

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Fundada en 1968 Decreto Ley N° 17358



FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA y METALURGICA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO METALURGICO**

TITULO:

**“OBTENCIÓN DEL FIERRO CHANCHO A PARTIR DE MATERIA
PRIMA DE ACERO DULCE”**

AUTORES:

GALLARDO REA CARLOS ALBERTO


ING. ALBERTO IRHAAM SANCHEZ GUZMAN
CIP 19681 DNG 187

ASESOR:

Dr. SANCHEZ GUZMAN ALBERTO IRHAAM

HUACHO – PERU

2019

DEDICATORIA

A mi querido padre, ejemplo continuo de mi formación y superación.

A mi madre quien compartió mis afines diarios y es la dulce encarnación de amor, paz y esperanza.

A mis hermanas, solidarias forjadoras del común y destino familiar.

AGRADECIMIENTO

A todo el personal profesional técnico, administrativo y trabajadores en general que durante la investigación me brindaron las facilidades y la confianza necesaria para hacer posible mi tesis para así poder recibimos como ingenieros metalúrgicos.

INDICE

RESUMEN DE LA TESIS	09
INTRODUCCION	10

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	11
1.2	FORMULACION DEL PROBLEMA	12
1.2.1	Problema Principal	12
1.2.2	Problemas Secundarios	12
1.3	OBJETIVOS DE LA TESIS	13
1.3.1	Objetivo General	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
1.4	HIPOTESIS	13
1.4.1	Hipótesis General	13
1.4.2	Hipótesis Secundarios	13
1.5	VARIABLES DE LA INVESTIGACION	14
1.5.1	Variable Independiente	14
1.5.2	Variable Dependiente	14
1.6	JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	15

1.6.1 Justificación	15
1.6.2 Importancia	15

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	
16	
2.2 MARCO HISTORICO	
16	
2.2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	13
ANTECEDENTES.	13
ESTRUCTURA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.	14
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EMPRESA	14
VISIÓN Y MISIÓN DE LA EMPRESA.	15
Visión	15
Misión	15
PRODUCTOS O SERVICIOS DE LA EMPRESA.	15
2.3 MARCO TEORICO	
24	
2.3.1 RECHUPES	43
4.4.2 SOLPLADURAS	44
4.4.3 POROSIDAD	45
4.4.4 SOBRECOLADO	45
4.4.5 METALIZADO	46
4.4.6 ALETAS DE PEZ	46

4.4.7	COLA DE RATA	46
4.4.8	GOTAS FRIAS	47
4.4.9	SALPICADURAS	47
4.4.10	GRIETAS O FISURAS	48
4.4.11	INCLUSIONES DE ESCORIA	48
4.4.12	ARENA DE MOLDEO	49
4.4.13	DIÓXIDO DE CARBONO.	53
4.4.14	REACCION METAL MOLDE:	53
4.4.15	SISTEMAS CRISTALOGRÁFICOS	54
4.4.16	ESTRUCTURAS CRISTALOGRÁFICAS	55
4.5	MATERIALES Y MÉTODOS	62
4.6	RESULTADOS	63
4.7	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	

CAPITULO III

MODELO PROPUESTO

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	13
ANTECEDENTES.	13
ESTRUCTURA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.	14
DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EMPRESA	14
VISIÓN Y MISIÓN DE LA EMPRESA.	15
Visión	15
Misión	15
PRODUCTOS O SERVICIOS DE LA EMPRESA.	15

2.4.1 RECURSOS UTILIZADOS.	15
2.5 PROCESO PRODUCTIVO Y/O DE SERVICIO	17
2.5.1 FABRICACION DE MODELOS Y MOLDES	18
2.5.2 CÁLCULO DE FÓRMULA PARA DISEÑAR MODELOS:	19
2.5.3 DISEÑO DEL ENGRANAJE	23
2.5.4 CARGA DEL HORNO, FUSION Y COLADA	29
2.5.5 BALANCE DE CARGA	30
2.5.6 PROCEDIMIENTO PARA FUSION DEL METAL.	33
2.5.7 DESMOLDEO DE PIEZAS FUNDIDAS	36
2.5.8 MAQUINADO DE PIEZAS.	37

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CONCLUSIONES	
	51
7.2. RECOMENDACIONES	
	52
- BIBLIOGRAFIA	54
- Anexo	55

RESUMEN DE LA TESIS

El presente informe plasma la experiencia en fundición de aleaciones ferrosas en la Fundición Universal S.R.L. Para el desarrollo de esta práctica se contó con el asesoramiento del Ing. Ricardo Bernuy Casahuamán jefe de planta de dicha fundición, personal técnico del departamento de fundición, de maestranza, Diseño, otros.

En este trabajo encontraremos el proceso que se sigue en la fundición ferrosa y desde la preparación de los moldes, carga de horno, colada y maquinado de la pieza, de tal manera que cumpla con las exigencias requeridas.

Buscamos con el desarrollo de este informe la mejora del proceso con un análisis riguroso para obtener mayor eficiencia y reducción de los costos de operación.

Además de lo anterior esta investigación permite poner en práctica las enseñanzas adquiridas durante el transcurso de la carrera de Ingeniería Metalúrgica lo que permite el desarrollo profesional del autor.

PALABRAS CLAVES: FUNDICION, CARGA METÁLICA, FIERRO CHANCHO, CHATARRA.

SUMMARY OF THE THESIS

This report reflects the experience in the smelting of ferrous alloys in the Fundición Universal S.R.L. For the development of this practice, the advice of Ing. Ricardo Bernuy Casahuamán was the head of the plant of said foundry, technical personnel of the department of foundry, master's degree, Design, others.

In this work we will find the process that is followed in the ferrous smelting and from the preparation of the molds, oven loading, casting and machining of the piece, in such a way that it meets the required requirements.

With the development of this report we seek the improvement of the process with a rigorous analysis to obtain greater efficiency and reduction of operating costs.

In addition to the above, this research allows to put into practice the lessons learned during the course of the Metallurgical Engineering career, which allows the professional development of the author.

KEY WORDS: FOUNDRY, METAL LOAD, FIERRO CHANCHO, CHATARRA.

INTRODUCCION

Quien escoge ser ingeniero metalurgista, deber de estar enterado de lo sacrificado que es estar inmersos en esta carrera, en este caso especial la metalurgia post-extractiva o de transformación.

La metalurgia post-extractiva se divide en: plantas de siderurgia, fundición, tratamientos térmicos, recubrimientos, laminación, trefilado, forja y otros. La industria que funde en hornos y vierte el metal en moldes después de haber empleado un modelo, para lo cual ha utilizado el arte y la ciencia con el fin de obtener piezas, es conocida simplemente como **fundición**.

El presente informe trata puntualmente sobre fundición de aleaciones ferrosas y no ferrosas, que tiene como materia prima la chatarra de fierro fundido, acero dulce, el cobre electrolítico en barras (material virgen), estaño y plomo.

El fin del presente trabajo es brindar un alcance de conocimientos prácticos con fundamentos científicos que se pueda aplicar en la industria de la fundición.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Es importante tener conocimiento acerca del proceso de fundición ya que es una de las ramas más importantes de la metalurgia post-extractiva que nos servirá para la construcción de piezas y maquinarias las cuales son usadas en las diversas industrias; considerado como uno entre tantos procesos que sirven de evolución a la humanidad y que cambian día a día el curso de nuestras vidas.

El campo de utilización de piezas fundidas cada vez se amplía más ya que algunas veces su uso reduce gastos de trabajo en el mecanizado y en la economía del metal. Es por ello que me permito justificar el desarrollo de este trabajo ya que gracias a esto se podrá obtener un alto grado de expresión y vocabulario técnico que se emplea en los diferentes procesos que se siguen para llegar a obtener una pieza fundida como por ejemplo el caso del acero SAE 1045 y fierro fundido el cual estará acorde con las exigencias que requieren las empresas.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema Principal.

¿En qué medida, la materia prima de acero dulce permitirá la obtención del fierro chancho?

1.2.2 Problemas Secundarios.

- a. ¿De qué manera la materia prima de acero dulce logrará la obtención del fierro chancho?
- b. ¿En qué porcentaje la materia prima de acero dulce logrará la obtención del fierro chancho?
- c. ¿Cuál es el porcentaje, de disminución de Humedad logrará en la obtención del fierro chancho?

- d. ¿En qué medida, se puede reducir la contaminación del medio ambiente, utilizando como materia prima de acero dulce para la obtención del fierro chancho?

1.3. OBJETIVOS DE LA TESIS.

1.3.1 Objetivo General.

obtención del fierro chancho de la materia prima de acero dulce.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- a. Disminuir las pérdidas por materia prima
- b. Cual será el ahorro por materia prima
- c. disminución de Humedad para la obtención del fierro chancho.
- d. Amenorar el Consumo de piedra caliza, por la generación de menos gases el cual es un contaminante del Medio Ambiente.

1.4. HIPOTESIS DE LA TESIS

1.4.1 Hipótesis General.

obtención del fierro chancho de la materia prima de acero dulce.

1.4.2 Hipótesis Secundaria.

Disminuir las pérdidas por materia prima

1.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACION

1.5.1 Variable Independiente.

X = "materia prima de acero dulce"

Indicadores:

X1 = horno de cubilote

X2 = Unidad de Producción

1.5.2 Variable Dependiente.

Y = "fierro chanco"

Indicadores:

Y1 = acero dulce

Y2 = fierro chanco.

1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.

1.6.1 Justificación.

La fundición universal S.R.L. al contar con su propia sección de fundición y su propio taller de maestranza se ve favorecida enormemente, puesto que las piezas obtenidas son fundidas y maquinadas de acuerdo a sus exigencias y necesidades requeridas; además de contar con el constante apoyo y asesoramiento del personal profesional con el que cuenta.

El departamento de maestranza trabaja conjuntamente con el departamento de Diseño quienes proporcionan los planos de las piezas asegurando así un producto satisfactorio con las medidas exactas y sin deficiencias

1.6.2 Importancia.

Es importante tener conocimiento acerca del proceso de fundición ya que es una de las ramas más importantes de la metalurgia post-extractiva que nos servirá para la construcción de piezas y maquinarias las cuales son usadas en las diversas industrias; considerado como uno entre tantos procesos que sirven de evolución a la humanidad y que cambian día a día el curso de nuestras vidas.

