenida por este procedimiento, así como la frecuencia -

o sea las veces que tal factor causal estuvo en el grupo de los cuatro factores causales más importantes, en las cinco semanas anteriores a la analizada.

La comparación contra las cinco semanas anteriores a la analizada es con el objeto de estudiar tendencias y tener una idea de las mejoras si es que estas existen.

Este sistema nos permite localizar los puntos debiles en nuestro proceso, los cuales provocan deficiencias en nuestra tecnologia que a su vez provoca el alto porcentaje de rechazos.

Una vez identificado el punto debil, se define el tratamiento correctivo - en base al análisis metalúrgico del defecto en particular.

G A P I T U L O V

## CONCLUSIONES.

Este tipo de programa de control de defectos nos permitira:

I.- El conocimiento de la eficiencia real de la fundición y en particular de nuestros procesos de producción, donde:

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{producción efectiva/día}}{\text{capacidad producción práctica/día}} \times 100 =$$

2.- Permitirá reducir los costos de manufactura hasta en un 30% por medio de la optimización de los mismos.

3.- Obtener tendencias de rechazo de los defectos más importantes por frecuencia.

4.- Nos permitirá ejercer un control más estricto en todos aquellos factores causales, que originan los defectos.

5.- Por último sentar las bases para la investigación de las causas que ocasionan los defectos en las piezas automotrices de fundición con la ayuda de técnicas de computación para la realización de un análisis estadístico más completo y complejo a través del método de correlación múltiple entre defectos y causas.

Por último, deseando que este trabajo pueda ser de utilidad para FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO, S.A. (FHASA).

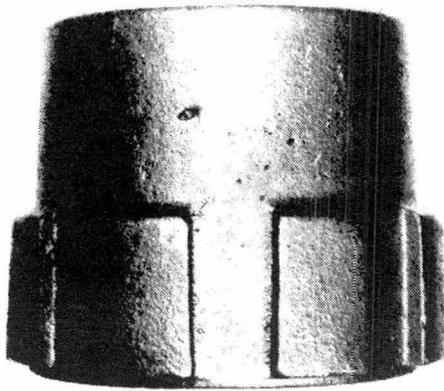


Fig. No1. Inclusion de arena.

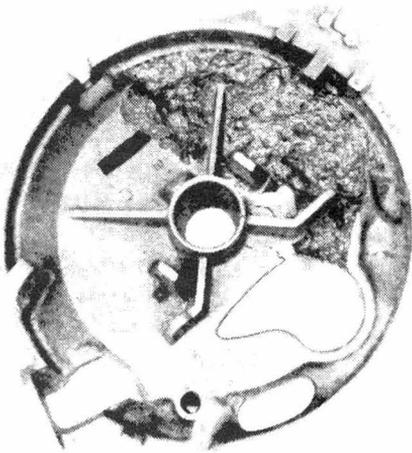


Fig. No2. Inadecuada dureza en verde ocasiona una -  
caida de arena.

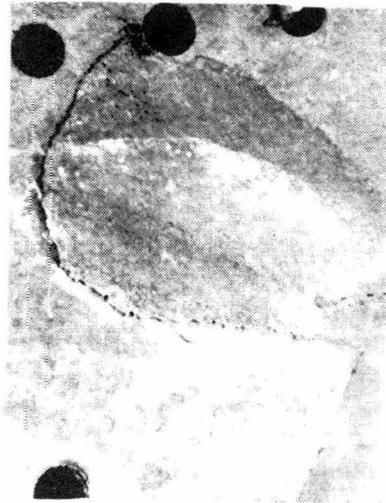


Fig. No3. Costra en la superficie  
de la pieza.

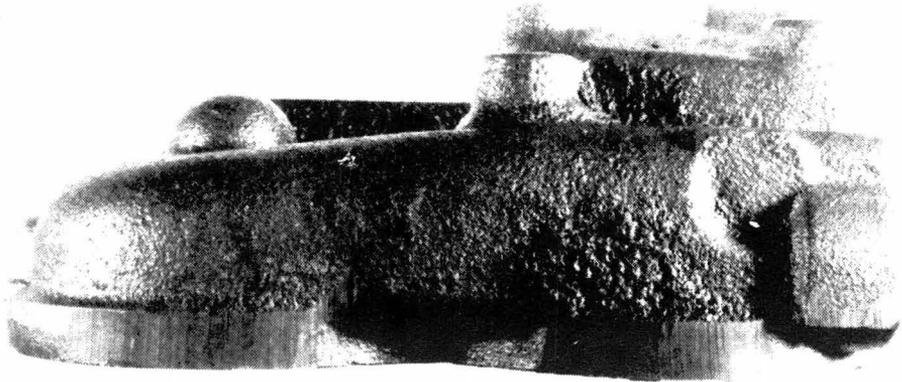


Fig. No 4 Mal apisonado del molde ocasiona este defecto.

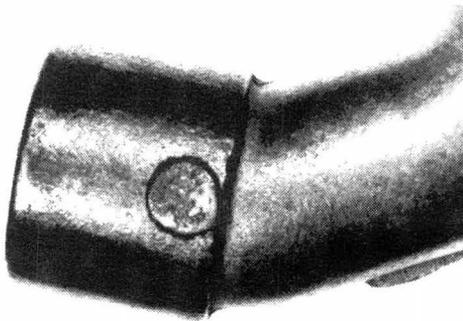


Fig. No5. Típica inclusión.

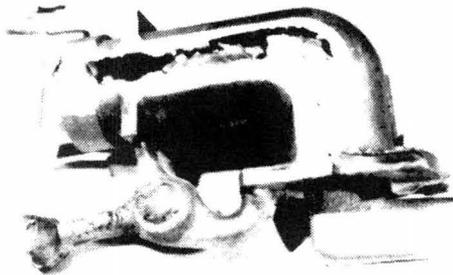


Fig. No6. Corrimiento del modelo.