El campo de utilización de piezas fundidas cada vez se amplía más ya que algunas veces su uso reduce gastos de trabajo en el mecanizado y en la economía del metal. Es por ello que me permito justificar el desarrollo de este trabajo ya que gracias a esto se podrá obtener un alto grado de expresión y vocabulario técnico que se emplea en los diferentes procesos que se siguen para llegar a obtener una pieza fundida como por ejemplo el caso del acero SAE 1045 y fierro fundido el cual estará acorde con las exigencias que requieren las empresas.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

Para la realización del presente Trabajo de Investigación, ha requerido que se efectúe una revisión de diferentes informaciones y experiencias realizadas sobre el tema, con la finalidad de obtener una información histórica o presente, que permita un replanteamiento del trabajo, en caso hubiera una similar o parecida, sobre los diferentes aspectos con dicha investigación. (Castellares, 2009)

Este trabajo se ha establecido que con respecto al tema materia de Investigación, no existen Estudios o trabajos que hayan sido tratados en el contexto de la realidad planteada, por lo cual se considera que el Presente Trabajo de Investigación, reúne las condiciones Temáticas y Metodológicas suficientes para ser considerado como una “Investigación Inédita” (Castellares, 2009)

2.2 MARCO HISTORICO

Fundición universal S.R.L. se encuentra ubicado distrito de San Martín de

Porres, provincia del Callao, departamento de Lima.

La empresa se encuentra localizada entre la intersección de las avenidas

Tomas Valle y Angélica Gamarra con dirección al aeropuerto Jorge Chávez.

FUNDICIÓN UNIVERSAL S.R.L, fue fundada en el año 1984 por los hermanos Bernuy Casahuamán.

En sus inicios, se dedicaban a la producción de piezas de fierro fundido orientada a la industria automotriz.

Actualmente, su producción está orientada a la fabricación de maquinarias y piezas en acero, fierro fundido, fierro nodular, bronce, aluminio, zamac y otras aleaciones no ferrosas para la industria de curtiembre, pesquería, automotriz, agrícola, textil, etc.

Su producción es de 4 Tn/semana y cubre el mercado a nivel nacional

2.3. VISIÓN Y MISIÓN DE LA EMPRESA.

Visión

Ser empresa líder en fabricación de piezas de aleaciones ferros y no ferrosas y en las unidades de negocios de diversificación industrial atreves de la excelencia de sus negocios de producción y de dirección de sus productos superiores, que permitan competir exitosamente en el mercado nacional.

Misión

Producir piezas de aleaciones ferrosas, utilizados en la industria nacional, con estándares de calidad cada vez más altos, para satisfacer a las empresas industriales, sobre la base se la modernización de los equipos, innovación

tecnológica y el mejoramiento continuo de todos los recursos. Todo hecho al menor costo posible, para tener un adecuado posicionamiento en el mercado.

2.4. PRODUCTOS O SERVICIOS DE LA EMPRESA.

Fundición Universal S.R.L. tiene como producto principal la fabricación de piezas de fierro nodular, fierro fundido, bronce, aluminio, asesoramiento técnico, diseños de planos y servicio de maestranza.

2.4.1 RECURSOS UTILIZADOS.

Para ofrecer un buen producto al consumidor, fundición Universal S.R.L., utiliza desde la materia prima hasta la fabricación y venta del producto terminado para lo cual cuenta con los siguientes recursos:

Cuenta con infraestructura propia. Un área de 100 m², en el cual está instalado el departamento de modelaría y administrativo. Otra área de 180 m², en donde funciona el departamento de fundición y almacén.

El área de maquinado y servicios higiénicos, tiene un espacio de 120 m²; teniendo un área total de 400 m².

- Gerente General (1)
- Administrador (1)
- Fundidores (4)

- Jefe de Maestranza (2)
- Tornero (1)
- Ayudantes (4)

Torno: Sirve para dar acabado (forma cilíndrica) a las piezas, Tienen diferentes velocidades que van en función de la velocidad tangencial de cada pieza.

➤ El afilado de cuchillas es importante en cuanto a su ángulo de incidencia y al ángulo de corte, porque ellas varían en función a la dureza de la pieza.

Cepillo: Sirve para maquinar piezas que van a tener superficies cuadradas.

Fresadora: Se utiliza principalmente para hacer engranajes, en este caso se utilizan rosetas que son herramientas de diferentes tamaños para los diferentes módulos de engranajes.

Máquina de soldar: Es de corriente alterna y continua por lo tanto sirve para soldar aleaciones ferrosas y no ferrosas. La máxima intensidad es de 350 A.

Compresora: se utiliza principalmente para el pintado de los moldes y la limpieza en el moldeo. Trabaja a 2.6 H.P.

Amoladora o Esmeril de mano: Se utiliza para la limpieza de piezas.

Tomillo de banco: Se utiliza para sujetar piezas que van a ser cortadas o esmeriladas mediante la amoladora.

Equipo de Oxicorte AGA: Se utiliza para cortar desde latas hasta espesores de plancha de 10 cm.

- Disco de corte: utilizado para cortar barras y tubos de todo diámetro, este ha
reemplazado a la sierra de corte.

Horno de Cubilote - 1000 kg: Se utiliza para la fundición de aleaciones ferrosas.

Horno de Crisol – 200 kg. - motor = 0.25 HP: Se utiliza para la fundición de aleaciones no ferrosas.

Horno Rotativo – 500 Kg. - motor = 10 HP: Se utiliza para la fundición de aleaciones ferrosas.

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN O DE SERVICIO ACTUAL

Fundición universal para el año 2010 ha planificado fundir 5 toneladas de fierro frente a las 4 toneladas fundidas en el 2009. Estos resultados se logran al dar cumplimiento al programa de mantenimiento aplicado oportunamente a nuestra planta.

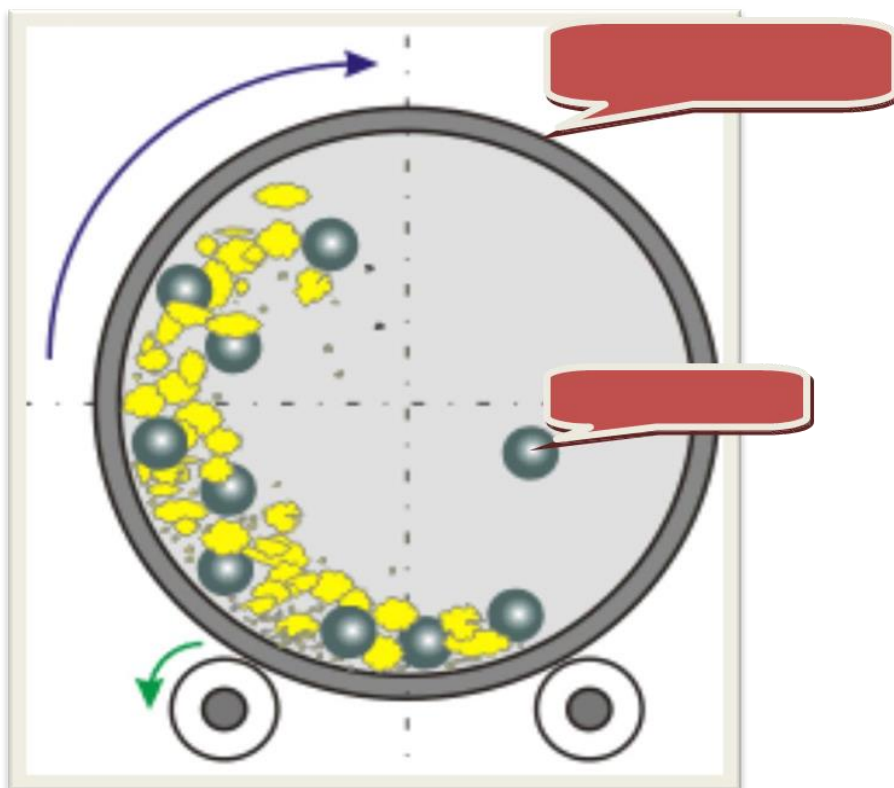
2.5 PROCESO PRODUCTIVO Y/O DE SERVICIO

- En la sección fundición se deben seguir diversas operaciones, los que en su conjunto darán como resultado la obtención de la pieza fundida, dichas operaciones detallaremos más adelante.

2.5.1 FABRICACION DE MODELOS Y MOLDES

Los modelos que actualmente utiliza en fundición Universal S.R.I. son muchos y están diseñados por el Departamento de Diseño; entre ellos señalamos en lo ferroso a los revestimientos del interior de un molino de bolas que está hecho de barras de acero al manganeso, engranajes de fierro fundido, los piñones de fierro nodular; en el no ferroso a las aleaciones de cobre como por ejemplo las tuercas de un tornillo sin fin que está hecha de bronce, las bocinas de babbitt que sirve como chumaceras para los botales de las cortiembres, lo cual los modelos son fabricados en el taller de carpintería que pertenece al área de maestranza y están

elaborados en madera.



**2.5.2 CÁLCULO DE FÓRMULA PARA DISEÑAR MODELOS:
DISEÑO DE UN ENGRANAJE DE 126 DIENTES Y MODULO 13**

Datos:

$$M = 13$$

$$H = 2.2 \times M$$

$$Z = 126$$

$$P = \pi \times M$$

Dónde:

M = Modulo.

Z = Numero de
dientes. H = Altura del
diente.

P = Paso.

$$\text{..... } M = \text{..... (1)}$$

Calculo del diámetro exterior:

$$De = M \times (Z + 2) \text{..... (2)}$$

Reemplazamos los datos en la ecuación. (2):

$$De = 13 \times (126 + 2)$$

$$De = 1664 \text{ mm} \approx 166.4 \text{ cm} \approx 1.664 \text{ m}$$

Calculo del radio exterior:

$$De = 2Re \approx Re = \dots (3)$$

$$Re = \dots \quad Re = 83.2 \text{ cm}$$

Calculo de la altura del diente:

$$H = 2.2 \times M \quad H = 2.2 \times 13 \dots (4)$$

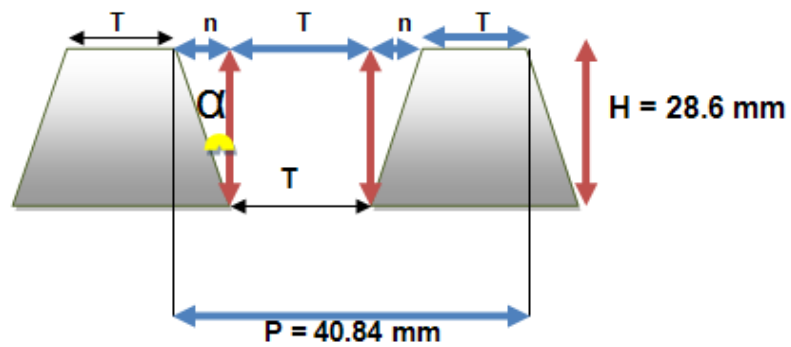
$$H = 28.6 \text{ mm} \approx 2.86 \text{ cm}$$

Calculo del paso:

$$P = \pi \times M \quad P = \pi \times 13 \dots (5)$$

$$P = 40.84 \text{ mm} \approx 4.084 \text{ cm}$$

Calculo de la punta del diente:



Dato:

$$\alpha = 21^{\circ} \text{ Donde:}$$

T = Punta del diente.



$$P = 40.84\text{mm} = 2T + 2n$$

$$\tan(\alpha) = \frac{T}{n} \quad \text{---} \quad \tan(21^\circ) = \frac{T}{n}$$

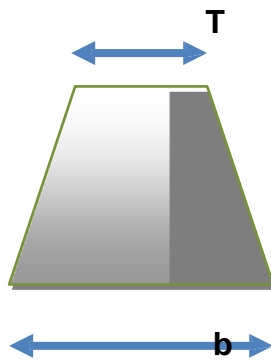
$$n = \tan(21^\circ) \times 28.6\text{mm} \dots \dots \dots (b)$$

Reemplazando (b) en (a):

$$\tan(21^\circ) \times 28.6\text{mm} = T$$

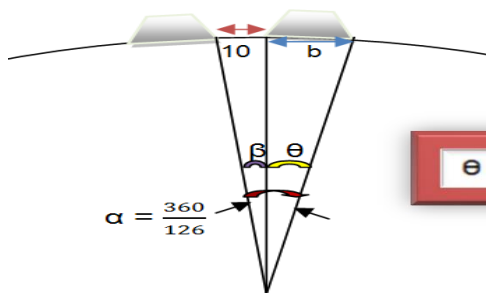
$$T = 9.44 \text{ mm} = 9 \text{ mm}$$

Calculo de la base del diente:

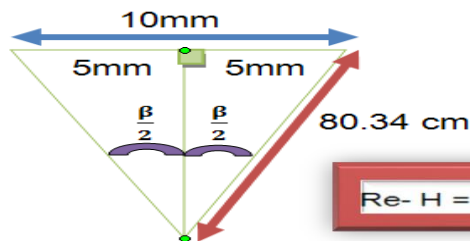


Donde:

b = Base del diente.



$$\theta = \alpha - \beta$$



$$Re-H = 80.34\text{cm}$$

Calculando el ángulo β :

$$\text{Sen } (\beta) = \frac{0.006223549913}{0.018} \Rightarrow \text{Sen } (\beta) = 0.006223549913$$

$$\beta = \arcsin(0.006223549913) = 0.3568137355 \Rightarrow \beta = 0.7136274709$$

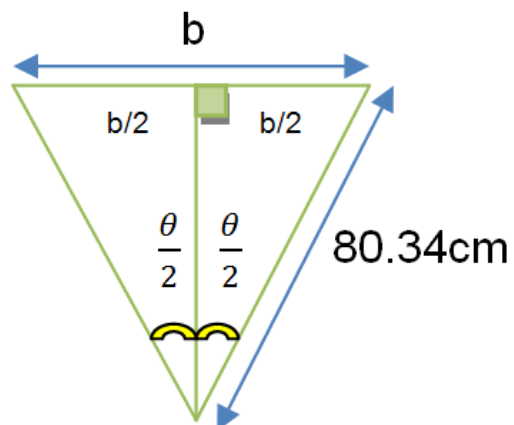
Calculando el ángulo α :

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{0.018}{0.00637}\right) = 2.857142857$$

Calculando el ángulo θ :

$$\theta = \alpha - \beta = 2.857142857 - 0.7136274709$$

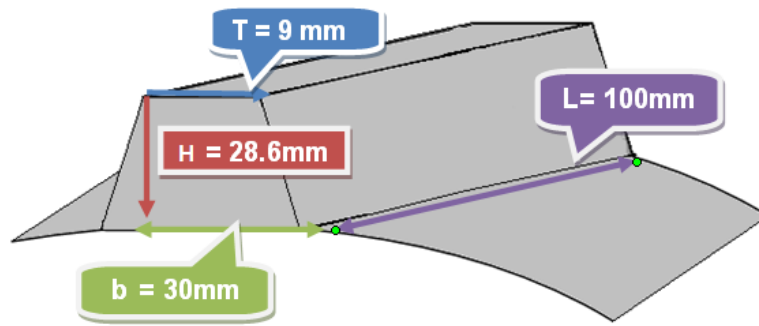
$$\theta = 2.143515386$$



$$\text{Sen}(\theta) = \frac{b}{L} \Rightarrow b = L \times \text{Sen}(\theta) = 2 \times (80.34) \times \text{Sen}(\theta)$$

$$b = 3.005 \text{ cm} \approx 30 \text{ mm}$$

Modelo del diente de un engranaje.



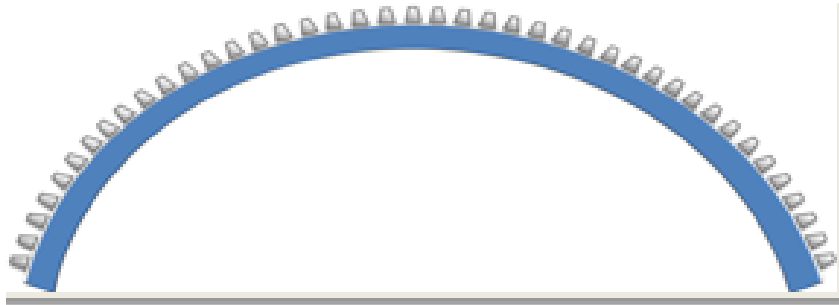
2.5.3 DISEÑO DEL ENGRANAJE

El diseño del modelo constituye la parte inteligente en la fabricación de la pieza. En nuestro país quizás influenciado por información importada se ha relegado ese tema al trabajo empírico de modelaría; incluso siempre se ha derivado este tema a la construcción de reglas graduadas con contracción para utilizarlos en la fabricación manual de modelos arrinconando así el tema a un campo sólo artesanal.

Del diseño del modelo depende:

➤ Para fabricar un engranaje el material que se utiliza muchas veces es de madera.

➤ El engranaje es dividido en 3 partes iguales la cual nos resulta un segmento corto y fácil de moldear. Nos resultaría un segmento de 42 dientes.



➤ Una vez que se tiene el segmento del engranaje de madera se puede fabricar de varias formas utilizando hierro fundido u otros materiales a pedido del cliente.

➤ Los moldes se hace muchas veces de aluminio si se quiere fabricar los engranajes en serie, se hace de este material para que el modelo no se deteriore con el uso.

➤ Si se elige fabricar el piñón de hierro fundido se tiene que tomar en cuenta el porcentaje de carbono en el material, el porcentaje de carbono trabajable en el hierro fundido oscila entre (2.9 a 3.4) % de carbono.

➤ La posición de la pieza a colar que es fundamental para obtener mejores propiedades en determinadas zonas de la pieza.

➤ La ubicación de los canales de alimentación, la posición de las mazarotas, la necesidad de enfriadores.

➤ Las medidas de las diferentes partes del modelo que no es fácil determinarlas con reglas graduadas sino con un cálculo de con contracción.

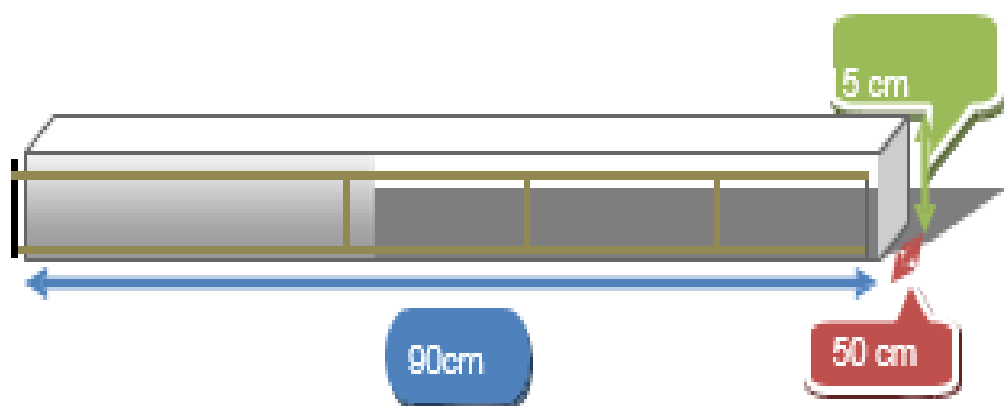
➤ Para diseñar un modelo se requiere mucho análisis basado en el

conocimiento de fusión, moldeo y función de la pieza siendo el ingeniero el encargado de realizar este trabajo.

- Recomiendo que una cosa es diseñar modelos y otra cosa es construir modelos. El diseño debe ser dirigido o elaborado por un ingeniero, en cambio la fabricación del modelo debe encargarse a un operario calificado.



- Teniendo estas medidas como referencia y al no existir modelo matemático para hallar las medidas de las cajas, esta se fabrica a criterio del fundidor según el tamaño de la pieza a fundir.
- La caja de molde para fundir el engranaje consta de dos partes: tapa, cuerpo las cuales tienen por medidas lo siguiente:



- Se pone bisagras para que así se pueda sacar los moldes en serie sin complicaciones.

Molde de engranaje con su caja y sus alimentadores



- Para la fabricación de los **moldes** en la fundición emplean principalmente:
 - Arena de sílices.
 - Bentonita.
 - Silicato de Sodio (Na_2SiO_3).
 - Anhídrido Carbónico (CO_2).
 - Plombagina.

- El procedimiento a seguir para la fabricación de los moldes se menciona resumidamente a continuación:

- La cantidad de arena que se utilizara para preparar el molde del engranaje Será de 5 latas de arena aproximadamente.

1 lata de arena. → 30 kg aprox.

5 → X

X = 150 Kg. de arena

150Kg x 8 piezas =1200 kg

- La cantidad de bentonita que emplearemos determinara la permeabilidad de la arena de moldeo.
- Una manera de comprobar la humedad de la tierra de moldeo, en este caso la arena es cogiendo un puñado y aprisionándolo; debe aglomerarse y no pegarse en la mano este es la nuestra que la tierra está lista para moldear.



- Se mezcla la arena con bentonita de manera uniforme, teniendo en cuenta el no exceso de humedad ya que esta es perjudicial para la pieza a fundir.
- Una vez obtenida la mezcla adecuada, se procede al moldeo de las piezas en las cajas utilizando los modelos vistos anteriormente, no debemos de olvidar el aplicar la plombagina (mezcla de antracita malla -200 con 10% de arcilla refractaria) seca a los modelos para evitar que estos se adhieran a la arena que hay que atacar hasta que esta tome la forma del modelo y no se desmorone.
- Una vez terminado de moldear y aun con el modelo dentro de las cajas se procede a hacerle agujeros al molde con una puntilla de metal, evitando que este choque con el modelo.

- Los agujeros son para que el material pueda votar los gases que se produce dentro del molde. Ya que al momento de colar hacia el molde si este está húmedo producirá una reacción violenta que reaccionara con el metal caliente y provocara que el agua se descomponga teniendo al fierro como catalizador para descomponerse.
- Una vez terminado este proceso se procede a retirar los modelos, las mazarotas, los canales de entrada, etc., y el molde está listo para ser pintado.
- El pintado del molde se realiza con una brocha de pabilo, utilizamos para este proceso una mezcla de plombagina con gasolina; terminado el pintado se procede a encender con fuego ambas tapas de los moldes para su secado.



- Con un soplete de llama larga trataremos de extraer la humedad que aun pueda contener el molde.
- Dejamos enfriar para luego taparlo, esto evitara que interiormente se condense el agua lo que originaría sopladuras en la pieza.
 - Por otra parte se tiene que hacer las almas (almas son respiradores de los moldes).



- Esto se prepara con el silicato de sodio y la arena de sílice se combinan y luego se le pasa por el CO₂ para que se endurezca.



- Tapamos los moldes, colocamos pesas y/o empernamos las tapas para contrarrestar la presión metalostática.

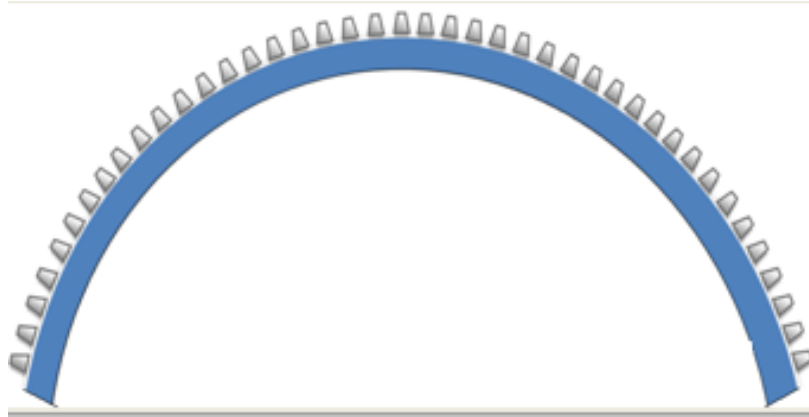


- El molde se encuentra listo para que se vierta la colada de metal líquido.

2.5.4 CARGA DEL HORNO, FUSION Y COLADA

Para obtener las piezas fundidas se tiene que tener la siguiente materia prima:

- Chatarra de acero.
- Coque o antracita.
- Ferromanganeso.
- Ferrosilicio.
- Caliza.
- Leña y petróleo para prender el horno.



2.5.5 BALANCE DE CARGA

Un segmento del engranaje pesa un cálculo aproximado de 125Kg es decir que los tres segmentos nos da un peso de 375Kg.

Los requerimientos de la composición química que nos hace el cliente es la siguiente:

C: 3.2%, Si: 1.9%, Mn: 0.7%, P: 0.18%, S: 0.15%

➤ El material que se requiere es fierro fundido perlítico de grano grueso con grafito tipo A según norma ASTM, de 1800 brinell de dureza y resistencia a tracción de 22 Kg/mm².

➤ La selección de la carga puede estar constituida por arrabio, chatarra de acero y chatarra de fierro fundido.

➤ Para este caso tomamos la chatarra de acero y fierro fundido.

Composición del acero: C: 0.3%, Si: 0.5%, Mn: 0.5%, P: 0.05%, S: 0.05%

Composición del fierro fundido: C: 3.2%, Si: 1.5%, Mn: 0.3%, P: 0.12%, S: 0.10%

➤ Para esto tomamos en consideración las piezas que necesitamos para fundir más un 35% del peso de las piezas correspondiente a los alimentadores,

canales de alimentación y mazarotas; más de 10% del peso de las piezas debido a las pérdidas por oxidación, el material para fundir es 375 kg.

Entonces podemos decir que:

— —

Cantidad de carbono:

Para este caso tenemos que:

Acero (A) + Fierro fundido (F) = 562.5Kg

— () ()

() — ()

Balance de Fosforo —————

Balance de Azufre ————— —————

Balance de Silicio

Considerando 85% al FeSi 75% para inocular

— () —————

Silicio de 75% para inocular es 0.3% constante.

Silicio de 45% para agregar al horno: $1.8\% - 1.15\% - 0.3\% =$

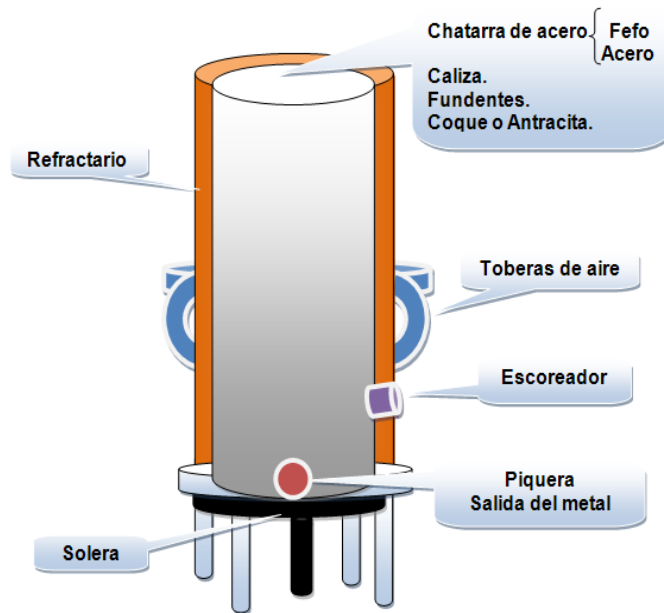
0.35% Cantidad de FeSi 45% _____

Cantidad de FeSi 75% _____

Balance de manganeso _____

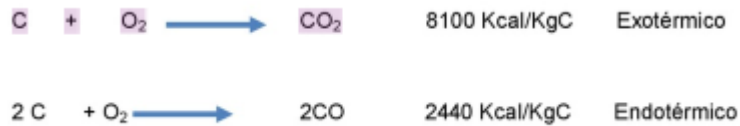
El FeMn se agrega junto al FeSi de 45% en el horno. _____

CALCULO DE CALOR NECESARIO PARA FUSION DEL METAL



2.5.6 PROCEDIMIENTO PARA FUSION DEL METAL.

“Cuando el que transporta el aire del soplo entra en contacto con el coque incandescente, ocurre la siguiente reacción de combustión:” (Aristizábal, Mejía, Silva, Pineda, & Rojas, 2006)



- Para este procedimiento primero se hecha la leña para que se pueda prender el coque.



- Luego de haber echado la leña se vierte petróleo para acelerar la combustión y así poder calentar el horno.
- Después de haberse prendido la leña se vierte poco a poco la antracita la cual se tiene que añadir hasta que la leña se haya consumido hasta casi un metro del crisol del horno.
 - Se vierte la antracita hasta casi más de la mitad del horno sin exceder, porque causaría un exceso de antracita y eso perjudicaría la combustión atorando el horno y no habría oxígeno para la reacción y se apagaría, eso sería una pérdida de combustible y tiempo porque el horno tiene que estar prendido un

promedio de 8 horas para que el coque pueda estar bien caliente y pueda derretir la materia prima.



- Después de haber pasado las ocho horas se comienza a echar la materia prima para su fusión con el carbón después de 15 minutos se puede abrir la piqueta para ver que el material esta líquido.
 - De ahí se pasa a la colada, la cual es cuando el metal esta líquido.
 - ¿Cuándo se sabe que el metal está para verter a los moldes?

Es una pregunta la que es muy importante en la fundición, porque el metal puede estar liquido pero no para verte a los moldes ¿porque? Es simple la descripción porque al primer chorro que sale de la piqueta se ve que sale gotas de arrabio eso quiere decir que la materia prima aún no ha pasado del estado

sólido a líquido se encuentra en una zona pastosa eso hace que no tenga fluidez, si se hecha a los moldes ese arrabio pastoso tenga como resultado una pieza fundida defectuosa como por ejemplo la sobre colada, metalizado, o simplemente no llenar los moldes y se quede solidificado en la mitad de la pieza.

- Para no tener problemas con este caso de pastosidad se hace que se vierta la primera colada en una callana para hacerlo lingote y luego poder utilizarlo como retorno.
- Luego se hace la colada respectiva a los moldes dados.



CALOR TEÓRICO NECESARIO.

Para poder calcular se tomó en consideración la siguiente, ecuación:

Formula General

$$Q_m = W C_e \Delta T$$

También con la Formula única con el Factor común W

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Demostrando calculamos:

Q_1 = Calentamiento en el punto de Fusión.

$$Q_1 = C_1 \cdot W \cdot (T_1 - T_0)$$

Q_2 = Calor de

Recalentamiento. $Q_2 = C_2 \cdot W \cdot$

$(T_2 - T_1)$

Q_3 = Calor Latente de Fusión.

$$Q_3 = C_3 \cdot W$$

El calor Total de Fusión y de Recalentamiento:

$$Q = W [C_1 (T_1 - T_0) + C_2 (T_2 - T_1) + C_3]$$

Donde:

Q = Calor teórico (Kcal.).

W = Peso del metal a fundir (Kg). T_0 = Temperatura ambiente (°C). T_i = Temperatura de fusión (°C).

T_2 = Temperatura del metal líquido (°C).

C_i = Calor especifico del sólido (Kcal/Kgx°C).

C_2 = Calor específico del metal líquido (Kcal/Kgx°C). C_3 = Calor latente de fusión (Kcal/Kgx°C).

2.5.7 DESMOLDEO DE PIEZAS FUNDIDAS

- Después de haber visto como se vierte el metal líquido a los moldes respectivos se pasa a desmoldar es decir sacar la pieza de los moldes, aquí se ve cuanto es la eficiencia del molde y también cuanto a sido de eficiente la materia prima.



2.5.8 MAQUINADO DE PIEZAS.

Existe una relación entre la maquinada del hierro y su micro estructura, la otra forma es determinando la vida útil de los de corte y el acabado de las superficies. (Rojas, 2011)

La presencia de grafito en la estructura, favorece a que la vida útil sea mayor.

Entre los más fáciles de maquinabilidad se encuentran la ferrita y la austenita, y el más complicado se encuentra la martensita.

Uno de los materiales que disminuye la vida útil de la herramienta de corte son los carburos.

Los problemas que siempre se tienen en una fundición se ven en este paso porque es la que maquina la pieza y lo perfila en un torno. Los problemas que siempre ocurren en una pieza son:

- Rechupes.
- Sopladuras.
- Porosidad.
- Sobrecolado.
- Metalizado.
- Aletas de pez.
- Cola de rata.
- Gotas frías.
- Salpicaduras.
- Grietaduras.
- Arenas ácidas.

2.3 MARCO TEORICO

Para tener un mejor conocimiento de los puntos tratados, se dará los siguientes conceptos:

4.4.1 RECHUPES

Es una cavidad que se encuentra dentro de un lingote producido mediante la contracción del metal fundido, ya la solidificación de desarrolla del exterior al interior y esto genera un hueco en el interior del lingote.

Existe una relación directa entre el volumen del lingote y la cavidad que se genera.

En las superficies de estas cavidades no se puede soldar ya que son quebradizas.



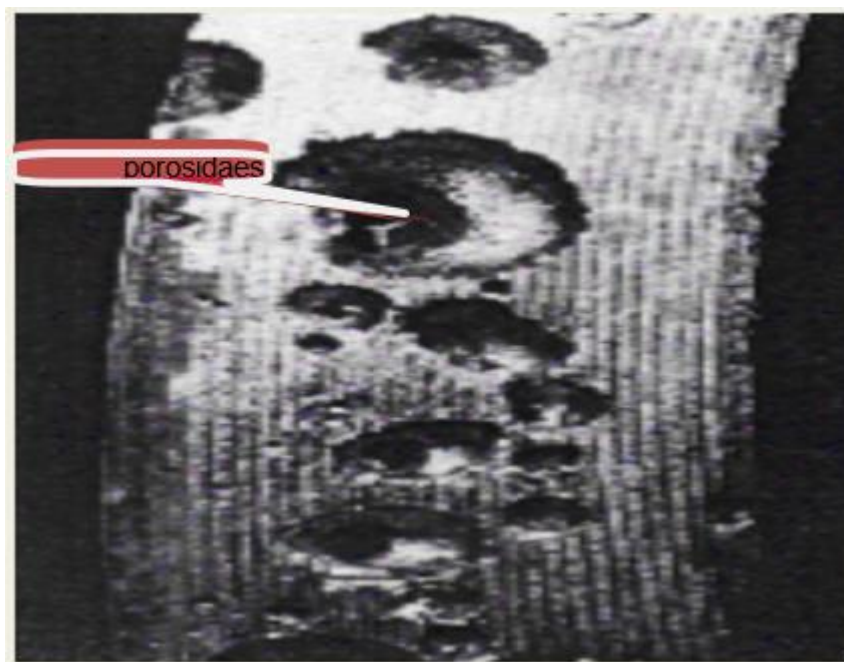
4.4.2 SOLPLADURAS

Son defectos de los lingotes generados por la salida de los gases atrapados en el interior del lingote en forma de burbuja en la etapa de solidificación, para evitar estas imperfecciones se vierte en forma lenta el metal fundido en la lingotera y se realiza un enfriamiento lento



4.4.3 POROSIDAD

“Son defectos que se producen en el interior del lingote debido a que se desprenden gases durante la colada del lingote” (Rincon del Vago, s.f.). Esto es producido por las bajas temperaturas, al entrar el metal líquido al molde con una temperatura de 1400°C para el hierro fundido, hace que los gases que reaccionan en su interior del molde se queden atrapados y no puedan salir por los ductos de permeabilidad del molde, este gas atrapado se forma como un globo.



4.4.4 SOBRECOLDADO

Se produce este fenómeno cuando el metal entrante está frío es decir no tiene la temperatura ideal de colada y se solidifica tan rápido que cuando se sigue llenando se hace como doble capa una sobre otra dificultando la formación de perlita y formando cementita en una parte y en otra parte solo ferrita causando una deformación interna.



4.4.5 METALIZADO

Forma de un metal esponjoso parecido al hierro esponja. Es producido por el metal líquido que entra por los conductos del molde y se combinan con la tierra de moldeo produciéndose una aleación muy compacta y dañina para el molde porque no es metal ni tierra y así se puede echar a perder el molde. Su dureza podría llegar a más de los 600 brinell y se hace tan compacto como una piedra de esmeril.



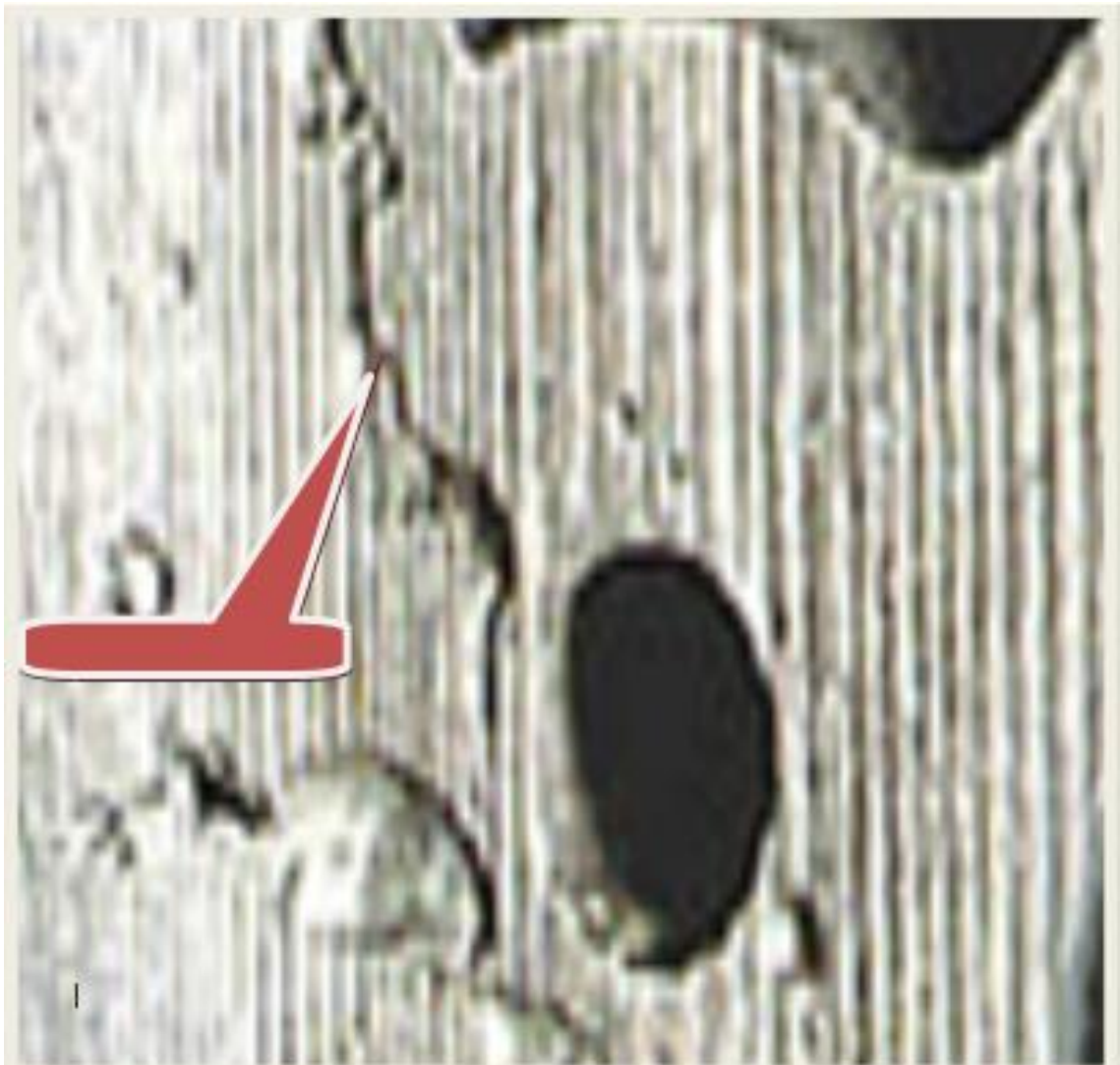
4.4.6 ALETAS DE PEZ

Son deformaciones de lingote causadas por la ruptura de los moldes en el tiempo de colada, esto se forma como si fuese una lengua que sobresale del lingote más que todo no es tan perjudicial porque está fuera del lingote y se soluciona con una esmerilada, si esta lengua o aleta estaría combinada con la arena e incrustada al molde sería muy perjudicial ya que esta aleta sería un metalizado y muy difícil de sacarlo ya que el metalizado es muy duro y quebraría una parte del lingote.



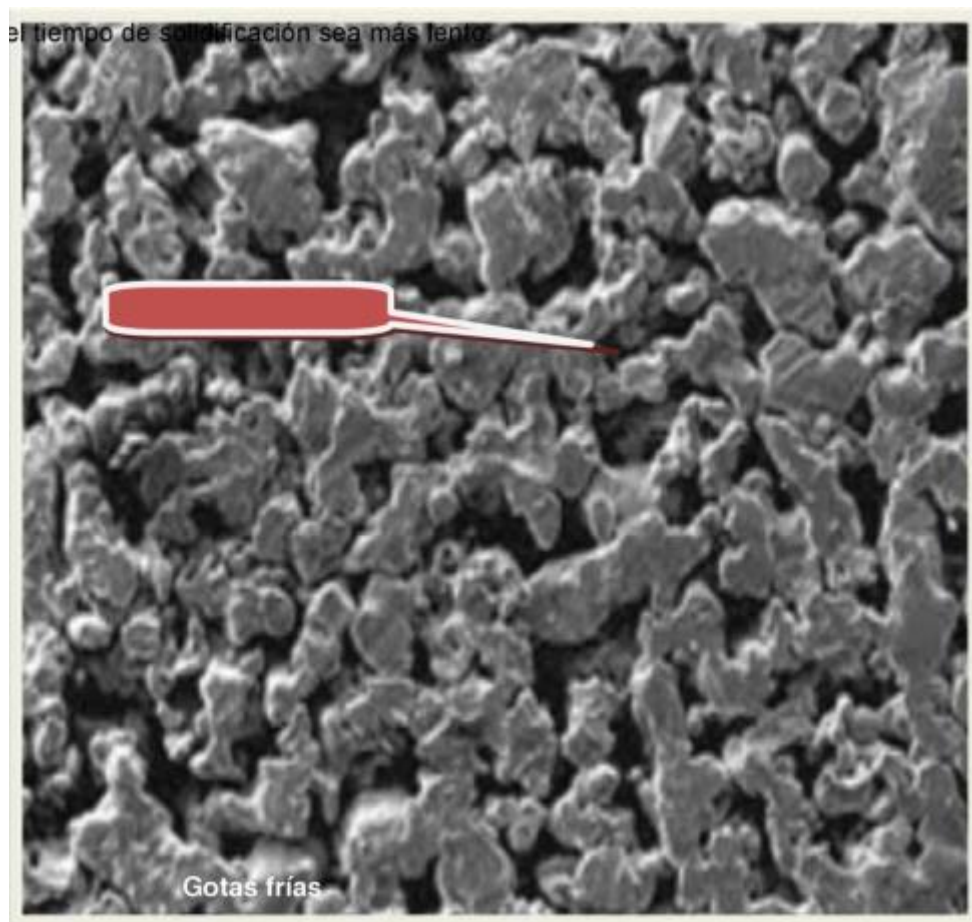
4.4.7 COLA DE RATA

Cuando los moldes tengan fisuras o grietas internamente por los lados del molde y se cuele el metal líquido, este desperfecto ocasione unas costras largas que a simple vista se vea unas líneas que dificulten el mecanizado de las piezas. Se puede evitar este problema con la revisión de los moldes antes de taparlo si se tiene fisuras reponerlos con arena y silicato. Este problema también puede ser ocasionado por la inadecuada actividad de moldeo. Si la actividad de moldeo se no tiene permeabilidad y compacticidad esto ocasione que cuando se ponga la presión metalostática el molde se raje o quiebre y eso ocasione las fisuras o gritas dando origen al desperfecto llamado cola de rata.



4.4.8 GOTAS FRIAS

Son salpicaduras internas producidas por el efecto del enfriamiento rápido del metal haciendo que al verter la colada esto salpique en forma de gotas de lluvia incrustándose dentro del lingote. Así produciendo un lingote con incrustaciones de metal más duro que su entorno, perjudicando el maquinado y la mayoría de veces se ve en las caras del lingote como si hubieran salpicado o incrustado pequeñas partículas de metal. Se puede evitar elevando la temperatura para que el tiempo de solidificación sea más lento.



4.4.9 SALPICADURAS

Estas son parecidas a las gotas frías, tienen una diferencia que no son internas sino son externas, donde las gotas se solidifican y se oxidan a mayor grado, el metal que se eleva llega a cubrir toda la parte de estas gotas forman pequeñas deformaciones en la superficie de lingote.



4.4.12 ARENA DE MOLDEO

Las arenas naturales tienen una gran proporción de finos y arcilla AFS, a la vez que una fluidez favorable. Si una arena sintética es sobre-aglomerada con arcilla, usualmente no tiene fluidez.

De aquí, que una arena sintética aun cuando sea muy fina, no producirá un buen acabado debido a que no fluirá o no se compactará durante el moldeo. Su permeabilidad será alta en comparación, debido a la ausencia de fluidez. Se requieren altas permeabilidades en piezas de gran tamaño. La formación de gases es más pronunciada cuando la masa de la pieza es mayor.

Se pueden evitar más fácilmente las sopladuras, y defectos similares por gases, con permeabilidades altas y baja humedad.

En algunos casos, se añaden a la arena de contactos cereales, harina, plumbagina, muy fino. La plumbagina, grafito o harina puede espolvorearse directamente sobre la cavidad del molde para mejorar el acabado superficial.

Tipos de Arena:

Arena Sílice (SiO_2): en la corteza terrestre, están ubicado en gran cantidad de depósitos, la aplicación de este material es muy en procesos de moldeo ya que tiene resistencia a altas temperaturas. Económicamente es muy accesible por su bajo costo. En contacto con el metal a altas temperaturas se puede fusionar entre ambos materiales.

En su estado puro la arena sílice carece de las propiedades aglomerantes. Pero si se agrega arcilla en un 8 a 16% adquiere la propiedad aglomerante. Arenas naturales (semisintéticas): cuando se le estará es muy importante que se mezcle con arcilla o se le añada agua con la finalidad de obtener una arena adecuada para el moldeo de piezas metálicas no ferroso producto de la fundición.

Cuando se quiere obtener una pieza de gran tamaño se elige un molde de arena con granos gruesos y que sea muy resistente a altas temperaturas.

Calidad de las arenas:

La determinación de la calidad de la arena se desarrolla pruebas secuenciales, ya disminuye su calidad cuando es contaminada con materiales de estaño y al exponerse a altas temperaturas. Para ello se realiza pruebas químicas y mecánicas.

Con las pruebas mecánicas se determina los siguientes:

“Permeabilidad. La porosidad de la arena que permite el escape de los gases y vapores formados en el molde” (composi.info, 2018).

Resistencia. Se define como la capacidad cohesiva.

Resistencia en seco: capacidad en mantenerse como molde cuando está seca.

Resistencia en verde: capacidad en la generación de grumos, para mantener la estructura.

Refractariedad: capacidad de mantener la estructura al ser sometida a altas temperaturas.

Resistencia en caliente: esta prueba se realiza con la finalidad de evitar que exista un cambio en estructura del molde cuando el metal se solidifica.

4.4.13 DIÓXIDO DE CARBONO.

El dióxido de carbono (CO_2) es gas, cuya estructura está constituida dos átomos de oxígeno y una de carbono.

Se obtiene de la siguiente forma:

➤ “Se comprime CO_2 (anhídrido carbónico) proveniente de alguna combustión a 60 kg/cm^2 de presión hasta que queda en estado líquido (este estado se logra si la temperatura está entre -56 °C y 31 °C)” (Dorante, 2008).

- “Luego se lo libera rápidamente sobre una superficie de corcho o tecnopor (polietileno expandido o poli-expan), y el CO₂ se convierte en nieve carbónica” (Dorante, 2008).
- “Finalmente se toma una porción de esta nieve y se la comprime fuertemente hasta lograr bloques. El hielo seco libera CO₂ en forma de gas” (Dorante, 2008).

4.4.14 REACCION METAL MOLDE:

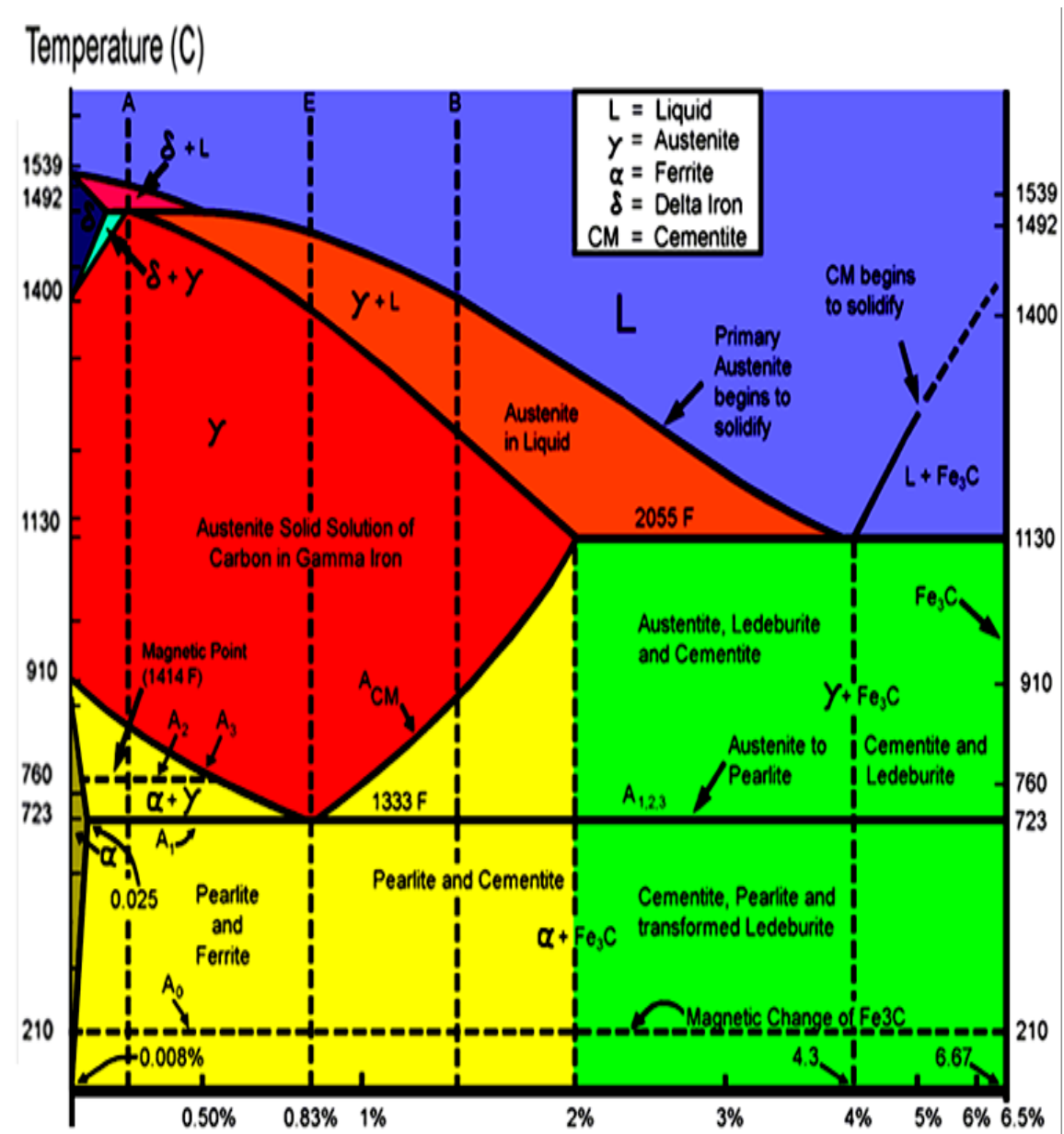
El metal fundido colocado en un molde de arena esta inmediatamente en contacto con una atmósfera de vapor que es generalmente oxidante para el metal. De esta manera, el oxígeno se combina y la película de óxido formado es en la mayoría de los casos tenaz e impermeable, de este modo se detiene toda reacción posterior. Sin embargo, en ciertas aleaciones la película de óxido no evita que siga la reacción.

El vapor del agua formado cuando el metal fundido entra en el molde, libera su oxígeno para formar una película de óxido y desprende una cantidad de hidrogeno. Este hidrogeno naciente es muy activo y puede entrar en solución con el metal fundido a menos que la película formada en la superficie sea muy fuerte y protectora.

MICROESTRUCTURAS DE LOS ACEROS

El acero al carbono en su gran mayoría está constituida de ferrita, cementita, perlita, sorbita, troostita, martensita, vainita.

DIAGRAMA FE-C



FERRITA (fierro α)

“Es una solución sólida de carbono en fierro alfa, se considera como hierro puro su solubilidad es 0.008% en condiciones ambientales” (Serrano, 2013).

Entre las propiedades que posee son:

- Más blanda y dúctil de los aceros

- Dureza de 90 Brinell
- Resistencia a la tracción de 28 kg/mm²
- Se puede alargar hasta un 40%.



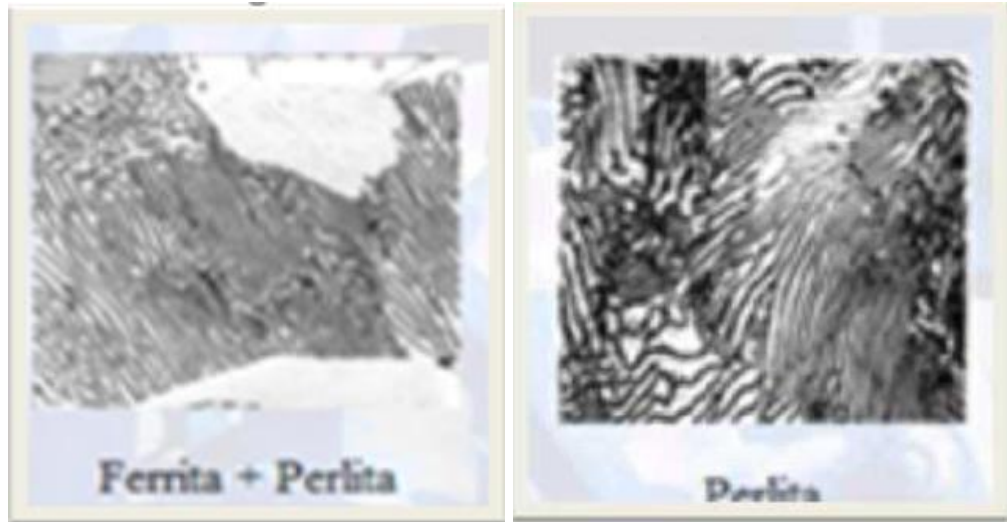
CEMENTITA

Es el carburo de hierro (Fe_3C), constituye en su mayoría de 93.33 % Fe y en una menor parte de 6.67 %C.

Entre sus propiedades se encuentra:

- Dureza de 700 Brinell
- Cristaliza en la red ortorrómbica

En la siguiente imagen se puede observar que tiene la apariencia blanca y brillante en donde forma una red que envuelve los granos de perlita y a su vez forma parte de la perlita como láminas paralelas aisladas por la ferrita en forma lámina de ferrita.



PERLITA

Está compuesta del 88 % de ferrita y 12 % de cementita, contiene el 0.8%C, ferrita y cementita se presenta en forma de capas.

Entre sus propiedades se encuentra:

- Dureza de 250 Brinell.
- Resistencia a la tracción de 80 kg/mm²
- Un alargamiento del 15%.

La perlita se puede obtener por un enfriamiento lento de la austenita y por la transformación isotérmica de la austenita en el rango de 650 a 723°C.

AUSTENITA

Este componente del acero es el más denso. Formada de cristales cúbicos. La austenita es inestable en condiciones ambientales, con excepción acero al cromo-níquel donde en su estructura se encuentra la austenita en condiciones ambientales.

Propiedades:

- Dureza de 300 Brinell.
- Resistencia a la tracción de 100 kg/mm²

- Un alargamiento del 30 %,
- no es magnética.



MICRO ESTRUCTURA DE LA AUSTENITA

Tiene una estructura de granos poligonales ya que esto se puede apreciar en la disolución con agua regia en glicerina.

MARTENSITA

Es uno de los componentes del acero templado, formado por una solución sólida sobresaturada de carbono o carburo de hierro en ferrita y para la obtención se le realiza un enfriamiento rápido de los aceros

Tiene las siguientes propiedades:

- 1% de carbono que suele variar.

MICROESTRUCTURA DE LA MARTENSITA

Tiene las siguientes propiedades:

- Es muy frágil.
- Dureza de 500 a 600 brinell.
- Resistencia a la tracción de 170 a 250 kg/mm².

- Un alargamiento del 0.5 al 2.5 %.

TROOSTIA

Es un agregado muy fino de cementita y ferrita, se obtiene mediante el enfriamiento de la austenita

Tiene las siguientes propiedades:

- Dureza de 400 a 500 Brinell,
- Resistencia a la tracción de 140 a 175 kg/mm²
- Un alargamiento del 5 al 10%.
- Estructura radial
- Es común que se acompañe de martensita y a la austenita.

SORBIA

También es un aditivo fino de cementita y ferrita. La forma de obtener se realiza mediante un enfriamiento de la austenita.

Tiene las siguientes propiedades:

- Dureza: 250 a 400 Brinell.
- Resistencia a la tracción es de 88 a 140 kg/mm².
- Un alargamiento del 10 al 20%.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

En la medida de lo posible tratar de evacuar la mayor humedad posible del material, esto es posible con calentamientos previos antes de someter a altas temperaturas. Así evitaremos también el resquebrajamiento del refractario.

- Su alta resistencia permite diseñar piezas de menores espesores, lo que trae consigo ahorros con respecto al peso de las piezas.
- Se fabrican piezas y máquinas de mayor resistencia por su bajo contenido de fósforo también se puede utilizar como material para fabricar hierro nodular.
 - El desarrollo del presente trabajo es presentado con el fin de brindar

información y experiencia práctica en la fundición acero, hierro fundido y hierro nodular en fundición universal S.R.L.

4.2 Recomendaciones:

El horno en su totalidad debe de tener un mantenimiento preventivo el cual evitara daños en el mismo y el retraso de las operaciones de fundición.

- El personal encargado de la fundición debe contar con los equipos y materiales adecuados para su seguridad tanto personal como de la empresa.
- Debe de hacerse análisis de probetas periódicamente para ajustar la composición química del material fundido.
- Se recomienda usar un buen carbón porque de este depende todo el proceso de fundición.
- Evacuar la mayor humedad posible del material ya que evitará los problemas mencionados.

- Debe de hacerse análisis de probetas periódicamente para ajustar la composición química del material fundido.
- Tener el área despejada donde se va fundir y colar, porque puede ocasionar desastres muy perjudiciales.
- Tener el equipo de protección personal (EPP) adecuado.

V BIBLIOGRAFIA

1 TECNOLOGÍA DE LA FUNDICIÓN, COPELLO 1992 SIGNORELÜ.

- FUNDICIÓN PARA INGENIEROS, TAYLOR, F. HOWARD, FLEMING, O MERTON - EDIT. CONTINENTAL S.A, MÉXICO D.F, 1962.
- INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA METALÚRGICA, AVNER, SYDNEY H. EDIT. MC GRAW- HILL, MÉXICO, 1988.
 - TECNOLOGÍA DE LOS METALES, A. MASHIVIEW - EDIT MIR, 1983.
- FUNDICIÓN DE ALEACIONES FERROSAS Y NO FERROSAS ENHORNO ROTATIVO, ING. RICARDO BERNUY CASAHUAMAN - LIMA, 2005.
 - I SEMINARIO DE FUNDICIÓN UNÍ - FACULTAD DE INGENIERÍA
1979
 - FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA DE LOS MATERIALES WILLIAM F. SMITH

2DA.EDICIÓN-MC-GRAW-HILL,

[HTTP: //WWW.CMPL.IPN.MX/AREA_TECNICA/GLOSARIO.HTM](http://WWW.CMPL.IPN.MX/AREA_TECNICA/GLOSARIO.HTM)

[HTTP://WWW.MONOGRAFIAS.COM/PROCESO DE FUNDICIÓN DE ALEACIONES FERROSAS.](http://WWW.MONOGRAFIAS.COM/PROCESO_DE_FUNDICIÓN_DE_ALEACIONES_FERROSAS)

➤ INTRODUCCIÓN A LA METALURGIA-EDUARDO R. ABRIL-EDICIÓN MARYMAR(PÁGINAS 111- 112).

➤ INGENIERÍA METALÚRGICA TOMOS I Y II- RAYMOND A. HIGGINS- EDITORIAL CONTINENTAL S.A.(PÁGINAS 85-92, TOMO I Y PÁGINAS 57-67, TOMO II).

METALURGIA-JOHNSON-WEEKS-EDITORIAL REVERTÉ (PÁGINAS 126-127).

SIDERURGIA-PASCUAL A. PEZZANO- EDITORIAL ALSINA(PÁGINAS 262-276).

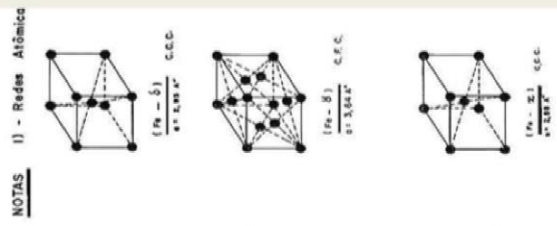
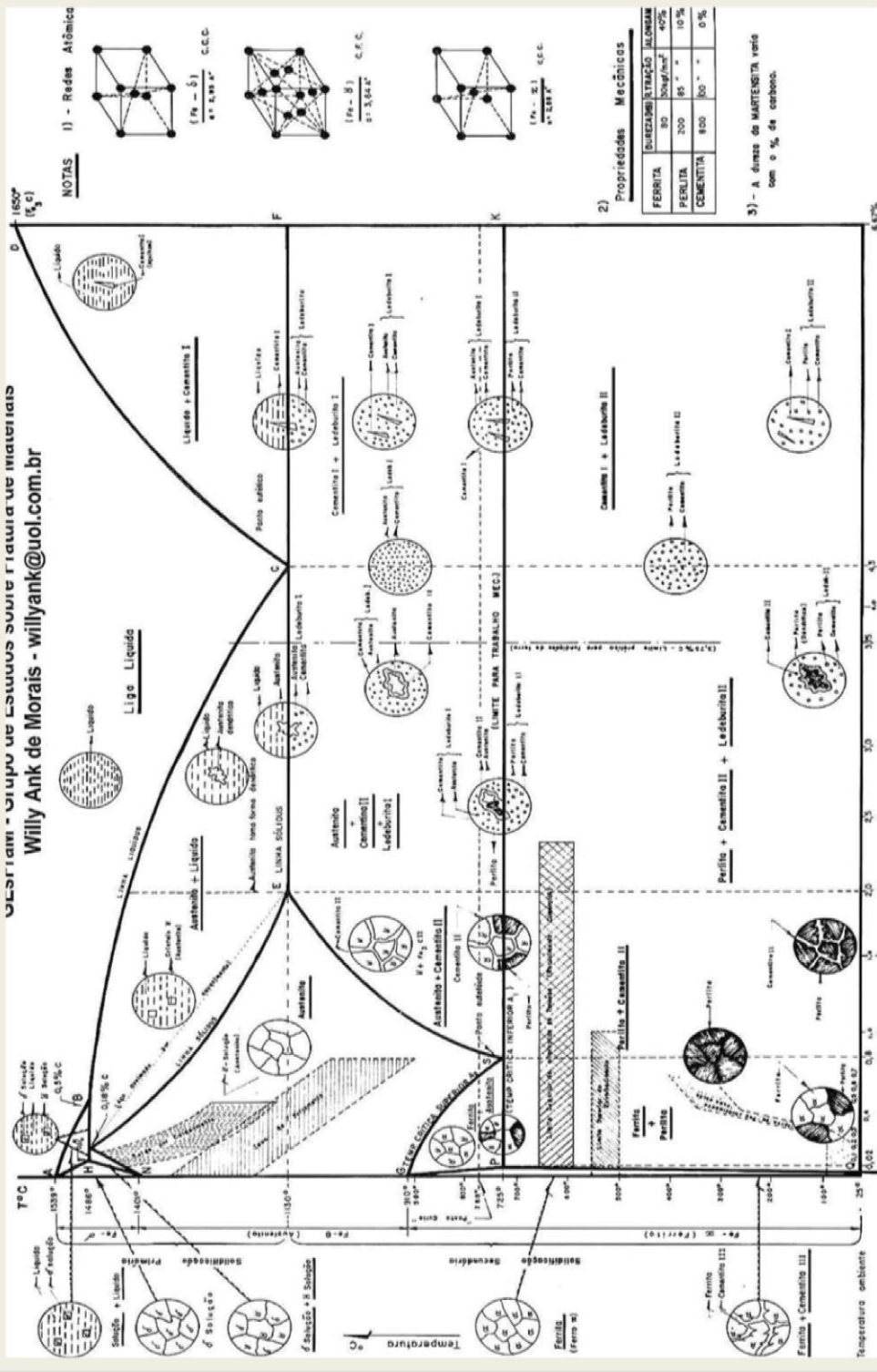
WWW.ACEROSAREQUIPA.COM/CERTIRAPIDFAQS.ASP

WWW.INDATUBO.COM.AR/LAMINADOS_TREFILADOS.HTM

WWW.SIDERURGIA.ORG.AR/ESP/ACERIA

ANEXOS

ULSRIAM - Grupo de Estudos sobre Materiais
 Willy Ank de Moraes - willyank@uol.com.br



2) Propriedades Mecânicas

	DIUREZAMENTO	ALUMINUM
FERRITA	80	40%
PERLITA	200	10%
CEMENTITA	800	0%

3) - A dimes de MARTENSITA varia com 0 % de carbono.

DIAGRAMA FERRO CARBONO
 GESFRAM
 willyank@uol.com.br

DIAGRAMA TTT

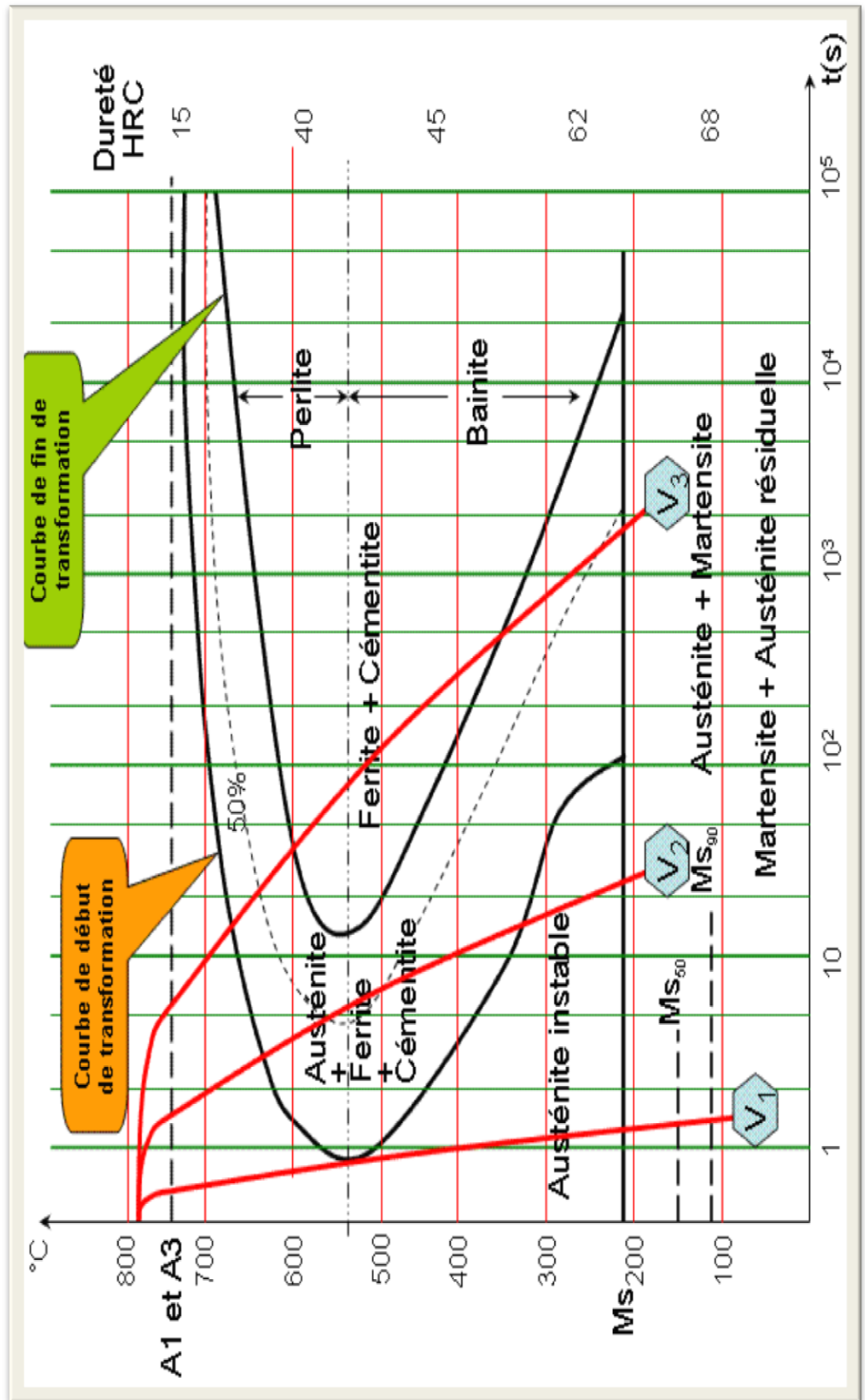


DIAGRAMA DE TRANSFORMACION DE UN ACERO HIPOEUTECTOIDE

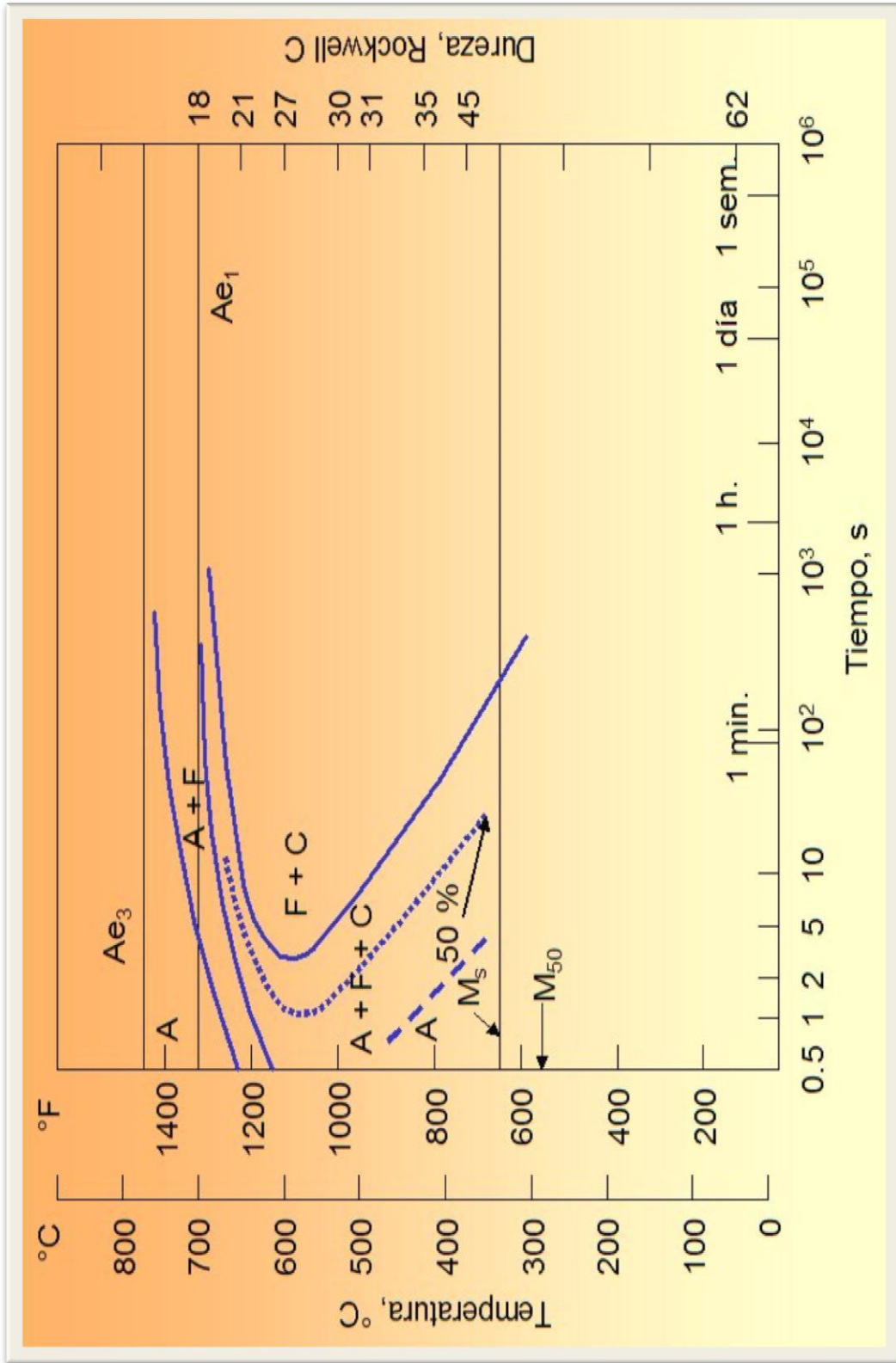


DIAGRAMA TTT

